Z-1-351

Z-L-351
15144
N.D.565

No 15144

BIBLIOTHÈQUE DE LA FERME ET DES MAISONS DE CAMPAGNE

TRAITÉ ÉLÉMENTAIRE D'AGRICULTURE

PAR MM.

J. GIRARDIN

CORRESPONDANT DE L'INSTITUT
DOYEN ET PROFESSEUR DE CHIMIE A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE LILLE
CORRESPONDANT DE LA SOCIÉTÉ IMPÉRIALE ET CENTRALE D'AGRICULTURE DE FRANCE
ET DE PLUSIEURS AUTRES SOCIÉTÉS SAVANTES, NATIONALES ET ÉTRANGÈRES
OFFICIER DE LA LÉGION D'HONNEUR
COMMANDEUR DE L'ORDRE IMPÉRIAL DU LION ET DU SOLEIL DE PERSE
ETC., ETC.

ET

A. DU BREUIL

CHARGÉ DU COURS D'ARBORICULTURE ET DE VITICULTURE AU CONSERVATOIRE IMPÉRIAL
DES ARTS ET MÉTIERS, ETC.

DEUXIÈME ÉDITION

AVEC 955 FIGURES INTERCALÉES DANS LE TEXTE

TOME PREMIER

PARIS

GARNIER FRÈRES
6, RUE DES SAINTS-PÈRES

VICTOR MASSON ET FILS
PLACE DE L'ÉCOLE-DE-MÉDECINE

1865

Droit de traduction réservé.

DIPUTACION GENERAL BIBLIOTECA ZARAGOZA

TRAITÉ ÉLÉMENTAIRE

D'AGRICULTURE

INTRODUCTION

DÉFINITIONS. — DIVISIONS.

L'*agriculture* a pour objet l'exploitation du sol et la production des substances, alimentaires ou autres, utiles à l'homme et aux animaux domestiques.

Les végétaux sont la matière première sur laquelle s'exerce cette industrie. La terre est, en quelque sorte, la machine qui crée les produits; les forces réunies de l'homme et des animaux la mettent en état de fonctionner.

L'agriculture, comme toute industrie, a besoin, pour être exercée avec succès, du concours de plusieurs sciences.

Elle emprunte à la *botanique* la connaissance des plantes et les notions qui doivent diriger dans le choix des espèces à cultiver.

La *zoologie* lui indique les espèces d'animaux utiles et les soins qu'il faut apporter dans leur éducation et leur emploi.

La *mécanique* lui fournit les machines, les instruments et ustensiles qui facilitent le travail de l'homme, en le rendant plus prompt, plus parfait, plus économique.

La *physique* lui rend compte de l'influence respective des agents naturels, et lui enseigne les principes sur lesquels reposent l'art des

irrigations et la meilleure construction des bâtiments pour l'homme et les animaux.

Enfin la *chimie* lui révèle la connaissance du sol, la manière dont on l'améliore, la valeur comparative des produits végétaux comme substances alimentaires, et les moyens de faire servir à nos besoins tous les produits de la culture.

L'agriculture n'est donc point, comme tant de personnes le croient, un art grossier qu'on peut pratiquer sans instruction première et au hasard. L'observation seule ne suffit pas pour tirer parti des trésors immenses que la terre recèle dans son sein. Et, de même que l'industrie proprement dite n'a pris son essor que du moment où les sciences ont été appelées à la diriger, de même aussi l'agriculture n'a pris une marche progressive et n'a cessé d'être un art purement manuel que de l'époque où l'homme des champs a senti la nécessité d'appuyer ses pratiques hasardées, ses méthodes routinières, sur les principes sûrs et féconds des théories scientifiques.

Il y a, en agriculture, la science et l'art. La science comprend les principes qui éclairent, dirigent la mise en pratique des procédés, perfectionnent les moyens d'action, et peuvent seuls conduire à améliorer ce que le hasard a fait découvrir. L'art, c'est l'application directe des méthodes de production, c'est la pratique des faits, c'est le métier.

Le concours de la science et de l'art à la culture des champs constitue l'AGRICULTURE, laquelle comprend la *grande* et la *moyenne culture*, et exige l'emploi des grands instruments aratoires mus par des animaux, notamment de la charrue.

Lorsque la science et l'art s'appliquent à la culture des jardins, c'est alors l'HORTICULTURE, qu'on appelle aussi *petite culture*, parce qu'elle ne produit ni céréales ni bestiaux, et n'est pratiquée qu'à bras d'homme.

Ces deux grandes divisions, qui comprennent chacune un grand nombre de branches distinctes, méritent d'être étudiées séparément. Nous ne nous occuperons dans cet ouvrage que de l'AGRICULTURE proprement dite, que l'on peut envisager successivement sous les quatre points de vue suivants :

I. L'AGRONOMIE, qui est l'ensemble des principes scientifiques empruntés à l'histoire naturelle, à la physique, à la mécanique, à la chimie, et appliqués à la culture. Elle embrasse l'étude :

De l'anatomie et de la physiologie des plantes,

Des agents naturels de la végétation,

Des moyens mécaniques et chimiques de fertiliser le sol,

De la mise en culture du sol.

II. L'ART AGRICOLE, qui est la mise en pratique des meilleurs procédés de culture déduits de l'étude de l'agronomie. Il comprend :

La culture spéciale des plantes herbacées et ligneuses utiles à l'homme,

Les opérations industrielles qui sont ou peuvent être pratiquées dans les fermes,

L'étude des *assolements*, c'est-à-dire de l'ordre dans lequel les récoltes différentes doivent se succéder sur le même sol pour en obtenir les meilleurs produits.

III. L'ÉLÈVE ET LES PRODUITS DES ANIMAUX DOMESTIQUES.

IV. L'ÉCONOMIE RURALE, qui est l'application à l'exploitation d'un domaine de tous les faits scientifiques et pratiques fournis par les études précédentes. C'est, à proprement parler, la partie administrative de l'agriculture, car elle comprend tout ce qui a trait aux capitaux engagés dans la culture, à l'organisation des constructions rurales, au service du personnel, des attelages et du mobilier, enfin à la comptabilité.

Tel est, dans un cadre aussi restreint que possible, l'ensemble des études agricoles : c'est dans cet ordre que nous allons procéder à leur développement.

DIPUTACION GENERAL DE ARAGON
BIBLIOTECA
Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria
ZARAGOZA

PREMIÈRE PARTIE

AGRONOMIE.

Le but général de la culture étant de favoriser les fonctions des organes des plantes afin d'en obtenir des produits meilleurs et plus abondants, on conçoit que l'étude de la nature des végétaux et des conditions de leur croissance soit un guide indispensable. Le cultivateur doit donc connaître, au moins sommairement, l'organisation ou la structure des plantes, ce qui constitue l'*anatomie végétale*; les fonctions diverses des organes pendant la vie, c'est-à-dire les phénomènes de la végétation; ce qui est du ressort de cette autre partie de la botanique, qu'on appelle *physiologie végétale;* enfin, la nature et l'influence de ces agents naturels, tels que la chaleur, la lumière, l'électricité, l'air et l'eau, qui jouent un rôle de tous les instants dans la vie des plantes.

C'est dans les ouvrages spéciaux qu'il faut puiser ces connaissances préliminaires. Dans tout ce qui va suivre, nous les supposerons acquises, afin d'éviter les répétitions, et pour ne pas faire double emploi avec les excellents traités que nous possédons déjà sur ces trois branches des sciences physiques et naturelles [1].

Mais ce que nous devons étudier ici, avec tous les développements que comporte l'importance de cette question, c'est le SOL, qui sert de support aux végétaux. C'est dans son sein que germent les semences, que les plantes puisent une grande partie des matériaux nutritifs qui contribuent à leur développement progressif; c'est enfin sur lui que s'exercent tous les efforts des cultivateurs, qui ont entrevu, dès l'antiquité la plus reculée, le rôle influent qu'il joue par rapport à la végétation.

[1] Nous recommandons plus particulièrement aux jeunes agronomes la lecture du *Cours élémentaire de Botanique* de de Jussieu, des *Leçons élémentaires* de M. le Maout, du *Cours élémentaire d'Arboriculture* de M. du Breuil, des *Leçons de Chimie élémentaire* de M. J. Girardin, du *Traité de Physique élémentaire* de MM. Drion et Fernet, et du *Cours élémentaire d'Astronomie et de Cosmographie* de M. Delaunay.

DU SOL.

On appelle SOL, ou TERRE ARABLE, TERRE VÉGÉTALE, la couche terrestre superficielle qui est propre à la culture des plantes.

Formé d'un mélange de différentes matières terreuses pulvérulentes, et de substances végétales et animales en voie de décomposition, le SOL ARABLE OU CULTIVABLE varie à l'infini dans sa composition, et doit sa fertilité, relativement à telle ou telle espèce de culture, à des proportions particulières et à l'état physique de ses composants.

L'agriculteur doit donc étudier avec soin chacune des parties constitutives de la croûte superficielle de la terre, rechercher l'influence de chacune d'elles sur la masse du sol, et son action sur la végétation. Muni de ces connaissances, il peut facilement alors classer les terres arables d'après leur nature chimique, et trouver les moyens de modifier leurs propriétés, de manière à rendre productives celles qui, par un vice de composition, sont frappées de stérilité.

L'observation ni la pratique ne pourraient indiquer au cultivateur les causes de l'aridité d'un fonds de terre, et ce qu'il faut pour y remédier. Seule, l'analyse chimique peut l'éclairer à cet égard, en lui dévoilant la présence de principes nuisibles, qu'il est presque toujours facile de détruire, ou l'absence de parties indispensables à la fertilité. L'art de composer les terres arables et de les disposer à une bonne culture est donc une des connaissances les plus importantes à acquérir. Aucun sujet ne mérite, au même degré, l'examen réfléchi, les méditations sérieuses de ceux qui cherchent, dans l'exploitation de la terre, une source d'aisance et de prospérité.

STRUCTURE GÉOLOGIQUE DU SOL.

Il est, avant tout, indispensable de rechercher la manière dont les SOLS ARABLES ont été formés à l'origine des choses, et de connaître la constitution intime de notre globe terrestre. Force nous est donc de faire une courte excursion dans le domaine de la GÉOGNOSIE, science qui traite de la structure de la terre.

Les excavations naturelles, les percements ou les sondages que l'homme a eu l'idée d'exécuter dans l'intérieur du sol, soit pour rechercher des eaux pures et abondantes, soit pour y découvrir des mines de charbon de terre, de sel ou de métaux, lui ont bientôt appris que la masse solide du globe n'est pas homogène dans toute son épaisseur, c'est-à-dire formée d'une seule sorte de matière minérale. L'aspect seul de la surface de la terre aurait suffi pour lui démontrer

ce fait, car l'individu le moins intelligent n'a pas dû voir sans étonnement et sans intérêt ces natures si diverses de pierres ou de matières terreuses qui s'offrent, pour ainsi dire, à chaque pas. Là, c'est de la *craie* ou de la *marne* qui se montre à découvert; plus loin, ce sont des *sables* blancs, jaunes ou rouges; ailleurs, ce sont des *tourbes* ou des *substances ferrugineuses*, ou des *grès*, ou des *marbres*, ou des *ardoises*, ou des *granits*.

Ces diverses masses minérales, qui forment des COUCHES plus ou moins épaisses, plus ou moins étendues, tantôt disposées en lits horizontaux, tantôt offrant une situation verticale ou plus ou moins inclinée, présentent presque toujours une très-grande régularité dans leur superposition. Les substances qui les composent ont été désignées sous le nom de ROCHES.

Souvent une ROCHE est formée par une seule espèce minérale, comme, par exemple, la *craie*, la *houille*, le *sel gemme*. Plus souvent encore une ROCHE se compose de l'agrégation de deux ou d'un plus grand nombre d'espèces minérales : tel est le *granit*, qui offre le mélange de trois minéraux différents que l'œil distingue facilement. Il y a donc des ROCHES SIMPLES et des ROCHES COMPOSÉES.

Ce sont ces masses de roches, ou ces COUCHES, qui constituent toute l'écorce solide de la terre. Les unes paraissent avoir été formées par voie de cristallisation; d'autres, par l'action des feux volcaniques; le plus grand nombre présente tous les caractères de dépôts opérés au sein des eaux. Les naturalistes ont réuni, sous le nom de TERRAINS, les couches qui offrent le plus d'analogie entre elles, sous le rapport du mode de formation, de l'ancienneté, de la structure, et ils ont partagé l'écorce minérale en plusieurs parties distinctes ou TERRAINS.

On comprend, sous le nom de TERRAINS CRISTALLINS, les couches qui ont été évidemment formées par voie de cristallisation, après avoir subi la fusion ignée, et qui ont habituellement une position verticale ou faiblement inclinée à l'horizon. La plupart sont antérieures à l'apparition des êtres organisés à la surface du globe, car elles ne présentent dans leur intérieur aucun débris, aucun vestige de matières organiques. Les *granits*, avec toutes leurs modifications, les *porphyres*, les *masses de cristal de roche* ou *quartz*, etc., qu'on remarque dans ces terrains, constituent les plus hautes montagnes terminées en pointes aiguës ou en crêtes dentelées, et, dans le sens opposé, on les retrouve aux plus grandes profondeurs que l'industrie humaine ait encore pu atteindre. C'est dans ces terrains qu'on rencontre la plupart des minerais métalliques, exploités pour les besoins des arts.

On nomme TERRAINS DE SÉDIMENT les couches non cristallines qui paraissent avoir été formées au sein des eaux, et qui sont remplies

de vestiges d'animaux et de végétaux. Ces vestiges appartiennent à des familles de poissons, de plantes, de mollusques, qui s'éloignent en général de celles qui sont vivantes aujourd'hui, mais qui s'en rapprochent de plus en plus, à mesure qu'on s'élève dans la succession des terrains. Ces terrains de sédiment, qui forment des couches horizontales très-épaisses, très-étendues, très-nombreuses, comprennent des roches *schisteuses* ou disposées en feuillets plus ou moins semblables à l'ardoise, des *calcaires*, des *craies*, des *marnes*, des *grès*, des *argiles* de diverses couleurs, ainsi que des masses considérables de *houille*, de *plâtre*, de *lignites* ou bois bitumineux fossiles.

On appelle TERRAINS D'ALLUVION les couches qui sont composées de débris des roches précédentes, lesquels ont été entraînés par les eaux, et se sont ensuite déposés à différents endroits; couches tout à fait analogues à ces monceaux de sable et de limon que les rivières accumulent à leur embouchure et sur leurs bords. Ces alluvions, constituées surtout par des *sables* et des *cailloux roulés*, ont couvert quelquefois des contrées entières, et renferment fréquemment des débris de grands animaux, qui semblent différer des espèces actuellement existantes, ainsi que des coquilles d'eau douce, et parfois des débris d'animaux marins.

Enfin on désigne sous le nom de TERRAINS VOLCANIQUES OU IGNÉS toutes les couches qui ont été ou qui sont formées par l'action du feu. Les unes ont été produites par des éruptions ignées antérieures à l'apparition de l'homme sur la terre, ou à des époques dont on a perdu le souvenir : ce sont les terrains volcaniques éteints. Les autres se forment encore journellement sous nos yeux par les éruptions des volcans actuellement brûlants [1].

Il ne faut pas croire que les différents terrains dont nous venons de parler se montrent toujours et partout superposés les uns aux autres, en raison de leur ancienneté de formation, et dans l'ordre où nous venons de les énumérer. Dans beaucoup de contrées, les TERRAINS CRISTALLINS sont à découvert à la surface du sol, surtout dans les chaînes de montagnes et dans les points les plus élevés de la terre; ces montagnes offrent toujours des escarpements, ce qui tient à la faible inclinaison de leurs couches. — LES TERRAINS DE SÉDIMENT couvrent d'immenses étendues, et constituent la surface du sol dans un grand nombre de pays; ils forment généralement des plaines ou des collines peu élevées, arrondies, à pentes douces. — LES TERRAINS D'ALLUVION reposent souvent sur les précédents; mais ils sont assis quelque-

[1] Voir, pour plus de détails sur la géognosie de la terre, le *Cours élémentaire de Minéralogie et de Géologie* de Beudant.

fois directement sur les terrains cristallins; ils forment aussi des plaines ou de petites collines arrondies. — Quant aux TERRAINS VOLCANIQUES, plus circonscrits dans leur développement, on ne les voit que dans un bien petit nombre de pays; ils y recouvrent les autres terrains, et forment, la plupart du temps, des montagnes coniques qui augmentent incessamment par les éruptions qui sortent de leurs flancs.

On peut donc dire que c'est la structure extérieure des terrains qui détermine l'aspect de la surface de la terre, qui donne naissance aux montagnes, aux vallées et à toutes les inégalités qu'on y observe. La surface de ces terrains éprouve tous les jours des dégradations qui la modifient plus ou moins, mais dont les effets sont bien plus lents et moins sensibles que ceux qu'elle paraît avoir éprouvés autrefois. L'action des eaux, de l'air, du feu, est la principale cause de ces dégradations, rarement subites, mais presque toujours progressives. Et c'est à l'action de ces causes, c'est à la décomposition incessante des roches superficielles, qu'est due la formation des SOLS PROPRES A LA CULTURE, ou de ce qu'on appelle vulgairement la TERRE ARABLE.

Mais pour bien concevoir la formation de ces sols, pour bien comprendre la diversité de leur nature chimique, il est nécessaire de connaître, avant tout, les éléments essentiels des roches, c'est-à-dire les substances chimiques qui concourent, le plus communément, à les former. Ces substances sont heureusement peu nombreuses, car il n'y a guère que

La silice,	L'oxyde de fer,
L'alumine,	L'oxyde de manganèse,
La chaux,	L'acide phosphorique,
La magnésie,	L'acide sulfurique,
La potasse,	L'acide carbonique,
La soude,	Le chlore,

qui entrent dans la composition des espèces minérales, et, par suite, des roches d'apparence pierreuse ou terreuse. Nous laissons de côté les minerais métalliques proprement dits, car ils ne figurent pas comme éléments essentiels des roches qui sont à la surface du sol.

Voyons donc la nature et les caractères de ces divers composés chimiques dont nous venons de citer les noms, puisque ce sont eux qui forment, en définitive, tous les sols cultivables. Toutefois nous restreindrons leur histoire aux seuls faits que le cultivateur a besoin de connaître.

Silice. — Ce nom, dérivé du mot *silex*, qui désigne le minéral avec lequel on fait les pierres à fusil et à briquet, s'applique à un composé d'oxygène et de *silicium*, doué de propriétés acides; aussi les chi-

mistes le nomment—ils ACIDE SILICIQUE. Ce composé, lorsqu'il est tout à fait pur et cristallisé, constitue le *cristal de roche* ou *quartz*.

C'est également lui qui forme essentiellement : les *pierres meulières*, entre lesquelles on écrase le blé; les *cailloux* ou *silex*, si fréquents dans les couches de craie, où ils se montrent en lits horizontaux et réguliers ; les *grès*, si utiles pour aiguiser les faux et autres instruments tranchants ; les sables de toutes couleurs. Enfin, la plus grande partie des minéraux terreux ou des pierres en contiennent à l'état de combinaison ; ces *pierres* sont des sels dans lesquels la silice joue le rôle d'acide : aussi les nomme-t-on, d'une manière générale, des *silicates*.

On voit par là que la silice est une des substances minérales les plus communes; c'est pourquoi on la trouve dans tous les sols connus.

Dans son état de pureté, elle se présente sous la forme d'une poudre blanche, impalpable, sans odeur et sans saveur. Desséchée et rougie au feu, qui ne peut la fondre, elle est tout à fait insoluble dans l'eau et les acides. Ce n'est que lorsqu'elle est récemment isolée d'une de ses combinaisons, et à l'état de gelée avec l'eau, qu'elle se dissout un peu dans les différents véhicules.

En poudre fine et sèche, elle absorbe la vapeur d'eau à la manière des corps poreux, et sans contracter d'union intime avec elle. Dans un air humide, 100 parties de cette poudre augmentent de 10 à 15 parties en poids ; mais elle laisse exhaler l'eau deux fois plus vite que le carbonate de chaux divisé, et cinq fois plus vite que l'alumine au même état de division.

A l'état de sable, elle peut retenir l'eau, que l'on verse sur elle, en proportion variable, suivant sa ténuité. Ainsi, le sable à gros grains ne peut retenir que 20 pour 100 environ de son poids d'eau, tandis que le sable très-fin peut en retenir jusqu'à 50 pour 100.

Les terres arables prennent le nom spécial de *siliceuses*, *sableuses*, ou *sablonneuses*, lorsqu'elles renferment plus de 70 pour 100 de silice ou de sable. Cette substance s'y montre, d'ailleurs, sous plusieurs états, avec des propriétés bien distinctes :

1° En grains plus ou moins gros, blancs, durs, rayant le verre, complétement insolubles dans tous les agents, et restant toujours sous cet état ;

2° En poudre impalpable ou en gelée avec l'eau, et alors plus ou moins soluble dans ce liquide ;

3° Enfin à l'état de silicates d'alumine, de chaux, de magnésie, de potasse, de soude. Il est très-probable que la silice soluble qu'on trouve dans les terres cultivées provient de la décomposition des fragments de roches feldspathiques, qui fournissent en même temps au sol de la po-

tasse, car toutes les roches qui contiennent de la silice en combinaison se décomposent avec le temps par l'action des agents atmosphériques, ou, pour parler d'une manière plus précise, par l'action réunie de l'eau et de l'acide carbonique. On peut ainsi se rendre compte de la présence constante de la silice dans les eaux des sources, des rivières et des puits, et expliquer la fertilité bien connue de certains sols arrosés par des eaux provenant de terrains feldspathiques.

Des recherches dues à MM. Verdeil et Risler, il ressort que toutes les terres arables contiennent de la silice soluble, dont la quantité représente depuis 5 jusqu'à 20 pour 100 de la totalité des substances minérales que l'eau peut enlever à la terre. D'après les mêmes chimistes, cette plus ou moins grande quantité de silice soluble paraît en rapport avec la proportion d'une matière analogue au sucre, qu'ils ont trouvée parmi les substances qu'une terre cultivable cède à l'eau.

C'est à l'état soluble seulement que la silice peut passer du sol dans les végétaux, par l'absorption qu'en opèrent les racines. C'est surtout dans les feuilles qu'elle s'accumule, et elle se retrouve en abondance dans les produits de leur décomposition; aussi le terreau de feuilles est-il extrêmement riche en silice. Elle est aussi en assez forte proportion dans les tiges de beaucoup de plantes, notamment dans celles des céréales. Ainsi la paille d'avoine en contient 40 pour 100, la paille d'orge 57 pour 100, la paille de seigle 64 pour 100, la paille de blé 68 à 70 pour 100.

C'est évidemment à la présence de cette substance que les tiges du blé et des autres graminées doivent leur rigidité, c'est-à-dire la faculté de se tenir debout, droites, et de soutenir souvent un épis assez lourd. Tout semble prouver que lorsque les terres cultivées ne renferment pas assez de silicates alcalins ou terreux pouvant fournir de la silice soluble aux céréales, les blés sont sujets à se coucher ou *à verser*, comme on dit, et, dans ce cas, leur rendement est singulièrement amoindri.

L'épiderme des joncs, des prêles (queue-de-cheval), des rotangs, des palmiers, des feuilles du *chapparal*, arbre des steppes de l'Amérique méridionale, est tellement riche en silice, qu'on emploie souvent ces plantes pour polir le bois et même les métaux.

Alumine. — L'alumine, dont le nom est dérivé du mot latin *alumen*, alun, sel très-employé dans les arts, est l'oxyde du métal qui a reçu le nom d'*aluminium*. Assez rare à l'état de pureté dans la nature, cet oxyde est, au contraire, très-répandu, sous forme de combinaison, dans la plupart des minéraux terreux ou des pierres, dans les schistes, les kaolins, les ocres, les terres à pipe, et dans ces espèces de *terres* qu'on désigne sous le nom spécial d'ARGILES.

L'alumine pure est une poudre légère, blanche, insipide, inodore, tout à fait infusible. Elle est insoluble dans l'eau, malgré la grande affinité qu'elle manifeste pour elle. Elle l'absorbe avec promptitude, s'y délaye aisément et forme une pâte liante, propriété qu'elle communique à toutes les matières avec lesquelles elle est mêlée. Cette pâte, exposée à l'action du feu, se dessèche, durcit et acquiert une telle cohésion, qu'elle ne peut plus se délayer dans l'eau, et résiste pendant longtemps à l'action des liquides les plus énergiques. Non calcinée et délayée dans l'eau, ou à l'état de gelée blanche, l'alumine se dissout très-bien dans les acides et dans les lessives alcalines.

Les **argiles**, qui jouent un rôle si important en agriculture, ont surtout pour base l'alumine, qui y est associée, par voie de combinaison, à des quantités variables de silice et d'eau. Dans leur état de pureté, les chimistes les considèrent comme des *silicates d'alumine*, dans lesquels on trouve :

De 46 à 67 p. 100 de silice,
De 18 à 39 p. 100 d'alumine,
De 6 à 19 p. 100 d'eau.

Mais à ces silicates d'alumine s'ajoutent presque toujours, par voie de mélange, du sable ou de la silice libre, de la chaux, du carbonate de chaux ou de magnésie, des oxydes de fer et de manganèse, etc., dont les proportions varient à l'infini. On y trouve encore parfois des pyrites, du mica, des débris de roches feldspathiques, du bitume, des matières organiques. Il y a ordinairement de la potasse, dont la quantité peut s'élever jusqu'à 4 pour 100, d'après M. Mitscherlich. Cette potasse est à l'état de silicate, et elle provient évidemment de la décomposition du feldspath, du mica et autres roches siliceuses et alumineuses qui ont contribué à la formation des argiles.

Très-répandues à la surface de la terre, les argiles appartiennent en quelque sorte à tous les terrains. Elles forment fréquemment des collines remarquables en ce qu'elles ne présentent jamais le moindre escarpement, et sont d'une stérilité complète. C'est surtout dans les terrains les plus modernes qu'on les remarque en couches ordinairement horizontales, souvent fort étendues, et généralement situées à peu de profondeur. La densité de ces couches et leur disposition, qui ne permettent pas à l'eau de les traverser, influent beaucoup sur la direction des eaux souterraines, et déterminent la formation de ces grandes nappes d'eau que la sonde va chercher pour faire ce qu'on appelle les *puits artésiens* ou *jaillissants*.

On reconnaît les argiles à leur toucher gras et onctueux, au poli que le frottement de l'ongle leur communique, à la propriété qu'elles ont

de former avec l'eau une pâte ou bouillie glutineuse qui se laisse allonger en différents sens, et qui, par la cuisson, durcit au point de ne pouvoir plus se délayer dans l'eau et d'étinceler au choc du briquet.

La consistance glutineuse que les argiles prennent avec l'eau les rend assez difficiles à travailler, et cette difficulté se retrouve, quoique à un moindre degré, dans les terrains qui en contiennent une forte proportion. Lorsque les argiles se dessèchent à l'air, elles acquièrent beaucoup de dureté et opposent alors une grande résistance aux instruments aratoires. Les labours pratiqués dans les terres argileuses humides découpent le sol en mottes énormes qui ont bien de la peine à se diviser par la dessiccation.

Les argiles peuvent absorber et conserver 70 pour 100 de leur poids d'eau; elles ne la laissent écouler que fort difficilement : de là l'usage qu'on en fait pour construire des bassins étanches. L'eau n'en dissout aucune trace, mais elle peut les retenir fort longtemps en suspension lorsqu'elles sont très-divisées ; voilà pourquoi les eaux qui coulent à la surface du sol sont ordinairement troubles. Le *limon* déposé par les cours d'eau à leur embouchure ou sur leurs bords est surtout constitué par de l'argile excessivement divisée que les eaux des pluies ont entraînée pendant leur course précipitée sur les pentes.

Les argiles, en raison de la promptitude avec laquelle elles absorbent l'eau, ont la propriété de s'attacher à la langue, en s'emparant de l'humidité qui recouvre cet organe; cette propriété est désignée sous le nom de *happement à la langue*. La plupart répandent une odeur particulière, une odeur *terreuse*, par l'insufflation de l'haleine. C'est cette odeur que l'on perçoit lorsqu'il vient à pleuvoir après une longue sécheresse.

Une des propriétés les plus importantes des argiles au point de vue agricole, c'est de pouvoir absorber et retenir entre leurs particules l'ammoniaque produite par la décomposition des engrais ou que les pluies ramènent de l'atmosphère dans le sol. C'est surtout lorsqu'elles ont été fortement desséchées ou à demi cuites par l'opération de l'*écobuage*, qu'elles jouissent de cette faculté à un haut degré.

Il existe beaucoup d'espèces d'argiles. Les unes sont infusibles et forment avec l'eau la pâte la plus tenace et la plus ductile; on les appelle *argiles plastiques* (argile de forges). D'autres sont fusibles à une forte chaleur, ce qui est dû à ce qu'elles sont mélangées de chaux et d'oxyde de fer en proportions notables; telles sont les *terres à foulon*, la *terre glaise*. Quelques autres font une vive effervescence avec les acides, parce qu'elles renferment une grande quantité de carbonate de chaux; on les appelle *marnes*.

En général, ce sont les argiles, et surtout les *argiles plastiques*, qui, par leur présence, rendent les terres *fortes*, *grasses*, *froides* et *humides* : celles-ci prennent le nom de *terres argileuses* lorsqu'elles renferment 50 pour 100 de leur poids d'argile pure. Ce sont généralement les argiles les plus compactes qui renferment le plus d'alumine.

Très-souvent, indépendamment de la silice à l'état de combinaison avec l'alumine, il y a, dans les argiles, de la silice sous forme de sable et à l'état de simple mélange ; celle-ci peut en être séparée par la lévigation, ce qui est impossible pour l'autre.

L'alumine, qui communique aux argiles la plupart de ses propriétés spéciales, ne paraît pas d'une absolue nécessité pour le développement des plantes, car on ne la trouve jamais qu'en très-petite quantité dans leurs cendres ; il y en a même qui n'en renferment pas, tels sont le blé, les fèves, les pois, les haricots, etc.

Chaux. — La chaux est l'oxyde du métal appelé *calcium*. Cet oxyde ne se rencontre jamais à l'état de liberté; il est toujours combiné à différents acides, et entre autres aux acides carbonique, sulfurique, azotique, silicique et phosphorique.

Privée de ces acides, et à l'état de pureté, la chaux est en fragments irréguliers, d'un blanc grisâtre. Elle est âcre et brûlante; elle détruit aisément les tissus organiques; mais elle perd bientôt ces propriétés au contact de l'air, dont elle absorbe tout à la fois l'humidité et l'acide carbonique. Elle a une si grande affinité pour l'eau, qu'elle l'absorbe avec rapidité en s'échauffant considérablement, et en se réduisant en une poudre blanche et légère qui n'est presque plus caustique ; c'est alors ce qu'on appelle de la *chaux éteinte*, composé solide d'eau et de chaux. Caustique ou *éteinte*, la chaux n'est que très-peu soluble dans l'eau.

Toutes les plantes analysées jusqu'à ce jour contiennent de la chaux; quelques-unes en renferment beaucoup : telles sont, entre autres, les plantes fourragères. Dans les sols d'où elles la tirent, la chaux est surtout à l'état de carbonate.

Carbonate de chaux. — Ce carbonate existe en abondance dans le sein ou à la surface de la terre, puisqu'il forme des montagnes entières et même des chaînes de montagnes, telles que les Pyrénées, le Jura, les Vosges, les Apennins, une grande partie des Alpes. Il existe encore dans tous les végétaux, et constitue presque entièrement la coquille des œufs, les écailles de l'huître et la croûte terreuse des autres mollusques, madrépores, coraux et polypiers.

Ce sel apparaît sous mille formes distinctes : c'est lui qui constitue les *marbres*, les *pierres lithographiques*, les *pierres de taille* et les *moellons à bâtir*, la *craie*, l'*albâtre*, les *marnes calcaires*.

Ces différentes substances portent le nom générique de CALCAIRES.

On distinguera toujours une PIERRE CALCAIRE à ce qu'elle se dissoudra presque sans résidu dans la plupart des acides les plus faibles, en produisant une vive effervescence, et à ce que sa solution, claire et limpide, donnera, avec les lessives caustiques et l'acide sulfurique, un précipité blanc très-abondant.

Bien que le carbonate de chaux soit tout à fait insoluble dans l'eau, il est peu de sources et de fontaines dont les eaux n'en renferment une certaine quantité; mais alors il est dissous par un excès d'acide carbonique; il y a des sources qui en sont tellement saturées, qu'elles le laissent déposer dès qu'elles sont au contact de l'air. C'est ce qui donne lieu à ces amas plus ou moins considérables de calcaires, désignés sous les noms de *tuf* et de *travertin*. Ces eaux sont tout à fait impropres à la boisson et à l'arrosement des plantes.

On reconnaît une eau calcaire : 1° à ce qu'elle forme un dépôt très-sensible quand on l'expose pendant quelque temps à l'air libre, ou lorsqu'on la fait bouillir; 2° à ce qu'elle est troublée assez fortement par l'oxalate d'ammoniaque; 3° à ce que, par l'addition de quelques gouttes d'ammoniaque, elle ne se trouble pas immédiatement, mais laisse déposer, au bout d'une heure ou deux, de petits grains cristallins qui se fixent aux parois du verre; ces grains consistent en carbonate de chaux, devenu insoluble par suite de la saturation, par l'ammoniaque, de l'excès d'acide carbonique qui tenait d'abord le sel calcaire en dissolution dans l'eau.

Aucun sol cultivé n'est entièrement dépourvu de carbonate de chaux, mais les proportions de cette substance y sont très-variables, ainsi qu'on va le voir par les exemples suivants :

DÉSIGNATION DES TERRES.	CARBONATE DE CHAUX sur 100 parties.	ANALYSTES.
Terre fertile de Suède.	30,00	Bergmann.
Terre des environs de Turin.	5 à 12	Giobert.
Sol très-fertile des alluvions de la Loire.	30,00	Chaptal.
Sol fertile de la Touraine.	25,00	Id.
Sol riche des environs d'Avon.	6,0	H. Davy.
Excellent pâturage de la vallée de Salisbury.	57,0	Id.
Terre très-fertile de l'île de Cuba. . . .	8,2	Berthier.
Terre végétale de Parigny, près de Peugues (Nièvre).	18,0	Id.
Terre à colza des environs de Lille. . . .	1,9	Id.
Terre noire de Tchernoisen (Russie méridionale).	0,8	Payen.
Bonne terre à blé des environs d'Angers. .	16 à 18	O. Leclerc-Thouin.

DÉSIGNATION DES TERRES.	CARBONATE DE CHAUX sur 100 parties.	ANALYSTES.
Terre franche très-fertile de la vallée d'Auge (Calvados).	12,5	Dubuc.
Terre très-fertile des bords de la Seine, au Petit-Quevilly, près Rouen.	30,76	J. Girardin.
Terre moins fertile de Saint-Martin de Boscherville, près Rouen.	44,41	Id.
Terre d'une île de la Seine, en amont de Rouen.	18,95	Id.
Terre très-fertile de Darnetal (Seine-Inférieure.	10,70	Id.
Terre de bruyère de la forêt de Saint-Étienne-du-Rouvray, près Rouen. . . .	5,95	Id.
Terre franche du Bois-Guillaume, près Rouen.	2,88	Id.
Terre sableuse du Petit-Quevilly, près Rouen.	2,17	Id.
Terre argileuse de Forges-les-Eaux (Seine-Inférieure).	4,16	Id.
Terre blanche des environs de Rouen. .	90,00	Id.

Dans la plupart des sols arables, le calcaire s'y montre, soit en fragments plus ou moins volumineux, soit sous forme de sable, mais plus souvent encore en particules extrêmement ténues, indiscernables, et intimement unies aux autres éléments terreux. Il est évident que, suivant son état, le calcaire communique au sol des qualités différentes, et qu'il est par conséquent utile de tenir compte de sa forme et des propriétés distinctes dont il est pourvu.

Voici, par exemple, pour quelques-unes des terres de la Seine-Inférieure que M. J. Girardin a analysées, sous quelles proportions les divers états du calcaire se présentent :

	GROS GRAVIER.	SABLE MOYEN.	SABLE FIN.	POUDRE TÉNUE.
Terre de Saint-Martin de Boscherville.	13,210	4,970	15,410	10,826
— sableuse du Petit-Quevilly.	0,250	0,500	0,690	0,950
— très-fertile du Petit-Quevilly.	»	2,580	15,150	15,251
— franche du Bois-Guillaume.	0,560	0,260	1,094	0,965
— très-fertile de Darnetal. .	»	1,650	7,280	1,770
— d'une des îles de la Seine, en amont de Rouen. .	»	»	6,770	12,180
— argileuse de Forges-les-Eaux.	»	»	1,660	2,500
— de bruyère de Saint-Étienne-du-Rouvray.	»	»	»	5,964
— blanche des environs de Rouen.	»	»	»	90,00

C'est surtout sous la forme de poudre ténue que le calcaire intervient plus efficacement dans la nutrition des plantes. On peut attribuer en partie à cette différence d'états le fait du même degré de fertilité dans des terrains très-diversement riches en calcaire, et la fertilité souvent très-différente des sols également riches en carbonate de chaux.

Dans tous les cas, lorsque la proportion de ce sel dépasse 50 p. 100 dans une terre arable, celle-ci prend le nom de *terre calcaire* ou *crayeuse;* elle jouit alors de propriétés spéciales.

Sulfate de chaux. — Un autre sel de chaux, non moins utile à connaître pour l'agriculteur, est celui qui porte le nom de *gypse*, de *plâtre*, de *sulfate de chaux*. C'est l'acide le plus oxygéné du soufre, ou l'acide sulfurique, qui sature la chaux et donne lieu à ce sel. Il est très-commun dans la nature, et il forme des bancs plus ou moins épais dans la partie supérieure des terrains de sédiment. Il constitue souvent aussi des collines peu étendues, arrondies, comme celles de Montmartre, de Belleville, de Ménilmontant, aux portes de Paris.

On distingue très-bien ce sel du précédent, parce qu'il ne fait aucune effervescence avec les acides, et que l'ongle le raye très-facilement, tandis que le carbonate de chaux résiste à cette action. Il est blanc, insipide, indécomposable par le feu le plus violent, et à peine soluble dans l'eau.

Dans son état naturel, il contient 20 pour 100 d'eau de combinaison, et est impropre à former avec elle une matière plastique. On l'appelle alors PLATRE CRU. Lorsqu'on le chauffe dans un four, il perd son eau de combinaison, et se trouve amené à l'état de PLATRE CUIT. Dans cet état, réduit en poudre et gâché avec son volume d'eau, il dégage de la chaleur et se prend, au bout de quelques instants, en une masse ferme qui devient très-dure et résistante. Mais le plâtre cuit reprend bientôt, dans l'air, l'eau que la calcination lui a fait perdre, et il ne peut plus faire prise avec l'eau quand on le gâche. On dit communément alors qu'il est *éventé*.

Le sulfate de chaux, malgré son peu de solubilité, existe en dissolution dans la plupart des eaux qui coulent à la surface de la terre: les eaux de sources, et surtout les eaux de puits des terrains calcaires, en sont, pour ainsi dire, saturées. Ces sortes d'eaux sont vulgairement appelées *dures* ou *crues*, parce qu'elles sont de difficile digestion, qu'elles ne peuvent cuire les légumes et dissoudre le savon, et parce qu'elles laissent une croûte épaisse sur les parois des vases dans lesquels on les évapore. Elles précipitent abondamment par l'oxalate d'ammoniaque et par le nitrate ou l'azotate de baryte.

Les eaux de puits, chargées de sulfate de chaux, ne peuvent être

employées pour l'arrosement des végétaux vivaces d'une longue existence; l'expérience a démontré que ceux-ci, arrosés avec ces sortes d'eaux, poussent d'abord faiblement et finissent par mourir. Quant aux plantes annuelles, comme elles n'ont qu'une existence de peu de durée, et que d'ailleurs elles tirent par leurs feuilles la plus grande partie de leur nourriture, les arrosements qu'on leur donne avec des *eaux séléniteuses* n'ont pas un grand inconvénient. Presque tous les puits de Paris de la rive gauche de la Seine contiennent beaucoup de sulfate de chaux, et les nombreux jardins légumiers qui sont situés dans cette partie de la ville ne sont pas arrosés par d'autres eaux. Les légumes ne paraissent pas en souffrir. Il est vrai que la grande quantité de fumier et de terreau dont le sol de ces jardins est presque uniquement formé peut corriger la mauvaise qualité des eaux.

Il y a un moyen bien simple de rendre les *eaux séléniteuses* ou *crues* propres à tous les besoins domestiques et du jardinage. Il suffit d'y ajouter, quelque temps avant d'en faire usage, une suffisante quantité de carbonate de soude, soit 322 gram. par hectolitre d'eau. Par la réaction de ce sel sur le sulfate de chaux dissous dans l'eau, il se fait du carbonate de chaux qui se dépose, et du sulfate de soude qui reste en dissolution. Après l'addition du sel de soude, on laisse reposer l'eau, et, quand elle est bien éclaircie, on la décante pour s'en servir. La purification d'un hectolitre d'eau, par ce moyen, ne revient pas à 15 centimes.

Toutes les terres cultivées ne renferment pas de sulfate de chaux, et, dans celles qui en contiennent, il y en a presque toujours proportionnellement moins que de carbonate de chaux. Cependant, par exception, il y a quelques sols dans lesquels le gypse se montre en proportions assez fortes, et qui, par cela même, sont secs, peu cohérents, absolument comme ceux qui sont constitués par des sables calcaires; aussi, dans les régions méridionales et sèches, ils sont infertiles, à moins qu'ils ne soient arrosés ou qu'ils ne possèdent un réservoir d'humidité peu profond. Dans les régions humides du Nord, ces sortes de terrains sont favorables, au moyen d'abondants engrais frais, à la culture des arbres à fruits à noyaux. C'est ce qu'on voit très-bien à Montreuil, à Ménilmontant, à Belleville, à Montmartre, dans la banlieue de Paris, où domine l'élément gypseux.

Le sulfate de chaux éprouve fréquemment dans le sein de la terre une réaction qui le dénature et le change en sulfure de calcium, lorsque, soustrait à l'influence de l'air, il est en présence de l'humidité et d'abondantes matières organiques. Dans ce cas, il devient fort nuisible à la végétation, car tous les sulfures alcalins ne tardent pas à faire périr les racines qui en éprouvent le contact. C'est ce sulfure de calcium

qui, par la réaction ultérieure de l'air, donne lieu à la production d'hydrogène sulfuré dont le dégagement rend fétides les matières excrémentitielles, les fumiers, les eaux vaseuses des fossés, des mares, et en général toutes les eaux stagnantes. En aérant fortement toutes ces matières, on fait disparaître la cause de leur odeur, en régénérant le sulfate de chaux par l'oxydation du sulfure de calcium. Ce double effet était utile à connaître, parce qu'il se produit constamment sous nos yeux.

Phosphate de chaux. — Un sel de chaux, beaucoup moins abondant dans le sol que le calcaire proprement dit, c'est le phosphate de chaux, qui, d'ailleurs, est presque toujours associé aux phosphates de magnésie, de fer et d'alumine.

On ne trouve cette espèce minérale en grandes masses, et constituant alors une roche, qu'aux environs du village de Logrosan, juridiction de Truxillo, dans l'Estrémadure (Espagne). Les minéralogistes la désignent sous le nom de *phosphorite*.

Mais c'est surtout sous forme de nodules, de rognons, de concrétions, de grains, que le phosphate de chaux est plus répandu. Il se montre ainsi, disséminé ou en lits réguliers, dans presque toutes les assises du terrain crétacé, dans la craie blanche, la craie chloritée et dans les sables verts inférieurs à la craie. Les gisements de ce phosphate sont excessivement abondants dans la région septentrionale de la France, où l'on commence à les exploiter comme engrais minéral. Les carrières calcaires des environs de Lille, notamment celles d'Anappe et de Lezennes, les carrières de Bouvines, de Sainghin, les marnes de Cysoing, sont très-riches en ces nodules de phosphate de chaux, qu'on a eu le tort de désigner sous le nom de *coprolites*, car rien ne prouve que ce soient les fèces ou excréments d'animaux antédiluviens.

Du reste, on peut dire que le même sel existe, en particules indiscernables, dans tous les terrains de sédiment plus ou moins riches en coquilles fossiles et en débris d'animaux antédiluviens. On en retrouve même dans les roches cristallines et ignées.

Il n'est donc pas surprenant qu'il y ait constamment des quantités non négligeables de phosphate de chaux dans la plupart des terres arables, d'autant plus qu'à chaque instant on en introduit par les débris organiques employés comme engrais.

C'est, en effet, un des principes essentiels des organes mous et solides des animaux, notamment des os, qui en renferment plus des 2/5 de leur poids; des liquides qui circulent dans l'économie (sang, lait, urine, etc.). Les excréments de l'homme et des animaux en contiennent une quantité notable; enfin, il fait partie du tissu de presque toutes les plantes, et certaines d'entre elles, les graminées, par exem-

ple, en sont richement pourvues, principalement dans leurs graines. Ainsi dans les cendres du blé on trouve jusqu'à 47 pour 100 d'acide phosphorique en combinaison avec la chaux, la magnésie, la potasse, la soude et l'oxyde de fer.

Toutes les bonnes terres contiennent donc du phosphate de chaux, mais en quantités variables, comme on le voit par les exemples suivants :

DÉSIGNATION DES TERRES.	PHOSPHATE DE CHAUX sur 100.	ANALYSTES.
Terre de Furnes.	0,50	Berthier.
Terre riche de Hollande destinée au lin. .	0,55	Boussingault.
Terreau des maraîchers de Paris.	2,641	Id.
— neuf de Verrières.	0,7064	Id.
Terre légère de Bischwiller.	1,426	Id.
— du Liebfrauenberg.	0,664	Id.
Terre forte de Béchelbronn.	0,2941	Id.
Terres diverses des bords de l'Amazone (Am. mérid.).	0,0363 à 0,1783	Id.
Dunes de Brighton.	0,001	Schweitzer.
Humus sableux de Saint-Étienne du Rouvray, près Rouen.	0,534	J. Girardin.
Terre sablo-calcaire de Saint-Martin de Boscherville, id.	1,750	Id.
Terre franche du Bois-Guillaume, id. . . .	0,088	Id.
Terre argileuse de Forges-les-Eaux (Seine-Inférieure).	0,868	Id.

Les sols les plus stériles de la Campine (Belgique) et de la Sologne contiennent environ 1/2 dix millièmes d'acide phosphorique, d'après M. Delanoue. Les terres fertiles naturellement, sans amendement, comme le lœss ou limon de la Belgique et du Nord de la France, contiennent environ 1/2 à 1 millième de phosphate, c'est-à-dire 15 à 20 fois plus que les landes de la France centrale.

Isolé, le phosphate de chaux est sous la forme d'une poudre blanche, insipide, inodore, complétement insoluble dans l'eau, mais très-soluble dans les liqueurs acides, d'où il est précipité par l'ammoniaque en flocons blancs gélatineux. Il se dissout aussi manifestement dans l'eau chargée d'acide carbonique, de sel marin ou d'un sel ammoniacal. Or, ces circonstances se rencontrent constamment dans les conditions ordinaires de la culture, puisque l'eau des pluies est saturée d'acide carbonique, qu'elle contient presque toujours de l'ammoniaque, qu'elle se charge de chlorure en traversant les couches du sol, et qu'elle reçoit, de plus, des sels ammoniacaux par la putréfaction des matières azotées enfouies. On voit donc comment ce sel, insoluble par lui-même, peut pénétrer dans l'organisme végétal.

Voici la preuve de la solubilité du phosphate de chaux contenu dans les terres arables. MM. Verdeil et Risler, voulant déterminer les principes facilement solubles que renferment les terres fertiles du domaine de l'ancien Institut agronomique de Versailles, ont traité toutes ces terres par de l'eau pure, à la température de + 50° environ. Les lessives réunies ont été filtrées, puis évaporées à siccité. L'extrait ainsi obtenu a été réduit en cendres. Le résidu minéral de ces cendres renfermait les quantités suivantes de phosphate de chaux :

NOMS DES PIÈCES DE TERRE.	PROPORTION DE CENDRES POUR 100 PARTIES DE L'EXTRAIT.	RICHESSE DES CENDRES EN PHOSPHATE DE CHAUX EXPRIMÉE EN CENTIÈMES
Tourbe.	54,00	0,92
Faisanderie.	29,50	2,16
Gazon.	65,00	2,75
Argile de Galy.	52,00	5,85
Mail.	57.00	4,27
Avenue de la Reine. . . .	56,00	6,52
Sablière.	52,06	8,10
Calcaire de Galy.	53,00	9,00
Potager.	65,00	11,20
Satory.	67,00	18,50

On comprend que l'action de l'eau tiède ne représente que bien imparfaitement les propriétés énergiquement dissolvantes du sol arable. Toujours est-il que les phosphates apparaissent déjà, par ces expériences, comme éléments importants dans les sols fertiles.

On voit néanmoins que l'acide phosphorique n'entre jamais qu'en fort minime quantité dans les sols arables; et, en effet, sa proportion moyenne ne dépasse guère 10 kilog. par 10,000 kilog. de terre. Néanmoins cela suffit largement aux besoins des diverses plantes qu'on y cultive.

Magnésie. — On donne ce nom à l'oxyde du *magnésium*. Ce composé n'existe dans la nature qu'en combinaison, surtout avec les acides silicique, carbonique, sulfurique, azotique et phosphorique.

Le carbonate de magnésie, accompagne souvent le carbonate de chaux, et, lorsqu'il est en proportions assez considérables par rapport à ce dernier, il communique au sol des propriétés spéciales que nous indiquerons plus tard.

Le sulfate et l'azotate de magnésie, ainsi que le chlorure de magnésium, sont fréquemment en dissolution dans les eaux de sources et de fontaines

Le phosphate de magnésie accompagne constamment le phosphate de chaux dans les terres arables et dans toutes les eaux minérales. Comme ce dernier, il arrive au sol par les urines, les excréments de

l'homme, les fumiers, qui en sont très-riches. On le trouve aussi dans les plantes, mais il abonde dans les céréales, et notamment dans leurs semences, pour lesquelles il est tellement nécessaire, qu'elles ne peuvent se développer ni mûrir lorsque le sol en est dépourvu. Ainsi

les cendres de maïs en contiennent.	46,5 pour 100.
— de froment.	45,3
— de l'orge.	22,6
— de l'avoine.	20.8
— de pois.	32,4
— de haricots.	31,3

Le phosphate de magnésie, insoluble par lui-même, devient soluble par l'intermédiaire des agents qui opèrent la dissolution du phosphate de chaux.

Quant à la magnésie pure, c'est une poudre blanche, douce au toucher, très-légère, inodore et insipide, à peine soluble dans l'eau. Elle verdit le sirop de violette à la manière de la chaux. Tous ses sels sont pourvus d'une grande amertume. Elle est précipitée de ses dissolutions par le sous-phosphate d'ammoniaque, sous la forme d'une poudre blanche et grenue.

Le carbonate de magnésie ressemble beaucoup au carbonate de chaux; il est blanc, insipide, parce qu'il est insoluble ou presque insoluble, mais il est excessivement léger. Une chaleur rouge en expulse l'acide carbonique et laisse de la magnésie *caustique*, qu'on distingue de la chaux *vive*, parce que, arrosée d'eau, elle ne s'échauffe pas, n'augmente pas de volume et ne se délite pas. — Le carbonate de magnésie fait effervescence avec les acides les plus faibles, et, comme le carbonate de chaux, il est soluble dans l'eau chargée d'acide carbonique.

Généralement, dans les sols arables, ce sel n'est qu'une très-petite fraction du calcaire qui s'y trouve. Il y en a dans les terres les plus fertiles. Les terres si renommées de la vallée du Nil en contiennent une proportion notable; différents sols du Languedoc, réputés excellents, en renferment de 7 à 12 pour 100. Le *lizard* des Anglais, qui est l'une des plus riches terres du comté de Cornouailles, est caractérisé par une assez forte quantité de carbonate de magnésie.

Ce n'est que par exception qu'on rencontre les deux carbonates terreux en proportions à peu près égales; c'est ce qui se voit dans les terrains formés uniquement de débris dolomitiques. On appelle *dolomie* le double carbonate de chaux et de magnésie qui constitue des couches et des montagnes plus ou moins considérables (Angleterre, Allemagne, Italie, etc.); ces sortes de terrains, comme nous le verrons plus tard, sont peu favorables à la végétation.

Potasse. — La potasse, anciennement connue sous le nom d'*alcali végétal*, n'est pas plus un corps simple que les composés précédents. C'est un oxyde dont le métal a reçu le nom de *potassium*.

Cet oxyde fait partie d'un grand nombre de roches et de minéraux, qui le renferment en combinaison avec les acides, et surtout avec l'acide silicique. Il se trouve en proportions sensibles dans toutes les argiles, dans les pierres calcaires, d'ancienne ou de nouvelle formation, à l'état de silicate, de sulfate ou de carbonate, avec des quantités plus faibles de chlorure de potassium.

M. Kuhlmann en a trouvé jusqu'à 0,10 pour 100 dans la craie blanche, ce qui fait plus d'un kilogramme de potasse par mètre cube de craie. M. Pesier en a reconnu 4 pour 100 dans les marnes crayeuses. Certaines terres vertes en contiennent plus de 10 pour 100, d'après M. Berthier.

Il n'est donc pas étonnant qu'on trouve de la potasse dans presque tous les sols arables, surtout dans ceux qui sont remarquables par leur fertilité; toutefois sa quantité ne s'élève guère à plus de quelques millièmes. Il y a des pays où les terres sont naturellement salpêtrées et renferment beaucoup d'azotate de potasse ou *nitre*, comme dans les grandes plaines de la Chine, de l'Inde, de la mer Caspienne, de la Perse, de l'Arabie, de l'Égypte, de l'île de Ceylan, de la Hongrie, de l'Ukraine, de la Podolie, de l'Espagne, etc.; ce sel vient souvent s'effleurir à la surface du sol en aiguilles blanches, d'une saveur piquante; il est presque toujours accompagné, du reste, d'azotates de chaux, de magnésie et d'ammoniaque.

Beaucoup de sels de potasse existent en dissolution dans les eaux terrestres; on en trouve aussi dans les organes des animaux et des plantes. Les cendres des végétaux sont très-riches en sels de potasse, et surtout en carbonate, qui leur communique la saveur âcre et uri-neuse qu'elles possèdent. C'est ce carbonate très-soluble, qui constitue essentiellement la *lessive* qu'on obtient en laissant séjourner les cendres dans l'eau, et par suite la *potasse* du commerce, quand on a évaporé à sec la lessive et calciné le résidu dans des fours.

Soude. — La SOUDE, nommée anciennement *alcali minéral*, est l'oxyde du *sodium*. Comme la potasse, avec laquelle elle offre beaucoup d'analogie, elle fait partie de nombre de minéraux et de roches, où elle est associée à la silice, à l'alumine, à la chaux, à la magnésie, à la potasse.

Le tableau suivant montre la richesse en potasse et en soude des principales roches superficielles qui fournissent aux sols cultivables, par leur décomposition incessante, les alcalis que ceux-ci renferment :

DÉSIGNATION DES ROCHES.	POTASSE SUR 100.	SOUDE SUR 100
Granit de Felensbourg (Schleswig-Holstein)	»	9,01
Gneiss de Gratz	2,02	3,37
Basalte de Polignac (Haute-Loire)	2,70	3,10
Porphyre rouge de Kreutznach	5,50	3,55
Feldspath de Finlande	16,10	»
Albite de Finlande	»	11,12
Feldspath des Vosges	12,76	»
Orthose adulaire du Saint-Gothard	16,95	»
Mica de Sibérie	7,6	»
— noir du Vésuve	»	8,50
Serpentine du Palatinat	»	6,00
Kaolin de Saint-Yriex (Haute-Vienne)	2,10 à 2,60	»
Labradorite de l'Etna	0,22	4,10
Lave vitreuse du Cantal	3,40	»
Pouzzolane du Vésuve	4,87	6,25

La soude accompagne encore la potasse dans les argiles et les calcaires; elle forme beaucoup de sels, et notamment des sulfate, phosphate, chlorure, qui existent dans les eaux, dans les plantes, dans les animaux, et son carbonate est le principe essentiel des cendres des végétaux qui vivent dans la mer ou sur ses bords. C'est donc lui qui caractérise le produit qu'on appelle *soude* dans les arts, et avec lequel on fabrique la lessive et les savons durs.

La potasse et la soude sont ordinairement désignées sous le nom commun d'*alcalis*. Elles diffèrent essentiellement des autres oxydes métalliques, tels que l'alumine, la chaux, la magnésie, par leur grande solubilité, leur saveur âcre et la propriété de verdir fortement les couleurs bleues végétales.

Le *chlorure de sodium* ou *sel marin* se rencontre parfois dans les terres arables, mais en proportions toujours très-minimes, si ce n'est dans celles qui sont voisines des bords de la mer ou des étangs salés; mais, lorsque sa quantité dépasse 2 pour 100, les graminées, les céréales surtout, cessent d'y croître, et ces sortes de terres salées ne peuvent plus porter que les plantes spéciales, dites *plantes à soude*, telles que les arroches, les salicornes, les salsolas, le tamarix, etc.

Oxydes de fer et de manganèse. — Ces deux oxydes sont très-répandus; mais, tandis que le premier est très-abondant, le second, qui l'accompagne presque toujours, est habituellement en fort petite proportion dans les roches qui les renferment.

Dans les terres arables, c'est surtout à l'état de *peroxyde* que le fer se trouve, soit libre de toute combinaison, soit uni aux acides carbonique, silicique et phosphorique. Dans le premier cas, il peut être *anhydre* ou privé d'eau, et alors il a une couleur rouge; ou bien il

est *hydraté*, c'est-à-dire en combinaison avec l'eau, et alors il a une couleur jaune ou brune. Ce sont ces deux variétés de peroxyde de fer qui colorent la plupart des roches, des pierres, des ocres, des argiles.

Le carbonate de fer se montre aussi dans les roches et dans les eaux qui circulent à la surface du sol; il y est dissous à la faveur de l'acide carbonique. Les sources ferrugineuses sont facilement reconnues à la pellicule jaunâtre qui les recouvre habituellement, et au dépôt ocracé qu'elles forment au fond et sur les bords des terrains qu'elles parcourent.

Le phosphate de fer accompagne presque partout le phosphate de chaux, notamment dans les coprolites et les nodules des terrains crétacés inférieurs. MM. Paul Thenard et Delanoue disent avoir trouvé l'acide phosphorique toujours combiné au fer dans les bonnes terres arables.

On rencontre aussi quelquefois, mais accidentellement, le fer à l'état de sulfate ou de *couperose verte* dans les terres arables. Celles qui en contiennent beaucoup sont tout à fait stériles; telle est, par exemple, la terre sulfureuse de Rollat (Somme), analysée par Vauquelin, et dont voici la composition :

Terreau végétal	54,0
Sulfate de fer	10,7
Soufre	8,0
Oxyde de fer	12,7
Sulfate de chaux	7,3
Silice ou sable	2,0
	94,7

Mais, lorsque le sulfate de fer ne se montre dans les terres qu'à des doses excessivement faibles, sa présence contribue à l'activité de la végétation, sans doute parce que, comme l'a établi, le premier, Eusèbe Gris, il favorise la production de la couleur verte dans les parties herbacées, circonstance éminemment favorable à l'absorption et à la décomposition de l'acide carbonique de l'air, et par suite à la fixation du carbone dans le tissu végétal.

Dans les couches profondes des terres arables, le fer est à l'état de protoxyde combiné avec des acides organiques, notamment avec celui qu'on appelle *acide ulmique* : il est alors brunâtre, et c'est lui qui est la cause de la couleur foncée que présentent les tranches de terre que la charrue ramène à la surface du sol. M. Philipps affirme avoir obtenu, par des analyses de sols de différentes contrées, des quantités de protoxyde de fer s'élevant depuis 3 jusqu'au 14 pour

100. — M. Muller en a trouvé de 9 à 11,8 pour 100 dans les terres des côtes basses de la mer du Nord.

Pendant longtemps on a regardé le fer, surtout à l'état de protoxyde, comme nuisible à la végétation. Une interprétation plus rationnelle des faits a détruit cette opinion et l'a fait ranger, au contraire, parmi les agents naturels de la fertilité des sols. Dès qu'il a le contact de l'air humide, il tend à se suroxyder et à passer à l'état d'hydrate de peroxyde de fer ; mais ce changement ne se fait pas sans qu'il y ait de l'eau décomposée ; or l'hydrogène de celle-ci, en s'unissant à l'azote de l'air, produit de l'ammoniaque, ce grand élément de toute nutrition végétale. Cette ammoniaque, ainsi procréée incessamment, reste condensée dans les pores du peroxyde de fer formé ; de sorte que ce dernier devient, comme l'argile, un réservoir d'ammoniaque dont les plantes profitent. Il est certain que dans tous les oxydes de fer naturels on a trouvé de l'ammoniaque en proportions notables.

D'un autre côté, les débris organiques enfouis sont brûlés peu à peu et amenés, partie à l'état de nouvelles substances solubles, partie à l'état d'acides carbonique et azotique. Cet effet est rapporté par plusieurs chimistes à l'oxygène de l'air qui intervient sous l'influence du protoxyde de fer qui sert, pour ainsi dire, d'*agent provocateur;* mais d'autres chimistes pensent que c'est le peroxyde de fer qui, en repassant à l'état de protoxyde, fournit l'oxygène nécessaire à la transformation des matières organiques. Dans cette seconde manière de voir, le protoxyde de fer servirait à emprunter de l'oxygène à l'air pour le reporter sur les matières organiques ; ce serait une espèce de rouage intermédiaire pour déterminer l'oxydation de ces matières et les rendre assimilables.

Quoi qu'il en soit, il paraît maintenant à peu près certain que les phénomènes de nitrification et de métamorphoses des débris organiques insolubles en matériaux nouveaux assimilables sont liés et dépendent, en partie du moins, de la présence du fer dans les sols arables.

Nous distinguerons donc, dans les terres, deux sortes d'oxyde de fer, dont l'une concourt à la production de l'ammoniaque et à la fixation de l'oxygène de l'air et de l'eau, et dont l'autre agit comme principe comburant en fournissant de l'oxygène aux matières organiques, tout en ayant la propriété de condenser et de retenir l'ammoniaque dans le sol, dont elle augmente ainsi prodigieusement la fécondité.

Ajoutons que, d'après M. Paul Thenard, le peroxyde de fer joue encore le rôle d'agent conservateur de l'acide phosphorique, qu'il fixe et emmagasine à l'état de phosphate très-insoluble, jusqu'à ce que la potasse et les autres agents assimilateurs l'enlèvent et le livrent

aux plantes à l'état de phosphate soluble, au fur et à mesure de leurs besoins.

L'oxyde de manganèse est brunâtre, insoluble dans l'eau comme le peroxyde de fer. C'est à l'état de peroxyde, de carbonate, de silicate et de phosphate, qu'il existe dans les terrains cultivés, mais toujours en quantités infinitésimales.

Tels sont les composés chimiques qui servent à constituer, par leur combinaison ou leur mélange, les principaux minéraux terreux qui font partie des roches. Ces minéraux ne diffèrent, le plus souvent, les uns des autres que par de légères variations dans les proportions de leurs principes constituants.

Formation des sols arables. — Ainsi que nous l'avons dit précédemment, c'est par la décomposition des roches qui se montrent à la surface du globe que les SOLS ARABLES ont été formés. Cette décomposition a été opérée par l'action simultanée et continuelle de l'air et de l'eau, qui, en attaquant chimiquement ou mécaniquement les divers éléments des roches, les ont peu à peu désunis, désagrégés et réduits enfin à l'état de particules plus ou moins ténues, que les cours d'eau ont entraînées du haut ou du flanc des montagnes, et transportées dans les plaines, où ces *galets*, ces *sables*, ces *poussières minérales*, ont formé des dépôts d'une certaine épaisseur.

Les actions mécaniques et chimiques qui ont opéré cette destruction des roches superficielles ne s'arrêtent jamais, et le temps produit des effets non moins remarquables qu'une force vive, mais momentanée. Ainsi le granit, d'une texture si serrée et d'une si grande dureté; ainsi les porphyres, les basaltes, les marbres, les pierres calcaires, sont peu à peu attaqués, corrodés, minés, réduits en poussière par cette action imperceptible, mais incessante, des agents atmosphériques.

Les effets mécaniques sont produits par l'eau, quand elle change d'état, c'est-à-dire quand elle se congèle ou se vaporise, ou quand elle est animée d'un mouvement continu; d'une manière ou d'une autre, elle a une puissance dynamique considérable.

Mais les effets chimiques sont peut-être encore plus étendus et plus généraux. Ils sont exercés par l'oxygène et par l'acide carbonique de l'air.

Le premier attaque et se fixe sur le fer, le manganèse, sur les pyrites métalliques, qui sont si fréquemment disséminés ou accolés aux roches de toute nature; en les changeant en oxydes, en sulfates, en carbonates, il donne lieu à des poussières ou à des efflorescences salines, qui sont facilement entraînées par les eaux, soit en suspension, soit en dissolution.

Le second, l'acide carbonique, est absorbé et condensé plus aisément encore, soit par l'eau, soit par les corps poreux. L'eau chargée de ce gaz dissout, en plus grande proportion que l'eau pure, une foule de substances minérales insolubles par elles-mêmes, notamment les carbonates et les phosphates terreux et métalliques. Elle attaque tous les silicates sans exception, en se substituant à l'acide silicique et formant des bicarbonates alcalins et terreux solubles. La silice, isolée ainsi à l'état gélatineux, est très-soluble dans l'eau contenant des carbonates alcalins, sensiblement soluble dans l'eau pure et dans l'eau chargée d'acide carbonique. La chaux, la magnésie surtout, les oxydes de fer et de manganèse, se dissolvent aussi très-bien dans ce dernier liquide.

Voilà donc de quelle manière toutes les roches siliceuses, qui sont les plus dures de toutes, finissent par être attaquées et par céder leurs divers principes à l'eau chargée d'acide carbonique qui les humecte ou qui les lave.

Cette explication de la destruction des roches n'est pas une vue purement spéculative; elle repose sur un grand nombre d'observations et d'analyses dues à MM. Berthier, Fournet et Ebelmen.

Il faut, sans doute, des années pour que cette désagrégation des roches dures, exposées aux influences atmosphériques, se manifeste d'une manière sensible, mais enfin elle se produit, et avec le temps il se forme à leur surface une couche plus ou moins épaisse d'une poussière sableuse dans laquelle les racines des plantes peuvent pénétrer, à moins que les pluies torrentielles ne transportent au loin et dans des lieux plus bas ces détritus minéraux qui vont alors former des dépôts sédimentaires, si favorables à la végétation

La nature de ces dépôts varie autant que les couches géologiques qui ont contribué à leur formation. Ainsi les débris des montagnes granitiques ont formé des terres mélangées de silice, d'alumine, de chaux, de magnésie, de potasse et d'oxyde de fer; les montagnes quartzeuses n'ont fourni que des sables siliceux ; les schistes argileux ont donné lieu à des limons presque entièrement formés d'argile ; les collines de craie ou les montagnes calcaires ont produit des dépôts calcaires.

On peut reconnaître la nature différente de ces dépôts au moyen de la loupe, qui fait découvrir la plupart des minéraux simples ou des débris de roches qui, par leur mélange, concourent à former ces amas sédimentaires.

Toutefois les débris des montagnes, entraînés par les eaux dans les bas-fonds, ne représentent pas toujours, dans les mêmes proportions, les principes essentiels des roches qui ont été attaquées et cor-

rodées par les agents naturels. Cela tient à ce que ces différents principes n'ont pas la même densité et la même affinité pour l'eau. On conçoit que, parvenus au même degré de ténuité, les uns ont dû se déposer très-promptement, tandis que les autres ont été entraînés beaucoup plus loin par le courant. C'est pour cette cause que la silice et l'oxyde de fer prédominent dans les dépôts qui ont été formés en premier lieu, tandis que les argiles, la chaux, l'alumine, la magnésie, se montrent successivement dans les dépôts les plus éloignés de leur point d'origine. Les sels alcalins de potasse et de soude sont aussi entraînés par les pluies, en raison de leur solubilité; en sorte que les détritus des roches feldspathiques sont toujours moins riches en sels alcalins solubles que les roches mêmes.

Voilà ce qui fait qu'il n'est pas toujours possible de prévoir la composition chimique d'un sol d'après la nature des roches sur lesquelles il repose, ni d'après celle des roches qui constituent les coteaux environnants.

La végétation, de son côté, a contribué à la formation des SOLS ARABLES, car il s'est fait en grand ce que nous voyons arriver en petit à la surface de certaines roches qui, d'abord nues et stériles, se couvrent peu à peu de plantes, et finissent par devenir des terres très-productives.

Il s'établit sur cette surface, humectée par les pluies, les neiges, les rosées et les brouillards, diverses fongosités, productions éphémères qui ne demandent au sol presque rien, qu'un point d'appui, mais qui lui laissent en échange leurs détritus, c'est-à-dire une légère couche de matières azotées et par conséquent fertilisantes; dans cette couche apparaissent bientôt des végétaux plus complexes, des mousses, des lichens dont les racines déliées s'insinuent dans les moindres fissures et les font éclater par l'effort continu qu'elles exercent : action destructive, favorisée encore par l'humidité entretenue par ces petits végétaux et par toutes les influences atmosphériques.

Cette première végétation est comme l'avant-garde des graminées, des cypéracées aux racines longues et traçantes, qui prennent encore peu de nourriture au sol, mais qui ont déjà une force plus puissante de disgrégation, et qui, par leurs débris plus considérables, augmentent sans cesse l'épaisseur du dépôt. Celui-ci ne tarde pas à être envahi par ces légions de composées et de papillionacées qui affermissent et améliorent assez le terrain, pour qu'un jour les graines de plantes ligneuses qu'y jettent les vents et les tempêtes le couvrent de forêts.

Le SOL ARABLE est alors constitué, et, plus tard, avec le temps, on parvient à y cultiver toutes sortes de végétaux.

Il faut évidemment pour cette succession de produits un temps bien

long; mais la nature, dans ces grandes opérations qui tiennent de celles de la période géologique, n'a pas besoin de compter les années, puisque son Auteur tient les siècles dans ses mains, et que mille ans sont devant lui comme le jour d'hier, qui n'est plus. (Laterrade.)

Tel a été, nous devons le croire, le premier mode de formation du sol arable sur un grand nombre de terrains, et si nous voyons encore aujourd'hui des roches à nu, c'est que leur situation abrupte a empêché l'établissement de toute végétation, ou que les pluies ont successivement entraîné dans les lieux plus bas le produit de la décomposition des roches et de la végétation des plantes. C'est pour cette raison que le sol des vallées est toujours plus profond, d'une épaisseur inégale et d'une nature très-variée, tandis que celui des plateaux offre peu de profondeur, mais beaucoup d'uniformité dans son épaisseur et sa composition.

L'homme a puissamment concouru, pour sa part, à la formation du sol arable. A l'aide de l'épierrement et des labours, par des mélanges raisonnés de terres diverses, au moyen de détritus de plantes et d'excréments d'animaux, il a successivement modifié, changé, amélioré les propriétés du sol primitif, et introduit dans sa composition de nouveaux principes, des substances salines, des matières organiques, qui l'ont rendu propre à toutes les cultures. Aussi peut-on dire, avec Chaptal, que si la nature a préparé les sols, l'homme seul les a disposés de manière à les faire produire selon ses goûts et ses besoins.

L'épaisseur de la couche superficielle dans laquelle les plantes peuvent se développer varie à l'infini, depuis quelques centimètres seulement dans les mauvais sols, jusqu'à un mètre et plus dans les sols de bonne qualité. On appelle *sol superficiel* un terrain qui n'a pas plus de 10 à 15 centimètres d'épaisseur; *sol moyen*, celui qui a 16 à 18 centimètres, et *sol profond*, celui qui a une profondeur de 24 à 27 centimètres et au delà.

Tout ce qui est au-dessous du sol agraire prend le nom de SOUS-SOL. Le sous-sol n'est donc autre chose que la roche minérale dont la surface a été convertie peu à peu en terre arable, par les diverses causes dont nous venons de parler. Toutefois, pour certains agronomes, le sous-sol proprement dit est la couche minérale dont la composition diffère complétement de celle des couches meubles qu'elle supporte, et qui repose ordinairement sur une couche imperméable à l'eau.

M. de Gasparin, par exemple, établit dans les terrains agricoles les divisions suivantes, rendues plus sensibles par la figure ci-jointe :

1° Le *sol actif A*, partie superficielle, qui est mêlée de terreau, qui reçoit les impressions de l'atmosphère, les sels solubles, dans laquelle se passent les phénomènes de la végétation, et qui est atteinte et remuée par le labour ;

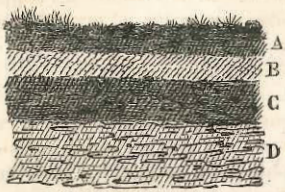

Fig. 1. *Coupe verticale des couches terreuses qui composent le sol.*

2° Le *sol inerte B*, couche de même nature minérale que la précédente, mais qui n'est pas entamée par les cultures ordinaires ;

3° Le *sous-sol C ;* c'est la couche ou l'ensemble des couches, d'une composition minérale différente de celle du sol arable et qui s'étend depuis le *sol inerte* jusqu'à la couche imperméable ;

4° Enfin la *couche imperméable D*, située à une profondeur variable, et qui, ordinairement constituée par de l'argile, sert de réservoir inférieur aux eaux des terrains supérieurs.

Quelquefois le *sol arable* repose immédiatement sur la *couche imperméable ;* il n'y a pas alors de *sous-sol*.

Quoi qu'il en soit, la nature du *sous-sol* change à chaque instant, d'une localité à une autre, ce qu'il est très-utile de savoir reconnaître ; car le *sous-sol* exerce une grande influence sur les qualités du sol cultivable, et il n'est pas toujours indifférent d'opérer le mélange de ces deux parties si distinctes.

C'est le *sous-sol* qui fait varier la profondeur, la puissance de la couche arable, qui influe sur plusieurs de ses propriétés physiques, et notamment sur son état habituel d'humidité ou de sécheresse ; aussi ne saurait-on assez recommander au cultivateur débutant dans un pays nouveau pour lui l'examen préalable le plus rigoureux du sous-sol ; car il est toujours moins difficile de remédier aux défauts inhérents à la surface qu'à ceux du sous-sol, sur lequel on ne peut agir qu'avec beaucoup de travail, de temps et de dépenses.

Nous reviendrons plus tard sur l'influence du sous-sol, en parlant de la culture de la couche arable, et nous verrons dans quelles circonstances il est avantageux d'en opérer le mélange avec celle-ci pour augmenter la profondeur du terrain agraire.

COMPOSITION CHIMIQUE DES SOLS ARABLES.

Les terres propres à la culture ayant été formées par les détritus des roches superficielles, il semble que, pour connaître la nature chimique de ces terres, il suffirait de savoir celle des roches qui leur

ont donné naissance. Mais tant de causes diverses ont contribué à mélanger ces terres les unes avec les autres ; le temps, les végétaux, l'homme enfin, ont successivement apporté tant de modifications à leur constitution, que le caractère primitif de chacune d'elles a disparu, et qu'il faut les juger et les apprécier d'après leur état actuel.

Les sols arables offrent une grande diversité de composition chimique ; mais les différences résident moins dans la nature même des éléments qui les constituent que dans les proportions de ces mêmes éléments. En effet, presque tous renferment comme principes essentiels ou dominants :

De la silice,
De l'alumine,
Du carbonate de chaux.

On y trouve aussi, mais en proportions plus faibles, certains autres composés chimiques qui remplissent des effets d'une haute importance ; tels sont :

Du carbonate de magnésie,
Des oxydes de fer et de manganèse,
Des alcalis et des sels, notamment :
Des silicates, des phosphates, des sulfates de potasse, de chaux et de magnésie,
Des chlorures de potassium, de sodium, de calcium et de magnésium,
De l'ammoniaque et des sels ammoniacaux,
De l'acide azotique à l'état de sels avec la potasse, la chaux, la magnésie, l'ammoniaque ;
Des matières organiques plus ou moins définies, à l'état de *terreau* ou d'*humus*.

On y rencontre encore, comme principes accessoires :

Des débris non entièrement déformés de végétaux et d'animaux,
Des cailloux ou graviers,
Des sables de diverses natures.

Nous connaissons déjà les substances minérales qui font partie des sols ; mais nous avons à étudier, avant d'aller plus loin, l'*humus* ou la partie organique et les autres états sous lesquels l'azote se trouve dans les terres arables, c'est-à-dire l'ammoniaque et l'acide azotique. Ce sont là des questions de la plus haute importance.

Humus ou terreau. — Cet humus, qu'il ne faut pas confondre avec la *terre végétale*, est le premier produit, ou du moins le résultat actuel de la décomposition des végétaux. Tous les ans, les feuilles qui tombent des arbres ou qui se détachent des plantes herbacées, l'écorce qui s'exfolie, les organes des fleurs qui se dessèchent, les racines et

les tiges qui meurent, les enveloppes des fruits qui gisent sur le sol, se détruisent peu à peu, sous l'influence réunie de l'air, de l'eau et de la chaleur, et se transforment en une matière noire, onctueuse au toucher, pouvant perdre par la dessiccation l'eau qu'elle a absorbée, et brûler alors en répandant une odeur de foin ou de corne. Eh bien, c'est là l'*humus* ou le *terreau*.

Le terreau provient donc de la décomposition lente du ligneux. Au contact de l'air et de l'humidité, et surtout en présence de la chaux et des sels alcalins, une partie de l'hydrogène du ligneux est brûlée par l'oxygène de l'air, et, une fois l'équilibre rompu, il se fait de l'acide carbonique aux dépens des éléments restants. Par cette double action, les éléments, oxygène et hydrogène, diminuant graduellement, la proportion de carbone augmente à mesure, et alors le ligneux passe à l'état de *terreau charbonneux* qui n'est pas soluble.

Ce *terreau charbonneux*, par son exposition à l'air, donne de l'acide carbonique, devient plus riche en carbone et acquiert la propriété de se dissoudre dans les eaux alcalines. C'est alors le véritable *humus*, qui paraît être un mélange de différents acides noirs que les chimistes désignent sous les noms d'acides *ulmique*, *humique*, *géique*, *crénique* et *apocrénique*.

Si l'on traite du bon terreau de jardinier par une légère dissolution de potasse, le liquide se colore fortement en brun, acquiert de la consistance et mousse par l'agitation. Si, après avoir filtré ce liquide, on y verse un léger excès d'acide faible, il se précipite d'abondants flocons d'un brun rougeâtre : c'est là l'*acide ulmique* ou *humique*, dont une énorme quantité peut se dissoudre dans une très-petite proportion d'alcali.

Le terreau épuisé, puis abandonné dans l'air, donne de nouveau de l'humus soluble, après un certain temps.

Le terreau de jardin est un mélange de ligneux en voie de décomposition, d'humus charbonneux insoluble et d'humus soluble. Une partie de ce dernier est libre, mais la plus grande partie est combinée à la chaux.

Dans cet état, le terreau cède fort peu de chose à l'eau, car l'humate de chaux est extrêmement peu soluble, et il le devient encore moins une fois qu'il a été contracté par la dessiccation. Il faut des quantités énormes d'eau pour le dissoudre et faciliter son absorption. L'ammoniaque libre ne change rien à cet état ; mais il est au contraire transformé, avec une merveilleuse facilité, en une combinaison soluble par le carbonate d'ammoniaque.

On comprend alors comment peut être utilisé l'humate de chaux presque insoluble déposé dans le terreau. Le carbonate d'ammonia-

que se forme sans cesse par la putréfaction ; il arrive d'ailleurs continuellement au sol par les eaux pluviales, et trois rôles importants lui sont réservés par rapport à l'humus :

1° Il transforme en un sel soluble l'humus libre contenu dans le terreau ;

2° Il détermine non moins facilement la solution de celui qui est combiné à la chaux ;

3° Enfin, par sa réaction alcaline, il facilite l'absorption de l'oxygène de l'air, et la conversion du ligneux et du terreau charbonneux en humus parfait.

D'après Soubeiran, qui a fait dans ces derniers temps une étude sérieuse du terreau, l'humus parfait a la composition suivante :

Carbone	55,5
Hydrogène	4,8
Oxygène	37,4
Azote	2,5
	100,0

La conversion des matières végétales en humus est toujours fort lente à s'effectuer. Elle est accélérée par une température élevée et le libre contact de l'air ; elle est, au contraire, ralentie ou entravée par l'absence de l'humidité et par le contact d'une atmosphère d'acide carbonique qui, en environnant les particules ligneuses, les empêche de rencontrer l'oxygène. Les matières antiseptiques et les acides arrêtent également la pourriture de la fibre ligneuse, tandis que les alcalis et les terres alcalines la favorisent. Dans un sol argileux compacte, l'humidité, l'une des conditions nécessaires à la pourriture des matières végétales qu'il renferme, se maintient le plus longtemps ; mais la rencontre de l'air s'y trouve interceptée par la consistance même du terrain, aussi la transformation de ces matières en humus est-elle fort longtemps à se produire. Dans un sol sablonneux et humide, au contraire, et mieux encore dans un terrain composé à la fois de calcaire et de sable, la pourriture procède beaucoup plus rapidement, par suite de l'arrivée facile de l'air, et du contact des matières organiques avec la chaux.

Dans tous les cas, dans le terreau brut il y a, d'après ce que nous avons vu précédemment :

1° Des débris organiques qui n'ont encore éprouvé aucune décomposition ;

2° Des débris en voie de décomposition plus ou moins avancée et amenés à l'état d'*humus charbonneux* ;

3° Des parties déjà décomposées et arrivées à l'état d'*humus parfait*.

Le terreau, par cela seul qu'il est un mélange complexe de diverses matières organiques en voie de décomposition, est rarement doué de propriétés constantes, caractéristiques et distinctives, puisque les matériaux hétérogènes qui le composent peuvent être dans un état de décomposition plus ou moins complète.

D'ailleurs, il offre encore des modifications suivant la nature des plantes qui ont servi à le produire. C'est ainsi que les débris provenant de plantes riches en tannin donnent un *terreau acide*, comme le sont généralement les *terres de bruyère*. Cette espèce de terreau ne convient pas à tous les genres de cultures, et il y a presque toujours nécessité d'y ajouter de la marne ou de la chaux pour le rendre propre à la fertilisation des sols. — On appelle, par opposition, *terreau doux* celui qui est le résultat de l'altération de toutes les plantes non astringentes; il peut servir à toutes les cultures. — La *tourbe* est une autre espèce de terreau formé par des plantes qui se sont décomposées sous l'eau.

D'après Théodore de Saussure, si l'on fait macérer pendant deux jours du terreau de bruyère avec le double de son poids d'eau de pluie, 100 grammes de la liqueur filtrée fournissent, pour une évaporation ménagée, un extrait brun, noirâtre, non acide, du poids de 388 milligrammes et dans lequel il existe :

Du sucre de raisin très-coloré (environ le quart),
Beaucoup de dextrine,
Une substance azotée,
Une matière insoluble (probablement de l'acide ulmique),
Des traces de nitrates de potasse et d'ammoniaque,
de chlorures de calcium et de potassium,
de phosphates de potasse et de chaux,
d'oxydes métalliques et de silice.

Il résulte donc de là que, dans le terreau parfait, il y a des matières organiques, solubles, azotées et non azotées, de l'acide ulmique ou des acides analogues, des sels minéraux solubles et insolubles.

MM. Verdeil et Risler ont fait, en 1852, des recherches sur les matières solubles des terres fertiles, qui corroborent et complètent les faits signalés par Th. de Saussure. Voici les proportions relatives de matières organiques et de matières minérales qu'ils ont trouvées dans 100 parties de l'extrait sec des terres épuisées par l'eau distillée tiède. Ces terres étaient celles qui composent le domaine de l'ancien Institut agronomique de Versailles :

NOMS DES PIÈCES DE TERRE.	MATIÈRES ORGANIQUES.	CENDRES OU SUBSTANCES MINÉRALES.
Satory.	33	67
Gazon.	35	65
Potager.	37	63
Mail.	43	57
Avenue de la Reine.	44	56
Tourbe.	46	54
Calcaire de Galy.	47	53
Sablière.	47,04	52,06
Argile de Galy.	48	52
Faisanderie.	70,5	29,5

Ces substances minérales sont des sulfate, carbonate et phosphate de chaux, des chlorures de sodium et de potassium, des silicates de potasse et de soude, de la silice libre, de l'oxyde de fer, et quelquefois de la magnésie et des traces d'alumine. Dans les matières organiques domine une substance neutre, analogue au sucre ou à la dextrine, à laquelle MM. Verdeil et Risler attribuent la dissolution des matières minérales insolubles par elles-mêmes. Cette opinion se rapproche beaucoup de celle de Théodore de Saussure, qui a prétendu que les sels insolubles des terres arables sont intimement combinés à la substance organique soluble du terreau, et que c'est celle-ci qui les entraîne à travers les pores imperceptibles ou les cellules absorbantes des radicelles.

Sans nier la part d'influence que peut exercer la partie organique soluble du terreau sur la dissolution des matières salines insolubles, contenues dans une terre, nous devons rappeler que l'acide carbonique dissous dans l'eau a la propriété de rendre solubles les carbonates de chaux, de magnésie, de fer, de manganèse, les phosphates terreux; de même que l'eau chargée de chlorures alcalins, de sels ammoniacaux, dissout très-bien, de son côté, ces mêmes phosphates terreux.

Dans le *terreau véritable* ou l'*humus parfait*, toute la matière organique est loin d'être à l'état soluble; il y a plus même, c'est que la plus grande partie n'est pas attaquable directement par l'eau. En voici la preuve dans les résultats suivants, obtenus par l'un de nous, M. J. Girardin:

HUMUS DANS 100 PARTIES DES TERRES DE LA HAUTE NORMANDIE.

	HUMUS SOLUBLE, AZOTÉ.	HUMUS INSOLUBLE.
Terre d'une île de la Seine, en amont de Rouen.	0,85	17,30
— argileuse de Forges-les-Eaux.	0,549	2,666
— forte de Darnetal.	»	5,050
— franche du Bois-Guillaume.	0,675	9,289

Centro de Investigación y Tecnología
D.G.A.
BIBLIOTECA

	HUMUS SOLUBLE AZOTÉ.	HUMUS INSOLUBLE.
Terre sablo-argileuse de Caudebec-lès-Elbeuf. .	0,070	1,600
— — de Franqueville.	0,250	2,000
— sablo-argilo-ferrugineuse de Blosseville-Bonsecours.	0,176	4,406
— sablo-calcaire des bords de la Seine (Petit-Quevilly).	0,447	4,716
— des coteaux de Saint-Martin de Boscherville.	0,550	4,110
— de bruyère de la forêt de Saint-Étienne du Rouvray.	1,120	7,156
— sableuse du Petit-Quevilly.	0,1025	2,74

Il est donc bien constant qu'il n'y a jamais à la fois, dans les terres, qu'une fort minime partie du terreau qui soit immédiatement soluble dans l'eau ; mais peu à peu, par suite d'une fermentation lente que subit incessamment la substance organique du terreau en présence de l'air et de l'eau, la partie insoluble se métamorphose et se trouve amenée à l'état de nouvelles matières nutritives solubles, qui remplacent partiellement et successivement celles que les plantes ont déjà consommées.

Il est certain que du terreau, qui semble avoir été épuisé par l'eau de tous ses principes solubles, étant abandonné dans l'air pendant quelque temps, fournit de nouveau des solutions colorées, et même plus colorées que les premières, par suite de la fermentation qu'il a subie au contact de l'air et qui a changé une nouvelle dose de matières insolubles en principes solubles.

Dans l'air humide, le terreau absorbe de l'oxygène et dégage un volume égal d'acide carbonique, en même temps qu'il se produit des matières azotées solubles ou volatiles, ammoniaque et acide azotique. Cette action ne cesse jamais, en sorte que le terreau est une source continuelle d'acide carbonique et de nourriture soluble dont les racines des plantes peuvent profiter.

Mais il n'agit pas seulement par ses éléments organiques sur la végétation ; il opère encore par les substances minérales qu'il offre aux plantes, précisément dans un état où leur absorption est facile, à mesure que se décomposent les matières organiques qu'il contient. C'est ainsi que par une de ces admirables harmonies de la nature, une génération qui finit facilite le développement de celles qui la suivent !

L'humus est produit continuellement à la surface de la terre ; il se mélange aux matières terreuses qui constituent le sol, et il est la cause principale de leur fertilité. Ceci est démontré par tous les faits de pratique. Il n'y a pas un cultivateur qui ne sache que plus il y a, dans un

terrain quelconque, de débris organiques en état de décomposition, plus ce terrain est, en général, favorable à la végétation, et qu'enfin les plantes périssent quand il n'y a pas renouvellement de l'humus végétal. C'est au moyen des fumiers et autres engrais qu'on restitue au sol les principes fertilisants fournis par ce dernier aux récoltes qui se sont succédé.

Les proportions de l'humus ou des matières organiques en décomposition, dans les différents sols, sont excessivement variables, ainsi que nous l'avons déjà vu.

Les terrains tourbeux en contiennent de 50 à 70 pour 100 de leur poids; mais c'est un terreau *acide*, qui a besoin d'éprouver de profondes modifications de la part des alcalis pour devenir favorable à la végétation des plantes alimentaires. Le sol des forêts, les vieux pâturages, sont encore dans le même cas. — Il existe quelquefois jusqu'à 25 pour 100 de terreau dans les terres de jardins et dans la couche arable d'un petit nombre de sols riches, cultivés depuis longtemps; mais il y en a généralement moins, même dans les meilleures terres. — Les sols très-argileux en renferment parfois de 10 à 12 pour 100. — Les bonnes terres à froment en contiennent habituellement de 4 à 8 pour 100. — L'orge en exige de 2 à 3 pour 100. — L'avoine et le seigle peuvent prospérer sur un terrain qui n'en renferme que 1 1/2 pour 100.

Mais la partie organique du terreau se détruit peu à peu, en présence de l'humidité et de l'air, puisque l'oxygène de ce fluide la convertit en acide carbonique; avec le temps elle se dissipe, et il ne reste plus que les matières fixes, salines et terreuses, qui s'y trouvaient.

« Cette destructibilité de la terre végétale, dit de Saussure père, est un fait sans exception, et, toutes les fois que les cultivateurs ont voulu suppléer aux engrais par des labours trop fréquemment répétés, ils en ont fait la triste expérience : la terre s'est appauvrie graduellement et les champs sont devenus stériles. » Ce phénomène est d'autant plus apparent et rapide à se produire, que l'on s'avance du nord vers le midi, et c'est pour échapper à ces résultats désastreux que les cultivateurs des pays chauds (Amérique, Afrique, Algérie) ne labourent leurs terres que très-superficiellement.

Nous devons à M. Boussingault une expérience directe qui démontre bien la combustion lente du carbone dans une terre végétale soumise à l'action de l'humidité, de l'air et de la lumière.

Cet habile expérimentateur a placé, le 29 juillet 1858, dans un vase cylindrique en verre de deux centimètres de profondeur, 120 grammes de la terre du potager de Liebfrauenberg (Alsace). Cette

terre, formant une couche d'un centimètre d'épaisseur, a été entretenue constamment humide avec de l'eau distillée exempte d'ammoniaque. Trois mois après, M. Boussingault a recherché si elle renfermait encore les mêmes proportions de carbone et d'azote. Voici les résultats comparés des deux analyses :

Carbone, dans 120 grammes, avant l'exposition à l'air. . . .	2,916
— après la jachère de 3 mois. . .	1,926
Perte en carbone.	0,990
Azote, dans la même terre, avant l'exposition à l'air.	0,3132
— après la jachère.	0,3322
Gain en azote.	0,0190

Il ressort donc bien de cette observation que la terre arable, en abandonnant, par la combustion lente, une partie du carbone appartenant aux matières organiques qu'elle recèle, ne perd pas d'azote; qu'elle en acquiert, au contraire, dans une certaine proportion, sous la forme d'ammoniaque ou d'acide azotique.

De l'azote des sols arables. — Il est un autre principe essentiel des sols arables dont, pendant longtemps, on n'a tenu aucun compte, mais dont aujourd'hui on reconnaît bien l'importance comme élément de fertilité. Ce principe, c'est l'azote.

Tous les faits acquis par la science jusqu'à ce jour démontrent que l'azote est un des éléments les plus nécessaires au développement des plantes, et que les agents de fertilisation par excellence sont ceux qui renferment le plus de ce principe condensé sous un petit volume. Ils montrent encore que les besoins d'engrais ou de substances azotées, que réclame un sol arable quelconque, sont en rapport direct avec les quantités d'azote soustraites à ce sol par les produits antérieurs récoltés.

Par conséquent, toutes circonstances étant égales d'ailleurs, une terre sera d'autant plus riche ou plus fertile qu'elle renfermera naturellement plus d'azote.

Mais comment et sous quelle forme l'azote se trouve-t-il dans le sol ?

Il y est sous trois états bien distincts :

1° Comme principe élémentaire des matières organiques de nature animale qui entrent dans la composition de l'humus ou des engrais; par conséquent, engagé dans un état de combinaison qui ne lui permet pas de passer immédiatement dans les plantes, et ne pouvant contribuer à la nutrition végétale qu'autant que cet état de combinaison est détruit et qu'il se forme des composés solubles et ammoniacaux facilement assimilables ;

2° A l'état d'ammoniaque ou de carbonate d'ammoniaque, provenant de la décomposition des matières azotées, ou de l'introduction des eaux de pluie, qui contiennent toujours du carbonate ou du nitrate d'ammoniaque en dissolution ;

3° A l'état de nitrates ou d'azotates de chaux, de magnésie, de potasse et d'ammoniaque, qui se forment continuellement par une série de réactions chimiques dont l'ensemble porte le nom de *nitrification*.

Avant d'aller plus loin, il est convenable de mettre hors de doute que, dans les sols propres à la culture, il y a de l'azote combiné, mais en proportions variables suivant la profondeur.

Voici des résultats d'analyses que nous empruntons à M. I. Pierre. Ce chimiste a dosé l'azote combiné (non compris les nitrates) contenu dans deux champs des environs de Caen. — L'un supporte habituellement de belles prairies artificielles, et n'avait pas reçu d'engrais directement depuis quatre ans. — L'autre est en assez mauvais état, négligé depuis un ou deux ans, et recouvre des carrières de pierres calcaires.

D'après les quantités d'azote qu'il a retirées de chaque kilog. de terre sèche, et en ramenant le tout à l'hectare, M. I. Pierre représente ainsi qu'il suit les proportions d'azote combiné à diverses profondeurs :

POUR LE PREMIER CHAMP.

Dans la 1re couche	de terre jusqu'à 20 centim. de profondeur. .	6636 kilogr.
Dans la 2e	de 20 à 40 centimètres.	4628

POUR LE DEUXIÈME CHAMP.

Dans la 1re couche,	jusqu'à 25 centimètres.	8566 kilogr.
Dans la 2e	de 25 à 50 centimètres.	4039
Dans la 3e	de 50 à 75 centimètres.	3479
Dans la 4e	de 75 centimètres à 1 mètre.	2816

Ces résultats, considérés dans leur ensemble, montrent que, sans tenir compte des nitrates qu'elle contient, une couche de terre d'un mètre d'épaisseur peut renfermer des masses considérables de matières azotées, destinées par la Providence à subvenir à l'entretien et au développement des récoltes à venir.

On voit également que les racines des plantes fourragères pivotantes, lorsqu'elles pénètrent à des profondeurs considérables, peuvent encore y trouver en proportions assez importantes les éléments nécessaires à leur développement.

Il est facile de comprendre, en présence de ces résultats, comment le trèfle peut, sans nuire à la fertilité des couches superficielles, trouver dans le sol, pendant les deux années de sa durée, les 264 kilog. d'azote nécessaires à la production de ses quatre coupes ;

Comment le sainfoin peut y trouver, tout en enrichissant par ses débris la couche céréalifère, les 335 kilog. d'azote dont l'analyse indique la présence dans le produit de ses trois années d'existence ;

Comment la luzerne, sans affamer la couche supérieure du champ qui la nourrit pendant cinq ans, peut prélever sur celui-ci, à l'état de fourrage, près de 800 kilog. d'azote en combinaison ;

Comment enfin les racines de cette plante, qui cessent de se développer normalement dès que la nourriture leur fait défaut, peuvent encore trouver, à deux mètres de profondeur, l'un des éléments que l'on s'accorde à considérer aujourd'hui comme les plus indispensables à la végétation.

Lorsqu'on sait que les engrais qu'on applique aux terres de culture sont ordinairement incorporés dans la couche supérieure à une profondeur qui dépasse rarement 20 à 25 centimètres, on est porté à admettre que cette masse d'azote, trouvée dans le sol à une plus grande profondeur, ne doit pas y avoir été introduite par l'homme directement, et que les matériaux constitutifs du sol primitif avant toute culture, même avant leur désagrégation, pouvaient contenir en combinaison une portion plus ou moins importante de l'azote qui s'y trouve aujourd'hui.

M. Boussingault, de son côté, en s'occupant à constater la présence de l'azote combiné, mais seulement dans la couche superficielle des sols arables, a distingué les trois formes générales sous lesquelles il s'y montre, et a pu établir la quote-part de chacune d'elles.

Voici ce qu'il a trouvé dans 1 kilog. de diverses terres séchées à l'air :

	AZOTE DES MATIÈRES ORGANIQUES.	AMMONIAQUE TOUTE FORMÉE.	NITRATES ÉQUIVALENTS A NITRATE DE POTASSE.
	gr.	gr.	gr.
Terreau des maraîchers de Paris. . .	10 505	0 148	1 071
— de couche d'un jardin de Verrières.	5 281	0 084	0 940
Terre d'un potager de Bischwiller; sol sablonneux fortement fumé.	2 951	0 020	1 526
Terre légère du potager de Liebfrauenberg.	2 594	0 020	0 175
Terre forte très-argileuse de Bechelbronn, venant de porter du blé. . .	1 597	0 009	0 015
Terre des bords du Rio-Madeira (Amazone), argileuse; forêts, cultures de tabac et de canne à sucre.	1 428	0 090	0 004
Terre prise à l'embouchure du Rio-Trombetto (Amazone), très-argileuse; forêts, cultures tropicales. . . .	1 191	0 050	0 091

	AZOTE DES MATIÈRES ORGANIQUES.	AMMONIAQUE TOUTE FORMÉE.	NITRATES ÉQUIVALENTS A NITRATE DE POTASSE.
	gr.	gr.	gr.
Terre prise à l'embouchure du Rio-Negro (Amazone), sable jaune très-divisé, d'origine granitique; steppe recouvert d'herbes.	0 688	0 038	0 001
Terre des bords du lac de Sarraca (Amazone); mélange d'argile et de sable; cultures tropicales.	1 820	0 042	»
Terre du plateau de Santarem, élevé de 200 à 300m au-dessus de l'Amazone; sables et argiles avec débris abondants de matières végétales; sol très-fertile; riches cultures de cacaotiers.. . . .	6 490	0 085	0 011
Terre des bords du Rio-Capari, au point de jonction avec le Rio-Tapojo; terreau de feuilles naturel des plus fertiles, de 1 à 2m d'épaisseur.	6 850	0 525	»

Quelles sont ces matières organiques azotées des sols arables? Est-ce seulement de l'acide ulmique ou ses congénères? N'y a-t-il pas d'autres composés différents? C'est ce qu'il serait assez difficile de préciser dans l'état actuel de nos connaissances. Toujours est-il qu'une partie de l'azote du sol existe à l'état élémentaire dans certaines matières organiques plus ou moins analogues à l'*humus parfait* de Soubeiran.

De l'ammoniaque des sols arables. — Voyons maintenant, en particulier, ce qui concerne l'ammoniaque du sol, état sous lequel l'azote paraît être assimilé par les plantes et sous lequel il influe notablement sur la fertilité des terres.

L'ammoniaque du sol doit être divisée en trois parties :

1° L'une qui est retenue comme en réserve par les éléments absorbants du sol, argiles, oxydes de fer, etc.;

2° Une autre, qui est employée immédiatement au profit de la végétation, principalement sous forme d'ulmate d'ammoniaque;

3° Enfin, la troisième part, échappant à ces deux causes d'absorption, s'évapore et se disperse dans l'atmosphère. Lorsque le sol est richement garni de plantes, la vaporisation de cet alcali doit être retardée, et alors cette partie d'ammoniaque doit augmenter vraisemblablement celle qui tourne au profit de la végétation.

La proportion d'ammoniaque répandue dans l'air est bien peu de chose comparativement à celle que l'on a trouvée dans le sol. Il ne sera pas inutile d'entrer à cet égard dans quelques développements.

Le gaz ammoniac se forme à chaque instant autour de nous et se dégage dans l'atmosphère, soit libre, soit combiné aux acides carbonique et sulfhydrique. En effet, c'est un des produits constants de la respiration des hommes et des animaux, de la décomposition spontanée des matières organiques, et notamment des matières animales qui admettent de l'azote au nombre de leurs éléments ; de là, sa présence dans l'air expiré des poumons ; de là, son dégagement pour ainsi dire permanent dans les fosses d'aisance, les charniers remplis d'immondices, les tas de fumier, les cimetières, etc. — Il se forme encore par suite de la décomposition de l'eau pendant l'oxydation du fer, la sulfatisation des pyrites au contact de l'air humide. La calcination des matières organiques, la combustion de la houille, en dégagent aussi. Dans les pays volcaniques, on remarque parfois des dégagements de carbonate d'ammoniaque. — Enfin plusieurs plantes, surtout à l'époque de la floraison, exhalent de l'ammoniaque.

Il n'est donc pas étonnant qu'il y ait constamment de l'ammoniaque dans l'air atmosphérique, et que les eaux pluviales, la neige, la rosée, les brouillards, en renferment de petites quantités, comme MM. Liebig, Boussingault et autres chimistes l'ont constaté. C'est à l'état de carbonate que cet alcali existe habituellement dans l'air ; mais, dans les temps d'orage, il y est à l'état de nitrate.

D'après M. Frésénius, il y aurait :

	EN AMMONIAQUE, PAR 1,000 KILOGR. D'AIR.	EN CARBONATE D'AMMONIAQUE,	EN AMMONIAQUE, PAR MÈTRE CUBE.
Dans l'air du jour. . .	0,098 gr.	0,283 gr.	0,12 milligr.
— de la nuit. .	0,169	0,474	0,20
En moyenne.	0,133	0,379	0,17

D'autres chimistes ont trouvé des quantités un peu plus fortes, mais très-variables entre elles. Si l'on admet, avec M. Marchand, que l'atmosphère pèse 5,263,623,000,000,000,000 de kilog., et qu'on suppose que sa composition soit partout identique, il résulterait des expériences de M. Frésénius que l'air contiendrait, en moyenne, 4,079,042 kilog. d'ammoniaque.

Cette quantité, toute faible qu'elle soit, serait plus que suffisante, comme l'a dit M. Liebig, pour approvisionner d'azote les milliers de millions d'hommes et d'animaux qui vivent à la surface du globe.

En 1851, M. Barral a déterminé avec soin les proportions d'ammoniaque dans les eaux de pluie de tous les mois de l'année. Il a trouvé, en moyenne, 3 grammes 61 par mètre cube d'eau de pluie tombée à Paris dans les six derniers mois de 1851. Il suit donc, d'après cela,

que, pendant cette période, la surface d'un hectare de terrain aurait reçu 7 kilogrammes 670 grammes d'ammoniaque.

Des analyses subséquentes, faites à Paris et en Alsace par M. Boussingault, à Lyon par Bineau, à Caen par M. I. Pierre, à Marseille par M. Martin, à la Saulsaie (Ain) par M. Pouriau, démontrent la présence constante de l'ammonique dans les eaux de pluie, mais dans des proportions tantôt plus fortes, tantôt plus faibles, que celles trouvées par M. Barral, ce qui ne doit pas surprendre, puisque les causes de production de l'ammoniaque doivent varier dans chaque localité et à chaque moment.

Les rosées sont beaucoup plus riches en ammoniaque que les eaux pluviales, aussi Bineau porte à 29 kilog. l'ammoniaque qu'elles fournissent à 1 hectare de terre.

M. Boussingault a trouvé dans l'eau provenant de la condensation d'un brouillard très-épais et qui avait duré deux jours et demi, la proportion énorme de 50 millig. d'ammoniaque par litre.

Les eaux des sources, des rivières, des fleuves, contiennent aussi de l'ammoniaque, de 9 à 72 centièmes de millig. par litre.

D'après tous ces faits, il est constant que les pluies, les neiges, les rosées et les brouillards ramènent continuellement dans le sol la majeure partie de l'ammoniaque répandue dans les couches atmosphériques. Il n'est donc pas surprenant de trouver cet alcali dans toutes les terres, même les plus incultes.

Toutefois il faut bien se garder d'admettre avec M. Krocker, qui a voulu doser l'ammoniaque des terres arables, mais qui a suivi un procédé très-fautif, que

Chaque kilog. de terre argileuse non fumée contienne jusqu'à 1 gr. 70 d'ammoniaque;

Chaque kilog. de sable presque pur en renferme jusqu'à 0 gr. 31; ce qui porterait à .

10,157 kilog. l'ammoniaque contenue dans l'hectare de l'argile et à 2,022 kilog. celle contenue dans l'hectare du plus mauvais sable, la couche arable étant supposée avoir, dans les deux cas, une épaisseur de 25 centimètres.

M. Krocker a compté, comme ammoniaque toute formée dans ces terres, celle qu'il a obtenue en calcinant celles-ci avec un mélange de soude et de chaux. Il a ainsi confondu avec l'ammoniaque déjà créée celle que produisent toutes les substances organiques azotées, lorsqu'on les traite de cette manière.

Néanmoins M. Liebig a conclu de ces analyses fautives que, puisque chaque hectare de terre arable contient, sur une profondeur de 25 centimètres, non pas les *éléments de l'ammoniaque*, mais 2,000 à

10,000 kilog. d'*ammoniaque en nature*, il n'y a nul besoin de fournir aux terres des engrais azotés ! On voit, par là, combien l'esprit de système, en faussant les faits, conduit à des conséquences erronées.

Jamais un hectare de sable ne produira, avec ses propres forces, une bonne récolte de blé, ou de fèves, ou de pommes de terre, ou de chanvre; et cependant avec ces 2,000 kilog. d'ammoniaque, d'après M. Liebig, il contiendrait en azote :

18 fois plus	qu'il n'en faut	pour	la récolte	du blé,
11 fois plus	—	—	—	des fèves,
6 fois plus	—	—	—	des pommes de terre,
2 fois plus	—	—	—	du chanvre.

Un hectare de terre, il faut bien qu'on le sache, peut contenir assez d'azote engagé dans des combinaisons stables, pour représenter jusqu'à 10,000 kilog. d'ammoniaque théoriquement, et donner néanmoins des récoltes chétives, tandis que, fumé avec 250 kilog. d'ammoniaque à l'état d'engrais, il rendra, par la culture, des produits satisfaisants. (Kuhlmann.)

L'azote peut être, dans la terre arable, sous quatre états bien distincts, ayant chacun un mode d'action fort différent au point de vue agricole, à savoir :

A l'état de matières organiques très-difficilement décomposables,

A l'état de matières organiques aisément putrescibles,

A l'état d'ammoniaque toute formée,

A celui d'acide azotique ou mieux de nitrates alcalins.

Confondre ces états, considérer comme directement assimilable par les plantes tout l'azote que représente l'ammoniaque obtenue dans la calcination d'une terre avec la chaux sodée, c'est là une grosse erreur qui a conduit M. Liebig et son école à formuler cette singulière doctrine, dont les praticiens se sont fort égayés avec raison :

« Qu'il n'y a aucune terre qui ne puisse fournir une récolte sans le secours des engrais, puisque la quantité d'ammoniaque qu'elle renferme est quarante fois plus considérable que celle que réclame la récolte la plus riche en azote ! »

De l'acide azotique des sols arables. — Quant aux nitrates alcalins, autre source d'azote pour les plantes, on les trouve constamment, quoiqu'en bien faible quantité, dans toutes les espèces de terres, et ils s'y régénèrent sans cesse. Dans les pays chauds, dans les Indes, l'Afrique, l'Italie, l'Espagne, c'est surtout du nitrate de potasse qui se forme et existe dans la couche superficielle du sol. Dans les climats tempérés et dans ceux du Nord, ce sont principalement

les nitrates de chaux, de magnésie et d'ammoniaque qui se produisent.

Plus les terres sont poreuses, calcaires, et mélangées de matières animales en putréfaction, plus elles se chargent de ces sels, dont la formation spontanée est désignée sous le nom de *nitrification*. Les matières organiques, en se décomposant, émettent de l'ammoniaque ; celle-ci, sous l'influence des bases alcalines du sol, est brûlée par l'oxygène de l'air, et convertie en eau et en acide nitrique, dont les bases s'emparent pour former des nitrates.

Toutefois l'intervention des matières animales n'est pas indispensable pour que les phénomènes de la nitrification s'accomplissent, puisque dans les cavernes naturelles, à la surface des plaines sableuses, au milieu des déserts où l'on ne voit aucun vestige de ces matières, le salpêtre prend aussi bien naissance que dans l'intérieur de nos habitations. Dans les pays chauds, la fréquence des orages, le nombre et la violence des détonations électriques, peuvent seuls donner l'explication du phénomène de la nitrification des terres, puisque l'on sait que la foudre, en traversant l'air, détermine la formation d'une grande quantité d'acide azotique. Celui-ci, rencontrant l'ammoniaque de l'air, produit de l'azotate que les pluies amènent sur le sol, où les bases alcalines le décomposent et donnent alors lieu aux matériaux salpêtrés.

M. Liebig avait admis que, dans nos climats, on ne trouvait d'acide nitrique que dans les pluies d'orage. Mais les recherches de M. Barral ont démontré que cet acide se rencontre dans toutes les eaux pluviales, et il en a trouvé, en moyenne, 19 grammes 09 dans chaque mètre cube d'eau de pluie tombée à Paris dans les six derniers mois de 1851 ; d'où il suit que, pendant cette période, la surface d'un hectare de terrain aurait reçu 31 kilog. 830 d'acide nitrique.

Les expériences faites par Bineau à l'Observatoire de Lyon, en 1853, l'ont conduit à des conclusions analogues.

Toutes les eaux terrestres doivent, par conséquent, renfermer et renferment en effet des nitrates, mais en proportions très-variables. Il y a bien longtemps déjà qu'on a remarqué que certaines d'entre elles exercent sur les prés des effets extrêmement marqués, quoique souvent on n'y trouve que des traces à peine dosables d'ammoniaque. C'est que ces eaux contiennent ordinairement des nitrates qui concourent comme l'ammoniaque, mieux même que celle-ci peut-être, à la production végétale.

Les eaux des lacs élevés, les sources qui descendent des montagnes granitiques ou quartzeuses, ne présentent que des quantités très-minimes de nitrates, tandis que les eaux de rivières dans lesquelles

viennent aboutir une partie des eaux provenant des infiltrations à travers le sol donnent de 3 à 18 grammes de nitrates par mètre cube.

Mais ce sont surtout les eaux des puits et notamment ceux des grandes villes qui sont les plus riches en ces sortes de sels. En voici la preuve :

	NITRATE PAR MÈTRE CUBE.
Eau d'un puits de Besançon, d'après M. Deville. . . .	198 gr.
— des puits de Paris, d'après M. Boussingault. . .	206 gr. à 2,163 gr.
— de deux puits maraîchers des faubourgs de Paris.	1,268 gr. à 1,546 gr.

M. Barral a trouvé dans l'eau écoulée d'un drainage d'une terre argilo-siliceuse 76 millig. 6 d'acide azotique par litre d'eau, ou 145 gram. 2 de nitrate de potasse par mètre cube, c'est-à-dire douze fois plus que n'en contient la pluie d'orage la plus chargée de nitrate d'ammoniaque.

De tout ce qui précède, on doit donc conclure qu'en dehors de toutes les causes qui peuvent engendrer l'acide nitrique dans l'intérieur du sol, celui-ci en reçoit sans cesse de l'air une proportion notable, et que, par conséquent, il doit renfermer partout une certaine quantité de nitrates alcalins et terreux. Mais cette quantité varie singulièrement, toutefois, avec les alternatives de sécheresse et de pluie, avec le plus ou le moins d'engrais qu'on y incorpore. C'est ce qu'on voit très-bien par le tableau suivant, dont les données nous sont fournies par un très-intéressant Mémoire publié par M. Boussingault en 1857.

ACIDE AZOTIQUE REPRÉSENTÉ PAR NITRATE DE POTASSE DANS	UN KILOGR. DE TERRE SÈCHE.	UN MÈTRE CUBE.	UN HECTARE.
Sol d'une forêt de pins dans le Haut-Rhin. .	»	»	»
— d'une autre forêt située au sommet d'une montagne des Vosges.	»	7 gr. 00	»
Sable de la forêt de Fontainebleau.	»	3 27	»
Terre de bruyère de la forêt de Halten. . .	»	12 00	»
Terre de prairies des Vosges et du Haut-Rhin.	»	1 à 11 gr.	»
4 échantillons de terres arables de bonne qualité prises dans les vallées du Rhône, de la Loire, de la Marne, de la Seine	»	»	»
15 échantillons d'autres terres des mêmes provenances.	»	0 80 1 28 1 33	»
Terre à blé des environs de Reims.	»	10 40	»
Terre de la Touraine.	»	14 00	»
Terre de la Touraine, falunée depuis 5 ans. .	»	108 00	»
Terre d'une serre du Jardin des Plantes. . .	0 06	89 00	»
Autre terre de même provenance.	0 60	804 00	»

ACIDE AZOTIQUE REPRÉSENTÉ PAR NITRATE DE POTASSE DANS	UN KILOGR. DE TERRE SÈCHE.	UN MÈTRE CUBE.	UN HECTARE.
Terre de la serre du jardin botanique de l'École de médecine	0 121	186 50	»
Terre forte prise à 0m, 30 de profondeur au-dessous de la précédente.	0 107	160 50	»
Terre du potager de Liebfrauenberg en août, après 14 jours de sécheresse.	0 211	316 05	1,055 kil.
Terre du potager de Liebfrauenberg en août, après 20 jours de pluie.	0 0087	0 13	43
Terre du potager de Liebfrauenberg, en octobre, après 14 jours de sécheresse. . .	0 298	447 00	1,490

La forte proportion de nitre dans un sol très-abondamment fumé, comme celui d'un potager, véritable type de la culture intense, n'a rien de surprenant, dit M. Boussingault. En effet, incorporer dans une terre bien ameublie de l'engrais d'étable arrivé à un état de décomposition très-avancé ; faire intervenir, soit des cendres, soit de la marne ; labourer pour mélanger et pour favoriser l'accès de l'air ; établir des rigoles afin d'éviter la stagnation des eaux, c'est fumer un champ, c'est le préparer à porter d'abondantes récoltes. Or c'est exactement ainsi que l'on procède lorsqu'il s'agit d'établir une nitrière artificielle, avec cette seule différence que, dans un climat pluvieux, la nitrière est abritée afin de conserver dans la terre des sels aussi solubles que les nitrates.

On voit, dans le tableau, combien les pluies enlèvent ou déplacent les nitrates dans les sols cultivés, puisque le nitre d'un mètre cube de la terre d'un potager a varié de 316 grammes à 13 grammes, suivant qu'on l'avait dosé avant ou après l'arrivée des jours pluvieux.

Si les résultats précédents démontrent qu'à quelques exceptions près les nitrates ne sont jamais dans les terres qu'en proportions assez faibles, ils font toutefois ressortir un fait capital : c'est la fréquence de ces sels dans la terre végétale, soit qu'elle appartienne au sol forestier situé à une telle hauteur au-dessus des vallées, qu'il ne reçoit, comme engrais, rien autre chose que de la pluie, soit qu'elle fasse partie d'un sol labouré auquel on applique la fumure la plus intense.

Les marnes et les craies renferment toujours des traces manifestes de nitrates. M. Boussingault en a trouvé :

7 gr. 2 par mètre cube dans une marne très-blanche du Loiret,
19 0 — dans la même laissée à l'air pendant plusieurs années,
25 0 — dans une marne très-argileuse des buttes de Chaumont, près Paris,
16 0 — dans la craie supérieure des carrières de Meudon, près Paris.

Si l'on dépouille ces marnes de leurs nitrates par des lavages, et qu'on les abandonne pendant plusieurs mois au contact de l'air, elles en fournissent une nouvelle quantité. Il en est de même des terres arables qu'on a lessivées et qu'on remue fréquemment ; elles ne tardent pas à se nitrifier de nouveau.

Acide carbonique du sol. — Un autre principe constant des sols arables, qui n'a pas moins d'influence sur le développement des plantes que les précédents, c'est l'acide carbonique libre, dont nous allons maintenant nous occuper.

Les terres arables jouissent, comme toutes les matières perméable et poreuses, de la propriété d'absorber l'air et les gaz, et de les retenir condensés dans leurs pores. Il est facile de comprendre que, sans cesse en contact avec le fluide de l'atmosphère, contact qui se trouve renouvelé et multiplié par les opérations mécaniques du labourage et du hersage, continuellement humectées, d'ailleurs, par les rosées et les pluies toujours saturées d'air, les terres doivent contenir de l'air et fortes proportions.

Mais cet air, confiné dans les interstices laissés par les particules du sol, ne tarde pas à être modifié dans sa composition. C'est ce qui résulte des nombreuses analyses d'air confiné exécutées en 1852 par MM. Boussingault et Lévy. Voici les principales conclusions de leur important travail sur cette question.

L'air atmosphérique ordinaire, dans son état normal, a la composition suivante, sur 100 parties en volumes :

Azote.	79,10
Oxygène.	20,90
Acide carbonique. . . .	0,0004

Il renferme donc 4 décilitres d'acide carbonique par mètre cube, ce qui équivaut à 0 gr. 216 de carbone.

Dans le sol, l'air est constamment plus chargé d'acide carbonique. Par exemple, la moyenne obtenue dans les terres cultivées qui n'avaient pas été fumées depuis un an serait, par mètre cube, de 9 litres d'acide carbonique contenant près de cinq grammes de carbone, c'est-à-dire 22 ou 23 fois autant que l'air normal.

Dans les sols récemment fumés, la différence a été bien plus grande encore, puisque l'air pris dans la terre d'un champ où le fumier était incorporé depuis neuf jours renfermait, par mètre cube, 98 litres d'acide carbonique, soit 53 gr. de carbone : environ 245 fois autant que dans l'air extérieur.

Le développement de cette quantité, relativement considérable, d'acide carbonique dans l'air engagé dans la terre végétale, provient évi-

demment, en grande partie, de la combustion lente du carbone des matières organiques, telles que l'humus, les débris de plantes, les engrais. Cela semble si vrai, que, dans la plupart des cas, le volume du gaz acide carbonique développé représente, à peu de chose près, le volume du gaz oxygène qui a disparu.

Voici les résultats en chiffres, donnés par MM. Boussingault et Lévy, des nombreuses analyses qu'ils ont faites sur l'air extrait des terres arables de diverses natures :

	OXYGÈNE.	AZOTE.	AC. CARBONIQUE	AIR CONFINÉ DANS 1 HECT. DE TERRE.	AC. CARBONIQUE DE L'AIR CONF. DANS 1 HECT. DE TERRE.
	DANS 100 VOLUMES D'AIR CONFINÉ.				
Sol léger, sablonneux, fumé depuis 10 jours.	10,35	79,91	9,74	824 mèt. cub.	18 mèt. c.
Champ de carottes. .	19,50	79,57	0,93	813	8
— de vignes. . .	19,72	79,22	1,06	988	10
Terre végétale d'une forêt des Vosges. . .	19,61	79,50	0,87	412	4
Loam, sous-sol de cette forêt.	19,66	79,55	0,79	247	2
Sable, sous-sol de cette forêt.	»	»	0,24	309	1
Champ d'asperges anciennement fumé. .	19,02	80,24	0,74	782	6
Champ d'asperges récemment fumé. . .	18,80	79,66	1,54	782	12
Sol très-riche en humus.	16,45	79,91	3,64	1472	54
Champ de betterave.	19,71	79,42	0,87	824	7
— de luzerne. .	20,04	79,16	0,80	772	8
— de topinambours. . .	19,99	79,55	0,66	720	5
Prairie.	19,41	78,80	1,79	566	10

Il ressort donc de ces recherches :

1° Que dans 1 hectare de terre arable, fumée depuis près d'une année, l'air confiné contient à peu près autant d'acide carbonique qu'il s'en trouve dans 18,000 mètres cubes d'air atmosphérique;

2° Que dans l'air enfermé dans 1 hectare de terre arable récemment fumée l'acide carbonique, dans certaines circonstances, représente celui qui est contenu dans 200,000 mètres cubes d'air normal;

3° Que dans le loam, sous-sol d'une forêt, en prenant l'épaisseur de 35 centimètres adopté pour la terre arable, l'air confiné contient autant d'acide carbonique qu'il y en a dans 5,000 mètres cubes d'air pris dans l'atmosphère.

Avant les belles expériences de MM. Boussingault et Lévy, on était bien loin de supposer qu'il y eût autant de gaz acide carbonique emprisonné dans les particules de la terre arable.

C'est à l'action du terreau, du fumier et des autres engrais organiques sur l'oxygène de l'air absorbé par la terre arable et retenu entre ses parties, qu'il faut rapporter, avons-nous dit, la production de cet acide carbonique. Chaque particule de matière organique, ainsi placée au contact de cet air souterrain, est un foyer d'où émane constamment du gaz acide carbonique ; émanation bien faible, mais assez continue pour modifier la composition de l'air atmosphérique dont le sol est imprégné.

C'est dans cette atmosphère souterraine que se développent et vivent les racines, et il est très-vraisemblable de penser que c'est dans cet acide carbonique du sol, plus que dans celui de l'atmosphère, qu'il faut chercher la principale source du carbone assimilé par les récoltes.

M. Corenwiender a publié, en 1856, une série d'expériences qui confirment celles de Th. de Saussure, aussi bien que celles de MM. Boussingault et Lévy. Il a constaté qu'en remuant une terre argileuse avec un couteau pour renouveler les surfaces et imiter jusqu'à un certain point l'effet des labours, des binages, et des sarclages profonds, il en sort une plus grande quantité d'acide carbonique que de la même terre non remuée. « Il est évident, dit-il, que par cette opération on soumet à l'action comburante de l'oxygène de l'air de nouvelles molécules de matières organiques, préservées jusqu'alors par le tassement du sol. — Il y a bien longtemps qu'on suit cette pratique en Angleterre. — Je n'obtiens jamais de meilleure récolte en turneps, dit lord Leicester, qu'en remuant profondement le sol entre les lignes.— Moi-même, ajoute M. Corenwiender, j'ai pu apprécier les bons résultats obtenus par cette opération. »

Des matières salines des sols. — Indépendamment des matières organiques azotées et non azotées contenues dans l'humus, de l'ammoniaque combinée, des nitrates alcalins et terreux, de l'acide carbonique libre, qui existent dans les sols cultivables, et dont nous connaissons maintenant l'origine, il y a encore, dans des proportions excessivement restreintes, certaines matières salines qui ne remplissent pas des fonctions moins importantes que les principes précédents, et dont pendant fort longtemps on s'était peu préoccupé au point de vue agricole.

Nous voulons parler de ces silicates, phosphates, sulfates, carbonates et chlorures alcalins et terreux qu'on ne rencontre, pour ainsi dire, qu'en quantités infinitésimales, mais qui se montrent dans toutes les terres superficielles, même celles sur lesquelles la main de l'homme ne s'est pas encore exercée pour les rendre propres à la culture.

L'origine de ces matières salines n'est pas difficile à comprendre : dans tous les terrains, il y a, disséminés en plus ou moins fortes proportions, des fragments de minéraux dont se composaient les roches qui leur ont donné naissance. Ces fragments, qu'on peut découvrir facilement à l'aide de la loupe, sont des silicates à bases de potasse, de soude, de chaux, de magnésie, d'alumine, qui, bien que très-durs et résistants, non solubles dans l'eau, sont cependant susceptibles d'être attaqués, désagrégés, modifiés par l'action combinée et incessante de l'eau, de l'oxygène de l'air, de l'acide carbonique, comme aussi par les alternatives de chaleur et de froid ; en sorte que peu à peu ils donnent naissance à de nouveaux composés solubles, des carbonates alcalins, des bicarbonates de chaux et de magnésie, de la silice hydratée gélatineuse, que les racines des plantes peuvent absorber.

Cette désagrégation des débris atténués des roches primitives s'effectue d'autant mieux que le sol est plus perméable, et que ses différentes parties sont mises plus fréquemment en contact avec l'air.

Les actions mécaniques et chimiques, qui ont opéré, dans l'origine, la destruction des roches superficielles et contribué ainsi à la formation des terres de culture, ne s'arrêtent jamais.

Si les silicates terreux et alcalins qui constituent les granits et autres roches dures peuvent être ainsi, avec le temps, convertis en bicarbonates et en silice gélatineuse solubles, à plus forte raison les argiles, les schistes et autres roches alumineuses, les calcaires, qui renferment tous des silicates, des sulfates, des phosphates alcalins ou terreux en quantités appréciables, doivent-ils éprouver cette action des éléments de l'air qui met à nu tout à la fois de la silice soluble, des alcalis et des sels alcalins, des bicarbonates et des phosphates que l'eau chargée d'acide carbonique ou de matières organiques peut dissoudre.

Or il n'est pas de terres végétales qui ne contiennent au moins des traces de matière argileuse ou calcaire, des débris de coquilles fossiles plus ou moins riches en phosphates de chaux et de magnésie.

Mais il est une autre source des matières salines qu'on rencontre dans tous les sols ; c'est l'évaporation continuelle qui s'opère à la surface des mers. En effet, l'eau, en s'élevant en vapeurs dans l'atmosphère, entraîne avec elle une quantité notable des matières salines qui y sont en dissolution. Il est certain que l'air qui flotte sur la mer trouble en tous temps la solution de nitrate d'argent.

Dans les régions voisines de l'Équateur, sous la zone torride, la vaporisation s'opère avec une très-grande rapidité, puisque, selon de Humboldt, l'épaisseur de la tranche liquide susceptible de se vaporiser

est, en moyenne, de $3^{millim.}4$ à l'ombre, et de $8^{millim.}8$ au soleil pour chaque jour. Dans ces conditions, l'eau des mers cède mécaniquement aux molécules d'eau douce qui se vaporisent d'autres particules contenant tous les principes salins qui la minéralisent.

Chaque courant d'air, quelque faible qu'il soit, qui passe à la surface des eaux, enlève donc, avec les millions de quintaux d'eau de mer qui se vaporisent annuellement, une quantité correspondante des sels qui y sont dissous, et porte sur les terres des chlorures de sodium et de potassium, de la magnésie et les autres principes de l'eau de mer. — Dans les tempêtes, dans les ouragans, les vents, agitant, fouettant, divisant avec violence l'eau salée, en détachent à leur tour de nombreuses vésicules saturées des mêmes principes salins. Ceux-ci sont alors transportés au sein des nuages et entrent, en proportions variables, au nombre des éléments que l'analyse permet de constater dans les pluies et les neiges. Les expériences de MM. Brandes, Barral, Marchand, Chatin, Meyrac, Pierre, etc., ne laissent aucun doute à cet égard.

La quantité de matières salines apportées ainsi aux terres par les eaux pluviales est considérable, puisque, d'après les recherches et les calculs de M. Barral, les matières versées à Paris par les eaux de pluie sur un hectare, en six mois, s'élèvent aux chiffres suivants :

Ammoniaque.	7 kil. 032
Acide azotique.	29 695
Chlore.	5 910
Chaux.	13 114
Magnésie.	4 450

Voici ce qu'a trouvé M. Marchand dans une eau de pluie tombée à Fécamp le 14 août 1850, par un vent d'est, et dans une eau de neige tombée au même lieu le 27 mars précédent. Cette neige, amenée par un vent de nord-est, provenait évidemment de l'atmosphère océanique :

PRINCIPES DISSOUS.	EAU DE PLUIE.	EAU DE NEIGE.
Acide sulfhydrique libre ou combiné.	Proportion sensible.	?
Chlorure de potassium.	Traces.	Indice douteux.
— de sodium.	0,01143	0,017057
— de magnésium.	Traces.	Traces.
Iodures et brômures alcalins.	Id.	Id.
Bicarbonate d'ammoniaque.	0,00174	0,001290
Nitrate d'ammoniaque.	0,00189	0,001447
Sulfate de soude anhydre.	0,01007	0,015627
— de magnésie.	Traces.	Traces.
— de chaux.	0,00087	0,000877
Matière animalisée contenant du fer et du calcium.	0,02486	0,025846
Eau pure.	999,94914	999,959876
	1000,00000	1000,000000

Si nous considérons les chiffres donnés par M. Marchand comme un terme moyen de la constitution générale des eaux atmosphériques pendant l'année, nous arriverons à cette conclusion, bien digne de fixer l'attention, que, sur un hectare de terre, il tombe annuellement à Fécamp, comme partout ailleurs sans doute, à quelques variantes près :

137 kil.	»	de matières organiques azotées.	
90	166 gr.	de soude.	
75	845	de chaux.	
59	445	de chlore.	
53	095	d'acide sulfurique anhydre.	
10	972	d'acide azotique anhydre, représentant	2 k. 846 d'azote.
10	839	d'ammoniaque, représentant	5 838 —
9	»	de magnésie.	
4	042	de peroxyde de fer,	

plus de la potasse, de l'iode, du brôme, de l'hydrogène sulfuré, etc., en quantités indéterminées.

Tous ces agents restent, en majeure partie, fixés dans le sol, ou plutôt dans les pores de l'humus qui s'y trouve déjà, car cette substance jouit, à un degré plus énergique encore que le charbon, de la remarquable faculté de s'emparer des principes salins et organiques contenus dans les eaux.

Si bien que les eaux pluviales, qui lessivent les terres sur leur passage et entraînent dans les cours d'eau, puis dans la mer, une partie des matières solubles qui contribuent à leur fertilité, les leur ramènent périodiquement, puisqu'en tombant de l'atmosphère elles balayent devant elles, si nous osons ainsi parler, tout ce qui est en suspension ou en dissolution dans l'espace. Admirable cycle mystérieux qui répand partout les principes de vie et de fécondité !

Puisque les couches arables superficielles, quelle que soit leur origine et leur nature géologique actuelle, reçoivent ainsi constamment des matières salines, des sels ammoniacaux, des matières organiques, tant par les eaux pluviales, les neiges, les brouillards marins, que par la désagrégation des éléments des roches fragmentaires qui y sont disséminées, on comprend très-bien comment les couches terrestres peuvent se couvrir spontanément d'espèces végétales et nourrir des générations successives de *mauvaises plantes*, sans le concours de l'homme et sans l'apport des engrais que ce dernier introduit dans les terres dont il veut augmenter la production.

Après ces détails sur l'humus et tout ce qui en dépend, revenons à la composition générale des sols arables.

Les éléments principaux ou dominants de ces sols, avons-nous dit,

sont au nombre de quatre, à savoir : le *sable*, l'*argile*, le *calcaire* et l'*humus*.

Ces matières, mélangées en différentes proportions, forment la variété des sols, et, selon que l'une ou l'autre prédomine dans la masse de la terre arable, on reconnaît quatre principales espèces de sols, auxquelles on donne les noms spéciaux de *sols sableux*, *sols argileux*, *sols calcaires*, *sols humifères*.

Le sable, l'argile et le calcaire forment l'assiette minéralogique du terrain et ne jouent guère, surtout les deux premiers, qu'un rôle physique ou mécanique par rapport à la végétation. Ils servent à fixer les racines et à empêcher les plantes de céder à la violence des vents ; ils servent de réceptacle aux eaux pluviales et aux débris organiques qui doivent concourir à la nourriture des plantes. Ils agissent encore comme matières poreuses pour retenir l'acide carbonique, l'ammoniaque et l'air, dont la présence n'est pas moins indispensable à la végétation.

En ayant égard à la manière dont interviennent dans le développement des plantes les différentes substances que nous avons signalées jusqu'ici comme faisant partie des terres de culture, on arrive à les partager en trois groupes distincts.

Les unes, inertes, insolubles, gardant toujours leur forme originelle, n'ont, à proprement parler, d'autre effet que d'offrir un point d'appui aux racines ; elles déterminent la nature agricole des sols. On peut donc les appeler les *éléments mécaniques*. Tels sont le sable, le gravier, l'argile, le calcaire.

D'autres, qui sont destinées à pénétrer dans l'intérieur de l'organisme végétal et à le développer, sont dans un état de solubilité qui en permet l'absorption immédiate par les racines ou les feuilles. Ce sont donc des *éléments nutritifs*, mais directement *assimilables* ou *actifs*, qui déterminent la fécondité des sols. Tels sont l'humus soluble, l'ammoniaque, l'acide azotique, les matières salines solubles, l'acide carbonique gazeux, etc.

Enfin, certaines substances ne peuvent jouer le rôle d'éléments assimilables qu'après avoir perdu leur forme première et éprouvé des transformations qui les amènent à l'état soluble. Ce sont encore des *éléments nutritifs*, mais que la nature tient, pour ainsi dire, en réserve pour subvenir à des besoins futurs. C'est ce que les cultivateurs appellent la *vieille force* de la terre, c'est-à-dire la durée probable de sa fertilité.

Le tableau suivant, dû à M. G. Ville, est propre à faire ressortir toutes ces distinctions capitales :

- I. Éléments mécaniques. . . . . : Sable. / Graviers. / Argile. / Calcaire.
- II. Éléments assimilables actifs :
  - organiques : Humus. / Azote : Ammoniaque / Acide azotique
  - minéraux : Acides phosphorique, sulfurique — carbonique. / Chlore. / Silice. / Alcalis : potasse et soude. / Terres alcalines : chaux et magnésie / Oxydes de fer et de manganèse.
- III. Éléments assimilables en réserve. . . . : Détritus organiques. / Humus charbonneux. / Minéraux indécomposés.

Un terrain ne possède une grande richesse agricole que lorsqu'il réunit, dans une juste mesure, les trois ordres de principes dont il vient d'être question.

CLASSIFICATION ET DESCRIPTION DES SOLS ARABLES.

Maintenant que nous connaissons d'une manière générale la composition des sols arables, et que nous avons une idée du rôle particulier que remplit chacun de leurs principes constituants, il est convenable de passer en revue les différentes espèces de SOLS que la nature nous offre et sur lesquelles l'agriculteur opère.

Déjà nous avons dit que toutes les terres cultivables peuvent être partagées en quatre grandes classes : les SOLS ARGILEUX, les SOLS SABLEUX, les SOLS CALCAIRES et les SOLS HUMIFÈRES. Chacune de ces classes renferme plusieurs variétés utiles à distinguer. Nous y joindrons une autre classe, les SOLS MAGNÉSIENS.

Voici la classification la plus simple que l'on puisse établir à cet égard.

- I. SOLS ARGILEUX. . : Sols d'argile pure. / — argilo-ferrugineux. / — argilo-calcaires. / — argilo-sableux. : Terres fortes. / Terres franches ou *loams* meubles.
- II. SOLS SABLEUX. . : Sols de sable pur. / — sablo-argileux, ou *loams* inconsistants. / — quartzeux, graveleux et granitiques. / — volcaniques. / — sablo-argilo-ferrugineux. / — sablo-humifères ou *terres de bruyère*.
- III. SOLS CALCAIRES. : Sables calcaires. / Sols crayeux. / — tufeux. / — marneux.

IV. Sols magnésiens.

V. Sols humifères. { Terrains tourbeux. — marécageux.

Nous allons exposer brièvement les caractères distinctifs de ces différentes variétés de sols.

Des sols argileux. — Les sols argileux ou glaiseux sont ceux dans lesquels l'argile prédomine, et qui, par conséquent, possèdent des caractères analogues à ceux que nous avons reconnus aux argiles pures.

Ces sols offrent donc les propriétés suivantes :

1. Ils sont plus ou moins colorés en brun, en jaune ou en rouge.

2. Ils ont l'odeur et la saveur des argiles ; ils happent à la langue.

3. Ils ont beaucoup de compacité et de ténacité ; ainsi, quand on en prend une certaine quantité dans la main, la masse s'agglomère et garde longtemps la forme qu'on lui a donnée.

4. Ils présentent de très-larges crevasses durant les sécheresses. Ils se couvrent d'eau pendant les pluies, et adhèrent très-fortement aux pieds ainsi qu'à tous les instruments aratoires.

5. Après le labour, ils restent en mottes consistantes, comme l'indique la figure 2.

Fig. 2. *Terre argileuse après le labour.*

6. Secs, ils absorbent l'eau en assez grande quantité, souvent deux fois leur poids, pour former une pâte liante et ductile.

7. Quand on met un fragment de terre argileuse dans un acide, tel que l'acide sulfurique étendu de deux parties d'eau, ce fragment ne produit pas d'effervescence, ou n'en produit qu'une très-faible.

8. Quand on en place un fragment au milieu des charbons ardents, il durcit peu à peu ; au bout d'une heure d'une forte chaleur, il est devenu compacte et sonore comme de la poterie, et, dans cet état, il ne peut plus absorber l'eau, ni se délayer.

9. Peu de plantes croissent spontanément sur les sols argileux. Voici celles qu'on y rencontre ordinairement :

Sureau yèble.	Lotier corniculé.
Laitue vireuse.	Orobe tubéreux.
Tussilage pas-d'âne.	Agrostide traçante.
Chicorée sauvage.	Aristoloche commune.

L'yèble caractérise surtout les terres fortes et d'ailleurs fertiles. Un cultivateur voulant acheter une terre, son père, aveugle, manifesta le désir de le suivre sur les lieux pour en faire l'examen. Arrivé à l'endroit indiqué, le vieillard descendit de dessus son âne et commanda à son fils d'attacher sa monture aux *yèbles* des bords de la pièce. « Mais, dit le fils, il n'y a point de ces plantes ici, mon père. — En ce cas, repartit aussitôt le vieillard, aide-moi à remonter sur mon âne, et revenons chez nous. »

L'inspection des plantes qui croissent naturellement sur un terrain donne presque toujours des indications sur sa nature; car, s'il est vrai que certaines plantes s'accommodent de terres fort différentes, on peut dire, d'une manière générale, qu'il y a une relation marquée entre la nature minéralogique des terrains et la végétation qui les couvre.

« Il ne faut pas avoir beaucoup voyagé, dit M. de Gasparin, pour se rappeler que les différents terrains présentent un ensemble particulier de végétation qui constitue leur physionomie spéciale et qui, dans nos souvenirs, se lie indissolublement avec les lieux que nous avons visités. »

Il est donc fort utile, pour juger de la nature d'un terrain, de faire attention aux espèces végétales qui s'y développent spontanément. Les anciens agronomes n'avaient pas méconnu cette influence du sol sur la végétation, et nos paysans tiennent encore un très-grand compte, dans l'appréciation qu'ils font d'un terrain, des diverses plantes qui viennent librement à sa surface.

Nous venons de voir les principaux caractères des sols argileux. Ces caractères sont d'autant plus prononcés que la proportion d'argile qu'ils renferment est plus considérable.

Ces sols argileux offrent, dans la pratique, d'assez nombreux inconvénients. Nous n'indiquerons que les principaux.

1. Composés de molécules qui ont une grande force d'agrégation, ils sont, plus que tout autre sol, rebelles à la culture. Un des meilleurs moyens de les rendre productifs, c'est de les labourer fréquemment et de les diviser par tous les moyens possibles. C'est surtout à l'égard de ces terres qu'on peut dire, jusqu'à un certain point, *labour vaut fumier*. Les labours doivent être profonds, car presque toujours la couche cultivable a beaucoup d'épaisseur. Mais, pour être labourés, les sols argileux exigent et plus de force et un temps plus propice que les autres : il faut saisir le moment où la charrue peut y entrer sans qu'une excessive humidité fasse agglomérer les parois de la tranche, au lieu de la diviser, et où cependant la terre ne soit pas trop durcie par la sécheresse. Le labour fait, il faut souvent avoir recours, pour diviser les mottes, non-seulement à la herse, mais encore aux

rouleaux à pointes, à des cylindres très-pesants, à l'extirpateur, aux maillets et autres outils à main.

2. La compacité de ces sols les rend très-peu perméables aux eaux; aussi faut-il avoir le soin d'y multiplier les tranchées, les fossés et les rigoles profondes, afin de les bien assainir. Les positions basses ne leur conviennent donc pas. D'un autre côté, quand ils manquent d'eau, ils deviennent excessivement compactes et durs; ils compriment les racines, les empêchent de s'étendre et de jouir de la bienfaisante action de l'air, ce qui arrête la végétation et fait presque toujours périr les plantes.

3. Tous les amendements susceptibles de bien diviser le sol leur sont applicables : le sable, les graviers, les marnes calcaires, la chaux, les cendres, les platras de démolition. La chaux surtout réussit à merveille, parce qu'elle attaque l'argile, met en liberté les alcalis que celle-ci renferme et favorise l'assimilation de la silice en la rendan soluble.

Les récoltes enfouies produisent aussi un excellent effet, parce qu'elles sont, à la fois, des engrais et des amendements. Les fumiers longs de litière présentent le même avantage.

4. Les sols argileux s'approprient très-bien les engrais, mais ils ne les cèdent aux plantes que lorsqu'ils en ont en surabondance. Il faut donc leur en appliquer une plus grande quantité; mais aussi, lorsqu'ils ont été une fois bien pourvus de sucs nutritifs, ils conservent plus longtemps leur fécondité. Les fumiers, dans les sols argileux, ne peuvent être appliqués à la superficie, car ils seraient entraînés, en grande partie, hors du champ par les eaux, sans que celui-ci en profitât.

5. On ne purge les terrains argileux du chiendent qu'avec une extrême difficulté.

6. Toutes ces circonstances rendent la culture de ces sols beaucoup plus coûteuse, beaucoup plus difficile, et, en général, beaucoup moins profitable que celle des sols légers ou d'une consistance moyenne; de plus, humides et froids pendant la plus grande partie de l'année, ils donnent des produits tardifs, et, fort souvent, de qualité médiocre.

7. Les herbes naturelles produites par ces sols sont grossières et peu succulentes; ils sont peu convenables aux prairies artificielles, aux légumes, à la plupart des récoltes-racines, et généralement aux plantes à racines bulbeuses ou à tubercules, qui y acquièrent du volume, mais qui sont peu nourrissantes et peu savoureuses. C'est surtout dans ces sortes de terrains que la maladie attaque les pommes de terre, et qu'elles y sont de moins bonne qualité. Il en est de même des fruits.

Ces terrains sont également peu favorables à la production de plusieurs espèces de froments de printemps, du seigle, de l'orge, de l'avoine; mais, en revanche, ils sont très-propres à la culture des fèves, des choux, du trèfle, et aucun ne peut les surpasser dans celle des froments d'automne; aussi, dans beaucoup d'endroits, sont-ils désignés sous le nom de *terres à froment*.

Les arbres y donnent des bois moins durs, moins sains, et conséquemment de moindre prix que partout ailleurs; ils y sont plus impressionnables aux fâcheux effets des fortes gelées et de diverses maladies.

Mais tous les sols argileux ne présentent pas au même degré les mêmes propriétés et les mêmes défauts, car tous n'ont pas la même composition. Disons quelques mots de ces variétés du sol argileux.

1. Terres argilo-ferrugineuses. Ce sont celles qui renferment une forte proportion d'oxyde de fer; elles sont rouges, noires ou de teinte jaunâtre plus ou moins foncée. Dans les premières, l'oxyde de fer, à l'état anhydre, n'est pas nuisible. Il l'est un peu dans les secondes; on distingue celles-ci des terres riches en humus par leur rudesse, leur densité et la nuance rouge que leur donne la calcination sur une pelle. Quant aux terres jaunes, qui renferment l'oxyde de fer à l'état d'*hydrate*, elles sont ou tout à fait impropres, ou du moins très-peu favorables à la culture, à moins qu'elles ne renferment beaucoup de matières organiques; soumises au feu, elles deviennent d'un rouge très-prononcé. Ce sont, le plus généralement, des terres ou *glaises* plus propres à la confection des briques qu'à toute autre chose.

Les glaises, étant imperméables à l'eau, sont toujours humides. Il est d'usage de les amender par la chaux. On peut aussi recourir avec succès à l'*écobuage*, qui leur communique de la friabilité, les rend perméables à l'air et à l'eau, et détruit l'agrégation de l'argile, dont les principes constituants deviennent ainsi plus facilement assimilables.

Les terrains glaiseux sont généralement très-difficiles à cultiver à cause de leur ténacité; la plupart sont, pour ce motif, en nature de bois ou de prairies, dans le département du Nord. Cependant ils peuvent donner de riches récoltes quand ils sont convenablement préparés. Les praticiens flamands prétendent que le blé qui croît sur ces sortes de terre pèse plus que celui qui a été semé sur une terre légère; ce fait peut s'expliquer par la plus grande proportion d'engrais que retient la glaise.

Quand on laisse séjourner un échantillon de terre argilo-ferrugineuse dans de l'acide chlorhydrique étendu, le liquide se colore fortement en jaune rougeâtre, au bout de peu de temps, sans qu'il y ait effervescence et sans que la terre perde sensiblement de son volume;

la liqueur, très-étendue d'eau, fournit un beau précipité bleu abondant avec le prussiate de potasse; elle noircit aussi avec une décoction d'écorce de chêne.

Voici la composition de deux terres argilo-ferrugineuses, qui sont assez fertiles, à cause de l'abondance des débris organiques qu'elles renferment :

TERRE DE CUBA, TRÈS-FAVORABLE A LA CULTURE DE LA CANNE A SUCRE, DU CAFÉ, DU TABAC, ANALYSÉE PAR M. BERTHIER.

Calcaire blanc en petits fragments. . . .		0,2
Débris végétaux.		
Terre ténue.	Eau et matières organiques.	25,9
	Argile.	50,6
	Peroxyde de fer.	14,0
	Oxyde de manganèse. . . .	1,0
	Calcaire.	8,0
		99,7

TERRE D'UNE ÎLE DE LA SEINE EN AMONT DE ROUEN, TRÈS-FAVORABLE A LA CULTURE DE LA GARANCE, ANALYSÉE PAR M. J. GIRARDIN.

Sable fin	Siliceux.	11,28
	Calcaire.	6,77
Débris organiques grossiers et coquilles. . . .		1,00
Matières solubles dans l'eau.	Humus soluble azoté.	0,85
	Carbonates et chlorures alcalins.	
	Sulfates alcal. et sels magnésiens.	
Terre ténue.	Humus insoluble.	17,50
	Argile.	34,60
	Calcaire avec carbonate de magnésie	12,18
	Peroxyde de fer.	16,02
		100,00

2. TERRES ARGILO-CALCAIRES. Ce sont celles qui renferment une proportion notable de carbonate de chaux; aussi font-elles une effervescence sensible avec les acides; la liqueur qu'on obtient fournit un précipité blanc, plus ou moins abondant, avec l'oxalate d'ammoniaque. Elles sont de plusieurs sortes et peuvent présenter divers degrés de fertilité.

Tantôt le calcaire y est disséminé sous forme de sable ou de très-petits graviers, et alors elles offrent beaucoup d'analogie, sous le point de vue pratique, avec les TERRES ARGILO-SABLEUSES, dont nous allons parler dans un instant. Tantôt le calcaire, en parcelles invisibles, est intimement mélangé à l'argile; la masse, homogène dans toutes ses parties, constitue alors ce qu'on appelle les ARGILES MARNEUSES. Ces sortes de terrains conservent les eaux de pluie, autant au moins et plus

peut-être que les argiles pures. Ils s'en pénètrent si facilement et à des profondeurs telles, qu'il n'est pas rare de les voir réduits en une sorte de bouillie, jusqu'au delà de la portée des plus longues racines des plantes qui les couvrent. C'est assez dire que, dans les années pluvieuses, on ne peut guère compter sur leurs produits. Le sarrasin, les pommes de terre, les navets, les vesces, etc., sont, avec le blé, les meilleures plantes à y cultiver. C'est surtout pour ces sortes de terres que le drainage est indispensable et qu'il produit des effets merveilleux.

Il arrive quelquefois que les ARGILES MARNEUSES servent de sous-sol à des sables presque purs. De deux terres à peu près improductives, il est alors possible, sans de grands frais, de composer un excellent sol, puisqu'il suffit de les mêler et d'attendre un ou deux ans les effets de cet amendement.

Depuis les argiles qui contiennent une faible quantité de carbonate de chaux jusqu'à celles qui perdent ce nom pour prendre celui de *terres calcaires* proprement dites, il existe une foule de nuances impossibles à décrire utilement.

Voici la composition de quelques terres argilo-calcaires :

	TERRE VÉGÉTALE DE PARIGNY, PRÈS DE POUGUES (NIÈVRE).	ARGILES MARNEUSES. 1re	2me	3me
Argile	60,8	68	60	64
Calcaire	18,0	10	11	9
Carbonate de magnésie	»	3	4	5
Oxyde de fer	4,0	2	3	3
Sable	5,0	17	22	19
Eau	11,0	»	»	»
	98,8	100	100	100

Voici les plantes qui croissent spontanément dans les terrains argilo-calcaires, et qui peuvent, jusqu'à un certain point, les faire reconnaître :

Anthyllide vulnéraire.
Potentille ansérine.
— rampante.
Mélique bleue.
Laitue vireuse.
Sainfoin cultivé.
Chondrille joncée.
Frêne commun.

3. TERRES ARGILO-SABLEUSES. Ces terres contiennent une proportion notable de silice ou de sable mélangé à l'argile; on peut l'en extraire facilement en agitant, pendant quelques minutes, une certaine quantité de la terre dans l'eau. Le sable, plus lourd, se précipite au fond du vase, et l'argile reste en suspension dans le liquide, qu'on fait écouler. Après plusieurs lavages, le sable est pur. On le reconnaît pour du sable sili-

ceux ou quartzeux, en ce qu'il est insoluble dans l'acide chlorhydrique, et ne fait point avec lui d'effervescence.

Dans la pratique, on distingue les terres argilo-sableuses en *terres fortes* et en *terres franches*.

Les *terres fortes* ont beaucoup de rapports avec les terres argilo-calcaires, et, comme elles, sont généralement plus difficiles et plus coûteuses à cultiver que la plupart des autres ; lorsqu'elles sont dans des positions basses et abritées, elles constituent ce qu'on nomme des *terres froides*. Elles donnent des produits de médiocre qualité, et dont la récolte est souvent fort précaire, surtout dans les départements du Nord et du Centre de la France. Les fèves, les trèfles, les turneps, les choux, sont les meilleures plantes à y cultiver. On a souvent plus d'avantages à planter ces terrains en arbres ; les bois blancs y viennent très-bien.

Voici quelques analyses de *terres fortes* :

TERRE PRODUISANT, ANNÉE COMMUNE, D'ASSEZ BEAUX FROMENTS, ANALYSÉE PAR OSCAR LECLERC THOUIN.

	Échantillons pris dans deux parties différentes du même champ.	
	N° 1	N° 2
Argile	50	49,5
Sable quartzeux	29	24,0
Calcaire dû en partie à l'usage fréquent de la chaux	16	18,0
Humus	5	8,5
	100	100,0

TERRE FORTE DES ENVIRONS DE BERNAY (EURE).

Eau	25
Argile un peu ferrugineuse	34
Sable fin	32
Calcaire, Oxyde de fer, Débris végétaux	9
	100

Les *terres franches* sont moins lourdes et moins froides que les précédentes, et se rapprochent beaucoup, tant par la composition que par la fertilité, des terres *sablo-argileuses*, dont nous allons bientôt parler. Elles conviennent au plus grand nombre des végétaux usuels, et ont rarement besoin d'amendements, parce que les trois éléments terreux y sont dans des proportions presque égales. Elles contiennent de 10 à 30 pour 100 de calcaire.

Voici quelques analyses de *terres franches* :

TERRE FRANCHE TRÈS-FERTILE DE LA VALLÉE D'AUGE, CANTON DE PONT-L'ÉVÊQUE (CALVADOS).

Eau	20
Argile un peu magnésienne	40
Sable grossier brunâtre	25
Chaux avec humus	12,5
Oxyde de fer, Débris végétaux	2,5
	100,0

TERRE DE MALLEMONT (BOUCHES-DU-RHÔNE), D'UNE BONNE PRODUCTION POUR LA GARANCE, ANALYSÉE PAR M. BERTHIER.

Sable quartzeux	20,0
Carbonate de chaux	37,0
de magnésie	1,0
Argile	30,5
Oxyde de fer	6,0
Eau et matières organiques	5,5
	100,0

TERRE FRANCHE PRISE DANS LA COMMUNE DU BOIS-GUILLAUME (SEINE-INFÉRIEURE), ANALYSÉE PAR M. J. GIRARDIN; DESSÉCHÉE A 100°.

Gros gravier	siliceux	3,560
	calcaire	0,560
Sable moyen	siliceux	3,500
	calcaire	0,260
Sable fin	siliceux	40,461
	calcaire	1,094
Gros débris organiques		5,262
Matières solubles dans l'eau		1,210
Terre ténu.	Humus insoluble	9,289
	Argile	33,063
	Calcaire	0,963
	Phosphate de chaux	0,088
	Carbonate de magnésie, Oxyde de fer	0,690
		100,000

Des sols sableux. — Les SOLS SABLEUX OU SILICEUX sont ceux dans lesquels, comme l'indique leur nom, le sable prédomine. Ils ont des caractères absolument opposés à ceux des SOLS ARGILEUX.

1. Leur couleur et leur aspect varient suivant la nature du sable qui les constitue essentiellement. Ils sont le plus souvent jaunâtres ou brunâtres, parfois d'un blanc plus ou moins pur qui leur donne, au premier abord, l'apparence de terres calcaires.

2. Ils n'ont aucune consistance, et presque aucune ténacité dans leurs

parties ; aussi, lorsqu'on en presse une certaine quantité dans la main, la masse s'agglomère mal, reste pulvérulente et facilement divisible.

3. Ils sont rudes au toucher, et n'adhèrent point à la langue.

4. Ils sont très-perméables et ne peuvent retenir l'eau ; ils sont donc toujours très-secs, comparativement à tous les autres terrains, à moins que la couche cultivable soit peu épaisse, et repose sur une couche d'argile.

5. Ils s'échauffent facilement au soleil, et sont toujours arides et brûlants en été.

6. Ils ne contractent nulle adhérence aux pieds et aux instruments aratoires.

7. Après le labour, ils restent pulvérulents, et offrent à peine des traces de sillons, comme le montre la figure 3.

Fig. 3. *Terre sableuse après le labour.*

8. Ils se délayent facilement dans l'eau, sans former de pâte avec elle, ou du moins ils ne produisent qu'une pâte courte et non ductile.

9. Une terre sableuse, délayée dans l'eau, laisse déposer, en moins d'une minute, une très-forte proportion de sable plus ou moins divisé, qu'il est facile de séparer des autres matériaux de la terre par quelques lavages.

10. Une terre semblable ne fait pas d'effervescence, ou n'en fait qu'une très-légère avec les acides. Elle y est presque insoluble.

11. La chaleur la dessèche sans la durcir. Elles devient très-friable.

12. Les plantes qui se développent spontanément et couvrent habituellement les terrains sablonneux sont les suivantes :

Elime des sables.
Statice des sables.
Laiche des sables.
Roseau des sables.
Fléole des sables.
Saule des sables.
Jasione des montagnes.
Drave printanière.
Œillet armérie.
— des chartreux.
Plantain corne-de-cerf.
Géranion sanguin.
Sabline pourpre.
— à feuilles menues.
Canche naine.
— blanchâtre.
Fétuque rouge.
Orpin âcre.
— blanc.
Alysse calicinale.
Carline vulgaire.
Réséda jaune.
Genêt des Anglais.
Genêt sagitté.
Ciste hélianthème.
— moucheté.
Oseille petite.
Agrostide des vents.
Véronique en épi.
Saxifrage tridactyle.
Filago des champs.
Spergule des champs.
Bouleau commun.
Châtaignier commun.
Pin maritime.

Les SOLS SABLEUX offrent, dans la pratique, de grands inconvéments; aussi faut-il chercher, par tous les moyens possibles, à y retenir l'humidité. On y parvient en les amendant avec des argiles marneuses, et employant pour engrais les fumiers de cours, ceux des bêtes à cornes, et les récoltes vertes.

Lorsque le sous-sol est argileux, on trouve un grand avantage à le défoncer et à le ramener à la surface. On donne ainsi à la couche cultivable une plus grande profondeur, et celle-ci favorise pour plusieurs années la croissance de la plupart des végétaux, et surtout des plantes à racines pivotantes, telles que luzerne, sainfoin, carottes, betteraves, turneps etc.

Les terres sableuses manquent de consistance, et, pour peu qu'elles aient une position inclinée, les eaux pluviales les ravinent et détruisent les efforts des cultivateurs. Outre ce grave inconvénient, le sable du sous-sol absorbe l'eau et les engrais liquides, qui s'y infiltrent jusqu'à une profondeur où ils ne peuvent plus servir à la végétation. C'est ce qui fait dire aux habitants des pays sablonneux que ces terres *coûtent cher à nourrir*, et cela s'explique parfaitement.

La culture des sols sableux est très-facile et peu coûteuse, en raison du peu de cohérence de leurs parties; ils n'exigent pas d'aussi fréquents labours que les autres, parce qu'ils sont facilement pénétrés par les gaz atmosphériques et par les racines. Il est vrai que les mauvaises herbes y germent et s'y multiplient à l'infini, mais il est bien plus aisé de les détruire que dans les sols argileux. Le déchaussement des plantes par suite du gel et du dégel y est moins fréquent, et les produits y sont plus tôt mûrs.

Quand les terrains légers et sablonneux sont convenablement amendés et fournis d'engrais, ils sont propres à la culture de toutes les espèces d'herbages et de grains; et, s'ils sont inférieurs aux terres fortes et argileuses pour la production du froment, ils les surpassent dans celle de l'orge, du seigle et de l'avoine. Ils conviennent mieux aux plantes bulbeuses et à tubercules qu'aux plantes à racines fibreuses.

Parmi les plantes qui doivent fixer l'attention du cultivateur, la pomme de terre est en première ligne; elle y échappe presque toujours à la maladie, et son produit y est considérable. Comme plantes fourragères, le trèfle et la luzerne sont celles qui lui assurent une récolte certaine. Cette dernière surtout, par la disposition de ses racines pivotantes, qui s'enfoncent souvent à plus d'un mètre de profondeur, souffre rarement des sécheresses auxquelles ces terrains sont exposés.

Les espèces d'arbres propres à former des taillis dans les sols sableux sont le bouleau, le hêtre, le charme, et même le châtaignier

et le chêne, si les sables sont fins et profonds. On y plante le premier de ces arbres, et on y sème les autres. Mais, avant tout, il convient que le terrain ait été mis en culture depuis quelques années, qu'on le dispose par des labours profonds, et que l'on ajoute aux plantations ou aux semis, des semis de *joncs marins*. Ceux-ci entretiennent une humidité bienfaisante par leur ombrage, empêchent toute espèce d'herbe de croître et améliorent le sol, en y déposant l'humus produit par les débris de leurs rameaux et la décomposition de leurs racines. Les terres dans lesquelles il a existé des *joncs marins* pendant un certain nombre d'années, remises de nouveau en culture, fournissent plusieurs belles récoltes, sans le secours des engrais.

Pour les plantations de haute futaie, le *pin maritime* ou de *Bordeaux*, le pin d'Écosse ou *sylvestre*, le peuplier blanc ou *ipréau*, le châtaignier et le cerisier sont à peu près les seules espèces à adopter. Les nombreuses plantations d'*ipréau* faites par du Breuil père dans les sables arides de la rive gauche de la Seine, en face de Rouen, prouvent que le peuplier blanc est aussi propre que les espèces résineuses à l'exploitation de ces terres si pauvres.

Examinons maintenant en particulier les principales variétés des SOLS SABLEUX.

1. TERRES SABLO-ARGILEUSES. Elles ne diffèrent des TERRES FRANCHES ou ARGILO-SABLEUSES que parce que la proportion du sable l'emporte sur celle de l'argile. Ces deux sortes de terres passent, du reste, de l'une à l'autre par des nuances insensibles, et ce n'est qu'autant que le sable est très-prédominant qu'on peut distinguer aisément les premières ; elles ont toujours alors un toucher plus rude et moins d'adhérence que les terres franches, et les pluies les rendent moins boueuses que celles-ci. C'est ce que les cultivateurs anglais désignent sous le nom de *loam*.

Les terres sablo-argileuses se couvrent naturellement d'herbes ; les bonnes graminées, le petit trèfle, dominent. Ce sont, sans contredit, les terres les plus fertiles et les plus faciles à cultiver. Tous les engrais leur conviennent ; elles n'exigent ni marnages ni chaulages, au moins dans la plupart des cas. On les trouve dans quelques vallées renommées par leur fertilité, et sur les rives de quelques rivières ; on les retrouve dans les jardins des grandes villes et dans les potagers qui les environnent. — Ce sont surtout les alluvions récentes, sujettes aux inondations, qui offrent la plus grande fécondité. Les inondations les recouvrent d'une couche, souvent très-épaisse, d'un limon onctueux, doux au toucher, qui contient en forte proportion de l'argile ou du calcaire très-divisé, et toujours beaucoup de matières organiques à divers degrés de décomposition. Les bords du Nil, les rives de la Loire,

les prairies des bords de la Seine, et en général toutes les îles submersibles, sont remarquables par leur prodigieuse fécondité.

Voici la composition chimique de quelques *terres sablo-argileuses*.

TERRE ARABLE DES BORDS DU NIL, OU LIMON DU NIL, ANALYSES DE MM.

	Payen et Poinsot.	Lassaigne.	Silliman.	
Silice	54,27	42,50	47,39	
Alumine	10,77	24,25	32,10	
Oxyde de fer	15,18	13,65	11,20	
Carbonate de chaux	6,55	3,85	2,02	avec crénate de chaux.
Chaux	2,86	»	»	
Magnésie	»	1,05	»	
Carbonate de magnésie	4,09	1,20	»	
Sulfate de chaux	0,57	»	»	
Oxyde de manganèse	»	»	Traces.	
Matières organiques solubles	0,55	2,80	6,90	
— insolubles	4,46			
Chlorures alcalins	0,07	»	»	
Eau	3,25	10,70	»	
	100,00	100,00	99,61	

Il est facile de voir que les trois analyses n'ont pas porté sur les mêmes échantillons de terre.

M. de la Jonchère a trouvé que le limon du Nil, à l'état normal, contient 2,10 d'azote pour 1000. Ce chiffre se rapproche de celui que M. Payen a trouvé pour les terres fertiles. En effet, 1000 parties des terres suivantes, à l'état sec, lui ont donné :

Terre de Boulbenne (Haute-Garonne)	0,7 d'azote.	Terre peu fertile.
— de la Cour-Neuve, près Paris	2,2 —	Terres très-fertiles.
— de Limoges	3,2 —	
— brune de Russie	1,65 —	

SOL FORMÉ PAR LES ALLUVIONS DE LA LOIRE, ANALYSÉ PAR CHAPTAL.

Sable siliceux	32
Sable calcaire	11
Argile	31
Calcaire en particules ténues	19
Débris végétaux	7
	100

TERRE DU LIEUVAIN (HAUTE NORMANDIE), 1re QUALITÉ, ANALYSÉE PAR DUBUC PÈRE.

Sable siliceux rosé très-fin	50,0
Alumine	16,0
Chaux	12,5
Humus	2,5
Magnésie, chlorure de calcium, oxyde de fer, fibres végétales, sel marin	7,0
Eau	12,0
	100,0

TERRE D'ORMESSON, PRÈS NEMOURS (SEINE-ET-MARNE), TRÈS-FERTILE ET CULTIVÉE EN BLÉ, ANALYSÉE PAR M. BERTHIER.

Sable quartzeux à grains moyens	15,0
Sable quartzeux à grains très-fins	41,5
Argile	31,6
Peroxyde de fer	4,4
Calcaire	0,5
Eau et humus	7,0
	100,0

TERRES SABLO-ARGILEUSES DE LA HAUTE NORMANDIE, ANALYSÉES PAR M. J. GIRARDIN.

		Caudebec-les-Elbeuf.	Franqueville.
Gros gravier siliceux		5,80	10,80
Sable moyen siliceux		2,50	6,40
Sable fin		70,00	59,56
Gros débris organiques		0,28	»
Matières solubles dans l'eau	Humus soluble azoté	0,07	0,25
	Sels alcalins	0,35	0,40
Terre ténue	Humus insoluble	1,60	2,00
	Argile	19,40	18,52
	Calcaire	»	1,03
	Peroxyde de fer	Faible quantité.	1,04
		100,00	100,00

C'est surtout dans ces terres que les forêts se plaisent tout particulièrement, parce qu'elles renferment de la silice soluble, des alcalis, et qu'elles sont suffisamment humides.

On voit quelquefois des forêts épaisses sur les terres argilo-sableuses qui ne renferment pas un atome de chaux, bien que cette base alcaline entre comme élément essentiel dans les cendres des arbres. Cette anomalie n'est qu'apparente ; car les vents et les pluies suffisent pour amener sur ces terrains les sels minéraux dont ils manquent. La forêt de Raismes, par exemple, située au nord-ouest de Valenciennes, est rapprochée de nombreux affleurements crayeux dont les débris réduits en poussière et entraînés par les vents peuvent fournir, et bien au delà, aux besoins de la végétation. De plus, elle croît sur des sables tertiaires qui empêchent l'excès d'humidité et fournissent des aliments aux plantes par le limon dont ils sont mélangés près de la surface du sol. La forêt de Mormal dans l'arrondissement d'Avesne (Nord) est dans le même cas (Meugy).

2. TERRES SABLO-ARGILO-CALCAIRES. Ces terres sont des plus fertiles, en raison de la proportion presque égale des trois éléments terreux. On les rencontre fréquemment sur le bord des fleuves et des rivières. Dans ce cas, leur fertilité est encore augmentée, d'abord par l'état de division extrême de leurs éléments, puis surtout par la quantité assez forte de matières organiques en décomposition qu'elles renferment.

Voici des analyses de ces sortes de terre :

TERRE RECUEILLIE SUR LES BORDS DE LA SEINE, AU PETIT-QUEVILLY, PRÈS ROUEN, ANALYSÉE PAR M. J. GIRARDIN.

Sable moyen	Siliceux	3,280
	Calcaire	2,380
Sable fin	Siliceux	25,670
	Calcaire	15,130
Débris organiques		0,005
	Report	44,465

	D'autre part. . . .	44,465
	Humus azoté.	0,447
Matières solubles dans l'eau.	Sels solubles alcalins. Avec sulfate de magnésie.	0,291
	Humus insoluble.	4,716
	Argile.	32,525
Terre ténue.	Calcaire.	13,251
	Oxyde de fer.	4,410
	Phosphate de chaux et carbonate de magnésie.	0,095
		100,000

SOL DE LA TOURAINE QUI VENAIT DE PRODUIRE UN BEAU CHANVRE. ANALYSE DE CHAPTAL.

Sable grossier.	49
Argile.	26
Calcaire.	25
	100

SOL A BLÉ TRÈS-FERTILE DE DRAYTON, DANS LE MIDDLESEX. — ANALYSE DE H. DAVY.

Sable siliceux et graviers. .		60,0
Terre ténue.	Alumine. . .	11,6
	Silice. . . .	12,8
	Calcaire . . .	11,2
	Sels et humus.	4,4
		100,0

3. TERRES SABLO-CALCAIRES. Ces sortes de terres sont moins fertiles que les précédentes, en raison de la très-faible proportion d'argile qui s'y trouve.

Voici des exemples de ces sortes de terres :

TERRE DES COTEAUX DE SAINT-MARTIN DE LOSCHERVILLE, PRÈS ROUEN. ANALYSE DE M. J. GIRARDIN.

Gros graviers.	Siliceux.	0,550
	Calcaire.	13,210
Sable moyen .	Siliceux.	4,990
	Calcaire.	4,970
Sable fin . . .	Siliceux.	58,064
	Calcaire.	15,410
Matières solubles dans l'eau.	Humus azoté. . .	0,200
	Sulfates, phosphates et chlorures alcalins. Sulfates de chaux et de magnésie.	2,806
Terre ténue.	Humus insoluble.	»
	Calcaire.	10,826
	Argile.	6,270
	Phosph. de chaux	1,750
	Oxyde de fer. . .	0,974
	Carbonate de magnésie.	Traces.
		100.00

TERRE ÉMINEMMENT PROPRE A LA CULTURE DU SAFRAN, DES ENVIRONS DE PUISEAUX (LOIRET), ANALYSÉE PAR M. BERTHIER.

Silice et sable quartzeux. .	45,4
Calcaire.	37,0
Alumine.	9,3
Oxyde de fer	2,0
Eau et matières organiques	6,3
	100,0

4. Sols de sable pur. On rencontre des sols presque entièrement composés de sable; telles sont les *dunes* ou monticules qui bordent les rivages de la mer; telles sont certaines plaines de sable mouvant, comme celles qui existent sur les côtes méridionales de l'Océan. Si ces sols sont généralement rebelles à la culture, on peut encore, dans les climats pluvieux, en tirer parti au moyen des engrais et des amendements. La spergule est le fourrage qui s'en accommode le mieux. Les pins sylvestre et maritime, le laricio, le cèdre, y prennent un assez beau développement.

Ces sortes de terrains sont très-répandus sur les rives de la Seine, depuis le Pont-de-l'Arche jusqu'à Quillebeuf. On les cultive en seigle, en légumes, surtout en pommes de terre et en navets.

Voici la composition d'une terre de ce genre prise dans la commune du Petit-Quevilly, près de Rouen :

Gros graviers.	Siliceux		9,00
	Calcaire		0,25
Sable moyen	Siliceux		7,25
	Calcaire		0,30
Sable fin	Siliceux		70,21
	Calcaire		0,69
Matières solubles dans l'eau	Humus soluble azoté	0,1025	0,41
	Sels solubles	0,3075	
Terre ténue	Humus insoluble		2,74
	Argile		6,80
	Calcaire		0,95
	Peroxyde de fer		0,91
	Carbonate de magnésie		0,51
			100,00

Voici, d'après M. Berthier, la composition d'une terre à seigle des environs de Nemours, donnant de bonnes récoltes quand la saison est sèche :

Sable quartzeux	90,00
— extrêmement fin	6,60
Silice	1,50
Alumine	0,75
Oxyde de fer	0,50
Carbonate de chaux	0,10
Eau et matières organiques	0,75
	100,00

Ce sable, qui est presque pur, n'est cultivé que parce qu'il est très-fin, et qu'il est placé dans une plaine au-dessus d'argile plastique qui lui donne constamment de l'humidité.

5. **Terres quartzeuses, caillouteuses, graveleuses, granitiques.** — On donne le nom de QUARTZEUX ou ROCHEUX aux sols qui sont composés, en majeure partie, de fragments plus ou moins volumineux de quartz ou de silice. Tantôt ces blocs font partie de la roche subjacente, tantôt ils sont libres et mouvants; tels sont les champs de la Vendée, de la Bretagne, etc.

On appelle CAILLOUTEUX ceux qui sont formés par des cailloux roulés de 2 à 3 centimètres de diamètre, et GRAVELEUX ceux dont les cailloux ne dépassent pas la grosseur d'une noisette. Ces pierres ne sont pas toutes de même nature; selon la constitution géologique des montagnes dont elles ont été détachées, elles sont tantôt siliceuses, tantôt argileuses, tantôt calcaires; mais les graviers siliceux prédominent toujours dans la masse. Ces sortes de terres sont communes au pied des montagnes; la plaine de la Crau, en Provence, la vallée du Rhône, à son embouchure, les vastes plaines, dites *Graves*, qui s'étendent sur la rive gauche de la Garonne, depuis Langon jusqu'à l'extrémité du Médoc, les plaines de la rive gauche de la Dordogne, etc., en offrent des exemples.

Les terres quartzeuses, caillouteuses et graveleuses sont peu favorables à la culture et ne peuvent guère recevoir de labours; on ne peut les utiliser que pour des plantations, et encore, comme elles sont très-chaudes en été, il n'y a vraiment que les arbres et les arbustes à longues racines qui puissent y venir avec profit. La vigne y prospère généralement.

Voici la composition d'une terre graveleuse toujours cultivée en bois, celle du parc Gauthier, dans les environs de Puiseaux (Loiret), analysée par M. Berthier :

Silice et sable quartzeux.	78,5
Alumine.	11,0
Calcaire.	1,0
Peroxyde de fer.	3,0
Eau et matières organiques.	6,5
	100,0

On voit que, pour amender cette terre, il suffirait d'y ajouter environ la moitié de son poids de calcaire en poudre.

Les TERRES GRANITIQUES sont formées par un sable argileux très-aride par lui-même, qui est le résultat de la destruction et de l'altération des roches granitiques. Suivant la proportion de sable argileux et de graviers quartzeux qui résultent de cette décomposition du granit, le sol, presque toujours de qualité inférieure, est cependant susceptible de quelque produit. Dans la Corrèze et dans les Cévennes, l'abondance

du quartz communique une grande stérilité au pays; l'on ne rencontre que de loin en loin des châtaigniers improductifs. Dans quelques cantons privilégiés, comme au nord de Pompadour, le granit, presque entièrement feldspathique, donne une couche de terre végétale de plus de 0m, 33 d'épaisseur, d'une admirable fertilité, dans laquelle les châtaigniers et les chênes acquièrent de superbes dimensions; les magnifiques prairies de Pompadour nourrissent les plus beaux bœufs du Limousin. Toutefois, le seigle, le sarrasin, les pois, les pommes de terre, sont les seules plantes utiles à l'homme qui puissent y réussir dans l'état actuel de la culture; le blé et l'avoine n'y donnent que de très-chétifs produits.

Ce sont surtout les châtaigniers qui prospèrent dans les terres granitiques; les arbres verts s'y plaisent assez, la vigne y vient également bien, ainsi que cela se voit notamment à Condrieux, à l'Ermitage, à Saint-Peray et dans quelques autres vignobles renommés de la Bourgogne.

Les TERRES VOLCANIQUES sont les débris d'anciens volcans, ou le produit des éruptions de laves modernes, qu'on ne rencontre que dans quelques localités. Ce sont généralement des terres légères, noires ou noirâtres, souvent pulvérulentes; d'autres fois ce sont de fins débris de ponce, rougeâtres ou grisâtres, que l'on appelle *tufs ponceux;* ce sont ces tufs qui composent une grande partie du sol de la riche campagne de Naples. C'est dans des cendres volcaniques que viennent les vignes qui produisent le *lacryma Christi*, au pied du Vésuve. Les pommes de terre qu'on y cultive acquièrent en peu de temps un développement extraordinaire. La limagne d'Auvergne est mélangée de beaucoup de débris volcaniques, et c'est une des contrées les plus fertiles.

Les terres volcaniques jouissent donc d'une grande fertilité, surtout lorsqu'on peut leur procurer, en été, une humidité suffisante. C'est aux alcalis, potasse et soude, qu'elles renferment, et qui, par la désagrégation des laves, des tufs et autres débris, deviennent peu à peu aptes à l'assimilation, qu'elles doivent leur fécondité, car il n'y a aucune trace de matière organique.

Voici, en effet, la composition d'une terre volcanique, d'après M. le docteur Sacc :

Silice.	76,67
Alumine et oxyde de fer.	14,25
Chaux.	1,44
Magnésie.	0,28
Alcali.	7,38
	100,00

6. Terres sablo-argilo-ferrugineuses. Ces sortes de terre, en raison de leur couleur foncée, de leur tendance à s'agglomérer en espèce de poudingues plus ou moins compactes, et de l'abondance du peroxyde de fer qu'elles contiennent, sont très-arides et peu propres aux cultures ordinaires. La meilleure manière d'en tirer parti, c'est de les planter en bouleaux et en châtaigniers.

L'analyse du sol suivant, pris à Blosseville-Bonsecours, près Rouen, fournit un exemple de ces sortes de terrains. M. J. Girardin a trouvé dans la terre séchée à 100° :

Gros gravier siliceux			5,872
Sable moyen siliceux			15,205
Sable fin	siliceux		44,800
	calcaire		traces
Matières solubles dans l'eau.	Humus soluble azoté	0,176	0,347
	Sulfate de chaux et chlorure de calcium	0,171	
Terre ténue.	Humus insoluble		4,406
	Argile		27,575
	Oxyde de fer		1,941
	Calcaire, Carbonate de magnésie, Phosphate de chaux		0,056
			100,000

7. Terres sablo-humifères. Ce sont les terres légères qui renferment de l'humus ou *terreau doux* en quantités assez considérables pour devenir la principale cause de leur fertilité.

Nous citerons, comme exemple de ces sortes de terres, un terrain meuble, ou *loam* de la Russie méridionale, qui s'étend de la rive gauche du Volga jusqu'à Tcheboksav, et couvre encore un district des plus étendus sur la côte asiatique des monts Ourals. Cette vaste étendue de terrain, qui comprend au moins 80 millions d'hectares, porte le nom de *tchornoi-zem*. C'est le meilleur sol que la Russie possède pour le blé et les pâturages ; jamais on ne lui a appliqué d'engrais, et il suffit d'une jachère continuée pendant un an ou deux pour lui rendre toute sa fertilité. Après avoir nourri plus de 20 millions d'habitants, il fournit encore plus de 20 millions d'hectolitres à l'exportation. Le secret de sa grande fertilité consiste en ce qu'il renferme presque 7 pour 100 de matières organiques azotées. Voici, en effet, sa composition, d'après MM. Payen et Poinsot :

Silice	71,56
Alumine	11,40
Chaux	0,80
Magnésie	1,22

Report. . . .	84,98
Oxyde de fer.	5,62
Chlorures de potassium et de sodium. . .	1,21
Acide phosphorique.	traces
Matières organiques.	6,95
Perte.	1,24
	100,00

1000 parties de terre sèche renferment 1,65 d'azote.
1000 parties de la matière organique renferment 24,95 d'azote.

Des sols calcaires. — Les SOLS CALCAIRES sont ceux dans lesquels la proportion du carbonate de chaux l'emporte de beaucoup sur celle des autres éléments terreux. Voici leurs principaux caractères distinctifs.

1. Ils ont, en général, une couleur blanchâtre. On les désigne sous le nom de *terres blanches*.

2. Ils offrent peu de ténacité, et sont assez friables; aussi, quand on en presse une certaine quantité dans la main, la masse forme une pelote qui ne tarde pas à se désagréger et à tomber en petits fragments.

3. Ils sont généralement secs et arides, parce que, peu profonds, ils reposent sur une couche de tuf ou un banc calcaire qui absorbe très-rapidement l'humidité des couches supérieures. Les pluies les rendent plus ou moins boueux; et, lorsqu'ils se sèchent, la masse s'agglomère à la surface en une croûte plus ou moins épaisse, qui, bien que très-friable, réunit au désavantage de se fendiller comme les argiles celui de ne se laisser traverser ni par l'air ni par les pluies peu durables.

4. Humides, ils s'attachent aux pieds et aux instruments; mais cette adhérence est de courte durée.

5. Après le labour, ils se comportent d'une manière qui tient le milieu entre les sols argileux et les sols sableux, comme on le voit à la figure 4.

Fig. 4. *Terre calcaire après le labour.*

6. Ils se délayent facilement dans l'eau, et forment une pâte courte et peu ductile.

7. Ils font une très-vive effervescence avec les acides, et se dissolvent, pour la plus grande partie, dans l'acide chlorhydrique.

8. La chaleur les dessèche sans les durcir. Par une forte calcination,

ils acquièrent de la causticité; et, quand on les arrose ensuite d'eau, ils s'échauffent plus ou moins et se délitent.

9. Voici les plantes principales qui croissent spontanément à leur surface et qui les caractérisent :

Brunelle à grandes fleurs.
Boucage saxifrage.
Germandrée petit chêne.
Potentille printanière.
Seslerie bleuâtre.
Genièvre commun.
Coquelicot.
Arrête-bœuf.
Violette de Rouen.
Chardons.
Gaude.
Frêne commun.
Noisetier commun.

Les *sols calcaires* sont, en général, peu productifs. Leur couleur blanche reflète les rayons solaires; ceux-ci ne peuvent pénétrer la masse du sol, et il en résulte, à la surface, une réverbération brûlante : double effet également nuisible à la végétation. Les gelées les soulèvent de toutes parts, et déterminent très-facilement le déchaussement des racines, ce qui entraîne habituellement la mort des plantes.

Ces terrains consument très-rapidement les engrais; aussi exigent-ils des fumures plus fréquentes que les autres sols. Voilà pourquoi on les appelle *brûlants*. Ce n'est qu'à force d'engrais qu'on parvient à en obtenir des produits satisfaisants.

Oscar Leclerc-Thouin recommande, avec raison, comme une très-bonne pratique, de creuser au bas de chaque champ, le long des chemins d'exploitation, partout où les eaux pluviales se dirigent, des fossés ou des mares destinés à recevoir les terreaux et la bonne terre entraînés pendant les temps d'averse et d'orage. On fait de ces dépôts des amas plus ou moins considérables, qu'on mêle ensuite avec des engrais solides ou liquides, et l'on obtient ainsi des composts excellents pour toutes les cultures.

Une des meilleures légumineuses pour ces sortes de sols est la *bourgogne* ou *sainfoin*, comme prairie artificielle. Les pentes rapides doivent être consacrées à des prairies naturelles, composées de plantes vivaces fourragères, ne redoutant point la stérilité de ce terrain, comme la *coronille variée*, le *trèfle flexueux*, deux plantes aussi rustiques que propres à la nourriture des bestiaux. Les points les plus élevés doivent être convertis en plantations d'arbres appropriés au sol. L'arbre de Sainte-Lucie, le mérisier des bois, le faux ébénier, l'arbre de Judée, l'aune commun, le noisetier, peuvent entrer dans la composition des taillis; l'if et le cyprès peuvent en varier les nuances. Quant aux plateaux calcaires, les arbres de haut jet qu'on peut y faire venir

sont le frêne commun, le vernis du Japon, le pin d'Écosse, le sapin et surtout l'épicéa. Les arbres verts et résineux ne renferment que peu de cendres, et c'est ce qui explique comment ils peuvent réussir sur les sols calcaires où d'autres essences périraient infailliblement.

Les arbres ne croissent jamais avec vigueur dans les terrains qui sont privés de silice. L'aridité des pays calcaires, et notamment des pays crayeux, dont l'aspect est si monotone et si triste, le prouve suffisamment. Dans l'arrondissement d'Avesnes (Nord), les terres calcaires sont beaucoup moins boisées que celles qui sont assises sur les terrains schisteux.

Les variétés des sols calcaires sont en petit nombre.

1. Sables calcaires. Ils offrent beaucoup d'analogie avec les sols graveleux et les sables siliceux. Toutefois ils finissent à la longue, par l'effet des pluies, des gélées et du soleil, par se changer en une terre calcaire pulvérulente presque toujours mélangée d'argile.

Ces terrains se trouvent au bas des montagnes de grès vert et le long des rivières qui en découlent. Légers et poreux, ne se réduisant pas en bouillie par l'effet des pluies comme les autres sols calcaires, et n'offrant pas l'inconvénient du déchaussement des plantes en hiver, ils sont très-propres à la culture du sainfoin, et, convenablement fumés, peuvent fournir de bonnes récoltes en seigle, orge et avoine. Quand ils ont de la profondeur, ils sont très-convenables pour les arbres, les légumes, la vigne, les mûriers. Mêlés à une certaine proportion d'argile, ils deviennent aptes à la culture des froments de printemps.

2. Sols crayeux. Très-communs dans la Champagne et dans une partie de la haute Normandie, ces sols sont à peu près stériles, surtout dans les pays chauds et secs. Dans les climats humides, ils se recouvrent d'une herbe fine et délicate d'excellente qualité pour le bétail; tels sont les herbages de South-Downs et des côtes de Sussex en Angleterre.

L'infertilité des sols crayeux tient autant à l'absence de la silice et des alcalis qu'à leur trop grande sécheresse. C'est surtout dans ces sortes de terres qu'il faut multiplier les prairies artificielles, afin de les améliorer.

Quand les craies reposent sur l'argile et retiennent suffisamment les eaux pluviales, elles sont ordinairement assez productives; telles sont celles de la Touraine; mais, lorsque la couche imperméable manque, elles sont arides et infertiles, comme on le voit dans cette partie de la Champagne qui a été surnommée *pouilleuse*. Cependant elles sont encore favorables à la vigne.

Voici l'analyse du sol crayeux des environs de Rouen, d'après M. J. Girardin

	1er échantillon.	2e échantillon.	3e échantillon.	4e échantillon.
Carbonate de chaux.	83,40	90,00	96,00	92,50
— de magnésie	»	»	0,80	2,00
Silice.	10,00	2,40	»	5,50
Alumine.	1,50	6,50	1,80	
Oxyde de fer.	1,50	des traces	des traces	
Humus.	0,60	0,10	1 40	traces
Eau.	3,00	1,00	»	»
	100,00	100,00	100,00	100,00

TERRE CRAYEUSE DES CÔTES D'ANGLETERRE.

Carbonate de chaux.	98,54
— de magnésie.	0,38
Phosphate de chaux.	0,14
Protoxyde de fer.	0 08
— de manganèse.	0,06
Alumine.	0,16
Silice.	0,64
	100,00

TERRE CRAYEUSE DES ENVIRONS DE BRUMONT, PRÈS DE REIMS.

Carbonate de chaux.	66,7
Sable siliceux.	27,0
Alumine.	2,3
Phosphate de chaux.	2,0
Hydrate de peroxyde de fer.	2,0
	100,0

3. SOLS TUFEUX. Dans le langage vulgaire, on appelle très-improprement *tuf* un carbonate de chaux plus compacte que la craie ordinaire, assez dur pour être utilisé dans les constructions, et qui forme des bancs, à peu de profondeur, sous les sols crayeux. Lorsqu'il est à nu, il est complétement infertile; et lorsque, par un labour trop profond, on le ramène à la surface de la terre arable qui le recouvre, celle-ci devient stérile pendant un temps assez long. Mais, lorsque ce tuf est mélangé à une certaine quantité d'argile et de sable, il perd de ses fâcheuses qualités; le temps, la culture et les engrais l'améliorent successivement. Les sainfoins, les luzernes, les trèfles, les ronces, etc., y réussissent alors assez bien, mais c'est en vigne que son exploitation est la plus avantageuse.

4. TERRES MARNEUSES. Fort souvent, les MARNES proprement dites constituent la surface cultivable d'un pays. Ces sortes de sols sont peu fertiles. Lorsque l'argile y est assez abondante, ils rentrent dans la classe des TERRES GLAISEUSES OU ARGILO-CALCAIRES; quand c'est le calcaire qui prédomine, ils se rapprochent plus ou moins de la craie, et en

offrent tous les défauts. Dans ce dernier cas, ils déchaussent presque aussi facilement que la craie, et, comme cette dernière, ils manquent généralement d'humus. Quand ils sont dans une position inclinée, et qu'ils peuvent être humectés à une certaine profondeur, ils sont entraînés par leur propre poids, et glissent parfois à des distances considérables.

Les terres marneuses sont caractérisées par certaines plantes qui y croissent spontanément. Ce sont surtout :

Les tussilages.	Les sauges.
L'ononis arrête-bœuf.	Le trèfle jaune.
Les ronces.	Le mélampyre.
Les chardons.	

Ces sortes de terre renferment toujours plus de 40 pour 100 de calcaire, et de 25 à 35 pour 100 d'argile; le reste se compose de sable, d'oxyde de fer et de carbonate de magnésie.

C'est surtout comme amendement que les marnes sont intéressantes, mais ce n'est pas ici le lieu de les étudier sous cet aspect.

Des sols magnésiens. — Quand la magnésie existe dans les sols à l'état de carbonate, état sous lequel on la trouve dans presque toutes les terres arables en compagnie du calcaire, elle n'a aucune action défavorable sur la végétation.

Quand ce carbonate est plus abondant, lorsqu'il est associé presque à parties égales avec le carbonate de chaux, il forme une roche qu'on appelle *dolomie*, et il agit alors absolument comme le calcaire pur. C'est surtout en Angleterre, en Allemagne et en Italie qu'existent ces calcaires magnésiens ; on les y cultive avec succès.

On reconnaît ces calcaires magnésiens à ce qu'ils ne font qu'une effervescence lente à froid par les acides, effervescence qui devient plus sensible à chaud; à ce qu'ils ne se dissolvent que très-lentement dans l'acide chlorhydrique ou azotique; que leur dissolution ne précipite pas par l'acide sulfurique lorsqu'elle est un peu étendue d'eau, et qu'elle donne un précipité blanc gélatineux au moyen de l'ammoniaque : caractères que n'offre pas le calcaire pur.

Pendant longtemps on a regardé la présence de la magnésie comme la principale cause de la stérilité de certains sols. Les expériences de Giobert et d'Angelo Abbene démontrent qu'on a fait erreur à cet égard. D'abord, il n'y a jamais de magnésie à l'état caustique, et d'ailleurs on trouve du carbonate de cette base dans les terres les plus fertiles. Les terres si renommées de la vallée du Nil en contiennent une assez forte proportion; différents sols du Languedoc, considérés comme d'excellente qualité, en contiennent de 7 à 12 pour 100. Enfin Thaër a

constaté les qualités améliorantes extraordinaires d'une marne qui renfermait 20 pour 100 de carbonate de magnésie.

Dans les terrains magnésiens stériles, ce n'est donc pas à la magnésie qu'il faut attribuer la stérilité, mais bien à l'état de cohésion de leurs parties, au manque d'engrais, d'argile ou des autres composants, à la grande quantité d'oxyde de fer, etc. On les amende au moyen de substances calcarifères, plâtras, craie, résidus de cendres, marne, etc.

Des sols humifères. — Sous ce nom générique, nous comprenons les terres qui renferment une forte proportion de débris organiques, mais sous une autre forme que celle d'humus ou de terreau proprement dit; car, dans leur état naturel, elles sont peu propres à la culture, et ce n'est qu'à l'aide d'amendements et de travaux de toutes sortes qu'on parvient à les convertir en terres de rapport. Ce sont les *terres de bruyère*, les *terres tourbeuses* et les *marais*.

1. Terres de bruyère. Ces terres consistent en sable fin, plus ou moins ferrugineux, associé à une proportion assez notable de terreau ou d'humus qui provient de la destruction des bruyères, des genêts, des fougères, des rhododendrum, des vaccinium et d'autres plantes qui contiennent beaucoup de tannin et de fer. C'est à ce terreau qu'elles doivent la couleur foncée qui les caractérise ; très-utiles et préférables à toutes les autres pour certaines plantes de jardin, elles n'offrent que fort peu d'avantages pour la grande culture, parce qu'elles ont rarement assez de consistance et de profondeur, et que, d'ailleurs, en raison de leur couleur noire, elles s'échauffent beaucoup sous l'influence des rayons solaires et sont très-arides en été. Les vastes landes de la Bretagne, de la Sologne, de la Gironde, nous offrent des terres de cette nature, dont on ne tire pas un bien grand parti.

Voici la composition de quelques terres de ce genre.

TERRE DE BRUYÈRE DES LANDES DE BORDEAUX, DANS LA COMMUNE DE CESTAS.		TERRE DE MEUDON, PRÈS PARIS, EMPLOYÉE AU JARDIN DES PLANTES.		TERRE DE SANOIS, PRÈS PARIS, EMPLOYÉE PAR LES JARDINIERS FLEURISTES.	
Sable fin siliceux. . .	83	Sable siliceux. .	62,0	Sable siliceux. .	43,80
Gros débris organiques.	1	Gros débris végétaux.	20,0	Gros débris végétaux.	15,25
Humus.	9	Humus.	16,0	Humus.	31,7
Argile.	6	Calcaire.	0,8	Calcaire. . . .	7,1
Chaux.	0,5	Matières solubles dans l'eau froide.	1,2	Matières solubles dans l'eau froide.	1,10
Oxyde de fer. . . .	0,5			Fer attirable à l'aimant. . . .	0,13
				Corps étrangers apparents. . .	2,92
	100,00		100,0		100,00

TERRE DE BRUYÈRE PRISE DANS LA FORÊT DE SAINT-ÉTIENNE DU ROUVRAY, PRÈS ROUEN, ANALYSÉE PAR M. J. GIRARDIN.

Gros graviers siliceux		7,560
Sable moyen siliceux		17,814
Sable fin siliceux		17,520
Gros débris organiques		5,626
Matières solubles dans l'eau.	Humus soluble azoté	1,120
	Sulfates, phosphates, chlorures alcalins. Sulfate de chaux.	1,662
Terre ténue.	Humus insoluble	7,136
	Argile	5,190
	Calcaire	5,964
	Carbonate de magnésie et phosphate de chaux	0,588
	Oxyde de fer	traces
		100,000

C'est surtout l'acide acétique qui donne aux terres de bruyère la réaction qui les caractérise. M. Deherain a retiré 0 gr. 0179 de cet acide d'un kilog. de terre de bruyère provenant du domaine du Mesnil, près Bracieux (Sologne — Loir-et-Cher).

2. Terrains tourbeux. Comme nous l'avons déjà dit, la tourbe est une variété d'humus, produite par la décomposition des plantes sous l'eau. Mais cette substance a des propriétés bien différentes de celles du terreau. Elle est plus ou moins colorée en brun; elle renferme presque toujours des débris d'herbes sèches, non décomposées; elle brûle facilement, avec ou sans flamme, en donnant une fumée semblable à celle du foin brûlé, et en laissant pour résidu une braise très-légère. Sa texture est tantôt compacte, tantôt grossièrement fibreuse, selon la nature des végétaux non décomposés qu'elle contient.

Toutes les plantes aquatiques concourent à former la tourbe, mais on l'attribue principalement aux espèces suivantes :

Utriculaires.	Callitriches.
Pomatots.	Lenticules.
Cornifles.	Scirpes.
Myriophylles.	Carex.
Conferves.	Pesses.
Sphaigues.	Prêles, etc.

Toutes ces plantes végètent par exception sur les tourbières, et leur donnent une physionomie spéciale. Les tourbières sont, en effet, infertiles pour les autres végétaux.

Les tourbes renferment en grande quantité l'acide ulmique, qui, comme nous l'avons déjà dit, existe aussi en abondance dans le terreau. Il s'y trouve, en outre, des débris de végétaux non altérés ou incomplétement décomposés, des détritus de matières animales, et des

substances terreuses qui restent à l'état de cendres après la combustion. Mais, comme parmi ces substances terreuses il n'y a pas d'alcali, les principes acides provenant de la décomposition des plantes restent libres et communiquent une grande acidité au sol; ces principes sont de l'acide acétique, de l'acide phosphorique et du tannin. Le sable, dont les tourbes sont mélangées en proportions extrêmement variées, est toujours de même nature que les roches environnantes; ce qui prouve qu'il est uniquement formé des débris de celles-ci.

Les quantités des différentes matières organiques qui constituent les tourbes sont dans des rapports très-divers, comme on peut le voir par les analyses suivantes :

Espèces de tourbes.	Matières organiques sur 100 parties.	Matières minérales sur 100 parties.
De Vassy (Marne)	92,8	7,2
De Forges-les-Eaux (Seine-Inférieure)	92,3	7,7
De Bordeaux (Gironde)	91,5	8,5
De Ham (Somme)	88,3	11,7
De Château-Landon (Seine-et-Marne)	85,0	15,0
De Clermont (Oise)	82,6	17,4
De Crouy, près Meaux	81,2	18,8

Les matières minérales contenues dans les tourbes sont ordinairement :

Silice ou sable.
Argile.
Carbonate de chaux.
Oxyde de fer.
Sulfate de chaux.
Carbonate de magnésie.
Phosphates de chaux et d'alumine.
Silicate de potasse.
Chlorures alcalins.

Au reste, la nature de ces matières varie nécessairement suivant la contrée d'où l'on tire la tourbe, et suivant la couche à laquelle elle appartient. L'absence d'un alcali libre ou carbonaté dans les cendres de tourbe explique pourquoi elles ne sont pas, comme la cendre de bois, propres à la lessive, à la fabrication du verre et du savon.

Les terrains tourbeux sont faciles à reconnaître. Ils ont une couleur brune foncée; ils sont spongieux et élastiques; ils offrent, dans leur masse, les détritus diversement agglomérés des végétaux qui les ont produits. Par la dessiccation, ils perdent la majeure partie de leur poids. Ils s'échauffent et se refroidissent avec une égale lenteur, et il est très-aisé de les distinguer, en été à leur fraîcheur, en hiver à une température plus élevée que celle des autres terres.

Ces sortes de sols sembleraient, par leur origine et leur composition, devoir renfermer tous les éléments de la fertilité, et cependant il n'en est pas ainsi ; ils sont même, dans l'état naturel, si peu favorables

à la culture, qu'il y a presque toujours plus d'avantage à les exploiter pour le combustible qu'ils renferment qu'à les transformer en terres de rapport. Leur défrichement est long et pénible. Il faut commencer par les dessécher, puis les amender au moyen de sable ou de graviers, de vase de mer, d'argile, mais surtout de calcaires coquilliers, de marne, de cendres, de chaux vive, afin de faire disparaître l'acidité du sol et de neutraliser les mauvais effets des sels ferrugineux qui y sont souvent en proportions considérables. Le chaulage est absolument nécessaire pour les rendre propres à la culture. L'écobuage est encore une excellente opération.

Ainsi améliorés, les terrains tourbeux constituent des sols très-légers qui conviennent parfaitement à la culture des plantes à fortes racines. Ils produisent des récoltes abondantes d'orge et d'avoine, quoique la quantité des grains ne corresponde pas toujours au poids de la paille, et que la qualité du grain ne soit pas en rapport avec sa quantité.

Mais, pour que la culture de ces terrains améliorés soit avantageuse, il faut parer à l'inconvénient qui résulte de leur très-grande dessiccation pendant l'été; on y parvient en recouvrant la terre, pour la dérober à l'action solaire, avec des roseaux qui croissent naturellement dans les fossés d'écoulement.

Les trèfles rouge et blanc, le timothy (*fléau des prés*), le fiorin (*agrostide stolonifère à larges feuilles*), sont encore des plantes à y cultiver. Le mieux, c'est de les convertir en prairies à faucher, en imitant la pratique des Écossais, qui ne font qu'une coupe, et laissent pourrir sur le sol l'herbe de la seconde pousse. De cette manière, on transforme des marais tourbeux en prairies à foin perpétuelles.

Les terrains tourbeux, bien égouttés et disposés convenablement pour la culture, présentent cet avantage de conserver une humidité permanente. Aux environs de Hagueneau (Alsace), on trouve dans ces sortes de terrains de magnifiques houblonnières, et on y cultive la garance avec un très-grand succès.

L'aune, le bouleau, les saules, les peupliers et quelques autres espèces d'arbres à bois blanc viennent assez bien dans les terres tourbeuses suffisamment asséchées.

Les *wateringues* et les *moëres*, entre Saint-Omer et Dunkerque, sont de tous les sols tourbeux du Nord de la France les plus étendus et les mieux cultivés.

3. Terrains marécageux. Ces terrains ont ceci de particulier, qu'ils sont recouverts d'eaux stagnantes, au moins une partie de l'année, et qu'ils ne peuvent en être naturellement débarrassés que par les effets de l'évaporation.

Lorsqu'ils sont submergés pendant toute l'année, ils sont impropres à toute culture. Voici les principales plantes qui les caractérisent :

Mâcre ou châtaigne d'eau.	Renoncules.	Fléchière.
Fétuque flottante.	Roseau à balai.	Plantain d'eau.
Laiches.	Massette.	Véronique.
Scirpes.	Ménianthe à 3 feuilles.	Menthe poivrée.
Souchets.	Gratiole officinale.	Epilobe.
Nénufars.	Butôme ou jonc fleuri.	Lithre salicaire.

Lorsque les terrains marécageux ne sont submergés qu'une partie de l'année, ils peuvent fournir des foins; mais ceux-ci sont toujours de mauvaise qualité. Les saules, les peupliers, l'aune, le bouleau, y viennent bien et peuvent servir à leur assainissement. Il est d'autant plus utile de chercher à les dessécher ou à les transformer en étangs, que ces sols marécageux sont des causes permanentes d'insalubrité.

Les marais des bords de la mer peuvent, à la longue, devenir des terres très-fertiles, lorsqu'ils sont mis à l'abri des grandes marées. Dans le commencement de leur exploitation, il faut y cultiver les plantes qui aiment le voisinage de la mer, afin qu'elles dépouillent peu à peu le sol de l'excès de sel marin dont il est imprégné; telles sont les salicornes, les salsola, les arroches, les atriplex, les amarantes, les anserines, etc., qu'on utilise à l'extraction de la soude.

Les anciens marais salés produisent des fourrages d'excellente qualité. On sait la réputation des animaux de boucherie qu'on engraisse dans ces marais, et surtout dans ceux des côtes de la Charente-Inférieure et de la Normandie.

Comme exemple de la constitution chimique des anciens sols marécageux, nous rapporterons ici l'analyse de deux terres végétales de la Charente-Inférieure, faite par M. Berthier. Ces terres constituent la presque totalité des marais de la Charente-Inférieure et de la Vendée; elles occupent plus de 2,000 kilomètres carrés, depuis l'embouchure de la Loire jusqu'à celle de la Gironde; on les désigne sous le nom de *bri*. C'est un sol à blé presque toujours fertile, quand sa superficie n'a pas été épuisée par un grand nombre de cultures privées d'engrais.

Les échantillons analysés ont été recueillis dans le marais de Saint-Michel, situé à 15 kilom. du marais de Boice.

	Terre de la superficie.	Terre prise à 1 mètre.
Argile.	77,7	73,8
Oxyde de fer.	5,5	5,5
Carbonate de chaux.	5,0	9,0
Eau et matières organiques. . . .	11,8	11,7
	100,0	100,0

On n'y a trouvé ni magnésie, ni sulfate de chaux.

On ne sait à quoi attribuer la différence de fertilité de ces deux terres, et il est difficile de croire qu'elle tienne aux légères différences de composition révélées par l'analyse.

Dans le département de Vaucluse, il y a d'anciens marais, désignés sous le nom bien significatif de *palus*, qui sont devenus des terres éminemment productives. Ces terres, engraissées de détritus organiques, animaux et végétaux, provenant des êtres qui vivaient jadis dans ces marais, riches, en outre, en calcaire divisé, sont particulièrement propres à la culture de la garance, surtout quand leur couche est profonde et que le sous-sol est frais sans retenir, toutefois, d'eaux stagnantes.

Voici, d'après M. Bastet, la composition des bonnes terres à garance de Vaucluse :

	Orange.	Clausayes.	Courthézon.	Causans.
Calcaire.	41,00	37,00	38.00	47,00
Argile.	18,00	29,00	35,00	28,00
Sable.	35.00	29,00	21,00	20,00
Humus.	5,50	5,50	5,50	5,00
	99,50	100,50	99,50	100,00

Moyens d'apprécier les qualités des sols arables.

La connaissance de la nature et des qualités des sols arables est d'une haute importance pour l'agriculteur, car elle seule peut le guider dans le choix des meilleurs procédés de culture, lui apprendre le genre d'amendements ou d'engrais qui convient à chaque sorte de sol, et l'éclairer sur la valeur des terres.

Deux modes bien différents d'expérimentation s'offrent à lui :

1° L'*analyse chimique*, qui indique avec exactitude la composition minérale des sols, et les proportions de leurs principaux éléments ;

2° L'*examen des propriétés physiques*, telles que la densité des terres, leur puissance d'absorption, la force avec laquelle elles retiennent l'eau, la faculté avec laquelle elles s'échauffent et se refroidissent, leur aptitude à se sécher à l'air, etc.

Analyse chimique des sols. — Si les sens, ou des moyens purement mécaniques peuvent suffire pour faire reconnaître les principaux caractères physiques des sols, il n'en est plus de même quand il s'agit de déterminer la constitution intime de ces sols, c'est-à-dire la nature et les proportions des composés chimiques qui les forment. Pour arriver à cette détermination, il faut nécessairement recourir à l'emploi des procédés que nous enseigne la chimie ; il faut pratiquer ce qu'on appelle l'*analyse chimique*.

L'art d'analyser les terres est une des opérations les plus délicates de la chimie, quand on veut apporter à cette opération la précision et la minutie qui doivent présider à tous les travaux de laboratoire. Mais, heureusement pour l'agriculteur, des données approximatives sont ordinairement suffisantes, et d'ailleurs il peut toujours s'adresser à un chimiste de profession ou à un pharmacien, lorsqu'il tient à connaître, d'une manière exacte, la nature et les proportions des substances qui composent son terrain.

Nous allons donc nous borner à l'indication de moyens simples et peu coûteux, susceptibles d'être mis en pratique par tout cultivateur intelligent, pour acquérir des notions utiles sur la constitution chimique des terres arables. Aujourd'hui que tant de propriétaires instruits habitent la campagne et consacrent leurs loisirs à surveiller les travaux de leurs fermes, l'essai chimique des terres pourrait et devrait être fait par eux. Ils se rendraient par là fort utiles et aideraient puissamment leurs fermiers dans l'amélioration du sol de leur faire-valoir.

Avant de procéder à l'analyse d'une terre, il est bon d'avoir quelques notions sur ses propriétés les plus générales. La vue, le toucher, suffisent pour reconnaître si la terre est sableuse ou argileuse ; la couleur blanchâtre des terrains calcaires ou gypseux, la teinte rougeâtre de ceux qui contiennent beaucoup de fer, la nuance foncée de ceux qui s'approchent de la nature de la tourbe ou de la terre de bruyère, etc., sont autant d'indices auxquels un cultivateur exercé ne se trompera pas.

Lorsque les pièces qui divisent une propriété offrent un aspect différent, il est indispensable de prendre à part autant d'échantillons, et de multiplier les analyses. Souvent, pour la même pièce de terre il ne suffit pas d'une seule analyse, car il arrive fréquemment que la nature du sol varie à de très-petites distances : à quelques mètres d'une veine de terre très-calcaire, il peut s'en rencontrer une qui ne le soit aucunement ; mais alors, pour un praticien habile, il est presque toujours facile de remarquer, à la simple inspection de la surface du sol, qu'il y a changement de nature; et on l'observe encore bien mieux à la manière dont se comporte la terre dans les labours ou autres travaux de culture, ou à la végétation des plantes qui la couvrent.

Il est donc essentiel de lever des échantillons dans toutes les parties d'une pièce de terre où l'on croit entrevoir un changement de nature chimique, en numérotant avec soin les échantillons, et en reportant ces numéros sur un croquis figuratif de cette pièce de terre. Après l'analyse, on indique avec détail, sur le plan, les résultats des

expériences, c'est-à-dire la composition, en sorte qu'on a ainsi une carte très-exacte des variations de constitution de tous les points du champ.

Dans le cas, même, où le terrain paraît partout, à peu près, de nature identique, il est encore bon de prendre sur divers points de la surface du champ, à une profondeur de 10 à 15 centimètres, des portions de terre, 100 grammes environ, que l'on mêle ensemble pour en composer un échantillon moyen. On sépare de l'échantillon les pierres et les gros graviers; mais on devra en connaître la quantité, et les conserver à part pour en déterminer la nature.

Dessiccation de la terre. Avant tout essai, il convient de ramener les terres, que l'on veut examiner comparativement, à un degré constant de siccité, car, alors même qu'elles paraissent sèches au toucher, elles retiennent encore de l'eau interposée, souvent en proportions très-variables, et qu'on ne peut en chasser que par le feu.

Fig. 5. *Appareil pour dessécher la terre.*

Le moyen le plus simple consiste à mettre la terre dans une capsule de porcelaine (*fig.* 5), et à chauffer celle-ci au moyen d'une lampe ou d'un bec de gaz, en plaçant au milieu de la terre un petit thermomètre qui, tout en servant à la remuer, indique la température. Il ne faut pas que celle-ci dépasse 150° ou 160°. A défaut de thermomètre, on met au fond du vase un morceau de bois blanc ou des brins de paille, qui ne doivent pas roussir. Cette dessiccation peut encore très-bien se faire dans un four d'où l'on a retiré le pain, et qui n'est plus assez chaud pour brûler quelques tiges de paille qu'on y jette préalablement comme moyen d'épreuve.

Lorsque la terre, après quelques heures, ne perd plus de son poids, ce que l'on reconnaît en la pesant à des reprises différentes, à 15 ou 20 minutes d'intervalle, on cesse de la chauffer; elle a abandonné presque toute son eau d'interposition. Il importe peu, au reste, de connaître la proportion de celle-ci; ce qu'il y a d'essentiel, c'est de dessécher toutes les terres à la même température, afin qu'elles soient au même point de dessiccation.

Dans l'examen d'une terre, il ne faut pas seulement déterminer les proportions relatives du sable, de l'argile, du calcaire, des sels solubles et des matières organiques; il faut, de plus, constater l'*état physique* de ces différents principes constituants, car leur rôle est loin d'être identique suivant la forme et la ténuité de leurs parties. Nous avons déjà dit que la silice, le calcaire, impriment au sol des caractères

bien différents, selon qu'ils s'y montrent à l'état de sable, de graviers ou de particules très-fines et indiscernables; et il n'est pas indifférent pour le développement des plantes que les matières organiques du sol soient sous forme de gros débris, d'humus charbonneux insoluble, ou d'humus parfait à l'état soluble.

ANALYSE MÉCANIQUE. La première opération à pratiquer doit donc avoir pour but d'isoler les uns des autres : le *gravier*, le *sable moyen*, le *sable fin*, les *gros débris organiques*, la *terre fine et ténue*, les *matières solubles* qui entrent dans la composition de la terre arable que l'on examine. Voici comment on doit opérer :

1. On fait bouillir, pendant une heure, 100 grammes de la terre desséchée, avec 500 grammes d'eau pure ou distillée, en remplaçant l'eau à mesure qu'elle s'évapore. On jette ensuite le tout sur un crible ou une passoire en fer-blanc dont les trous circulaires ont un demi-millimètre de diamètre, comme la figure 6 le représente.

Fig. 6. *Passoire en fer-blanc.*

On agite bien la terre au milieu de l'eau; toutes les parties fines sont entraînées à travers la passoire, et celle-ci ne retient que le *gravier*, le *sable moyen*, et les *gros débris organiques*.

2. On sépare ces trois matières l'une de l'autre, en les agitant dans un vase avec de l'eau (fig. 7). Les *débris organiques*, consistant le plus ordinairement en graines d'herbes, en petits fragments de racines et de tiges, surnagent en raison de leur plus grande légèreté; on les enlève avec une petite écumoire; on les fait dessécher et on en prend le poids.

Fig. 7. *Vase à lévigation.*

Le *sable* et le *gravier*, tombés au fond du vase, sont jetés sur un crible ou une passoire de fer-blanc dont les trous ont 3 millimètres de diamètre. Le *sable moyen* passe au travers; le *gravier* reste sur la passoire. On les dessèche l'un et l'autre et on les pèse.

3. Il est important de déterminer la nature du *sable* et du *gravier*; le plus habituellement ils sont siliceux. On le reconnaît en jetant une pincée de ces substances dans un verre contenant du bon vinaigre, ou, mieux, de l'acide chlorhydrique étendu de deux parties d'eau. Si la matière se comporte dans l'acide comme si on l'eût plongée dans l'eau pure, c'est-à-dire sans produire aucune effervescence et sans se dissoudre, on est certain que c'est de la silice. Mais, si le gravier et le sable renferment des parties calcaires, leur immersion dans l'acide donnera lieu à une effervescence plus ou moins vive et d'autant plus longue que ces parties calcaires seront plus abondantes; elles se dis-

soudront dans l'acide, et les parties siliceuses resteront au fond du vase.

On agit alors sur un poids déterminé, 10 grammes par exemple, et on pèse les parties siliceuses après l'action de l'acide et la dessiccation; la perte de poids qu'elles auront éprouvée donnera la proportion des parties calcaires.

Fig. 8. *Filtre pour séparer la terre ténue et les substances solubles.*

4. La terre qui a traversé la première passoire fine renferme encore du *sable fin*. Pour le séparer, on agite la terre dans une terrine avec de l'eau; on laisse en repos pendant une minute, et on décante le liquide trouble sur un filtre (fig. 8); on repète plusieurs fois cette opération et on finit par séparer assez complétement la terre ténue du sable. Ce qui reste dans la terrine est le *sable fin*, qu'on sèche et qu'on pèse.

On s'assurera si ce sable est siliceux ou calcaire au moyen de l'acide, comme il a été dit ci-dessus.

Ce procédé de lévigation présente de nombreuses causes d'erreur, car le délayage de la terre dans l'eau par la simple agitation dans une terrine est insuffisant pour séparer les grains de sable de l'argile, et, de plus, rien n'indique le moment où tout le sable est déposé, par conséquent l'instant qu'il faut saisir pour décanter.

M. Masure, pour obvier à toutes les causes d'erreur dont est susceptible ce dernier procédé, a imaginé un appareil très-simple qui permet de doser avec exactitude le sable et l'argile des sols arables.

Son appareil (fig. 9) se compose d'une allonge en verre A reliée à un tube droit T par un tube en caoutchouc C; le tube et l'allonge forment un U allongé, dont l'une des branches T dépasse l'autre de 2 décimètres environ. Un bouchon à siphon S ferme l'allonge. Un vase de Mariotte M, à écoulement constant, est destiné à verser dans le tube T un courant d'eau continu.

Cela posé, pour séparer l'argile du sable, on met la terre dans l'allonge, et on produit, au moyen du flacon de Mariotte, un courant d'eau ascendant, continu et constant.

L'eau, arrivant par la partie inférieure de l'allonge, a une vitesse assez grande pour soulever le sable qui peut déjà s'être déposé; mais, celui-ci tendant à retomber, il s'ensuit qu'il règne constamment dans cette partie de l'appareil une agitation continuelle; des grains de sable montent pendant que d'autres redescendent, et le frottement qui en

résulte a pour effet de désunir l'argile et le sable. L'argile, grâce à la légèreté, à la ténuité de ses parties et à leur affinité pour l'eau, est entraînée jusqu'à la partie supérieure de l'allonge, elle se détache peu à peu d'une manière continue et régulière des grains de sable, s'en sépare et est emportée par le courant d'eau dans le récipient R.

Lorsque la lévigation est terminée, c'est-à-dire lorsque aucune parcelle de terre n'atteint plus le siphon, on laisse reposer le liquide trouble qui se trouve dans le récipient, puis on le décante, et on recueille le dépôt sur un filtre comme dans le procédé précédent.

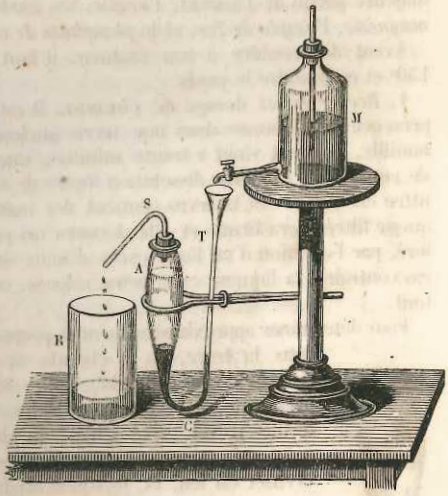

Fig. 9. *Appareil de M. Masure, pour la lévigation des terres.*

Quant au sable, il suffit pour le doser de redresser l'U que forme l'appareil, l'allonge en haut et le tube T renversé au-dessus d'un grand verre; en faisant arriver dans l'allonge un courant d'eau, tout le sable tombe dans le verre, puis on le recuille sur un filtre [1].

Comme on le voit, au moyen des opérations mécaniques précédentes, on a obtenu :

Du gravier,
Du sable moyen,
Du sable fin,
Des débris organiques,
} isolés et pesés;
Une matière terreuse très-fine sur le filtre;
Enfin, une liqueur limpide qui a traversé le filtre, et qui contient les substances solubles que la terre pouvait renfermer.

Il s'agit maintenant d'examiner à part la *terre ténue* déposée sur le

[1] Voir, pour tous les détails de l'opération, la *Revue des Sociétés savantes des départements*, 2e série, tome IV, août 1860, pages 247 à 258.

filtre, et la *liqueur* qui renferme les substances solubles. Nous entrons ici dans les opérations purement chimiques.

Examen de la terre ténue. Cette matière terreuse contient : la majeure partie de l'*humus*, l'*argile*, les *carbonates de chaux* et *de magnésie*, l'*oxyde de fer*, et le *phosphate de chaux*.

Avant de procéder à son examen, il faut d'abord la dessécher à 150° et en prendre le poids.

1. *Recherche et dosage de l'humus.* Il est facile de découvrir la présence de l'humus dans une terre quelconque. Il suffit de faire bouillir, pendant vingt à trente minutes, une vingtaine de grammes de cette terre avec une dissolution légère de soude ou de potasse ; on filtre ensuite. — Si la terre contient des matières organiques, la liqueur filtrée sera brune et elle donnera un précipité floconneux, coloré, par l'addition d'un léger excès d'acide sulfurique faible. Dans le cas contraire, la liqueur est à peine colorée, ou même ne l'est pas du tout.

Pour déterminer approximativement la proportion d'humus contenue dans la terre, on la chauffe au rouge naissant dans un creuset de grès (fig. 10), pour détruire toute la matière organique. Ce résultat est obtenu, lorsque la matière renfermée dans le creuset n'exhale plus d'odeur sensible, et qu'on n'y aperçoit plus de parties noirâtres. On retire le creuset du feu, et, lorsqu'il est froid, on imbibe la matière qui s'y trouve avec une solution concentrée de carbonate d'ammoniaque. On dessèche avec précaution pour éviter toute projection, et on chauffe au rouge-naissant jusqu'à ce qu'il ne se dégage plus de vapeurs. On laisse refroidir de nouveau, après avoir fermé le creuset, et on pèse la terre calcinée. La perte de poids indique la proportion d'*humus* qu'elle renfermait.

Fig. 10. *Creuset à calcination.*

Ce procédé est certainement le plus commode pour le dosage de l'humus, mais il est loin d'être exact, car la perte de poids comprend, outre la matière organique, une certaine quantité d'eau retenue par l'argile, et qui n'a disparu qu'à la chaleur rouge. On est donc exposé à compter de l'eau comme humus, et à trouver plus d'humus qu'il n'y en a réellement dans la terre. Le seul procédé pour doser rigoureusement l'humus d'une terre, c'est l'analyse élémentaire ; mais il ne peut être mis en pratique que par un chimiste de profession. Au reste, ce qu'il y a d'essentiel, c'est de pouvoir juger approximativement la proportion relative de l'humus dans les différentes terres soumises à l'essai, et la méthode de calcination suffit pour cet objet.

Lorsque, pendant la calcination, il se dégage une fumée qui a l'odeur

de la corne, du cuir, du poil ou de la plume brûlés, c'est une preuve qu'il existe dans la terre des substances d'origine animale; elle ne contient que des substances purement végétales, lorsque l'odeur est identique à celle de la fumée du bois ou de la paille. Le plus souvent, ces deux sortes de matières organiques sont mêlées; mais les moyens pour en connaître les proportions relatives sont d'une exécution difficile, et au-dessus de la portée d'un agriculteur. C'est encore au chimiste de profession qu'il faut avoir recours.

2. *Dosage de l'argile.* Pour doser l'*argile* renfermée dans la terre calcinée, on traite celle-ci par cinq à six fois son poids d'acide chlorhydrique, étendu de quatre fois son volume d'eau et additionné d'un peu d'acide azotique.

On agit commodément dans une fiole à médecine (fig. 11). Après quelques heures de contact, et lorsqu'il n'y a plus aucune effervescence, on s'assure que la liqueur est encore fortement acide; si elle ne l'était plus, il faudrait ajouter une nouvelle quantité d'acide. Lorsque le résidu est ainsi épuisé de toutes les matières solubles dans l'acide (calcaire, phosphate de chaux, oxyde de fer), on remplit la fiole d'eau, on jette le tout sur un filtre; on lave bien le résidu avec de nouvelle eau, à plusieurs reprises, puis on calcine au rouge le résidu recueilli sur le filtre et on le pèse. C'est la partie *argileuse* de la terre.

Fig. 11. *Fiole à médecine.*

3. *Dosage de l'acide phosphorique.* La liqueur acide précédente, recueillie soigneusement avec les eaux de lavage, contient : la chaux, la magnésie, l'oxyde de fer et l'acide phosphorique. Ce dernier peut être en combinaison avec la chaux, la magnésie, l'alumine et l'oxyde de fer; néanmoins on admet qu'il est le plus ordinairement à l'état de sous-phosphate de chaux, identique à celui qui constitue les os des animaux, et qui est composé sur 100 parties en poids de :

Acide phosphorique.	48,45
Chaux.	51,55
	100,00

On commence par isoler et doser l'acide phosphorique. Pour cela, après avoir concentré la liqueur acide, on la fait bouillir avec un excès de potasse caustique. La chaux, la magnésie et l'oxyde de fer sont complétement précipités, et l'acide phosphorique reste en solution à l'état de phosphate de potasse. On filtre, on sursature la nouvelle liqueur avec de l'acide chlorhydrique, on y ajoute une solution de sel ammoniac, puis de l'ammoniaque caustique en excès, et enfin du sulfate de

magnésie, jusqu'à cessation de précipité. On agite fortement avec une baguette de verre sans toucher les parois du vase, on recouvre celui-ci d'une plaque de verre, et on laisse déposer pendant vingt-quatre heures dans un endroit chaud avant de filtrer. Après la filtration, on s'assure que la liqueur ne se trouble plus par l'agitation. On lave le précipité de *phosphate ammoniaco-magnésien*, d'abord avec de l'eau ammoniacale, puis avec de l'eau pure; on le dessèche et on le calcine pour transformer le sel double en *pyrophosphate de magnésie*. Le poids de celui-ci donne le poids de l'acide phosphorique, car on sait que 100 parties de ce sel contiennent 64,28 d'acide sec et correspondent à 132,48 de sous-phosphate de chaux.

4. *Recherche et dosage du peroxyde de fer.* La présence du fer est évidente dans les terres colorées en jaune ou en rouge; mais il est beaucoup de cas où la coloration peut laisser des doutes. Alors on prend environ 10 grammes de la terre que l'on veut essayer, on les fait bouillir dans un acide (sulfurique ou chlorhydrique), on ajoute un peu d'eau et l'on filtre.

Si la terre contient du fer, on verra bientôt, en versant dans la liqueur filtrée quelques gouttes d'ammoniaque, se former un dépôt jaunâtre d'oxyde de fer. La même liqueur noircira par la décoction de noix de galle ou d'écorce de chêne, et donnera un précipité bleu avec le *prussiate jaune de potasse*. Ces indications seront d'autant plus manifestes que le fer sera en plus fortes proportions dans la terre essayée.

Si, au lieu d'oxyde de fer libre, la terre soumise à l'épreuve contenait du fer à l'état soluble (sulfate de fer), comme on l'observe dans certaines argiles vitrioliques stériles, il suffirait de délayer dans l'eau une petite quantité de cette terre, de filtrer après quelque temps, et d'essayer ensuite la liqueur au moyen des réactifs dont il vient d'être question.

Dans le cas le plus général où nous nous plaçons pour faire l'analyse d'une terre, l'oxyde de fer, en mélange avec la chaux et la magnésie, est resté dans le filtre sur lequel on a jeté la liqueur du n° 3 qu'on avait fait bouillir avec la potasse pour en isoler l'acide phosphorique. Ce précipité des trois bases est redissous dans de l'acide azotique; on évapore la liqueur à siccité et on chauffe le résidu à une température de 200° à 250° jusqu'à ce qu'il ne se dégage plus de vapeurs acides. L'azotate de fer seul se décompose et laisse pour résidu du peroxyde de fer. On traite le produit calciné par l'eau, qui dissout les azotates de chaux et de magnésie. On réunit l'oxyde de fer sur un filtre, on le lave bien et on le calcine au rouge pour en prendre le poids.

5. *Dosage de la chaux*. Il ne reste donc plus dans la nouvelle liqueur que la chaux et la magnésie. On y mélange du chlorhydrate d'ammoniaque et un très-léger excès d'ammoniaque caustique. Si un précipité se manifeste, on ajoute de nouveau du sel ammoniac pour le faire disparaître. On verse alors de l'oxalate d'ammoniaque dans la liqueur limpide jusqu'à ce que ce réactif ne détermine plus de précipité; on laisse reposer douze heures dans un endroit chaud, puis on recueille l'oxalate de chaux sur un filtre, on le lave et on le sèche. On le calcine ensuite au rouge dans un creuset de platine; celui-ci étant retiré du feu et refroidi, on imbibe la matière qui s'y trouve avec une solution concentrée de carbonate d'ammoniaque. On dessèche avec précaution pour éviter toute projection et on chauffe au rouge naissant; on ferme le creuset avec son couvercle et on le pèse quand il est froid; comme on connaît sa tare, le surplus représente le carbonate de chaux qui s'y trouve. Ce sel contient sur 100 parties en poids: 56,3 de chaux et 43,7 d'acide carbonique.

6. *Dosage de la magnésie*. La liqueur d'où la chaux a été précipitée, étant réunie aux eaux de lavage, est évaporée dans une capsule de platine, et le résidu salin est calciné au rouge. Tous les sels ammoniacaux se volatilisent, l'azotate de magnésie se décompose et il reste de la magnésie caustique. On la pèse, et, par le calcul, on la change en carbonate de magnésie, d'après ce fait que 100 de carbonate de magnésie contiennent 48,51 de magnésie et 51,69 d'acide carbonique.

Le plus habituellement, la magnésie est en si faible proportion dans les sols arables, qu'on peut négliger d'en tenir compte et qu'on la confond avec le carbonate de chaux. Ce n'est qu'autant qu'elle prédomine qu'il est important d'en déterminer à part la quantité.

A l'aide des opérations successives que nous venons de décrire, on peut donc très-aisément isoler et doser les substances suivantes :.

Gravier.	Argile.
Sable moyen.	Carbonate de chaux.
Sable fin.	Carbonate de magnésie.
Gros débris organiques	Phosphate de chaux
Humus.	Oxyde de fer.

Examen des matières solubles de la terre. — La liqueur provenant de l'ébullition de la terre dans l'eau, et qui a passé à travers le filtre sur lequel on a recueilli la terre ténue, retient en dissolution toutes les matières solubles, sels minéraux ou substances organiques, renfermées dans l'échantillon.

On concentre cette liqueur, sans la faire bouillir, dans une capsule de porcelaine d'une capacité de 3 à 4 décilitres, posée sur un fourneau ordinaire, comme dans la figure 12. On remplit d'abord la capsule et on ajoute le liquide à mesure qu'il s'évapore sans bouillir. On pousse l'évaporation à siccité ; mais, lorsqu'il ne reste plus que très-peu de liquide à dissiper, on achève la dessiccation dans une étuve à 100 degrés, afin de ne pas chasser les sels ammoniacaux et de ne pas décomposer l'humus soluble. Lorsque le résidu ne perd plus de son poids, on le pèse.

Fig. 12. *Fourneau évaporatoire avec capsule en porcelaine.*

Ce résidu est incolore, s'il est formé de matières salines ; il est coloré en brun ou en jaune rougeâtre, s'il renferme des substances organiques ou de l'oxyde de fer. Dans le premier cas, il redevient blanc après avoir été chauffé au rouge, parce que les substances organiques sont brûlées ; dans le second cas, il conserve sa couleur jaune-rougeâtre.

Dosage des substances volatiles et des cendres. — Après avoir constaté le poids total des substances dissoutes, on arrive à connaître les proportions relatives des matières volatiles ou organiques et des matières minérales fixes ou des cendres, en calcinant le résidu total au rouge jusqu'à ce qu'il ne reste plus aucune parcelle de charbon, et que le résidu terreux ne présente plus de points scintillants quand on le remue doucement avec une petite tige de fer ou de platine. On pèse le résidu terreux encore chaud. La perte de poids qu'il a éprouvée indique la quantité en bloc de l'humus soluble, des sels ammoniacaux et de l'acide azotique.

Constatation de la nature des cendres. — La détermination et le dosage des différentes matières salines solubles de la terre sont des opérations trop délicates et trop difficiles pour un agriculteur ; il faut se borner à constater leur quantité brute, et à reconnaître qualitativement leur nature diverse au moyen de quelques essais.

Ces substances salines sont ordinairement du sel marin, des sulfates alcalins, du sulfate de chaux, des azotates alcalins ou terreux, des phosphates alcalins, du silicate de potasse. Mais, comme ces substances ne sont jamais qu'en très-petites proportions dans une terre arable par rapport aux substances insolubles dont il a été question précédemment, il faut, pour rendre plus faciles les essais qualitatifs, opérer sur plusieurs kilogrammes de terre neuve séchée, qu'on épuise par

plusieurs décoctions successives. On jette ensuite sur un filtre et on lave le résidu jusqu'à ce que la dernière eau de lavage n'entraine plus rien en dissolution; ce qu'on reconnaît en évaporant quelques gouttes de cette eau de lavage sur une spatule de platine; celle-ci n'est pas ternie par cette évaporation.

Toutes les eaux étant réunies, on les évapore dans une capsule de porcelaine, de manière à réduire le volume total à celui d'un demi-litre.

Si, pendant le refroidissement, il se dépose une poudre blanche, on a la preuve qu'il y a du *sulfate de chaux*. On recueille cette poudre sur un filtre, on la lave avec de l'eau additionnée d'alcool pour l'examiner à part. On constate que c'est bien du sulfate de chaux :

1° Parce qu'elle se dissout facilement dans l'acide chlorhydrique faible;

2° Parce que cette solution précipite abondamment :

Par le chlorure de baryum, réactif de l'acide sulfurique, et par l'oxalate d'ammoniaque, réactif de la chaux.

La liqueur concentrée, d'où le sulfate de chaux s'est déposé, est alors essayée par les réactifs suivants :

1° Avec l'azotate de baryte ou le chlorure de baryum, qui, dans le cas de la présence des sulfates alcalins, produira un précipité blanc, pulvérulent, lourd, insoluble dans un grand excès d'acide azotique;

2° Avec l'azotate d'argent (après avoir acidulé la liqueur par l'acide azotique), qui indique la présence des chlorures par un précipité blanc, cailleboté, insoluble dans l'acide azotique, mais soluble dans l'ammoniaque;

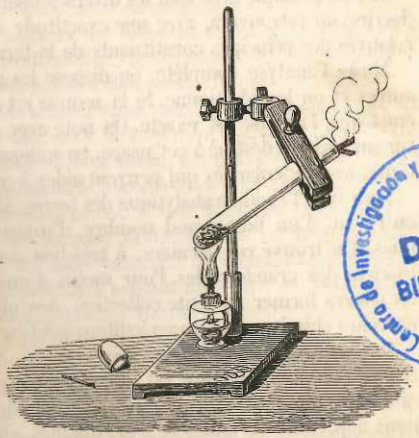

Fig. 13. *Tube pour la recherche des sels ammoniacaux*

3° Avec l'oxalate d'ammoniaque, qui signale la chaux par la formation d'un précipité blanc;

Centro de Investigaciones y Tecnología Agraria D.G.A. BIBLIOTECA ZARAGOZA

4° Avec l'eau de soude et l'ébullition dans un tube (fig. 13) dans le haut duquel on place un papier rouge de tournesol. Ce papier bleuit par le contact des vapeurs qui sortent du tube dans le cas où il existe des sels ammoniacaux;

5° Avec l'acide chlorhydrique pur, à volume égal, et quelques gouttes de sulfate d'indigo. En faisant bouillir dans un petit matras il y a décoloration de la liqueur bleuie, pour peu qu'il y ait des azotates dans la terre; la quantité de ceux-ci est d'autant plus considérable, que le mélange décolore un plus grand volume de sulfate d'indigo.

6° Pour reconnaître l'existence des sels de potasse, on évapore à siccité une certaine quantité de la liqueur en présence d'un excès d'acide chlorhydrique, et on chauffe le résidu vers 200°. On reprend par l'eau, on filtre et on verse dans le liquide du chloride de platine, puis un peu d'alcool. S'il y a de la potasse, il se forme un précipité jaune, pulvérulent, consistant en une combinaison de chloride de platine et de chlorure de potassium.

Voilà les renseignements les plus importants qu'il suffit d'acquérir sur la nature des matières solubles des terres.

Si l'on pratique avec soin les diverses opérations que nous venons de décrire, on retrouvera, avec une exactitude suffisante, les proportions relatives des principes constituants de la terre soumise à l'essai.

Après l'analyse complète, on dispose les produits les uns sous les autres et on les additionne. Si la somme est égale au poids de la terre employée, l'analyse est exacte. On note avec soin les résultats obtenus sur un registre destiné à cet usage, en indiquant l'origine de la terre et toutes les particularités qui peuvent aider à son signalement.

Pour faire l'examen analytique des terres, il n'est pas besoin, comme on l'a vu, d'un bien grand nombre d'ustensiles et de réactifs chimiques. On trouve ces derniers, à très-bon marché, chez tous les pharmaciens des grandes villes. Pour moins d'une cinquantaine de francs, on pourra former la petite collection des objets nécessaires aux recherches chimiques qu'un agriculteur peut être dans le cas de pratiquer.

Des propriétés physiques des sols. — Si la connaissance de la nature chimique des sols est indispensable pour savoir quels sont les différents amendements qui peuvent améliorer leur constitution et nous apprendre certaines de leurs qualités, elle ne suffit pas seule pour rendre compte de leur valeur, de leurs divers degrés de fertilité, de leurs fonctions par rapport à la végétation.

C'est qu'en effet les propriétés physiques de leurs particules ont, peut-être, une influence plus directe que la nature chimique de leurs composants sur la manière dont ils se comportent à l'égard des plantes,

des agents atmosphériques, de l'eau, des instruments de culture. Le plus ou moins de ténuité des matières minérales qui les forment, la cohésion, la ténacité, l'adhérence de leurs parties, leur perméabilité à l'air et à l'eau, leur faculté d'absorption pour l'humidité et les gaz, leur pouvoir d'absorber et de retenir la chaleur, etc., exercent bien plus d'influence qu'on ne l'a cru sur les propriétés relatives à l'agriculture, et, fort souvent, ces caractères purement mécaniques ou physiques varient d'un sol à un autre sans que leur nature chimique diffère. Voici quelques exemples à l'appui de ces assertions :

L'*argile pure* forme, dans son état naturel, un sol trop consistant et trop lourd, qui est nuisible à la végétation ; cette même *argile, calcinée*, forme, lorsqu'elle est en poudre fine, un sol poreux qui la favorise.

La *silice* et le *calcaire* composent, sous forme *sablonneuse*, lorsqu'ils prédominent, un sol entièrement sec et chaud, dans lequel les plantes se dessèchent et meurent à cause du manque d'humidité. — Sous forme *pulvérulente*, ils constituent un sol trop humide, sur lequel les plantes souffrent d'un mal contraire au premier.

100 parties de *calcaire* à l'état de *sable*, c'est-à-dire en parcelles dures, ne retiennent que 29 parties d'eau, tandis que 100 parties de la même substance en *poudre fine* en absorbent jusqu'à 85 parties.

100 parties de *sable siliceux* ne retiennent que 25 parties d'eau, tandis que 100 parties de *silice fine*, telle qu'on l'obtient dans les laboratoires, peuvent retenir jusqu'à 280 parties d'eau.

Il est donc bien essentiel d'avoir égard aux propriétés physiques des sols, qui, comme on le voit, sont fort souvent indépendantes de leur constitution chimique ; mais il faut savoir apprécier et juger ces propriétés au moyen des méthodes rigoureuses d'investigation que la science met en notre pouvoir, et non d'une manière vague et arbitraire, comme le font les simples praticiens. Le meilleur modèle à suivre, sous ce rapport, est sans contredit la méthode d'expérimentation du professeur Schübler, qui occupa, avec tant de distinction, la chaire de chimie agricole à l'institut d'Hoffwyll. Plusieurs autres agronomes, tels que Thaër, Davy, Chaptal, Mathieu de Dombasle, ont bien donné quelques renseignements précieux sur le même sujet, mais aucun n'a soumis les terres à une série d'expériences comparables, et n'a fait une si heureuse application des sciences physiques à l'agriculture que Schübler, dans ses *Recherches sur les propriétés physiques des terres*. Dans tout ce qui va suivre, nous mettrons largement à contribution son savant travail, dont la traduction nous a été donnée par M. de Gasparin, qui, dans son remarquable *Mémoire sur la garance*, nous a montré tout le parti qu'on peut tirer des préceptes et des procédés du chimiste allemand.

Les qualités physiques qu'il importe de connaître, pour pouvoir estimer la valeur des sols, sont surtout :

La densité ou poids spécifique,
La ténacité, la cohésion ou l'adhérence,
La perméabilité et la capillarité,
La faculté d'absorber l'eau,
L'aptitude à se dessécher à l'air,
La diminution de volume par la dessiccation,
La faculté d'absorption de l'humidité atmosphérique,
La faculté d'absorption pour les gaz,
La faculté d'absorber et de retenir la chaleur.

Nous allons passer en revue ces diverses propriétés.

Densité ou poids spécifique des terres. — On désigne sous le nom de DENSITÉ ou de POIDS SPÉCIFIQUE le poids d'un volume de terre comparé au même volume d'eau.

Pour le trouver, il y a plusieurs méthodes; mais la plus commode pour les agriculteurs est celle indiquée par sir H. Davy. Elle consiste à prendre le poids de la terre, bien sèche, qu'on doit essayer, en remplissant de cette terre un vase déjà à demi plein d'eau. La différence entre le poids de la terre et le poids de l'eau donne la densité de la terre. Voici comment on opère :

On prend un flacon de verre A à large ouverture, contenant exactement 2 décilitres (fig. 14). On y introduit d'abord 1 décilitre d'eau, mesuré avec soin, puis on achève de le remplir avec la terre séchée à l'étuve ou au four, jusqu'à ce que l'eau monte à l'embouchure du vase B. On constate alors le poids de la terre qu'il a fallu pour cela.

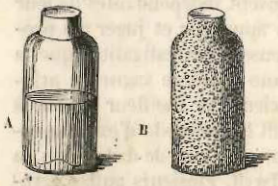

Fig. 14. *Vases en verre pour prendre le poids spécifique des terres.*

Supposons qu'on ait employé, pour remplir entièrement le flacon, 282 gram. 2 décigr. de sable calcaire. Il est clair que ces 282 gram. 2 décigr. de sable occupent le même volume ou tiennent autant de place qu'un décilitre d'eau, puisqu'il manquait seulement 1 décilitre d'eau pour remplir toute la capacité du flacon.

Or, comme 1 décilitre d'eau, à la température ordinaire, pèse 100 grammes, il s'ensuit que le sable calcaire pèse, sous le même volume, 282 gram. 2 décigr., ou près de trois fois autant. Par conséquent, 2,822 gram. est le poids spécifique du sable calcaire, comparé à celui de l'eau, qui est 1,000.

Voici les poids spécifiques que Schübler a trouvés aux espèces principales de terre, dans lesquelles on pratique presque toutes les cultures :

	Poids spécifique, celui de l'eau étant 1,000.
Sable calcaire	2,822
— siliceux	2,755
Glaise maigre [1]	2,701
— grasse [2]	2,652
Terre argileuse [3]	2,605
Argile pure [4]	2,591
Terre arable du Jura [5]	2,526
Terre calcaire fine, ou chaux carbonatée pulvérulente	2,468
Terre arable d'Hoffwill [6]	2,401
Gypse ou sulfate de chaux	2,358
Terre de jardin [7]	2,332
Carbonate de magnésie	2,232
Humus	1,225

Il ressort de ces faits :

1° Que le *sable* est la partie la plus pesante des terres arables ;

2° Que les *argiles* sont d'autant plus légères qu'elles contiennent moins de sable ;

3° Que la *terre calcaire fine*, le *carbonate de magnésie* et l'*humus* diminuent la densité des sols et les rendent légers, pulvérulents et secs ;

4° Qu'une *terre arable* est ordinairement d'autant plus pesante qu'elle contient plus de sable, et, au contraire, d'autant plus légère

[1] Schübler désigne sous ce nom, en suivant la synonymie de Thaër et de Crome, une argile contenant en moyenne 40 p. 100 de sable siliceux fin, qu'on peut en séparer mécaniquement. C'est la *boulbene* des Languedociens.

[2] C'est une argile dont on peut séparer 24 p. 100, en moyenne, de sable siliceux fin.

[3] C'est une argile dont on peut encore séparer, terme moyen, 10,75 p. 100 de sable siliceux fin.

[4] C'est une argile privée de sable, d'un gris bleuâtre, douce au toucher et un peu grasse, composée, d'après Schübler, de 58 de silice, 36,2 d'alumine et 5,2 d'oxyde de fer.

[5] Cette terre, prise dans un vallon du voisinage du Jura, était composée de 63 de sable siliceux, 33,3 d'argile, 1,2 de sable calcaire, 1,2 de carbonate de chaux pulvérulent et 1,2 d'humus.

[6] Cette terre, d'un des champs de l'Institut d'Hoffwill, renfermait 51,1 d'argile, 42,7 de sable siliceux, 0,4 de sable calcaire, 2,3 de carbonate de chaux pulvérulent et 3,4 d'humus.

[7] Cette terre, légère, noire et fertile, consistait en 52,4 d'argile, 36,5 de sable siliceux, 1,8 de sable calcaire, 2,0 de carbonate de chaux pulvérulent et 7,2 d'humus.

qu'elle contient plus d'argile, de terre calcaire, et principalement d'humus;

5° Que, par conséquent, on peut conclure, *jusqu'à un certain point*, du poids d'un sol, ses principales parties constituantes; par exemple, qu'une terre qui a une grande densité, 2,50 à 2,60, contient beaucoup de sable, et que celle qui en a une très-faible, de 2,0 à 2,20, est abondante en terreau;

6° Enfin, que la qualité que les agriculteurs pratiques attribuent à un sol d'être *pesant* ou *léger* ne s'entend ni de sa densité ni de son poids absolu, puisque les argiles sont, dans l'état sec comme dans l'état humide, plus légères que le sable pur, mais du plus ou moins de résistance que les terres opposent aux instruments de culture, résistance dont nous allons parler.

Il ne faudrait pas déduire de la densité d'une terre le poids d'un volume quelconque de cette terre, d'un mètre cube, par exemple; on arriverait à un chiffre beaucoup trop fort, et cela se conçoit, car, dans la terre prise telle quelle dans un champ, les molécules terreuses ne sont pas, comme celles de la terre imbibée d'eau dans le flacon qui nous a servi, exactement pressées les unes contre les autres. Ainsi M. de Gasparin a constaté qu'un sol ayant 2,5 de densité, ayant été passé à un crible percé de trous de demi-millimètre de diamètre, et placé au-dessus d'une mesure d'un litre, la mesure étant remplie, elle n'a pesé que 1 kilog., le même poids que l'eau; la terre ayant été bien pilonnée dans la mesure, elle a pesé 1 kilog. 39. Le sable pur éprouve peu de tassement; une terre où il abonde pesait 1,39 par litre. Le poids d'un volume de terre doit donc être déterminé directement, en la tassant dans un moule d'une capacité connue.

Ténacité, cohésion, adhérence des terres. — La TÉNACITÉ et la CONSISTANCE du sol ont une grande influence sur la végétation et sur la culture. Les cultivateurs désignent ces propriétés par le nom de *sol léger* ou *pesant*. Il convient donc de les soumettre à un examen approfondi, soit dans l'état sec, soit dans l'état humide.

On peut reconnaître approximativement la ténacité d'un sol par le procédé suivant: on humecte la terre avec assez peu d'eau pour que, tassée et roulée entre les mains, elle forme une boule dure d'environ 30 millimètres de diamètre (fig. 15); on la laisse sécher au soleil ou sur un poêle, puis on l'examine comparativement.

Fig. 15. *Boule dure en terre.*

Pour les sols *très-sableux* et *légers*, la consistance est si faible, que la boule s'écrase sous une pression faible, ou même spontanément sous son propre poids;

Les *bonnes terres arables* résistent plus ou moins à la pression

entre les doigts; mais un certain effort ou un léger choc les réduit subitement en poudre;

Les *glaises*, les *terres argileuses fortes*, exigent le choc d'un corps dur, et restent en fragments que l'on ne peut écraser sous les doigts.

Si l'on fait chauffer au rouge cerise toutes ces boules, qu'on les laisse refroidir et qu'ensuite on les plonge dans l'eau :

Les *terres sableuses* se désagrégent instantanément;

Les *terres très-calcaires* se délayent plus lentement, et même exigent une pression entre les doigts;

Les *argiles* et *terres argileuses fortes* conservent leurs formes, et même sont beaucoup plus dures qu'avant d'avoir été chauffées.

Pour éprouver d'une manière plus exacte la ténacité des terres dans l'*état sec*, on les met en bouillie homogène, puis on en remplit des moules de bois de 45 millimètres de long sur 15 millimètres de côté. On laisse sécher en faisant peser sur chaque moule un poids uniforme de 1 kilogramme. On obtient ainsi des morceaux longs ou des briquettes de chaque terre, qu'on pose sur deux points d'appui éloignés l'un de l'autre de 40 millimètres (fig. 16); on suspend à chaque briquette, au moyen d'une large courroie qui porte sur tout l'intervalle qui sépare les appuis, un petit plateau de balance, dans lequel on fait couler doucement et sans secousse du petit plomb de chasse, jusqu'à ce que les briquettes se cassent. Le poids qu'elles supportent sert de mesure à leur ténacité.

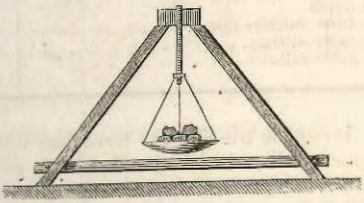

Fig. 16. *Appareil pour déterminer la ténacité des terres.*

La quantité de poids que supportent les terres argileuses avant de rompre est énorme. Elle monte, pour l'argile pure, à 11 kilogr. 100 grammes. La terre calcaire fine, au contraire, ne supporte que 550 grammes.

Dans le tableau suivant, on a pris la ténacité de l'argile (11 k. 100 gr.) pour mesure commune de 100°, et on compare à cette mesure la ténacité des autres terres.

ESPÈCES DE TERRES.	TÉNACITÉ de la terre sèche, celle de l'argile pure étant 100°.	TÉNACITÉ en poids.
		Kilog.
Argile pure	100,0	11. 100
Terre argileuse	83,3	9. 250
Glaise grasse	68,8	7. 640
Glaise maigre	57,3	6. 360
Terre arable d'Hoffwyll	53,0	5. 660
— du Jura	22,0	2. 440
Carbonate de magnésie	11,5	1. 270
Humus	8,7	0 970
Terre de jardin	7,6	0. 840
Gypse	7,3	0. 810
Terre calcaire fine	5,9	0. 550
Sable siliceux	0,0	0. 000
Sable calcaire	0,0	0. 000

Lorsqu'on travaille une terre dans l'*état humide*, il ne faut pas seulement vaincre la cohésion de la terre même, mais principalement son adhérence aux instruments d'agriculture. Voici le moyen pour déterminer comparativement la force nécessaire pour travailler différentes espèces de terres. On prend deux disques d'une égale grandeur, un décimètre carré, en fer et en bois de hêtre, substances dont on se sert le plus souvent pour confectionner les instruments de culture; on les attache successivement à l'un des bras d'une balance très-sensible, en ayant soin qu'ils y soient en équilibre. On met alors chaque disque en contact parfait avec la terre à examiner (fig. 17), et l'on charge le plateau de la balance de poids, jusqu'à ce que le disque se détache de la terre. La quantité de poids employés donne la mesure de l'adhérence du disque avec la terre.

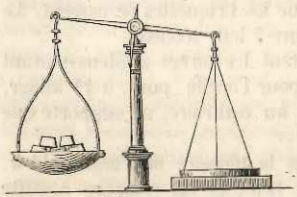

Fig. 17. *Appareil pour déterminer la force d'adhérence des terres.*

Comme il est très-important, pour ce genre d'essai, de comparer les terres dans le même état d'humidité, on les emploie chaque fois dans l'état où elles se trouvent quand, après avoir été délayées dans l'eau et jetées sur un tamis, elles ne laissent plus dégoutter d'eau.

Voici les résultats obtenus par ce mode d'expérimentation :

ESPÈCES DE TERRES.	ADHÉRENCE à l'état humide aux instruments de culture sur un décimètre carré	
	de fer.	de bois de hêtre.
	Kilog.	Kilog.
Argile pure	1. 220	1. 320
Terre argileuse	0. 780	0. 860
Terre calcaire fine	0. 650	0. 710
Gypse	0. 490	0. 530
Glaise grasse	0 480	0. 520
Humus	0. 400	0. 420
Glaise maigre	0. 350	0. 400
Terre de jardin	0. 290	0. 340
Carbonate de magnésie	0. 260	0. 320
Terre arable d'Hoffwyll	0. 260	0. 280
— du Jura	0. 240	0. 270
Sable calcaire	0. 190	0. 200
Sable siliceux	0. 170	0. 190

Voici les conclusions qu'on peut déduire des deux tableaux précédents :

1° Les dénominations de *pesant* et *léger*, si communément appliquées au sol par les agriculteurs, se rapportent au degré de ténacité de la terre et à son adhérence aux instruments de culture; ainsi ces dénominations annoncent un sol plus ou moins facile à travailler ou un sol plus ou moins consistant, plutôt qu'un rapport de poids.

Par les moyens indiqués précédemment, on peut trouver le degré de cette propriété des différentes terres avec une exactitude suffisante pour la pratique. Un sol est très-facile à travailler, si sa ténacité, dans l'état sec, n'excède pas 10° (1 kil. 110); au contraire, il est déjà assez difficile à travailler quand cette ténacité va jusqu'à 40° (4 kil. 440). Un sol, dans son état humide, est facile à travailler, lorsqu'une surface d'un décimètre n'est retenue que par un poids de 150 à 300 grammes, mais il est déjà très-difficile quand il faut employer un poids de 700 grammes; l'argile pure exige même un poids de 1 kil. 320 grammes. — Les terres arables sont entre ces extrêmes, avec différents degrés de ténacité et d'adhérence, comme l'indique le dernier tableau.

2° La ténacité et l'adhésion d'un sol ne sont pas en proportion directe de sa faculté de retenir l'eau, puisque la terre calcaire fine et l'humus, qui la possèdent à un degré éminent et à un plus haut degré que l'argile, ont bien moins de ténacité et de cohésion que celle-ci, et forment un sol facile à travailler.

3° Plusieurs espèces de sols légers (les sols sablonneux) gagnent beaucoup de cohésion par l'humidité : le sable sec n'en a aucune; mouillé, il en acquiert une considérable.

4° L'adhérence à une surface de bois est toujours plus forte que celle à une égale surface de fer. Ce phénomène nous est offert par chaque terre en particulier. Un fait qui se présente dans la pratique en grand pourrait paraître en contradiction avec cette dernière conclusion : ainsi il arrive souvent qu'un sol pesant est plus facile à travailler, par un temps humide, avec des herses de bois qu'avec des herses de fer; mais cela ne vient que de ce qu'en raison de son poids, l'instrument en fer s'enfonce plus profondément que celui en bois, et présente ainsi plus de surface au frottement.

5° En général, la consistance d'une terre arable est d'autant plus grande qu'elle contient plus d'argile.

Tout le monde a pu observer combien la cohésion des mottes de terre diminue quand un champ fraîchement labouré vient à geler, et combien elles deviennent alors plus friables. Schübler a cherché à se rendre compte de ce phénomène, et il a fait plusieurs essais qui lui ont appris qu'il est nécessaire, pour que la terre perde de sa ténacité et de sa cohésion par le froid, qu'elle soit préalablement humide. Dans ces circonstances, la diminution est de moitié pour un grand nombre de terres; mais l'argile pure ne peut pas même supporter la pression du doigt. Ces essais expliquent les bons effets des labours d'automne : le froid peut pénétrer beaucoup plus dans l'intérieur de la terre; sa masse se gèle mieux et garde plus longtemps sa porosité au printemps, et les labours sont alors moins utiles dans cette saison, car, faits par un temps un peu humide, ils font perdre à la terre cette porosité que le froid lui avait procurée. Si toute la terre est humide lors de ces labours de printemps, dans un sol argileux, le préjudice est considérable et est souvent sensible pendant plusieurs mois. M. de Gasparin dit que, lorsqu'un champ, dans le midi de la France, est labouré au printemps, alors qu'il est un peu humide, on ne peut l'ensemencer en automne, en raison de sa cohésion, qui est telle, qu'il est impossible d'en briser les mottes.

La diminution de cohésion par le froid provient sans aucun doute de la congélation de l'eau contenue dans la terre; les cristaux de glace, en se formant, écartent les particules de la terre, et les tiennent ainsi à une plus grande distance qu'auparavant. Mais cette diminution de consistance n'est pas toujours de longue durée, car, en labourant bien la terre dégelée, elle reprend sa cohésion primitive.

Il y a encore une cause qui diminue considérablement la ténacité et la cohésion du sol; c'est l'action d'une forte chaleur, telle qu'on

l'obtient par la pratique de l'*écobuage*. Dans ce cas, les changements physiques que le sol éprouve ont une longue durée. Par cette opération, l'argile pure, qui auparavant formait le sol le plus compacte, devient très-friable et très-meuble, et l'humectation est impuissante à lui rendre sa consistance primitive. Dans plusieurs parties de l'Écosse, il est d'usage d'améliorer le sol en brûlant l'argile.

Perméabilité et capillarité. — La PERMÉABILITÉ est la propriété que possède le sol de laisser filtrer l'eau au travers de sa masse. Cette propriété est fort utile, puisque c'est par elle que l'eau, les liquides nutritifs ou stimulants, l'air et les gaz, parviennent aux extrémités spongieuses des racines. Toutes les pratiques qui ont pour effet de diminuer la cohésion et la ténacité du sol, telles que le labourage, le hersage, le binage, etc., accroissent en même temps la perméabilité, et favorisent par cela même la végétation.

Pour déterminer la perméabilité comparative des différentes terres, on prend, de chacune, un poids égal, 1 kilogramme par exemple, au même état de siccité. On délaye chacune d'elles avec un litre d'eau, puis on jette la bouillie sur un tamis placé au-dessus d'une terrine. Ce tamis est en soie ou en crin, et semblable à ceux qu'emploient les pharmaciens pour obtenir les poudres végétales.

On arrose ensuite chaque terre avec 10 litres d'eau, pour éviter que le niveau de la terre se dérange, on aplanit à chaque fois la surface de la bouillie avec une palette en bois. On note le temps que met l'eau à traverser la terre, et la vitesse de l'écoulement donne le degré relatif de la perméabilité. Les deux extrêmes, parmi toutes les terres, sont le sable, qui laisse filtrer l'eau aussi vite qu'on la verse, et l'argile plastique, qui la laisse à peine couler goutte à goutte.

L'imprégnation des sols par l'eau est bien due à la perméabilité de leurs parties; mais cette propriété seule ne suffit pas pour expliquer l'ascension et la filtration des liquides environnants jusqu'aux extrémités des racines, lorsque les solutions en contact ont été absorbées, et pour rendre compte du retour à la superficie des liquides infiltrés, au fur et à mesure que l'évaporation entraîne l'eau dans l'atmosphère. Ces effets sont dus à une autre propriété fort importante des sols et de toutes les matières poreuses, à la CAPILLARITÉ.

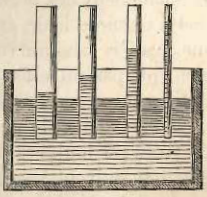

Fig. 18. *Appareil pour montrer le phénomène de la capillarité.*

Si l'on plonge dans l'eau des tubes de verre d'un petit diamètre (fig. 18), on voit le liquide s'élever dans ces tubes au-dessus de son niveau habituel; et s'y maintenir son élévation est d'autant

plus considérable, que les tubes sont plus étroits. Ce phénomène dépend de l'affinité du liquide pour le verre, et de l'attraction des molécules du liquide les unes pour les autres.

La nature du solide n'a aucune influence sur ce phénomène, car il se produit avec tous les solides que le liquide peut mouiller. Mais si, en outre, ces solides sont perméables, quelle que soit d'ailleurs l'irrégularité des pores, le liquide monte dans leur intérieur. Ainsi un morceau de sucre qui ne touche l'eau que par un point s'en pénètre bientôt jusqu'à son sommet; la mèche d'une lampe s'imbibe d'huile dans toute sa hauteur; l'éponge, les pierres tendres, les terres plus ou moins légères, s'humectent rapidement dans toute leur étendue, lorsqu'elles sont en contact avec l'eau par un seul de leurs points inférieurs. Tous ces effets, qui sont, pour ainsi dire, vulgaires, sont autant d'exemples de ce qu'on appelle l'ACTION CAPILLAIRE ou la CAPILLARITÉ.

C'est cette action capillaire qui dissémine l'humidité uniformément dans toutes les parties du sol, qui fait revenir près de sa surface les substances solubles et fixes que l'eau entraîne avec elle, mais qu'elle laisse dans le sol lorsqu'elle est réduite en vapeur. Cette CAPILLARITÉ des terres, qui est une de leurs propriétés les plus importantes, est en rapport avec leur PERMÉABILITÉ, et elle est d'autant plus prononcée et efficace que celle-ci n'est ni trop grande, comme dans les sables, ni trop faible, comme dans les argiles compactes. Il y a donc, comme on voit, utilité pour la pratique à modifier la constitution physique des terres arables de manière à leur donner un degré convenable de perméabilité, puisqu'on favorise ainsi la circulation de l'eau et des solutions nutritives et stimulantes dans toutes leurs parties.

C'est sur la porosité plus ou moins grande des terres qu'est fondée l'efficacité des arrosements ou irrigations par infiltration. La nature nous offre fréquemment des arrosements de ce genre. Ainsi les terrains sablonneux des bords des lacs et des rivières sont souvent arrosés de cette manière à de grandes distances. Ce phénomène se présente d'une manière singulière dans les *dunes* des bords de la mer : non-seulement, par un effet de l'attraction capillaire, l'eau s'élève ou se maintient beaucoup au-dessus du niveau de la mer, mais encore cette eau (soit qu'elle sorte de la mer ou qu'elle provienne d'eau de pluie conservée) est toujours douce; c'est ce qui explique la possibilité d'une végétation souvent très-active dans des *dunes* qui sembleraient condamnées à la stérilité. (De Candolle.)

Faculté d'absorber et de retenir l'eau. — Au premier abord, on pourrait croire que la faculté qu'ont les terres d'absorber et de retenir l'eau ne diffère pas sensiblement de la PERMÉABILITÉ, dont nous venons

de parler; mais, lorsqu'on examine un peu attentivement ces deux genres d'effets, on s'aperçoit qu'ils dépendent de deux propriétés bien distinctes.

Une matière poreuse laisse passer l'eau plus ou moins vite au travers de sa masse sans que, pour cela, on connaisse la quantité d'eau qu'elle retient entre ses particules. Cette quantité dépend de son affinité plus ou moins prononcée pour ce liquide; or la *perméabilité* n'a aucun rapport avec cette affinité. Si cette affinité n'existait pas, toute l'eau qu'on verse sur une terre, ou resterait à sa surface sans la pénétrer si elle était dans un complet état de cohésion, ou, si elle était trop divisée, s'écoulerait en totalité à travers ses interstices, sans qu'il en restât la moindre partie dans l'intérieur; et, dans l'un et l'autre cas, la terre ne pourrait fournir aux racines des plantes l'eau dont elles ont besoin pour leur développement. La propriété d'absorber et de retenir l'eau entre leurs molécules, sans la laisser échapper, est donc une des propriétés les plus importantes des sols, et une de celles qui influent surtout sur leur fertilité.

On apprécie cette propriété de la manière suivante : on prend 20 grammes de la terre à essayer, après l'avoir bien desséchée à 40° ou 50°, en la plaçant, par exemple, pendant une demi-heure, sur un poêle ou sur la sole d'un four après la cuisson du pain. On la mêle avec de l'eau dans une capsule de verre, jusqu'à ce qu'elle forme une bouillie claire; on verse cette bouillie sur un filtre de papier gris, préalablement mouillé et pesé; on lave la capsule avec de l'eau, qu'on jette aussi sur le filtre, pour qu'aucune parcelle de la terre ne soit perdue. Lorsqu'il ne dégoutte plus d'eau du filtre, on le pèse avec son contenu. L'augmentation de poids résulte de la quantité d'eau absorbée par la terre, et indique la faculté qu'a celle-ci de retenir l'eau.

Supposons le poids de la terre en expérience, dans son état de siccité, égal à.	20 gr.	25
Celui du filtre mouillé, à.	5	
Après sa complète imbibition, la terre restée sur le filtre pèse.		35
La quantité d'eau absorbée et retenue par la terre est donc de.		10

Faisant alors la proportion :

$$20 : 10 :: 100 : x = \frac{1,000}{20} = 50.$$

On trouve que la faculté de retenir l'eau est, pour cette terre, de 50 pour 100.

Voici les résultats obtenus, pour les diverses espèces de terre, par cette manière d'opérer :

ESPÈCES DE TERRES.	100 PARTIES retiennent d'eau :
Sable siliceux	25
Gypse	27
Sable calcaire	29
Glaise maigre	40
Terre arable du Jura	48
Glaise grasse	50
Terre arable d'Hoffwill	52
Terre argileuse	60
Argile pure	70
Terre calcaire fine	85
Terre de jardin	89
Humus	190
Carbonate de magnésie	456

Les principales conclusions à tirer de ce tableau sont :

1° Que les sables sont les terres qui retiennent le moins d'eau ;

2° Que les terres argileuses en retiennent d'autant plus qu'elles contiennent moins de sable ;

3° Que l'affinité du calcaire pour l'eau est très-variable suivant sa forme, puisque, sous forme de sable, il n'absorbe que 29 pour 100 d'eau, tandis qu'à l'état de poudre fine, il en retient jusqu'à 85 pour 100. Ces deux états du calcaire doivent donc être distingués soigneusement dans toute recherche rigoureuse, et il est toujours facile d'isoler la poudre du sable au moyen de la lévigation ;

4° Que l'excessive affinité de la magnésie pour l'eau est, sans doute, une des causes qui rendent impropres à la culture les terres fortement magnésiennes ;

5° Que, de tous les éléments dont un sol est composé, à l'exception de la magnésie, l'humus est celui qui a la plus grande affinité pour l'eau, puisqu'il en retient presque le double de son poids[1].

Aptitude à se dessécher à l'air. — L'aptitude des terres à restituer plus ou moins vite à l'air atmosphérique l'humidité dont elles sont

[1] Par conséquent, les terres abondantes en humus ont, pour cette raison, une grande affinité pour l'eau, et c'est sous ce rapport qu'on a dit que la valeur des terres était en raison de leur faculté de retenir l'eau. Mais, ainsi que le fait observer avec beaucoup de justesse M. de Gasparin, cette assertion ne serait vraie qu'en comparant entre elles des terres dont la composition minérale serait d'ailleurs identique.

chargées n'est pas moins importante pour la végétation que la faculté de la retenir, et il est toujours avantageux que le sol se dessèche plus ou moins promptement. Cette propriété est une de celles qui méritent le plus d'être connues, car il est évident que les sols qui se dessèchent le plus rapidement sont les plus *secs* et les plus *chauds*, tandis que ceux qui retiennent trop opiniâtrement les eaux pluviales sont les plus *humides* et les plus *froids*. Or les uns et les autres nécessitent des amendements très-différents.

On peut estimer approximativement la propriété dont il s'agit en constatant, par la perte en poids, pendant une égale durée de temps, dans le même air, combien chaque sorte de terre très-mouillée laisse exhaler d'eau sur la proportion qu'elle renferme. Pour ces expériences, on prend les terres dans un état de complète imbibition, telles qu'elles restent sur les tamis dont nous nous sommes servis pour évaluer les divers degrés de perméabilité. On charge des disques de fer-blanc verni d'un décimètre carré d'une égale quantité de terre humide ; on note le poids de ces disques ainsi chargés, et on les place dans une étuve ou dans un lieu où la température reste constamment à + 30°. L'étuve ou le local est desséché au moyen de fragments de chlorure de calcium fondu qu'on laisse auprès des terres pendant l'opération. Au bout d'une heure, on retire les disques, on les pèse de nouveau, et la perte de poids indique la quantité d'eau évaporée. On fait ensuite dessécher entièrement les terres, comme il a été dit ci-dessus, afin de connaître la proportion d'eau que chaque sorte contenait en commençant.

On réduit la quantité d'eau renfermée dans la terre à 100, pour avoir un point de comparaison général. Un exemple est nécessaire pour bien faire comprendre la manière d'opérer.

1re PESÉE.		2e PESÉE.	
Poids de la terre humide. . .	310 gr.	Poids de la terre humide. . .	310 gr.
Poids de la même terre, après une heure d'exposition à une chaleur de 30°.	260	Poids de la terre parfaitement sèche.	200
Poids de l'eau exhalée en une heure.	50	Quantité d'eau contenue dans la terre au commencement de l'opération.	110

Voulant savoir maintenant combien perdent 100 parties d'eau, si 110 parties perdent 50, nous avons à faire la proportion suivante :

$$110 : 50 :: 100 : x = \frac{100 + 50}{110} = 44{,}5.$$

Il résulte des expériences de Schübler à cet égard que les terres

suivantes, supposées contenir 100 parties d'eau, perdent, en 4 heures 4 minutes, à la température de + 18°75, les quantités d'eau ci-indiquées :

Sable siliceux	88,4	Terre arable d'Hoffwill	32,0
— calcaire	75,9	Argile pure	31,9
Gypse	71,7	Terre calcaire fine	28,0
Glaise maigre	52,0	— de jardin	24,5
— grasse	45,7	Humus	20,5
Terre arable du Jura	40,1	Carbonate de magnésie	10,8
— argileuse	34,9		

On peut conclure de ce tableau :

1° Que les sables et le gypse sont, entre toutes les terres, celles qui se dessèchent le plus facilement ou perdent le plus d'eau dans le même temps. C'est pour cette raison qu'ils forment les sols les plus *chauds;*

2° Que le calcaire agit encore ici d'une manière toute différente, suivant ses différentes formes. En effet, le *sable calcaire* constitue un sol très-chaud, tandis que la *terre calcaire fine* retient très-longtemps l'humidité, et même plus longtemps que l'argile. Néanmoins, sous ce dernier état, la terre calcaire mérite une préférence marquée sur l'argile, parce qu'en raison de son alcalinité elle exerce une influence chimique sur l'humus, et parce que, d'ailleurs, elle reste toujours *légère;*

3° Que l'argile se dessèche d'autant plus rapidement qu'elle est plus sableuse ;

4° Que l'humus retient l'eau plus énergiquement et se dessèche moins promptement que la plupart des substances terreuses ordinaires, d'où il suit qu'une faible proprotion d'humus dans une terre arable entretient une humidité utile ;

5° Que le carbonate de magnésie contribue à rendre les sols *froids* et *humides*, puisqu'il contient le plus d'eau et en laisse exhaler le moins.

L'évaporation de l'eau, à la surface du sol, varie notablement suivant que celui-ci est dépourvu ou couvert de plantes. Ainsi les physiciens nous apprennent que la terre arable, dans l'état moyen d'humidité où elle est entretenue naturellement, perd en un an une couche d'eau égale à 24 centimètres, tandis que, recouverte de végétaux en pleine culture, elle perd dans le même espace de temps une couche d'eau égale à 27 centimètres. L'évaporation, au reste, n'a guère lieu que pendant le jour, car celle de la nuit est souvent plus que compensée par la rosée.

Toutes les expériences démontrent que la terre, pour être propre à la

végétation, ne doit retenir l'eau que dans la proportion qui convient le mieux aux différentes espèces de plantes. Quand elle est trop compacte et retient trop d'eau, elle fait pourrir les racines; si ensuite elle se dessèche, les racines encore vivantes ne peuvent plus la pénétrer, à cause de la dureté qu'elle acquiert, en sorte que la plante languit en raison des obstacles qu'elle doit vaincre et qu'elle ne peut surmonter. Si, au contraire, le sol est trop léger, la plante ne pousse qu'en raison de la quantité d'eau qui lui est donnée, parce que celui-ci ne retient point l'humidité nécessaire à la végétation et tend à se dessécher beaucoup plus promptement que quand il est compacte.

L'*humidité* du sol agit différemment selon les saisons. A l'époque des chaleurs, elle favorise la germination; elle dissout les substances nutritives, résultat de la décomposition des engrais et des terreaux; elle sert elle-même d'aliment aux racines; elle divise le terrain et le rend plus perméable à l'air et aux jeunes chevelus. Mais, quand elle est surabondante, si elle ne fait pas pourrir les germes ou les autres parties souterraines des plantes, elle produit une végétation incomplète, dans laquelle le développement excessif et le peu de consistance des organes foliacés nuisent à la production et encore plus à la qualité des fruits et des graines. — Pendant les froids, elle contribue à rendre l'effet des gelées plus funeste, même pour les arbres de nos climats, ainsi qu'on le voit trop souvent dans les vignobles plantés dans les lieux bas.

L'affinité plus ou moins grande, la *capacité* de certaines terres pour l'eau, et la force avec laquelle elles la retiennent, influent beaucoup sur leurs propriétés physiques. Les sols humides sont froids, et conséquemment tardifs; mais ils conservent mieux que d'autres leur fertilité à l'époque des sécheresses. Ceux qui ne se pénètrent pas d'eau sont, au contraire, précoces; mais les chaleurs de l'été arrêtent de bonne heure et détruisent souvent leur végétation. Les premiers donnent ordinairement des produits plus volumineux ; les seconds, des produits plus savoureux.

Dans tous les cas, le cultivateur a un égal intérêt à éviter une humidité excessive et à empêcher la diminution de celle qui se rencontre en de justes proportions dans le sol. Pour atteindre le premier but, il doit recourir à des travaux de dessèchement et d'écoulement; pour approcher le plus possible du second, il doit faire usage des arrosements et de divers moyens propres à retarder l'évaporation, tels que le *paillage*, les *couvertures* usitées dans le jardinage, et la culture des plantes dont l'épais feuillage couvre promptement le sol d'un ombrage salutaire.

M. de Gasparin nomme *fraîcheur de la terre* cet état où elle n'est

ni trop humide, ni trop sèche, mais où elle conserve en toute saison la quantité d'eau convenable pour que la végétation y ait lieu d'une manière continue.

Cet état ne peut être jugé d'une manière absolue, puisqu'il est très-susceptible de varier suivant une foule de circonstances complétement étrangères à la nature de la terre. Le meilleur moyen de mesurer le degré de *fraîcheur* d'une terre, c'est d'en prendre un échantillon, à l'aide d'une sonde, à 33 centimètres de profondeur, et, après l'avoir pesé, de le faire sécher dans une étuve à 100 degrés. La perte de poids qu'il éprouve indique la quantité d'eau qu'il renfermait, ce qui donne son degré de *fraîcheur*.

Une terre est considérée comme *saine*, c'est-à-dire ni trop sèche ni trop humide, lorsque, deux ou trois jours après les plus fortes pluies, elle ne renferme pas plus de moitié de sa capacité hygroscopique d'eau, et qu'au mois d'août, après huit jours de sécheresse, elle en renferme au moins 0,10 de son poids.

Les terres qui, à 33 centimètres de profondeur, retiennent habituellement une quantité d'eau s'élevant de 0,15 à 0,25 de leur poids, sont réputées *terres fraîches;* celles qui retiennent moins de 0,10 sont des *terres sèches;* au-dessous de cette quantité, l'herbe commence à jaunir.

La propriété dont il s'agit exerce sur la valeur des terres une grande influence. Ainsi, dans l'état *sain*, la terre convient au plus grand nombre de cultures; on peut même l'employer aux prairies, car elle fournira toujours la principale récolte, celle du printemps. *Fraîche*, elle est encore plus propre à toutes les plantes que l'on cultive pour leurs parties foliacées, telles que les fourragères. Lorsqu'elle est *sèche*, il est difficile d'en obtenir des récoltes d'été et d'automne, car, dès les premières chaleurs, on y voit les plantes, faute de l'humidité nécessaire, jaunir et se dessécher.

Plus la terre est forte et l'accès de l'air difficile entre ses particules, et plus la grande quantité d'eau est nuisible. Une terre bien labourée conserve plus longtemps sa fraîcheur dans les couches inférieures : la continuité étant rompue, la capillarité des particules de la surface ne s'exerce pas aux dépens des couches inférieures, et les premières peuvent être très-sèches, tandis que les secondes restent fraîches.

Diminution de volume par la dessiccation. — Presque toutes les terres arables, comme chacun sait, prennent un RETRAIT plus ou moins considérable par la dessiccation; et, lorsque cette propriété est portée à son maximum, il se produit dans le sol des crevasses qui, si elles sont larges et nombreuses, nuisent singulièrement à la végétation, car les racines chevelues, qui s'approchent plus ou moins de la direction ho-

rizontale, et qui fournissent le plus de nourriture aux plantes, se dessèchent et se rompent. Dans plusieurs contrées, l'agriculteur se sert, pour estimer la bonté du sol, d'un moyen très-anciennement connu, et qui est fondé en partie sur cette propriété. On creuse une fosse dans le terrain vierge, non labouré, puis on la comble avec la terre même qu'on vient d'en ôter. On regarde le terrain comme d'excellente qualité, si la fosse est entièrement remplie avec la même masse de terre; il est réputé mauvais dans le cas où il n'y a plus assez de terre pour remplir complétement le trou.

Mais ce mode d'essai est fort inexact, et voici pourquoi : « Un terrain vierge, dit M. de Gasparin, a toujours ses couches inférieures tassées; ainsi, plus l'on creusera, et mieux l'on trouvera de quoi remplir la fosse avec la terre remuée, quelle que soit la nature du terrain. Il semble donc que l'épreuve indiquée par les auteurs anciens, et répétée à satiété par leurs copistes, ait été imaginée par quelques vendeurs de terres dans le but de les faire trouver toutes bonnes. »

Pour soumettre la faculté de *retrait* des terres à une mesure comparative, on forme avec les différentes terres également humectées des morceaux cubiques égaux, de 30 millimètres de hauteur, longueur et largeur, comme dans la figure 19. On les fait dessécher à l'ombre, dans un appartement, à une température de + 15 à 18 degrés. Quand ils ne perdent plus de leur poids, on détermine leur volume actuel à l'aide d'une mesure qui permet d'évaluer chaque côté à un cinquième de millimètre près. Voici les résultats comparatifs obtenus en opérant ainsi :

Fig. 19.
Cube de terre.

	1,000 parties perdent de leur volume :
Terre calcaire fine	50
Glaise maigre	60
— grasse	89
Terre arable du Jura	95
— argileuse	114
— arable d'Hoffwill	120
— de jardin	149
Carbonate de magnésie	154
Argile pure	185
Humus	200

Le sable siliceux, le sable calcaire et le gypse ne diminuent pas de volume, ou du moins diminuent fort peu, et se brisent au plus léger attouchement.

De ces faits d'expériences, nous pouvons déduire quelques principes généraux :

1° De toutes les terres, l'humus est celle qui prend le retrait le plus considérable : il est égal au cinquième de son volume. L'humus acquiert aussi beaucoup de volume, à mesure qu'on l'humecte. Ces propriétés, si opposées et toujours si tranchées, expliquent comment les terrains qui sont abondamment pourvus d'humus, tels que les bas-fonds de tourbe, s'abaissent ou s'élèvent successivement de plusieurs centimètres, selon leur état de sécheresse ou d'humidité. Dans des terrains tourbeux améliorés, en Irlande, cet effet fut si prononcé, que l'on fut surpris d'avoir tout à coup la vue de la mer d'un château qui semblait enfoncé dans les terres, et qui était surmonté par elles avant qu'on eût opéré leur desséchement.

2° Entre toutes les terres qui ne contiennent pas d'humus, l'argile est celle qui perd le plus de son volume par la dessiccation ; aussi est-ce surtout dans les terres fortement argileuses que se produisent, pendant l'été, les crevasses les plus nombreuses, les plus larges et les plus profondes. Ce caractère s'efface sensiblement quand on ajoute du sable, du calcaire ou de la marne.

3° La réduction du volume par la dessiccation n'est pas, comme on pourrait le supposer, proportionnée à la faculté des terres pour retenir l'eau. La terre calcaire fine possède une grande affinité pour l'eau, et cependant son retrait est peu de chose, 50 parties sur 1,000, tandis que l'argile perd 183 parties. Cette qualité n'a pas non plus de rapport avec la consistance du sol : l'humus possède une ténacité moindre que l'argile ; néanmoins son retrait est beaucoup plus fort.

4° On explique, en partie, la pulvérisation de la marne, abandonnée aux influences atmosphériques, par la différence de retrait de ses composants : l'argile et la terre calcaire fine ; les points de contact des différentes parties sont écartés par le retrait inégal, et le morceau de marne tombe en fragments ou en poussière.

5° Ceci explique encore, en partie, l'influence salutaire de la marne calcaire, préférable à un simple mélange de sable et d'argile. Le calcaire diminue la consistance et la ténacité du sol ; mais il possède, en outre, un plus grand pouvoir absorbant pour l'eau, une forte affinité pour les acides, une action chimique sur l'humus, toutes propriétés dont le sable est dépourvu.

Faculté d'absorption de l'humidité atmosphérique. — Le pouvoir des terres d'absorber, dans leur état sec, l'humidité atmosphérique, est évidemment favorable à la végétation, surtout pendant les temps de sécheresse, puisqu'il compense en partie, pendant la nuit, l'énorme évaporation qui a lieu pendant le jour. Schübler a soumis cette propriété à une mesure comparative, à l'aide de plaques en fer-blanc, sur lesquelles il répandait, en une couche unie, des quan-

tités égales des différentes terres en poudre fine et sèche. Ces terres étaient exposées à un air également chargé de vapeur d'eau, puisqu'elles étaient placées, à la même température (15° à 18°), sous une cloche fermée en bas par de l'eau (fig. 20). Après 12, 24, 48 et 72 heures, les terres étaient pesées avec les plaques; l'augmentation de poids indiquait la quantité d'eau absorbée par chacune d'elles.

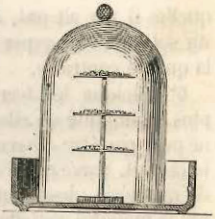

Fig. 20. *Cloche recouvrant des terres pour déterminer la faculté hygrométrique.*

Le tableau suivant indique les résultats obtenus de cette manière.

ESPÈCES DE TERRES.	ABSORPTION par 500 centigram. de terre, étendue sur une surface de 36,000 millimètres carrés, en			
	12 heures.	24 heures.	48 heures.	72 heures.
	Centigram.	Centigram.	Centigram.	Centigram.
Sable siliceux	0,0	0,0	0,0	0,0
Gypse	0,5	0,5	0,5	0,5
Sable calcaire	1,0	1,5	1,5	1,5
Terre arable du Jura	7,0	9,5	10,0	10,0
— d'Hoffwill	8,0	11,0	11,5	11,5
Glaise maigre	10,5	13,0	14,0	14,0
— grasse	12,5	15,0	17,0	17,5
Terre calcaire fine	13,0	15,5	17,5	17,5
— argileuse	15,0	18,0	20,0	20,5
— de jardin	17,5	22,5	25,0	26,0
Argile pure	18,5	21,0	24,0	24,5
Carbonate de magnésie	34,5	38,0	40,0	41,0
Humus	40,0	48,5	55,0	60,0

Voici ce qu'on peut conclure de ce tableau :

1° Les terres absorbent plus pendant les premières heures, et l'absorption diminue à mesure qu'elles ont acquis plus d'humidité. Ordinairement cette absorption cesse après quelques jours; les terres paraissent alors saturées.

2° Elles absorbent plus la nuit que le jour, vraisemblablement à cause de la température moins élevée pendant la nuit.

3° De toutes les espèces de terres, c'est l'humus qui enlève le plus d'humidité à l'atmosphère; il surpasse même le carbonate de magnésie.

4° Les argiles prennent d'autant plus d'humidité qu'elles contiennent moins de sable, mais jamais autant que l'humus.

5° Le sable siliceux pur et le gypse sont les seules terres chez les-

quelles il n'y ait pas, ou presque pas d'absorption; aussi forment-ils un sol aride. Le gypse calciné, ou plâtre cuit, manifeste précisément la qualité contraire.

6° Quoique les terres arables demandent ordinairement d'autant plus d'humidité qu'elles contiennent plus d'humus, la fertilité du sol ne peut pas être déterminée par ce seul indice, ainsi que sir H. Davy le croyait, parce que l'argile pure, la terre calcaire fine et le carbonate de magnésie absorbent beaucoup d'humidité, bien que ne contenant pas la moindre parcelle d'humus. — On voit, dans le tableau précédent, qu'une terre de jardin très-fertile, qui contenait 7,2 pour 100 d'humus, a absorbé en douze heures 17,5 d'humidité; une terre arable fertile, 8,0; tandis que l'argile pure et infertile enlevait, dans le même espace de temps, 18,5; la terre calcaire fine, 13,0, et le carbonate de magnésie, 34,5.

7° Cette faculté est *souvent*, mais non *dans tous les cas*, en proportion directe avec la faculté des terres pour retenir l'eau; elle s'accorde moins souvent avec la faculté de se dessécher. Au reste, l'inégalité de la surface et le volume de la terre influent beaucoup sur ces phénomènes.

Faculté d'absorption des gaz. — Les terres, outre la propriété d'enlever à l'air ambiant de la vapeur aqueuse, ont aussi celle d'absorber l'air et les gaz qui s'y trouvent, notamment le gaz oxygène, l'élément le plus important du fluide atmosphérique. Alexandre de Humboldt le premier, avant 1793, avait déjà remarqué que les terres argileuses, la pierre lydienne, certains schistes, l'humus, peuvent priver l'air de son oxygène. Théodore de Saussure, puis ensuite Schübler, ont généralisé cette observation.

Voici, d'après le dernier expérimentateur, dans quels rapports a lieu cette absorption de l'oxygène par les différentes terres :

	100 parties de terre en poids absorbent en 30 jours :
Sable siliceux	1,6
Gypse	2,7
Sable calcaire	5,6
Glaise maigre	9,3
Terre calcaire fine	10,8
Glaise grasse	11,0
Terre argileuse	13,6
— arable du Jura	13,2
Argile pure	13,3
Terre arable d'Hoffwill	16,2
Carbonate de magnésie	17,0
Terre de jardin	18,0
Humus	20,3

L'absorption, toutefois, n'a lieu que lorsque les terres sont humides; elle se produit encore quand elles sont recouvertes d'une certaine couche d'eau.

1° L'humus est, de toutes les substances terreuses, celle qui absorbe la plus grande quantité d'oxygène. Le gaz absorbé réagit peu à peu sur lui, lui enlève une partie de son hydrogène pour former de l'eau, et il se dégage, aux dépens des éléments de l'humus, du gaz acide carbonique, dont le volume représente, à peu de chose près, celui de l'oxygène atmosphérique absorbé.

Lorsque l'humus est couvert d'eau, sa couleur brune devient noire, et il se forme de l'*humus charbonné*. Cet effet se produit en grand dans les contrées marécageuses, où l'on trouve fréquemment de la tourbe unie à de l'humus acide et carbonisé, contenant même souvent des acides phosphorique et acétique, qui le rendent presque toujours impropre à la végétation.

La chaleur atmosphérique et le froid ont une influence marquée sur la force de cette absorption de l'oxygène; la première l'accélère, le second l'empêche. Les terres recouvertes d'une croûte mince de glace se comportent comme les terres parfaitement sèches.

Les terres exposées au soleil présentent un phénomène remarquable lorsqu'elles sont recouvertes d'une légère couche d'eau; il se forme, au bout de 8 jours, la *matière verte* de Priestley ou plutôt des conferves, et, dès ce moment, il se dégage de l'oxygène du sein du liquide, par suite de la décomposition du gaz acide carbonique absorbé par les petites plantes en végétation.

2° Le fer contenu dans les terres condense aussi une partie de l'oxygène absorbé. Ce fer s'y trouve le plus ordinairement au minimum d'oxydation et en combinaison avec des acides organiques, notamment avec celui qu'on appelle *acide ulmique*. C'est ce qui a lieu dans les terres cultivées un peu profondes, dans les argiles. Dans cet état, le protoxyde de fer a une grande tendance à s'unir avec une nouvelle dose d'oxygène pour se changer en peroxyde.

M. Boussingault a constaté, en 1822, que des argiles ramenées par la sonde, de blanches qu'elles étaient, devenaient très-promptement bleues par leur exposition à l'air, et qu'en se colorant ainsi elles condensaient de l'oxygène.

Cette suroxydation du fer joue un rôle évidemment important dans l'amélioration des sols, par la raison qu'il y a formation d'ammoniaque aux dépens des éléments de l'air et de l'eau, ammoniaque que les terres retiennent pour la céder ultérieurement aux plantes.

3° Outre cette absorption chimique d'oxygène, produite par le fer et l'humus, les terres paraissent s'emparer de ce gaz d'une manière

que l'on peut appeler *physique*, puisque c'est plutôt une simple adhésion qu'une combinaison chimique. En effet, il y a des terres qui ne contiennent ni fer ni humus, et qui, néanmoins, absorbent l'oxygène; tel est surtout le calcaire en poudre fine, et encore mieux le carbonate de magnésie, qui jouit d'une si grande porosité. Cette absorption est analogue à celle des gaz par les corps poreux ou spongieux, par le charbon, qui restituent les gaz absorbés lorsqu'on les chauffe légèrement ou qu'on les comprime.

Cette propriété des terres d'enlever et de retenir les gaz est d'une haute importance, et c'est sans doute le principal moyen dont se sert la nature pour mettre les fluides gazeux, l'oxygène, l'azote, l'acide carbonique, à la portée des racines des plantes ou des semences, dans un état de condensation qui les rende plus propres à leur servir d'aliments.

Toutes les expériences des physiologistes ont mis hors de doute, depuis longtemps, le rôle que joue l'oxygène de l'air dans la vie des plantes, la participation qu'il prend au développement des parties organiques, et principalement à la germination des semences; aussi un célèbre chimiste de notre temps, M. Dumas, a-t-il nommé les plantes les *enfants de l'air!*

La présence de l'air est, en effet, tout aussi nécessaire que celle de l'eau à la germination, et c'est parce qu'elles n'ont point le contact de ces deux agents que des semences enfouies trop profondément dans les terres ne lèvent pas. C'est ce que l'on a souvent observé en remuant des terres qui étaient depuis longtemps tassées : il se développait aussitôt, sur les parties fraîchement remuées, un grand nombre de plantes dont les graines s'y trouvaient enfoncées sans qu'on pût le supposer.

C'est un phénomène du même genre que présentent les forêts en coupes réglées : après chaque coupe, il y naît des arbres différents de ceux qui forment l'essence de la forêt. C'est encore par suite de la même cause qu'après avoir démoli une maison on a vu ses décombres se couvrir de plantes qui étaient même rares dans la localité. Enfin, c'est aussi le cas des semences de mauvaises herbes (bluet, coquelicot, moutarde, coquelourde, grande marguerite, etc.) qui, au grand désespoir des cultivateurs, apparaissent sur des terres qui, depuis plusieurs années, semblaient en être tout à fait débarrassées.

« Les labours, dit O. Leclerc-Thouin, n'ont pas pour unique but de détruire les mauvaises herbes;

« De faciliter l'extension des racines et le développement du chevelu, dont les nombreuses extrémités reçoivent, par imbibition, les sucs nutritifs répandus autour d'elles;

« De mélanger les engrais superficiels dans toute la masse de la couche végétale ;

« D'aider à l'égale répartition de la chaleur atmosphérique et de l'humidité des pluies ;

« De mettre les matières solubles ou fermentescibles dans les circonstances les plus favorables à leur dissolution dans l'eau ou à leur décomposition au moyen de l'oxygène de l'air ;

« Ils ont encore la propriété, et ce n'est pas, dans maintes circonstances, leur moindre avantage, en divisant la terre, en la rendant plus poreuse, et en exposant un plus grand nombre de points de sa surface au contact de l'atmosphère, d'augmenter mécaniquement et peut-être chimiquement sa capacité pour les fluides fécondants, sans lesquels il n'y a point de végétation. D'après cela, quoique les labours ne puissent suppléer complétement aux engrais, on ne peut se refuser à croire qu'ils ajoutent en quelque sorte à leur masse aussi bien qu'à leurs effets, et ce qui le prouverait, c'est que, s'il est démontré que, toutes choses égales d'ailleurs, les terres les plus absorbantes des gaz sont les plus fertiles, il l'est également que les champs les mieux labourés contiennent le plus d'air. »

Que l'on compare plusieurs couches de terre arable, on remarquera toujours que les plus profondes sont moins fertiles que celles qui sont en contact immédiat avec l'atmosphère, et qu'il faut quelque temps pour les faire arriver à un même degré de fertilité, encore bien que leur composition chimique soit identique. On observe souvent ce phénomène sur les terres nouvellement défrichées, qui, après avoir été autrefois très-fertiles, paraissent avoir perdu cette qualité, pour être restées longtemps privées de l'influence de l'air. Les cultivateurs disent, dans ce cas, que le sol n'est pas assez *fait*, assez *mûr*, assez *aéré*, et qu'il a besoin des *germes fécondants de l'air*. Des labours, fréquemment répétés, en exposant successivement toutes les parties inférieures aux influences atmosphériques, lui rendent bien vite sa fertilité première.

Seulement, lorsque, par le défoncement du terrain ou par des labours profonds, on mêle, à la couche superficielle, des terres qui ont été longtemps soustraites à l'influence fertilisante de l'air, il faut avoir grand soin de les remuer à la pioche, à la houe, à la herse, à la charrue, à certains intervalles, avant de pratiquer les semailles; il faut enfin leur donner la plus grande porosité possible, pour que l'air et l'humidité puissent en imprégner successivement toutes les parties, puisque ce n'est qu'à cette condition qu'elles peuvent devenir fertiles et récompenser les soins du cultivateur.

C'est parce que le *drainage*, en enlevant les eaux surabondantes d'une terre, facilite l'arrivée de l'air et des autres gaz atmosphériques jusque

dans les parties les plus profondes, et les met de la sorte à la portée des semences et des racines, ainsi qu'au contact des engrais, que cette opération est non moins indispensable, plus nécessaire peut-être que les labours dans les terres *lourdes, compactes* et par conséquent toujours trop humides.

Faculté d'absorber et de retenir la chaleur. — Les variations de température dans les sols de différente nature, et leur affinité plus ou moins grande pour absorber ou retenir la chaleur, méritent l'attention de l'agriculteur, car ces circonstances ont la plus grande influence sur la germination et le développement des plantes, surtout au printemps, lorsque la terre n'est pas encore ombragée par le feuillage des arbres.

La température du sol est très-variable, suivant les heures de la journée, la nature du terrain, son exposition, les mouvements de l'air, etc. Nous sommes loin d'avoir, à cet égard, tous les renseignements convenables pour arriver à formuler des lois; les expériences n'ont pas été encore assez nombreuses. Voici les faits les plus saillants qui paraissent acquis :

1° Dans la couche la plus superficielle du sol arable, la température est plus élevée que celle de l'air, dans la journée; c'est le contraire pendant la nuit.

Pendant les étés de 1850 et 1851, M. Rozet a fait, dans trois stations différentes, à Orange, à Gap et à Tours, une suite d'observations thermométriques à plusieurs heures du jour, pour connaître la loi que suit la marche de la température dans le sol et dans l'air. Il observait en même temps deux thermomètres : l'un, placé horizontalement à un centimètre seulement au-dessous de la surface du sol et couvert de terre; l'autre, suspendu verticalement à l'air libre et à l'ombre, à un mètre au-dessus. Voici ce qu'il a constaté :

A. Tous les sols ne s'échauffent pas de la même manière, mais la loi de variation des différences de température avec l'air est constante et la même pour tous.

B. Dans les beaux jours de juin, juillet et août, au lever du soleil, les deux thermomètres marquaient sensiblement le même degré. Ensuite le thermomètre du sol surpassait celui à l'air libre, de plus en plus, jusque vers deux heures de l'après-midi, époque du maximum de la différence, qui, dans les jours très-chauds, s'est élevée jusqu'à 14°. — Cette différence diminuait ensuite assez vite pour n'être plus que de 1° à 2° au coucher du soleil; puis elle baissait lentement jusqu'au lever, pour devenir nulle de nouveau, et ainsi de suite.

C. Dans les temps couverts, le maximum de la différence est plus faible; il n'a pas dépassé 7°.

D. Quelquefois, après la pluie, la température de la surface du sol est inférieure à celle de l'air, mais pendant un temps assez court.

Les expériences faites par le même physicien pendant l'hiver de 1855 lui ont aussi démontré que la neige préserve le sol d'une quantité notable de froid, puisque depuis — 1° jusqu'à — 6° 5 de froid à l'air, le thermomètre dans la neige ne varie qu'entre 0°. et — 2°, et que les différences s'élèvent depuis — 1° jusqu'à — 4° 5.

Quelle que soit l'épaisseur de la couche de neige, les résultats sont les mêmes, en sorte que la neige agit absolument comme un écran interposé entre le sol et l'espace.

Quand le sol est découvert de neige dans un petit espace, le contact de l'air et le rayonnement, par une journée claire de janvier, ne lui enlèvent qu'un degré de chaleur.

2° En comparant la marche de la température dans l'air et dans le sol à 2 mètres de profondeur, M. Pouriau, professeur à l'École impériale d'agriculture de la Saulsaie (Ain), a constaté les faits suivants :

A. La température moyenne de l'air ayant été pour trois années d'observations de 10° 36, celle du sol a été de 12° 61. Différence en faveur du sol : 2° 25.

B. Tandis que, dans l'air, la moyenne des différences totales entr les maxima et minima extrêmes a été de 45° 77; dans le sol, cette moyenne n'a été que de 13° 14; ce qui fait une différence de 32° 63.

Il en résulte que, si les organes des animaux et des plantes qui vivent dans l'air peuvent éprouver des variations de température de 45° 77, les racines des arbres qui descendent à 2 mètres ont à subir des alternatives de température beaucoup moins grandes et comprises entre 13° 14 d'écart en moyenne.

C. A 2 mètres, la température du sol est plus élevée que celle de l'air en hiver et en automne, moins élevée en été. Au printemps, ces deux températures diffèrent peu entre elles; la différence en plus ou en moins dépendant surtout de la température de l'hiver précédent.

D. La marche de la température dans le sol, jusqu'à 2 mètres de profondeur, peut se résumer ainsi :

Tandis que la température moyenne de l'air commence ordinairement à s'abaisser vers la fin de juillet, dans le sol, au contraire, la chaleur continue à s'accumuler dans les couches supérieures, sous l'influence de la radiation solaire très-intense, et à se propager dans les couches inférieures jusqu'à la fin d'août. — A partir de cette époque, les couches supérieures commençant à perdre plus de calorique qu'elles n'en reçoivent, le flux de chaleur change de direction, il se dirige de bas en haut, et ce mouvement ascensionnel, continué

jusqu'en février, est d'autant plus rapide, que la température extérieure s'abaisse davantage, c'est-à-dire que la période hivernale est plus rigoureuse. — Enfin, vers le milieu de février ou le commencement de mars, les couches supérieures recommencent à s'échauffer sous l'influence des rayons solaires, dont la direction est devenue moins oblique; les couches souterraines inférieures n'ont plus besoin de fournir de calorique aux couches supérieures, elles ne tardent pas, au contraire, à en recevoir et à entrer dans la période de réchauffement qui se prolonge jusqu'à la fin d'août.

D'après M. Quetelet, de Bruxelles, à 8 mètres de profondeur, la différence entre l'été et l'hiver va tout au plus à 1° $\frac{1}{2}$; et, d'après tous les observateurs, la différence des saisons, dans nos climats, devient insensible à une profondeur de 24 mètres. A Paris, dans les caves de l'Observatoire, qui sont à 28 mètres, la température reste constante à + 11°.

Dans les régions équinoxiales, d'après M. Boussingault, il suffit d'enfoncer le thermomètre à 32 centimètres en terre, dans un lieu qui ne reçoive pas le soleil, pour qu'il marque le même degré, à 1 ou 2 dixièmes près, pendant tout le cours de l'année.

Le degré d'échauffement des terres par les rayons solaires dépend surtout des quatre circonstances suivantes :

1° De la couleur différente de la surface des terres;

2° De leur composition chimique;

3° De leurs différents degrés d'humidité;

4° Des différents angles que forment les rayons du soleil en tombant sur le sol.

Voici ce que l'expérience nous a appris sur l'influence respective de ces circonstances.

I. *Couleur de la surface du sol.* La faculté d'absorber et de retenir la chaleur solaire est singulièrement influencée par la couleur de la surface du sol. Elle est d'autant plus prononcée que cette surface est plus foncée en couleur, et ce fait d'observation pratique est d'accord avec les indications de la science, qui démontrent que les surfaces noires absorbent une plus grande somme de rayons calorifiques, et s'échauffent bien plus rapidement que les surfaces blanches, puisque celles-ci réfléchissent ou renvoient presque tous les rayons solaires qu'elles reçoivent. La température de l'argile dans un vase *blanc* augmente par l'action du soleil de 16° $\frac{1}{4}$, pendant qu'elle s'élève à 24° dans un vase *noir*.

Cette augmentation de température, occasionnée par les surfaces noires, n'est pas seulement passagère, mais elle demeure constamment plus forte pendant toute la durée de l'action solaire. Qu'on laisse

exposées au soleil, pendant des heures entières, les mêmes espèces de terre avec des surfaces *blanches* et *noires*, les terres à *surface blanche* auront toujours une température plus faible. La moyenne d'un grand nombre d'essais a fait voir que la coloration en noir d'un sol blanchâtre peut augmenter de 50 pour 100 sa propriété absorbante de la chaleur. Dans les jardins des maraîchers, où l'on cultive les primeurs, pois, fèves, laitue, fraisiers, etc., sur des *ados*, on colore la surface de ceux-ci avec des matières noires, telles que des *terres tourbeuses et des terreaux de couche ou de feuilles*. Lampadius, à Freyberg, a obtenu des melons parfaitement mûrs, pendant l'été frais de 1813, et dans le district des mines de Saxe, en saupoudrant la terre d'une couche de charbon pilé, de 4 à 5 centimètres d'épaisseur. C'est encore sur le même fait qu'est fondée la pratique de semer au printemps des *cendres* et de la *terre* sur la neige pour la faire fondre plus vite. C'est ce que font notamment les habitants de Chamouny, d'après de Saussure, pour avancer l'époque où ils pourront ensemencer leurs champs. Qui n'a remarqué que, lorsque le soleil vient à frapper la neige, celle-ci fond d'abord autour des branches d'arbre, des mottes de terre et autres corps colorés?

Dans le Nord, on réserve aux vignes à fruits rouges les terrains colorés, et l'on met dans ceux qui ne le sont pas les vignes à fruits blancs, qui atteignent plus vite leur point de maturité. L'observation démontre que les raisins donnent des vins d'autant plus spiritueux qu'ils proviennent de terrains plus foncés en couleur. Dans le pays de Liége, le sol est, sur plusieurs points, recouvert par les débris d'un schiste bitumineux noirâtre; eh bien, cette seule circonstance fait que la vigne y est cultivée avec succès à une latitude supérieure de quelques degrés à celle de l'extrême limite normale où sa culture s'arrête sous le même méridien.

Nous avons reconnu que l'époque de la maturité des pommes de terre varie de huit à quinze jours en raison de la couleur du sol où elles sont plantées. Au 25 août, nous avons trouvé vingt-six variétés mûres dans la terre sablo-humifère très-colorée, tandis qu'il n'y en avait que vingt dans la terre sableuse, dix-neuf dans la terre argileuse, et seize seulement dans la terre calcaire blanche.

Il y aurait un moyen bien simple et peu coûteux de hâter la maturité des produits dans les sols à surface blanchâtre ou peu colorée: ce serait de recouvrir cette surface avec des matières noires de peu de valeur, telles que des terres tourbeuses, du poussier de charbon, du noir des raffineries hors de service, des escarbilles et des cendres de charbon de terre, etc. Ce serait, en un mot, d'imiter, dans la grande culture, les procédés de la culture maraîchère.

II. *Composition chimique des terres.* Suivant leur nature chimique, les terres ne s'échauffent pas au même degré. C'est ce qu'on voit très-bien par le tableau suivant, où la faculté des terres à s'échauffer et à retenir la chaleur, c'est-à-dire leur *capacité pour le calorique*, est exprimée par des chiffres. Le sable calcaire a été pris comme terme de comparaison, parce que c'est lui qui a la capacité la plus forte :

	Faculté de retenir la chaleur.
Sable calcaire	100,0
— siliceux	95,6
Glaise maigre	76,9
Terre arable du Jura	74,3
Gypse	73,2
Glaise grasse	71,1
Terre arable d'Hoffwill	70,1
— argileuse	68,4
Argile pure	66,7
Terre de jardin	64,8
— calcaire fine	61,8
Humus	49,0
Carbonate de magnésie	38,0

1° Ce sont les sables, comme on le voit, qui possèdent au plus haut degré la faculté d'absorber la chaleur à volumes égaux ; ils gardent aussi plus longtemps que les autres la température acquise. C'est pour ces causes que les terres sablonneuses offrent, pendant l'été, une si grande chaleur et tant de sécheresse.

La température des sables monte fréquemment à + 45° dans nos régions septentrionales, en été, au milieu de la journée, tandis que l'air n'a qu'une température de + 22° à 25°. M. de Gasparin a observé, en 1827, à Tarascon, jusqu'à + 51° de température dans une terre sablonneuse, légère et rougeâtre, et il ne croit pas que ce soit encore le *maximum* de chaleur que ces sortes de terres puissent atteindre. M. Rozet a constaté, en 1830, que la chaleur des sables du bord de la mer, aux environs d'Alger, dépasse quelquefois de 30° celle de l'air.

Même après le coucher du soleil, les sables gardent une température plus élevée que les autres terres. La petite quantité d'eau qu'ils retiennent contribue encore à leur échauffement, puisque l'évaporation de l'humidité enlève moins de chaleur au sol.

2° C'est l'humus qui, de tous les éléments qui composent ordinairement le sol, a la moindre faculté de retenir la chaleur, si l'on compare des volumes égaux; il en retient, au contraire, une très-forte, si l'on compare des poids égaux.

3° Le carbonate de magnésie se maintient encore dans un cas

d'exception, relativement aux autres terres; il est à l'extrémité de la chaîne sous tous les rapports.

4° La faculté des terres de retenir la chaleur, si l'on compare des volumes égaux, est presque en rapport direct avec leur poids; de telle sorte que l'on peut, pour ainsi dire, conclure avec sûreté d'une forte densité à une forte faculté de retenir la chaleur. Le sable, comparé à toutes les autres terres, fait ressortir cette propriété. En effet, c'est le plus lourd, comme on l'a vu précédemment, parmi tous les éléments terreux des sols; c'est aussi celui qui absorbe et retient le plus de chaleur.

III. *Humidité des terres.* La quantité différente d'humidité dont le sol est imprégné influe beaucoup sur son échauffement par les rayons solaires. Des terres humides ont une température moindre de quelques degrés que les terres de la même nature tout à fait sèches. Cette moindre température se maintient jusqu'à la disparition complète de l'eau interposée. La cause de ce phénomène provient sans aucun doute de la grande proportion de calorique que l'eau exige pour son évaporation ou sa conversion en vapeur. La différence de température s'est montrée de 6° à 8°.

Les terres d'une couleur claire, et ayant une grande facilité de retenir l'eau, ne s'échauffent donc que lentement, et forment, par une double raison, un *sol froid*; c'est le cas des *argiles marneuses*, des *marnes calcaires*.

Il est facile, d'après cela, de concevoir pourquoi les pluies survenues en temps inopportun ont pour effet de retarder les récoltes. Elles refroidissent le sol, privent les racines du degré de température qu'elles réclameraient, et mettent le sol hors d'état de profiter utilement de l'action des premiers rayons solaires. Ainsi, à l'égard de la vigne, qui réclame, pour mûrir son fruit, à Madère + 27°, à Bordeaux + 24°, on sait combien peuvent être désastreuses les pluies de septembre et d'octobre.

IV. *Angle d'incidence des rayons solaires.* L'inclinaison différente du terrain par rapport à la lumière influe beaucoup aussi sur la chaleur qu'il peut acquérir. Toutes choses égales d'ailleurs, la quantité de chaleur absorbée par le sol est d'autant plus grande, que l'angle que forme le sol avec les rayons solaires approche davantage de 90°, c'est-à-dire que ces rayons tombent plus perpendiculairement sur la surface de la terre.

Par conséquent, de trois terrains offrant une situation différente (fig. 21) l'un parfaitement horizontal, A, l'autre légèrement incliné à l'est, B, le troisième fortement incliné vers l'ouest, SC, il est évident que le premier recevra plus directement les rayons solaires, et sera, par con-

séquent, beaucoup plus échauffé que le second, et à plus forte raison que le troisième; car, sur ceux-ci, les rayons calorifiques glisseront

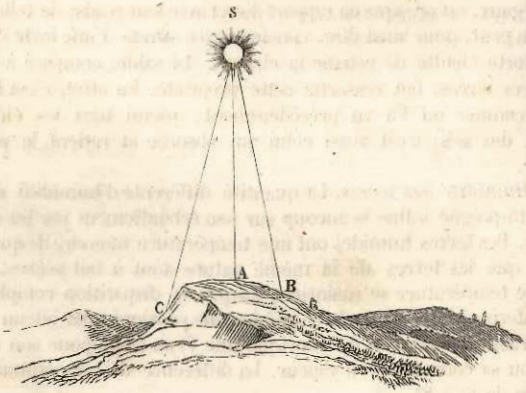

Fig. 21. *Terrains différemment éclairés par les rayons solaires.*

pour aller se perdre dans l'espace, effets d'autant plus prononcés que le terrain aura une pente plus rapide.

Si, maintenant, on compare les quatre circonstances qui influent sur l'échauffement du sol par l'action solaire, on trouve que la couleur, l'humidité et l'angle d'incidence des rayons lumineux ont le plus d'influence. Ces trois circonstances peuvent faire naître des différences de température de 14° à 15°, et même de 19° à 25°, si l'on a égard à l'angle d'incidence de la lumière, tandis que la constitution chimique du sol élève à peine la température d'un petit nombre de degrés.

Les détails dans lesquels nous venons d'entrer à l'égard des *propriétés physiques* des sols arables montrent au cultivateur tout ce qu'il y a de curieux et d'important dans cette étude; mais dans la pratique, pour déterminer la valeur d'une terre, il serait trop long de se livrer à toute la série des expériences que nous avons indiquées. La fixation de leur faculté de retenir l'eau, de leur densité, de leur ténacité, jointe à leur analyse chimique, peut suffire dans la plupart des cas, puisque, de ces propriétés, il est facile de conclure presque toutes les autres. Ainsi :

Plus une terre pèse, plus sa faculté de retenir la chaleur et de se dessécher est grande;

Une terre spécifiquement pesante forme ordinairement un sol poreux, sec et léger;

Plus une terre possède la faculté de retenir l'eau, et plus elle absorbe ordinairement d'humidité et d'oxygène de l'air, plus elle se dessèche lentement, et, quand elle possède cette faculté à un haut degré, elle constitue habituellement un sol *froid* et *humide*.

La ténacité d'un sol n'est en proportion ni avec sa faculté de retenir l'eau, ni avec son poids; elle est d'autant plus forte qu'il contient plus d'argile, quoique les différentes espèces d'argile, comme la marne et l'argile brûlée, présentent des exceptions.

Enfin, une dernière circonstance, qui influe beaucoup sur la valeur des terres, et dont il faut toujours tenir compte, c'est la profondeur de la couche arable, c'est-à-dire l'épaisseur de la partie cultivée ou qui renferme de l'humus. Cette terre est d'autant meilleure qu'elle est naturellement plus profonde, ou qu'elle l'est devenue par l'effet de la culture. Les plantes, surtout celles qui ont de longues racines, y viennent bien mieux, peuvent y croître plus rapprochées, et ne souffrent pas autant de la sécheresse et de l'humidité que dans un *sol superficiel*.

DES MOYENS DE FERTILISER LE SOL.

Il est bien rare que, dans l'état ordinaire des choses, les couches terrestres superficielles réunissent les conditions essentielles sans lesquelles il n'y a point de bonne culture. Il faut donc, de toute nécessité, que, par des procédés convenables, celui qui consacre des capitaux à obtenir des productions du sol fasse acquérir aux terres, telles qu'elles existent, les qualités physiques et chimiques d'où dérivent la richesse et la fécondité.

Il y a quatre moyens généraux d'améliorer les sols arables et de les rendre aussi féconds que possible; à savoir :

1. *Les opérations destinées à y introduire ou à y conserver une humidité convenable;*
2. *Les opérations mécaniques qui doivent les ameublir ou les aérer;*
3. *L'amendement;*
4. *L'engrais.*

Sans la présence d'une certaine dose d'humidité dans la terre, les fonctions des plantes ne pourraient avoir lieu, puisque les fluides qui circulent dans l'intérieur de leur tissu ne sont presque en totalité que de l'eau aspirée par les racines du milieu dans lequel elles vivent.

Mais, à part quelques végétaux qui sont purement aquatiques, le plus grand nombre souffre d'un excès d'humidité, et, lorsque l'eau apparaît sous forme liquide dans un terrain quelconque, elle apporte à la culture des entraves non moins grandes que son absence complète. De là, la nécessité d'*égoutter*, de *dessécher* les terres trop humides, et d'*irriguer* les terres trop sèches.

L'ameublissement du sol au moyen de certaines opérations mécaniques, telles que le *labour*, le *hersage*, le *binage*, etc., n'est pas moins favorable à la végétation que l'entretien d'une humidité convenable. Lors de la germination des graines, c'est la racine qui apparaît tout d'abord pour fournir la nourriture indispensable à la jeune plante; pour mieux remplir sa destination, elle ne tarde pas à se ramifier, et elle ne cesse de s'allonger pendant toute la durée de la vie. Il est donc nécessaire que le sol ne mette pas obstacle, par son imperméabilité, à ce développement progressif. D'un autre côté, les parties souterraines des plantes ne peuvent pas plus se passer du concours de l'air que leurs parties foliacées, et, sans la présence continuelle de ce fluide dans le sol, les engrais ne pourraient y subir les modifications qui les convertissent en substances assimilables et nutritives.

On comprend sous le nom d'*amendement* toutes les améliorations, mélanges, additions ou soustractions, qu'on exerce sur le sol pour en modifier les qualités physiques, minéralogiques ou chimiques. Ainsi, augmenter la ténacité des terres légères, affaiblir celle des terres fortes, étendre la surface des terres rocheuses et caillouteuses par l'enlèvement des roches et des cailloux qui en encombrent une partie, rétablir l'équilibre de la composition chimique du sol par des additions convenables de sable, d'argile ou de calcaire, rendre les terrains plus aptes à absorber la chaleur, la lumière, les gaz atmosphériques; tels sont les actes qui rentrent dans ce que nous appelons l'*amendement* du sol.

Les améliorations par addition de matières organiques ou minérales qui concourent directement à la nutrition des plantes constituent le quatrième moyen de fertilité, c'est l'*engrais* du sol. La nécessité de recourir à l'emploi de certaines substances, empruntées aux différents règnes, pour maintenir la terre dans un parfait état de fécondité, nous est démontrée par ce fait, qu'après plusieurs récoltes successives sur le même terrain, celui-ci s'appauvrit insensiblement et devient impropre à fournir de nouveaux produits, à moins qu'on ne lui restitue, sous forme de fumiers ou d'engrais, les principes organiques ou salins que les plantes lui ont enlevés.

Nous allons examiner en détail les procédés les plus propres à remplir ces conditions de fertilité.

Desséchement des terrains marécageux. — Nous ne nous arrêterons pas à démontrer l'avantage qui résulte pour l'agriculture et pour l'état sanitaire d'une localité, du desséchement de ces espaces plus ou moins grands, presque continuellement couverts d'eaux stagnantes, qu'on désigne sous le nom de *marais*.

Il nous suffira de dire que ces terrains, qui produisent à peine quelques herbes grossières et de mauvaise qualité, peuvent, lorsque les opérations du desséchement leur sont convenablement appliquées, devenir d'une remarquable fertilité; les riches pâturages du pays de Bray et du pays d'Auge, en Normandie, n'étaient, dans l'origine, que des marais inabordables.

Le plus sûr moyen de faire disparaître les marais consiste certainement à exhausser le sol par des remblais. Mais, outre que ce moyen peut être rarement employé faute de terres suffisantes, il est surtout inapplicable sur de grands espaces, en raison du prix trop élevé de la main-d'œuvre. Il faut donc recourir à d'autres procédés, qui varient suivant les causes qui ont donné naissance aux marais. Ces causes sont surtout les suivantes :

Des eaux souterraines sont retenues par des bancs imperméables ; elles augmentent sans cesse sans trouver d'issue, et finissent par refluer à la surface du sol ;

D'autres fois, la conformation de la couche superficielle du sol, et sa position plus basse que les points environnants, permettent aux eaux voisines de s'y réunir de tous les côtés ;

Parfois enfin le terrain a été submergé par un cours d'eau placé à un niveau supérieur.

Examinons successivement les moyens les plus convenables pour le desséchement des marais produits par l'une ou l'autre de ces trois circonstances.

Desséchement des marais formés par l'imperméabilité des couches inférieures du sol. — Le desséchement des grands marais nécessite des travaux d'art et un ensemble d'opérations pour lesquels l'intervention du gouvernement devient indispensable. Ces difficultés, jointes aux capitaux considérables que ces entreprises exigent, font que ces grands travaux se trouvent hors de la portée de l'agriculteur; nous n'allons donc nous occuper ici que des desséchements qui peuvent être pratiqués d'une manière simple, peu coûteuse, par les propriétaires ruraux.

Avant de commencer un desséchement, il convient de se rendre bien compte des dépenses auxquelles il donnera lieu, car, si le capital à employer doit dépasser la valeur du terrain arrivé à son plus haut degré de fertilité, il faut y renoncer.

Les glaises ou argiles ont la propriété d'être imperméables à l'eau ; il en résulte que les couches glaiseuses qu'on rencontre superposées dans le sol retiennent l'eau à leur surface et en forment des réservoirs

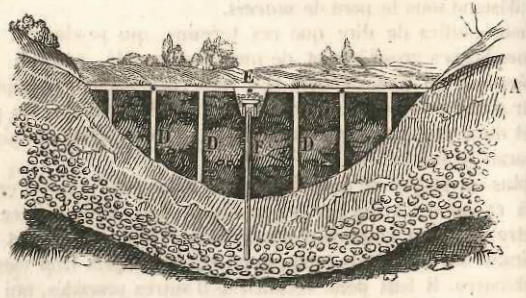

Fig. 22. *Coupe verticale d'un marais en état de dessèchement.*

qui viennent souvent s'épancher au-dessus du sol sous forme de sources. Rarement ces couches argileuses ont une position horizontale. Souvent elles se montrent à la superficie du terrain, puis plongent à une certaine profondeur pour se relever ensuite et se montrer plus loin, ainsi qu'on le voit en A (fig. 22). Supposons qu'une couche de glaise vienne à revêtir, sur toutes ses parois, un bassin semblable à celui que nous avons figuré; les eaux, après s'y être amassées, ne trouveront pas d'issue; elles exerceront alors une sorte de pression sur

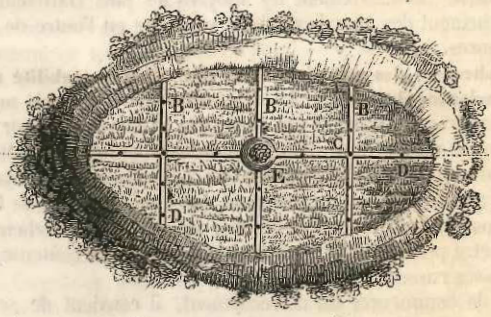

Fig. 23. *Plan de la figure* 22.

les couches supérieures, et finiront par se faire jour à la surface. Si cette surface est, comme nous l'avons indiqué (fig. 22 et fig. 23), en-

tourée de points plus élevés, il en résultera que cette partie sera transformée en marais.

Les moyens à employer pour dessécher ces sortes de marais consistent dans deux opérations principales : amener les eaux souterraines à la surface du sol, puis se débarrasser de ces eaux.

Pour *amener les eaux souterraines à la surface*, on a souvent employé avec succès le moyen suivant.

Admettons que la figure 23 représente le plan de la figure 22 et soit le marais à dessécher ; il faudra d'abord déterminer la pente générale du terrain. Supposons que le point le plus bas soit le centre de ce marais. Alors on pratiquera plusieurs fossés transversaux (B), assez larges pour contenir les eaux souterraines, puis un fossé longitudinal (C). Ces fossés présenteront les proportions indiquées par la figure 24, c'est-à-dire qu'ils auront, en largeur, à leur orifice, le double de leur hauteur, plus la largeur de leur base. Ainsi, s'ils offrent 0^m 50 à leur base et une hauteur de 1^m, ils devront avoir, au sommet, une largeur de 2^m 50. Ceci fait, on perce, dans ces fossés, des trous de sonde (D, fig. 22 et 23) pour donner un libre essor aux eaux comprimées et les faire arriver à la surface.

Fig. 24. *Coupe verticale des fossés d'écoulement pour le dessèchement des marais.*

Quand ce but est atteint, il reste à se *débarrasser de ces eaux souterraines;* si le niveau du sol environnant se prête à leur passage rien n'est plus facile; mais, s'il en est autrement, il faut avoir recours à un puits absorbant.

Ce puits sera placé au centre (E, fig. 22 et 23), comme étant le point le plus bas. On pratiquera d'abord une excavation (A, fig. 25) dont l'orifice présentera 5 mètres de diamètre, puis on diminuera ce diamètre à mesure que l'on descendra, afin que les parois ne s'éboulent pas. A la profondeur de 6 mètres, on arrêtera l'excavation, on pratiquera, au centre, un sondage (B, fig. 25, et F, fig. 22) qui pénétrera au-dessous de la couche imperméable (A, fig. 22). On introduira dans le trou de sonde un tube ou coffre de bois d'aune,

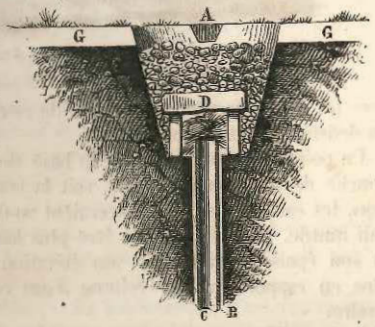

Fig. 25. *Détails du puits absorbant indiqué en* E, *fig.* 22 *et* 23.

d'orme ou de chêne (C, fig. 25). Pour empêcher l'engorgement de ce tube, l'orifice en sera couvert avec des branches d'épines chargées d'une grosse pierre plate (D), soutenue par deux autres pierres latérales. Enfin on remplira l'excavation avec des pierres jusqu'au niveau du fond du fossé, au milieu duquel est placé le puits absorbant.

Afin que les eaux soient facilement amenées vers ce puits absorbant ou *boitout*, on donne aux fossés une légère pente vers ce point. Cette pente doit, toutefois, rester assez peu sensible pour que la terre des fossés ne soit pas entraînée par les pluies d'orage et ne vienne pas obstruer les abords du puits.

Dessèchement des marais produits par l'élévation du sol environnant. — On conçoit aisément qu'un espace de terrain à sous-sol peu perméable, entouré de tous côtés par des points plus élevés dont il reçoit les eaux soit profondément imbibé, et que ces eaux, ne pouvant s'épancher d'aucun côté, restent stagnantes à la surface. S'il s'agit d'un morceau peu considérable, moins d'un hectare, par exemple, le puits absorbant que nous venons de décrire suffira ; mais, si le marais présente une certaine étendue, on aura recours à d'autres moyens. Il conviendra d'abord de défendre le terrain contre les eaux qui s'écoulent des parties plus élevées par une digue (A, fig. 26), construite

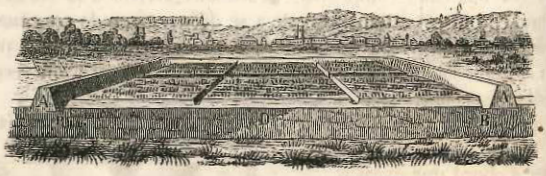

Fig. 26. *Dessèchement d'un marais.*

avec les terres provenant du fossé de circonvallation (B) qu'on creuse en dedans de cette digue.

Un point essentiel, c'est que la base de celle-ci soit assise sur une couche de terre imperméable, soit la couche D. Sans cette précaution, les eaux extérieures filtreraient au-dessous et rendraient ce travail inutile. Cette digue doit être plus large à la base qu'au sommet, et son épaisseur ainsi que son élévation au-dessus du sol doivent être en rapport avec le volume d'eau contre lequel on veut se défendre.

Pour se débarrasser ensuite des eaux intérieures, comme elles sont seulement à la surface, il suffit d'étudier la pente générale du terrain. Le point le plus bas étant reconnu, on y établit un puits absor-

bant. On pratique ensuite, dans le sens de cette pente, plusieurs fossés qui égouttent les terres et dirigent les eaux vers le point le plus bas. Là, on creuse un puits absorbant, ou, si le volume d'eau à enlever est trop considérable, on construit une machine propre à enlever l'eau et à la rejeter par-dessus la digue. Les machines employées dans ce but sont les norias, les roues à godets et à palettes, la vis d'Archimède; elles peuvent être mues par le vent ou la vapeur.

Marais produits par l'abaissement du sol au-dessous du niveau d'un cours d'eau voisin. — Les moyens à employer pour dessécher les marais dus à cette circonstance sont les mêmes que pour le cas précédent.

Quant à l'époque la plus favorable pour l'exécution des travaux relatifs au desséchement des marais en général, c'est l'été. Alors on peut faire plus d'ouvrage dans la journée; on se procure plus facilement les divers matériaux dont on a besoin; enfin, le sol, moins humide, permet les divers charriages qui sont nécessaires et qu'on ne pourrait y pratiquer pendant l'hiver sans beaucoup de peine.

Nous voudrions pouvoir indiquer la dépense approximative à laquelle ces sortes de travaux peuvent donner lieu. Mais elle est subordonnée à tant de circonstances locales qui peuvent la faire varier de beaucoup, que la moyenne que nous indiquerions ici deviendrait sans utilité pour la pratique.

Assainissement ou égouttement des terres. — Les marais ne sont pas les seuls terrains dans lesquels l'humidité surabonde. Beaucoup de terres labourées et de prairies naturelles présentent cet inconvénient. Dans les terres labourées, il empêche l'air de pénétrer, s'oppose à la décomposition des engrais, et nuit à la nutrition et au développement des plantes. Ces terres ne peuvent être cultivées que fort tard au printemps, il faut y entretenir des attelages plus nombreux; la moindre pluie suspend les travaux, et, quand vient la sécheresse, elles acquièrent beaucoup plus de dureté que les autres. Semées fort tard, elles ne donnent que de chétifs produits, si même la semence n'y pourrit pas au lieu de germer. Enfin, comme la maturité des récoltes y est retardée, celles-ci ne s'y font que dans une saison défavorable. Diminuons donc l'humidité de ces terres, et nous pourrons les cultiver en toute saison, les purger facilement des plantes nuisibles, et les produits seront plus abondants et de meilleure qualité.

Dans les prairies naturelles, cette amélioration n'est pas moins profitable. Le sol, devenu plus ferme, souffre moins du piétinement des bestiaux; les joncs et autres herbes aquatiques disparaissent et font place à des herbes de bonne qualité; lorsque enfin ces prairies sont

soumises à l'irrigation, elles profitent mieux de cette opération que si elles étaient déjà saturées d'une humidité stagnante.

Dans tous les cas, l'assainissement des terres soumises à la culture a pour résultat de diminuer l'évaporation, et, par conséquent, le refroidissement du sol, si préjudiciable aux récoltes.

On donne le nom d'*égouttement*, ou d'*assainissement*, aux diverses opérations qui ont pour but d'enlever à la terre l'humidité surabondante qu'y produisent les eaux retenues dans les couches superficielles par l'imperméabilité des couches inférieures et le défaut de pente de la surface.

Pour s'en débarrasser, on pratique soit des *tranchées ouvertes* ou *fossés*, soit des *rigoles couvertes*, dites *coulisses* ou *drains*. Ces deux modes sont également bons, mais il faut savoir faire entre eux un choix judicieux et approprié aux circonstances locales.

Égouttement du sol au moyen des fossés. — Toutes les fois qu'on opère sur un sol assez perméable pour que l'eau puisse le traverser facilement, on peut avoir recours aux *tranchées ouvertes* ou *fossés*; mais, avant toutes choses, il faut étudier la conformation du terrain à égoutter, se rendre compte de sa pente générale, et s'assurer de la possibilité de se débarrasser des eaux surabondantes, soit en les faisant arriver dans un fossé communal, soit en obtenant d'un propriétaire riverain qu'il consente à les recevoir; ces préliminaires terminés, on se met à l'œuvre.

Admettons que la pièce à assainir ait une étendue d'un hectare, qu'elle offre la conformation indiquée par la figure 27, et qu'elle ait une légère pente dans le sens de la ligne A, B. On entoure d'abord le terrain par un fossé d'écoulement (C, D, E, F) destiné à empêcher l'eau du champ voisin d'arriver sur celui qu'on veut égoutter; on pratique, de 40 en 40 mètres, des rigoles (G) qui suivent le sens de la pente du terrain, en naissant du fossé supérieur (C), et se prolongeant jusqu'au fossé inférieur (E). Ce travail peut encore être complété, dans les terres labourées : chaque année, après l'ensemencement du sol, on trace, à l'aide de la charrue, des raies obliques de 20 en 20 mètres, destinées à porter dans les rigoles et dans les fossés les eaux surabondantes de la surface.

Quant aux dimensions des fossés et des rigoles, elles sont proportionnées à la quantité d'eau qu'elles doivent recevoir; l'essentiel est de leur donner la pente nécessaire. On suit, à cet égard, les indications données pour les fossés destinés au desséchement des marais.

Nous avons dit plus haut comment on se débarrassait des eaux provenant de l'égouttement; mais, si les deux moyens indiqués font défaut, il devient nécessaire de pratiquer, vers le point le plus bas du

terrain, en I par exemple, un puits absorbant semblable à celui que nous avons décrit pour le dessèchement des marais. Pour faciliter

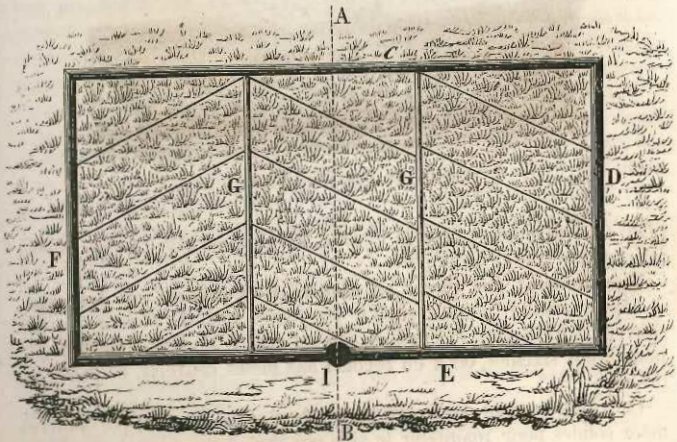

Fig. 27. *Assainissement d'un terrain au moyen de tranchées ouvertes.*

l'arrivée des eaux vers ce point, on donne aux deux fractions du fossé inférieur E une légère pente vers le point I.

Les frais de cet assainissement s'élèvent, d'après Crud, à environ 300 fr. par hectare, non compris le puits absorbant; mais ce dernier travail n'est pas toujours nécessaire.

Ce mode d'égouttement est encore aujourd'hui celui que l'on pratique le plus généralement. Lorsqu'il est bien exécuté, et que les fossés, les rigoles et les raies d'égouttement sont parfaitement entretenus, il peut suffire pour les terres que nous avons indiquées. Malheureusement, ces soins d'exécution et d'entretien sont généralement négligés, et l'opération ne donne plus alors que des résultats très-incomplets. D'ailleurs, ces fossés ouverts sont gênants pour la circulation des voitures, de la charrue et des bestiaux, et nécessitent la construction d'un certain nombre de ponts.

Dans beaucoup de localités, là où les terres argileuses ont besoin d'être égouttées, au lieu d'avoir recours au système d'assainissement que nous venons de décrire, on divise le terrain par planches auxquelles on donne, au moyen du labour, une pente factice vers les deux bords (fig. 28), et l'eau s'écoule par les raies ainsi formées de chaque côté des planches. Cela s'appelle labourer en *billons*. Mais nous verrons,

en traitant des différentes sortes de labour, combien cette méthode

Fig. 28. *Labour en billons.*

offre d'inconvénients pour la culture, et combien elle est plus imparfaite encore que la première.

Égouttement des terres au moyen des coulisses, ou drainage. — Après avoir reconnu combien les fossés ouverts étaient, le plus souvent, insuffisants et combien étaient graves les inconvénients que nous avons signalés, on a eu recours aux fossés couverts, coulisses ou drains.

Ces coulisses sont des fossés garnis de pierres, ou d'autres matières assez solides pour maintenir le vide qui doit donner issue aux eaux. Le tout est recouvert de gazon et de terre, de telle manière que le dessus soit de niveau avec le sol environnant. Ce mode d'assainissement est connu depuis des siècles; mais il a reçu, dans ces dernières années, de nombreux perfectionnements en Angleterre et en Écosse, dont le ciel brumeux rend plus nuisible encore que partout ailleurs l'humidité surabondante du sol. Nous allons donner à l'étude de cette pratique une étendue en rapport avec son degré d'utilité. Nous nous arrêterons : 1° à l'examen préalable du terrain; 2° à la construction des drains; 3° à la manière de disposer les drains et aux divers systèmes de drainage.

Examen préalable du terrain. Lorsqu'on a constaté, dans une terre, une dose habituelle d'humidité surabondante, on doit se rendre compte de la manière dont les couches sont superposées, de leur nature, de leur épaisseur, de leur inclinaison respective; à cet effet, on ouvre de petites tranchées transversales au sommet et à la base du champ. On évalue ensuite la surabondance d'humidité; puis on recherche si cette humidité provient de la surface, c'est-à-dire des eaux de pluie, qui ont de la peine à s'écouler, ou bien des couches inférieures, c'est-à-dire de petites sources qui coulent d'une manière régulière pendant la plus grande partie de l'année.

Construction des drains. Quand ces connaissances préalables sont acquises, on détermine la *direction* à donner aux drains. En général,

on leur fait suivre la plus grande pente du terrain ; l'écoulement des eaux en est plus facile. Après la direction des drains, on s'occupe de leur *profondeur* ; or, comme la culture ordinaire du sol exige 0m 20 de profondeur, au moins, et que les labours de défoncement qu'il est parfois utile de donner à la terre peuvent pénétrer jusqu'à 0m 45, on laisse, au-dessus du drain, une épaisseur de 0m 50, pour que les travaux de culture n'en dérangent pas les matériaux.

Quant à l'espace que ces matériaux doivent occuper en profondeur, il est subordonné à la nature du sous-sol, et aussi au genre de matériaux employés pour maintenir le vide. Si l'on rencontre, à 0m 70 ou 0m 80, un sous-sol imperméable, il est inutile d'aller au delà, mais il faut s'enfoncer jusqu'à la couche sur laquelle l'eau s'accumule, car autrement les parties du sol comprises entre chaque drain ne seraient qu'imparfaitement assainies. On conçoit aussi que, si les matériaux employés tiennent beaucoup de place, comme les pierres, il faudra les enfoncer plus que s'il s'agit de matériaux de peu d'épaisseur. Ces considérations ont conduit à dire que la profondeur totale des drains pourra varier entre 0m 80 et 1m 65, suivant les circonstances que nous venons d'indiquer.

La profondeur des drains influe nécessairement sur leur *largeur*, car plus ils sont profonds, plus il faut de place aux ouvriers pour les creuser. Toutefois, comme ce travail est assez coûteux, on ne prendra en largeur que ce qui sera strictement nécessaire, et, comme il importe de donner un peu de talus aux deux côtés de la tranche, on fera la partie supérieure plus large que le fond. Ainsi, pour les drains de 0m 80 de profondeur, on donnera 0m 52 de largeur au sommet et 0m 16 à la base ; pour les drains de 1m de profondeur, on portera la largeur du sommet à 0m 40 et celle de la base à 0m 20 ; enfin, ceux de 1m 65 de profondeur auront 0m 70 de largeur au sommet et 0m 35 à la base.

Quand ces diverses questions sont résolues, on procède au *tracé* des drains. Il est important que chacun d'eux forme une ligne parfaitement droite, afin que l'eau ne rencontre aucun obstacle. On trace ces drains au moyen de quelques jalons, d'un cordeau et d'une bêche tranchante, puis on procède au *creusage*.

Le creusage commence par la partie la plus basse, afin que, s'il y a de l'eau dans la terre, elle s'écoule à mesure. Les instruments dont on se sert sont la bêche, la pioche, la pelle à puiser ; et, comme la largeur doit toujours aller en diminuant, quand la bêche dont on s'est servi pour commencer le travail devient trop large, on en emploie de plus étroites. La figure 29 montre ces différentes sortes de bêches. La largeur de la pelle à puiser (fig. 30) doit varier aussi comme celle du fond des drains.

La pioche n'est employée que pour les terrains qui ne peuvent être entamés avec la bêche.

Une *pente* régulière et suffisante est indispensable pour que les

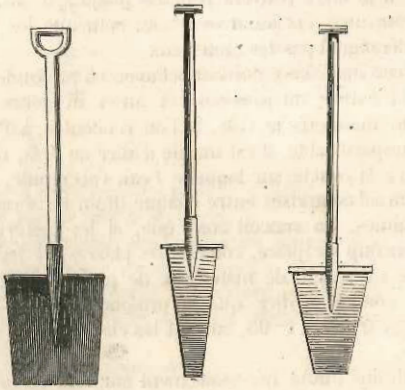

Fig. 29. *Bêches pour creuser les drains.*

Fig. 30. *Pelle à puiser pour vider les drains.*

drains laissent facilement écouler l'eau qu'ils reçoivent. Plus cette pente est forte, plus cet écoulement est rapide et complet; on obtient un résultat satisfaisant avec un minimum de pente de 0^{m} 50 pour 100 mètres. Il est bien entendu que cette pente sera régulière depuis le sommet de chaque drain jusqu'à sa partie inférieure, et cela sans avoir égard aux ondulations du terrain; mais il faudra donner au drain, à sa naissance et à sa base, une profondeur telle, qu'il se trouve suffisamment enfoncé, vers les points les plus déprimés du terrain, pour ne pas gêner les travaux de culture.

Divers moyens ont été employés pour maintenir au fond des drains le vide nécessaire à l'écoulement rapide de l'eau; on a d'abord pratiqué des canaux souterrains à l'aide de la charrue-taupe, mais on a bientôt remarqué qu'ils s'obstruaient facilement, ne duraient que peu d'années, et ne pouvaient être employés dans tous les sols. On a aussi employé le moyen suivant : à 0^{m} 50 du fond du drain, on rétrécit tout à coup sa largeur, de manière à produire de chaque côté une sorte d'épaulement; celui-ci reçoit un gazon, l'herbe en dessous, qui sert de couverture à cette rigole souterraine; on couvre ensuite le tout de terre, jusqu'au niveau du sol (fig. 31), mais en évitant d'employer

la terre compacte extraite du fond de la tranche, car elle nuirait à l'infiltration des eaux. Ces drains sont peu coûteux, mais ne fonctionnent bien que pendant une quinzaine d'années.

Dans quelques localités, on utilise les broussailles, les fagots · on place de distance en distance, au fond du drain, deux pieux croisés en chevalet sur lesquels on assujettit des fascines en épines, puis on recouvre le tout d'une couche de gazon renversé, et de terre. Ces drains, un peu plus coûteux que les précédents, durent 30 à 40 ans (fig. 32).

Quand la quantité d'eau qui doit s'écouler dans les drains est un peu forte, on forme préalablement un conduit dans le fond, au moyen de grosses pierres plates et brutes convenablement disposées et par-dessus lesquelles on verse des cailloux. La manière de poser ces pierres peut varier; la disposition indiquée par la figure 33 est une des plus

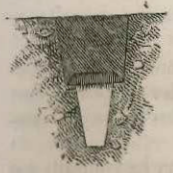

Fig. 31. *Drain construit au moyen de gazons.*

Fig. 32. *Drain construit au moyen de gazons et de fascines.*

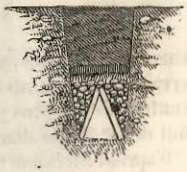

Fig. 33. *Drain construit à l'aide de gazons et de pierres.*

convenables. Le tout est recouvert d'une tranche de gazon et de terre, comme nous l'avons dit plus haut. Ces drains sont coûteux, mais ils peuvent durer plusieurs siècles.

Dans les contrées de l'Angleterre où l'on manque d'une quantité suffisante de pierres, on les remplace par des tuiles fabriquées exprès et appelées *tuiles à drain*. Elles sont moulées en courbe (A et B, fig. 34). A chaque tuile courbe s'adapte une autre tuile plate ou *semelle*, qui est un peu plus longue et un peu plus large que la tuile courbe (C, D, E,). Chaque tuile a 0^{m} 37 de longueur, 0^{m} 08 à 0^{m} 10 de largeur, sur 0^{m} 10 à 0^{m} 13 de hauteur. Ces tuiles doivent être bien cuites, et présenter assez de solidité pour supporter, sans se briser, le poids d'un homme. Elles forment, avec les semelles

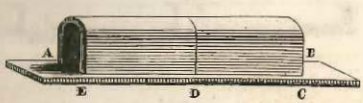

Fig. 34. *Tuiles à drains supportées par les semelles.*

qui les supportent, un conduit d'environ 0m 08 de diamètre, dans lequel l'eau trouve accès en filtrant par les intervalles de jonction.

Les agriculteurs anglais, ayant reconnu qu'il n'est pas indispensable que la semelle soit indépendante de la courbe, ont cherché à diminuer les frais de fabrication en moulant les deux parties d'une seule pièce; puis, comme il y avait avantage pour l'écoulement de l'eau à avoir une semelle concave, ils ont donné au vide la forme d'un œuf de poule (A, fig. 35). Enfin, ils sont arrivés à rendre les conduits parfaitement cylindriques, en leur donnant un diamètre de 0m 03 à 0m 08, sur 0m 33 de longueur (B, fig. 36). Ils se sont assurés alors que,

Fig. 35 A, *Conduit ovoïde pour drains.* Fig. 36. B, *Conduit cylindrique.*

dans la plupart des cas, à moins qu'il ne s'agisse de sources d'eaux souterraines un peu abondantes ou de drains de premier ordre recevant d'autres drains plus petits et nécessitant des voies plus larges, un conduit de 0m 03 de diamètre suffit parfaitement.

D'après l'ingénieur anglais Parkes, il est utile de réunir les conduits qui ne dépassent pas 0m 06 de diamètre, à l'aide de manchons, également en terre cuite, de 0m 06 de long, (fig. 37 et 38), et cela toutes les fois que les drains sont établis dans un sol tourbeux, ou des sables mouvants, ou encore lorsque le terrain présente des difficultés telles qu'on ne puisse pas faire le fond parfaitement uni, et juste de la largeur suffisante pour la pose des conduits. Sans ces conditions, la juxtaposition des conduits ne pourrait être maintenue et cela nuirait à l'écoulement de l'eau.

Fig. 37. *Tuiles disposées pour les drains de grande dimension.*

Fig. 38. *Conduits munis de manchons.*

Lorsqu'on se servira de tuiles ou de conduits en terre cuite, pour placer au fond des drains, on pourra faire ceux-ci un peu moins profonds que lorsqu'on emploie des pierres ou autres matériaux. De plus, comme la tuile ou les conduits n'occupent qu'une très-faible largeur,

il sera bon de ne donner au fond des drains que la largeur des tuiles ou des conduits.

La pose des tuiles ou des conduits demande beaucoup de soin. On commence par la partie supérieure du terrain et l'on pose le tout avant de commencer à remplir le drain. Les semelles doivent être rapprochées les unes des autres; on les assujettit solidement et on les met exactement toutes sur le même plan. Les tuiles sont aussi juxtaposées, et de telle sorte que leurs jointures coïncident avec le milieu des semelles, ainsi qu'on le voit dans la figure 34. A mesure que les tuiles sont posées, on les enveloppe solidement avec une tranche de gazon (A, fig. 39) enlevée à la surface; on couvre celle-ci d'une couche de terre plus divisée (B); la terre plus ténue (C) est ensuite tassée par-dessus, et enfin la bonne terre sert à remplir le reste du drain dont la figure 39 indique la coupe verticale. Les mêmes soins doivent être pris pour la pose des conduits.

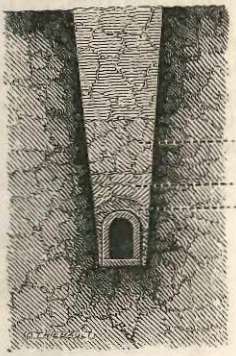

Fig. 39. *Coupe verticale d'un drain formé de tuiles et de semelles.*

Il ne faut pas que les drains soient trop longs; car, si la pente est rapide, on peut craindre de voir le drain crever dans quelques-unes de ses parties. Dans ce cas, il vaut mieux le couper par un drain transversal de plus grandes dimensions, qui reçoit tous les drains ordinaires, et que l'on nomme drain *conducteur*. L'ingénieur Parkes conseille de ne pas donner aux drains de second ordre plus de 300 mètres de longueur. Il considère aussi comme indispensable de donner aux conduits de la moitié inférieure un diamètre d'un sixième plus considérable qu'à ceux de la moitié supérieure, et cela afin de faciliter l'écoulement des eaux.

En général, on devra tâcher de faire aboutir les drains ordinaires dans un fossé ouvert; l'eau s'y écoule plus facilement, et l'on s'assure mieux que les drains fonctionnent bien. Dans ce cas, on préserve l'orifice, avec quelques grosses pierres, contre les éboulements de terre et autres accidents extérieurs.

Les drains conducteurs, étant d'un diamètre plus considérable, peuvent présenter une plus grande longueur, mais à la condition d'être plus larges à leur extrémité inférieure. Ils sont construits de la même manière que les autres; seulement ils doivent être placés dans les parties les plus basses des champs. Il faut leur donner un peu plus de pro-

fondeur qu'aux drains ordinaires, afin que ceux-ci y trouvent un débouché facile. Il faut aussi que la pente soit plus forte, puisque la quantité d'eau qu'ils transportent est plus considérable. Il sera, en outre, convenable de les éloigner, autant que possible, des arbres ou des haies, dans la crainte que les racines de ceux-ci, attirées par l'humidité, ne les obstruent.

Enfin, il importe que la jonction des drains ordinaires avec les drains conducteurs ne se fasse pas perpendiculairement, mais obliquement, de manière à former avec eux un angle aigu. Cette disposition a pour but d'empêcher que les vitesses des petits courants ne se fassent obstacle en se réunissant, ce qui occasionnerait des dépôts de vase ou de sable. Il faut aussi, par la même raison, éviter de faire converger sur le même point du conducteur deux drains venant en sens contraire.

Divers systèmes de drainage. Nous venons d'examiner le mode de construction des drains pris isolément; voyons maintenant la disposition relative qu'ils doivent avoir lorsqu'on en réunit plusieurs sur le même terrain.

Drainage simple. Admettons qu'une pièce de terre (fig. 40) soit

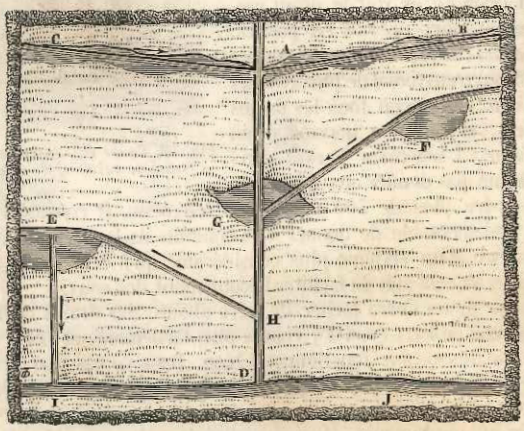

Fig. 40. *Exemple de drainage simple.*

rendue trop humide par la présence de plusieurs sources qui sourdent à une certaine profondeur, et qui, suivant les couches perméables et les crevasses qui s'y trouvent, finissent par rencontrer une issue à la

surface, où elles s'épanchent aux points A, E, F, G. On fournit, alors, à ces petites sources un écoulement souterrain en établissant les drains ordinaires CA, AB, GF, EH et EI, lesquels viennent tous se rendre dans un drain conducteur AD, qui suit la pente du terrain et vient déboucher sur un fossé ouvert IJ placé à la base de la pente. Ce drainage pourra être adopté toutes les fois que l'humidité du sol sera le résultat de l'épanchement des petites sources à la surface.

Drainage complet. Ce mode d'assainissement consiste à pratiquer dans la terre une succession de drains, à des distances régu-

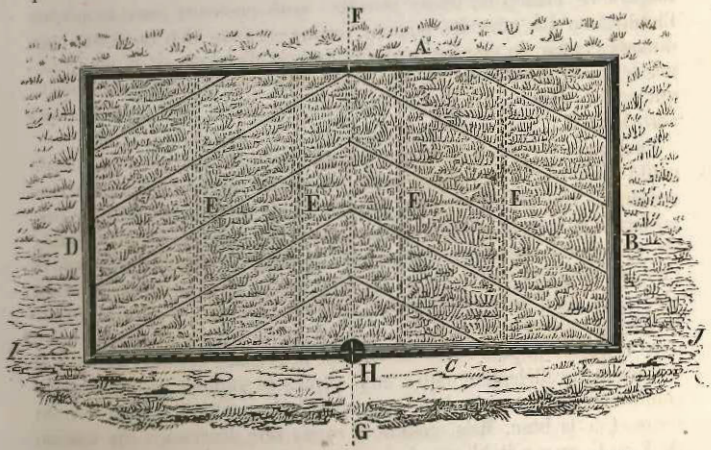

Fig. 41. *Exemple de drainage complet au moyen d'un seul système de drains.*

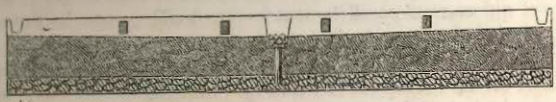

Fig. 42. *Coupe verticale de la figure* 41 *f suivant la ligne* I J.

lières, ayant entre eux une certaine relation, et formant tout un système de petits canaux de dessèchement. Ce drainage est indispensable pour donner, dans les terres fortes, un écoulement aux eaux de pluie, et procurer à ces terres le degré de perméabilité qui leur manque.

Le mode d'exécution de ce drainage est presque entièrement subordonné à la configuration et à la nature du terrain; ces deux cir-

constances indiquent la direction à donner aux drains et la distance à laisser entre eux.

Nous savons déjà qu'il est préférable de faire suivre aux drains la pente du sol; car, si on les dirigeait obliquement à cette pente, l'eau, tendant toujours à suivre la plus grande inclinaison du terrain, traverserait la paroi des drains placés du côté de cette pente, et, continuant de s'infiltrer dans le sol de proche en proche, rendrait le drainage inutile. Supposons donc qu'il faille assainir la surface A, B, C, D (fig. 41 et 42), présentant une pente uniforme de F en G; on entourera ce champ de fossés ouverts, assez profonds pour empêcher l'infiltration des eaux des champs voisins, et tenir lieu de drains conducteurs; puis on donnera aux drains E la direction de la pente générale du terrain, et on les fera déboucher dans le fossé inférieur C, qui conduira les eaux soit dans un fossé communal, soit dans un puits absorbant H.

Comme la surface des terres à assainir présente rarement une seule pente uniforme, il devient souvent nécessaire de modifier la direction des drains suivant les diverses configurations du terrain. Dans ce cas, on forme autant de systèmes de drains qu'il y a de pentes différentes, on fait aboutir chacun de ces systèmes à l'un des drains conducteurs, et l'on fait dégorger ceux-ci dans un autre conducteur central, d'autant plus vaste qu'il aura plus d'eau à recevoir. Prenons comme exemple le champ indiqué par la figure 43. AB est le drain conducteur tracé dans la partie la plus basse du champ. Les drains compris entre A et C courent parallèlement entre eux, depuis le sommet jusqu'au drain conducteur, parce que, dans cette partie, la pente est uniforme, du sommet à la base. Mais, comme il existe une dépression du terrain de F en G, on y a établi un drain conducteur qui reçoit l'écoulement des deux versants K et L, au moyen des drains ordinaires qui y aboutissent, et qui courent parallèlement à cette double pente. Le drain HI est un autre conducteur placé au fond d'une autre dépression, et qui reçoit les eaux de la dépression M, à cause de la hauteur qui s'élève entre L et M. Le champ est défendu de l'infiltration des eaux supérieures par le drain DE, qui court au sommet du terrain. Le drain conducteur FG doit être construit aussi large que AB, mais HI peut n'être pas plus large que les drains ordinaires, jusqu'au point H, où les drains latéraux commencent à le joindre. Nous rappellerons que ces divers conducteurs devront augmenter de diamètre à mesure qu'ils approcheront de leur extrémité inférieure, c'est-à-dire de A en B, de F en G et de H en I. Nous ferons également remarquer que les drains ordinaires qui dégorgent dans le conducteur AB devront avoir leur extrémité courbée, ainsi que nous l'avons recommandé plus haut. Les drains

K n'exigent pas cette configuration, parce qu'ils entrent obliquement dans le drain conducteur.

Une autre question non moins importante, c'est de déterminer la *distance à réserver entre les drains*. Le résultat qu'on veut obtenir en creusant un drain est de soutirer l'eau répandue dans le sol environnant; or, quand ce drain est établi, l'eau qui séjournait dans les interstices du sol tend à en prendre la direction, et le mouvement, qui s'est produit d'abord dans le voisinage immédiat du drain et sur

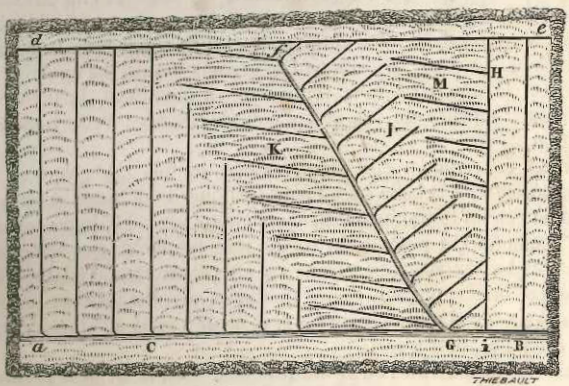

Fig. 43. *Divers systèmes de drainages complets réunis sur le même terrain.*

toute sa longueur, se propage latéralement à une distance plus ou moins grande, suivant que le terrain est plus ou moins perméable et que ce drain est plus ou moins profond. La distance à réserver entre les drains dépend donc surtout de leur degré de profondeur et de la plus ou moins grande perméabilité du sol. C'est là une question importante à examiner; car, plus cette distance pourra être grande, moins les drains seront nombreux et la dépense élevée.

Deux opinions différentes existent sur ce point en Angleterre. L'une, soutenue par M. Smith, de Beausten (Écosse), préconise, pour la plupart des terrains, les drains très-rapprochés (6 à 8 mètres), et profonds seulement de 0^m 80. L'autre, développée par l'ingénieur anglais Josiah Parkes, donne la préférence aux drains séparés de 15 à 20 mètres et profonds de 1^m 33 à 1^m 65.

Nous pensons que les partisans de ces deux systèmes sont trop absolus, et que, dans beaucoup de circonstances, les uns ou les autres n'obtiendront que des résultats incomplets. Il pourra arriver, par

exemple, que l'on ait à assainir un sol présentant une couche perméable de plus de 2 mètres d'épaisseur; or il est évident que l'on pourra, dans ce cas, faire des drains très-profonds (1m 65), et que, leur tirage s'étendant à une grande distance (environ 20 mètres), à cause de la perméabilité du sol, il serait inutile de les placer de 8 en 8 mètres; dans ce cas, le système Parkes présentera un avantage réel. Mais, si l'on rencontre, à peu de profondeur, à 0m 80 ou 1 mètre une couche argileuse imperméable, quel avantage y aurait-il à creuser les drains au delà de 0m 80, puisque l'imperméabilité du sous-sol empêchera que leur action augmente avec la profondeur? Il sera bien préférable de les rapprocher davantage (6 ou 8 mètres), afin de compenser leur peu de profondeur. Là, c'est évidemment le système Smith qu'on devra préférer. On le voit, c'est donc seulement en examinant la nature des différentes couches du sol qu'on pourra résoudre cette importante question.

Saison convenable, état du sol. Toutes les fois que cela sera possible, on choisira la belle saison pour pratiquer le drainage, c'est-à-dire la fin de l'été et le commencement de l'automne : les jours ont alors une longueur qui permet un travail plus productif; les terres sont sèches et les charrois des tuyaux s'y effectuent sans creuser des ornières profondes; on peut laisser les rigoles ouvertes pendant plusieurs jours avant d'y placer les matériaux, et donner ainsi à la terre le temps de s'échauffer, de s'aérer.

Dans les terrains où l'on craint les éboulements, on peut profiter de quelques semaines comprises entre la fin de mars et le commencement d'avril. — Pour les sols marécageux, les terres molles et coulantes, celles qui renferment un grand nombre de sources temporaires, il faut opérer en été.

Les travaux de drainage doivent surtout être effectués quand les terres sont en pâturage, en vieux trèfle ou en luzerne à défricher, parce qu'alors elles ont plus de consistance.

Prix de revient. Il est assez difficile d'indiquer d'une manière précise la dépense occasionnée par le drainage, pour une surface donnée, tant les circonstances locales peuvent en multiplier les difficultés; nous pouvons dire, cependant, que le drainage au moyen de cailloux est plus coûteux que lorsqu'on emploie des tuiles, et surtout des conduits en terre cuite; et cela parce que les rigoles doivent être plus larges, plus profondes, et que l'on ne trouve pas toujours à se procurer facilement la quantité de cailloux dont on a besoin. Cette dépense peut s'élever de 500 à 700 fr. par hectare, tandis qu'elle n'est que de 200 à 300 fr., en moyenne, pour le drainage avec conduits en terre cuite.

D'après les documents statistiques réunis par M. Barral, il y avait en France, au milieu de 1856, environ 35,000 hectares assainis par le drainage. C'est à partir seulement de 1850 que cette opération, faite suivant la méthode écossaise ou anglaise, c'est-à-dire avec des tuyaux en terre cuite, s'est un peu généralisée. Le nombre des fabriques de tuyaux s'élevait déjà, en 1856, à 396. Depuis, il s'est augmenté notablement, car le drainage est devenu de plus en plus populaire, grâce aux efforts du gouvernement et des Sociétés d'agriculture. Il existe des services départementaux de drainage, et, partout, les ingénieurs du service hydraulique ont été chargés spécialement de s'en occuper. Il y a, de plus, des compagnies ou des ingénieurs civils qui, pourvus des instruments nécessaires et d'un personnel parfaitement dressé, exécutent les travaux de drainage à bien meilleur compte, et surtout d'une manière plus parfaite que ne pourraient le faire les cultivateurs.

On peut, avec M. Gareau, habile cultivateur de Seine-et-Marne, qui a importé dès 1848, en France, les machines verticales de Clayton pour la fabrication des tuyaux, résumer ainsi qu'il suit les avantages que le drainage procure :

1° Les terres drainées sont plus faciles à cultiver : on y laboure et on y sème plus tôt au printemps et plus tard à l'automne; elles sont moins humides pendant l'hiver et moins sèches pendant l'été ;

2° Par la suppression des planches étroites et des raies d'écoulement, la surface consacrée aux plantes est plus étendue ;

3° Les eaux de pluie s'écoulent par filtration et ne se répandent plus à la surface ; les terres les meilleures et les engrais ne sont plus entraînés dans les fossés ;

4° Les eaux inférieures ne peuvent plus remonter à la surface, soit par la capillarité, soit par la pression qui tend à leur faire reprendre le niveau d'où elles proviennent ;

5° Une terre drainée n'est jamais saturée d'eau et les plantes, en conséquence, y poussent avec plus d'énergie ;

6° La maturité des plantes est avancée de quinze jours environ par le drainage.

Cette dernière circonstance est due en très-grande partie à la surélévation de la température dans les terrains drainés par rapport à celle des mêmes terrains non drainés, à la même profondeur. Il résulte, en effet, des nombreuses observations de MM. Parkes et Molden, que la différence de température entre les deux sortes de terrain est, en moyenne, de 5 degrés et demi à 6 degrés et demi.

Nous ajouterons que le drainage, en augmentant la porosité du sol, par suite de l'écoulement des eaux jadis stagnantes, facilite la pénétra-

tion de l'air, et entretient une circulation des fluides gazeux de l'atmosphère qui exerce la plus heureuse influence sur la végétation. Après ce que nous avons dit antérieurement sur le rôle important de l'air confiné dans la terre arable, il n'est pas nécessaire d'insister sur ce nouvel avantage du drainage.

Il est facile maintenant de comprendre pourquoi les racines des plantes descendent, dans un sol drainé, dans des couches plus profondes, où elles peuvent s'étendre en tous sens et où elles trouvent une nourriture qui manque dans les sols non drainés.

En définitive, le drainage bien exécuté procure des accroissements de rendement dans les récoltes qui varient depuis 15 jusqu'à 200 pour 100 par hectare. Nous ne saurions donc trop recommander aux propriétaires et aux fermiers l'adoption de ce moyen rapide d'augmenter la valeur productive de leurs terres [1].

Irrigations. — Si l'humidité surabondante du sol est nuisible à la végétation, la sécheresse ne lui est pas moins redoutable. Nous savons, en effet, que les végétaux ne peuvent pousser vigoureusement qu'autant que le sol renferme une certaine dose d'humidité qui facilite la germination des graines; elle hâte la décomposition des engrais; elle sert de véhicule aux matières nutritives, en les introduisant et en les faisant circuler dans les tissus des plantes; elle agit enfin en rendant le terrain plus perméable à l'air et aux jeunes racines.

C'est surtout pendant les chaleurs de l'été que le sol se dessèche outre mesure. Cet accident est d'autant plus redoutable à cette époque, que c'est le moment où les plantes ont le plus besoin d'absorber des principes aqueux par leurs racines, afin de réparer les pertes que leur fait éprouver l'évaporation qui se produit par toutes leurs parties vertes.

Il n'y a qu'un seul moyen de rappeler dans ces terrains l'humidité qui leur manque, c'est l'emploi des arrosements, qui, pratiqués sur une grande échelle, prennent le nom d'*irrigations*.

Nous pouvons donc dire que l'irrigation est une sorte d'arrosement en grand.

Partout, dit avec raison M. Puvis, les irrigations longtemps continuées modifient la nature du sol sur lequel on les conduit; les eaux, même les plus limpides, charrient toujours avec elles, pendant les pluies, des limons précieux et des sels terreux dissous qui, s'infiltrant dans le sol, finissent par améliorer sa nature. Aussi voit-on presque

[1] Nous renvoyons, pour plus de détails sur cette question, aux ouvrages spéciaux sur le drainage, et notamment au traité complet de M. Parral (*Drainage des terres arables*, 2e édition, 4 volumes in-18. Paris, 1856-1860. Librairie agricole de la Maison rustique, rue Jacob, 26).

tous les sols anciennement arrosés acquérir de la fertilité, à côté de terres de même nature, qui restent de la qualité la plus médiocre. Il y a là un important accroissement de valeur territoriale, et cette valeur une fois acquise se conserve presque indéfiniment.

La pratique des irrigations est donc éminemment utile ; mais, pour en obtenir tous les avantages désirables, il faut satisfaire à certaines conditions, que nous allons successivement passer en revue.

Conditions générales. — *Qualités des eaux.* Les eaux employées aux irrigations offrent entre elles des différences bien grandes : leur capacité fertilisante varie en raison des terrains qu'elles parcourent et des substances qu'elles entraînent.

Les *eaux qui s'écoulent des forêts, des marais tourbeux,* peuvent être considérées comme les moins favorables ; elles contiennent des principes acides et astringents nuisibles à la végétation. En outre, trop crues, trop froides, elles retardent la végétation au lieu de l'activer. On peut toutefois les améliorer en les laissant exposées au soleil dans des réservoirs, et en y ajoutant des matières fertilisantes.

Les *eaux ferrugineuses* doivent être aussi considérées comme peu propres aux irrigations, surtout lorsqu'elles contiennent en dissolution une quantité de fer telle, qu'il se dépose sur les plantes sous forme de poussière rouge.

En général, les eaux sont d'autant meilleures que, dans leur trajet, elles ont été plus longtemps exposées à l'influence de l'air; qu'elles ont parcouru des localités dont le sol était plus fertile; qu'enfin elles ont pu se charger d'une plus grande quantité de substances fertilisantes. C'est pour cette dernière cause que les eaux qui traversent les villes et les villages doivent être considérées comme les plus favorables pour les arrosements.

M. de Caumont a, le premier, démontré que la puissance fertilisante des eaux de rivières et de sources est relative à la nature des terrains qu'elle sont parcourus, et qu'elles produisent d'autant plus d'effet que les sols qu'elles arrosent diffèrent davantage par leur constitution minéralogique et chimique des terrains qui les fournissent.

Ainsi les rivières qui prennent leur source dans les terrains anciens sont toujours plus fertilisantes que celles qui ont traversé les bancs de calcaires jurassiques; jamais elles ne sont aussi limpides et leur température est, en général, un peu plus élevée. Elles tiennent en dissolution une quantité notable de potasse, qui produit sur les terrains calcaires, qui en manquent, des résultats remarquables. Les rivières provenant des couches calcaires, peu chargées de matières en suspension, paraissent favoriser sur les prés le développement des carex et des graminées maigres, peu nutritifs pour le bétail. Il est certain que

les prairies qu'elles arrosent sont bien inférieures à celles qui sont irriguées par les rivières qui sourdent des terrains anciens ou des terrains argilo-calcaires plus récents. Il est évident que ces derniers cours d'eau, transportant sur les terrains calcaires des parties provenant des terrains argilo-siliceux ou marneux, il y a, indépendamment de l'irrigation proprement dite, amendement des terres les unes par les autres. Il est encore évident que les eaux originaires des couches calcaires, peu favorables sur les sols de même nature, seraient plus propres que d'autres à fertiliser les prairies assises sur des terrains anciens non calcaires.

L'*eau de mer* mêlée à l'eau douce, comme cela a souvent lieu à l'embouchure des fleuves, est très-propre aux irrigations. On sait que le fourrage récolté dans ces localités est très-salutaire aux bestiaux, et que ceux-ci le mangent avec avidité.

Au surplus, il est toujours facile de s'assurer de la convenance des eaux, en examinant la végétation des bords des cours d'eau qu'elles alimentent. S'ils sont couverts d'une herbe vigoureuse et de bonne qualité, on peut être certain des bons effets de leur eau sur les prés.

Du climat. L'eau est d'autant plus nécessaire à la végétation et elle agit avec d'autant plus d'énergie sur le développement des plantes, que la température est plus élevée et la lumière plus intense. Lorsque l'action de ces deux agents se fait vivement sentir, les plantes perdent, par la transpiration aqueuse, une grande quantité d'humidité. D'un autre côté, les mêmes causes font que leur énergie vitale est stimulée, qu'elles prennent alors plus de développement, et s'assimilent une plus grande quantité de principes aqueux et salins.

Les irrigations sont donc plus indispensables dans le Midi de la France que dans le Centre; et dans le Nord elles seraient même souvent plus nuisibles qu'utiles, parce qu'elles surchargeraient les tissus des plantes d'une quantité d'humidité qui, ne pouvant pas être assimilée faute d'une température et d'une lumière suffisantes, nuirait à l'abondance et à la qualité des produits.

Choix des cultures à arroser. L'irrigation n'est pas non plus également avantageuse pour toutes les cultures. En général, elle a pour effet de faire développer une plus grande masse de tiges et de feuilles; mais elle nuit sensiblement à l'abondance des graines et même à la qualité de celles-ci. D'où il faut conclure qu'elle doit être réservée aux plantes cultivées seulement pour leurs feuilles et leurs tiges, comme les prairies naturelles et artificielles, et qu'on ne devra en user qu'exceptionnellement pour les plantes granifères, telles que les céréales, les légumineuses, les plantes oléagineuses, etc. Ce n'est que dans le Midi de la France que ces plantes en réclament les bienfaits.

Encore cette opération n'y est-elle pas non plus sans inconvénient, car on est obligé, chaque année, de détruire, en labourant le sol, une grande partie des travaux d'irrigation. De plus, les terres souffrent de cette pratique, soit par le tassement que leur fait éprouver la présence des eaux à la surface, soit par les ravinages que celles-ci exercent, et qui, déchaussant les céréales, exposent leurs racines aux ardeurs du soleil.

Ces diverses considérations font que, dans les contrées même où l'emploi de ces arrosements présente le plus d'avantages, on ne l'applique guère qu'aux prairies, et surtout aux prairies naturelles.

Nature du sol. Il n'est aucune espèce de terre, placée dans celles des conditions favorables que nous venons d'exposer, sur laquelle les irrigations ne produisent de bons résultats. Toutefois elles ne sont pas toutes également propices à cette opération. Les sols qui en retirent les plus grands avantages sont les plus perméables, ceux qui s'échauffent le plus facilement, tels que les sols sableux et calcaires. Les terres compactes, argileuses, conviennent moins. Elles reçoivent plus difficilement l'action de la chaleur nécessaire pour que l'eau produise un effet salutaire, et se chargent d'une trop grande quantité d'humidité, qui nuit à la végétation en refroidissant le sol outre mesure. Aussi les arrosements doivent-ils y durer moins longtemps, et l'intervalle laissé entre chaque arrosement doit-il être plus grand.

Par le mot *sol* nous entendons, non-seulement les couches superficielles, mais aussi et surtout le *sous-sol*, qui joue un rôle plus important peut-être que le sol arable lui-même. Avec un sous-sol perméable, une terre argileuse supportera sans inconvénient des arrosements réitérés et abondants, tandis qu'ils nuiraient aux terrains plus légers placés sur un sous-sol imperméable.

Quant aux terres tourbeuses situées dans une position sèche, elles réclament plus que toutes les autres les irrigations. Les arrosements doivent y être fréquents et de courte durée. Ils doivent se faire à grande eau, car on a remarqué que son passage rapide leur enlève une bonne partie de leurs principes acides et astringents.

Époques favorables aux irrigations. Comme les irrigations ont pour but principal de hâter la végétation en tempérant la chaleur excessive du sol et en le préservant de la sécheresse, c'est surtout pendant l'été qu'elles doivent être exécutées. On devra néanmoins choisir une autre époque lorsqu'on voudra profiter du moment où les eaux sont très-chargées de matières étrangères, de limons très-riches en principes fertilisants.

C'est surtout depuis l'automne jusqu'au printemps, époque des grandes pluies et des fontes de neige, que l'on peut profiter de cette

circonstance. D'ailleurs, si les eaux venaient à se troubler ainsi pendant l'été, lorsque les prairies sont couvertes de fourrages, on devrait renoncer à s'en servir, car elles déposeraient une poussière limoneuse sur les tiges des plantes, et rendraient ces fourrages dangereux pour les bestiaux.

Heure de la journée la plus convenable pour irriguer. L'heure de la journée influent aussi sur le résultat de l'irrigation. On a reconnu qu'il valait mieux l'effectuer le matin, ou mieux encore le soir. Pendant la chaleur du jour, l'eau fraîche répandue sur les plantes leur fait éprouver une transition trop brusque qui compromet leur vigueur.

Quantité d'eau nécessaire pour arroser. Jusqu'ici on n'a que des notions peu précises sur la quantité d'eau nécessaire pour arroser une étendue donnée de prairies. Il est assez difficile, en effet, d'apprécier non-seulement le volume, mais encore la vitesse d'un cours d'eau. D'ailleurs, cette quantité doit varier en raison de la température plus ou moins sèche du climat et de la plus ou moins grande perméabilité du sol. Néanmoins on peut, d'après M. Nadault de Buffon, l'évaluer approximativement pour un hectare de prairie dans le Midi de la France :

Par jour.	à.	86 m c 400
Pendant trente jours.	à	2,592 m c
Pendant six mois.	à	15,552 m c

Ce dernier volume, répandu sur la superficie d'un hectare, représente une couche de 1m 555. Une quantité moitié moindre est suffisante pour le Nord.

Conditions particulières. — Il est quelques conditions particulières sans le concours desquelles il devient impossible de faire usage des irrigations. Elles se résument dans la possibilité de faire arriver l'eau jusqu'au terrain à arroser, et dans la conformation de celui-ci.

Moyens de faire arriver l'eau jusqu'au terrain à arroser. Le point le plus important est la jouissance d'un cours d'eau ou d'une fraction de cours d'eau, situé plus haut que la prairie, à l'endroit où l'on veut le faire dériver sur cette dernière.

Si ce cours d'eau est un faible ruisseau favorablement placé par rapport au terrain à arroser, la prise d'eau pourra être effectuée au moyen d'un simple barrage en fascines, un bâtardeau temporaire, que l'on détruit et rétablit chaque fois qu'il en est besoin ; mais, si la prise d'eau doit se faire sur une rivière, on opère différemment.

Si l'on est propriétaire de la totalité de cette rivière, et que l'on ait besoin pour l'irrigation de tout son volume d'eau, le barrage comprend aussi toute sa largeur, sauf une vanne réservée au milieu (fig. 44). Si, au contraire, on ne peut disposer que du tiers de ce volume, ou que l'on n'ait besoin que de cette quantité, on construit un barrage partiel qui, naissant au-dessous du point où l'eau doit pénétrer dans la prairie, s'avance jusqu'au tiers environ de la largeur de la rivière (fig. 45).

Lorsqu'on ne peut établir la prise d'eau assez haut pour la conduire dans la partie supérieure du terrain à arroser, on élève le niveau de la rivière en donnant plus de hauteur au barrage complet (fig. 44), ou bien en rétrécissant davantage le lit de la rivière, et prolongeant le barrage partiel (fig. 45). Mais alors, si les bords de la ri-

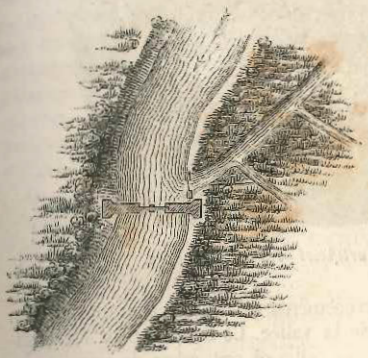

Fig. 44. *Barrage complet pour l'irrigation.*

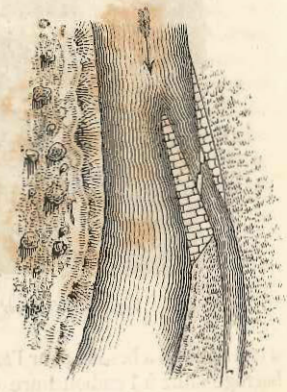

Fig. 45. *Barrage partiel pour l'irrigation.*

vière sont peu élevés, ces barrages peuvent donner lieu à des réclamations de la part des riverains supérieurs, que cet exhaussement inonde. Il devient alors nécessaire de construire des digues le long du cours d'eau.

Si ces moyens étaient insuffisants pour exhausser le niveau, il n'y aurait plus d'autre expédient que d'employer une machine hydraulique.

Moyens artificiels de se procurer de l'eau. Quand on ne peut disposer que d'un faible filet d'eau, il est souvent absorbé par les rigoles avant de parvenir jusqu'à l'herbe, et il fait dans tous les cas très-

peu d'effet. On remédie à cet inconvénient par un réservoir dans lequel on réunit cette eau.

Lorsqu'on est propriétaire d'une prairie privée de cours d'eau, mais située à l'embouchure étroite d'une vallée dont on possède les pentes, on peut y construire des rigoles destinées à réunir les eaux des pluies qui tombent dans les parties supérieures, et se procurer ainsi des arrosements en établissant un réservoir artificiel.

Ce réservoir (fig. 46), d'une dimension proportionnée au volume

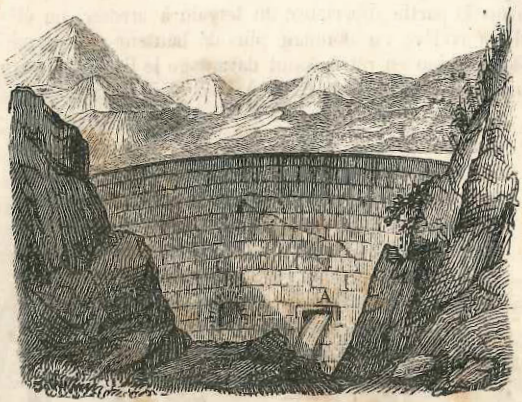

Fig. 46. *Réservoir artificiel pour les irrigations.*

d'eau dont on a besoin pour l'arrosement, est construit au moyen d'un barrage situé à l'embouchure de la vallée. Ce barrage peut être construit intérieurement en terres, si celles-ci ont assez de consistance pour ne permettre aucune infiltration. Ces terres doivent être disposées en talus du côté intérieur. La face extérieure est revêtue de pierres sèches, à l'exception des deux ouvertures A et B réservées à la base, et qui doivent être en maçonnerie cimentée.

Afin que ce barrage conserve quelque solidité, il doit présenter, à son sommet, une épaisseur égale à la moitié de sa hauteur totale, et la largeur de sa base doit égaler trois fois sa hauteur. En outre, sa paroi intérieure est bombée, tandis que l'extérieure est un peu concave.

La hauteur est calculée de manière que le sommet dépasse d'au moins 0^m 50 le niveau du plus grand volume d'eau qui pourra s'accumuler dans le réservoir. Il sera utile aussi de faire ce réservoir le

plus profond possible, afin que, l'eau présentant moins de surface, subisse moins de perte par l'évaporation.

Le réservoir dont nous donnons la figure ici est percé vers sa base de deux ouvertures fermées par des vannes : l'une (A) servant à l'irrigation, l'autre (B) destinée à enlever la vase.

Aperçu d'un système d'irrigation. — Après avoir jeté un coup d'œil sur les diverses circonstances qui rendent les irrigations profitables, et sur les conditions générales de leur pratique, donnons l'aperçu d'un *système d'irrigation*.

Ce système peut être très-simple ou très-compliqué, selon la proximité ou l'éloignement de l'eau, les facilités ou les difficultés des circonstances locales. L'absence de cours d'eau, et le pressant besoin d'irriguer, forcent parfois à amener les eaux de très-loin, au moyen de grands canaux. Ces canaux fertilisent, en les arrosant, des contrées entières, qui seraient condamnées sans cela à une stérilité complète. Le Midi de la France nous offre de nombreux exemples de ces travaux. Mais ces grandes entreprises exigent l'intervention du gouvernement. Elles ne peuvent, d'ailleurs, être dirigées que par des hommes spéciaux et nécessitent l'emploi de capitaux si considérables, qu'elles sortent du domaine de l'agriculture proprement dite. Nous ne parlerons donc ici que des irrigations qui peuvent être pratiquées par des propriétaires ruraux.

Le système d'irrigation comprend les travaux relatifs à la prise d'eau, à la disposition de la surface du sol à arroser, à la confection des divers canaux et rigoles, à la pose des vannes, des écluses. Nous venons d'examiner les travaux relatifs à la prise d'eau; étudions les dispositions de la surface du sol.

Il est de la plus grande importance, dans les irrigations, que l'eau qui a été répandue à la surface du sol s'en écoule facilement et ne séjourne pas dans les bas-fonds; car, dès qu'elle devient stagnante, elle favorise le développement des plantes de mauvaise qualité. De là, la nécessité indispensable de dresser préalablement, suivant une forme convenable, le terrain à arroser. Ce travail doit avoir pour résultat : 1° de faire arriver les eaux par des lignes culminantes; 2° de les répandre également sur les versants ou plans inclinés; 3° de faire que le surplus, la portion non absorbée, soit complétement recueilli par les canaux d'écoulement situés à la jonction inférieure des plans inclinés.

La disposition à donner à la surface du sol pour obtenir ces divers résultats varie en raison de la configuration naturelle du terrain. La configuration la plus avantageuse est une pente uniforme et suffisamment prononcée sur toute l'étendue du sol. Il suffit alors de régula-

riser cette pente, de combler les points plus bas (A, fig. 47) par des terres enlevées sur les points trop élevés (B), de telle sorte qu'il en résulte une surface parfaitement unie, suivant la ligne C, D. Lorsque

Fig. 47. *Coupe d'un terrain dont la pente est à régulariser.*

le terrain est horizontal, ou que la pente n'est pas suffisamment prononcée, il devient nécessaire de créer artificiellement des versants qui facilitent l'écoulement des eaux. A cet effet, on divise le terrain par planches qui en suivent la pente ; si celui-ci n'en présente aucune, on l'établit artificiellement pour chaque planche, en la faisant naître du point où l'eau d'irrigation pénètre sur la prairie. On enlève ensuite une certaine quantité de terre sur les côtés de ces planches, puis on la répand au milieu, de manière à obtenir sur chacune d'elles une double pente sur les deux côtés (fig. 48). Chacune de ces planches

Fig. 48. *Coupe de terrain disposé en planches pour l'irrigation.*
(Voir la fig. 50, qui indique le plan de celle-ci.)

présente, vers son point culminant (A), une rigole destinée à répandre l'eau de chaque côté, puis une autre rigole (B), à la base de chaque versant, laquelle recueille les eaux qui s'écoulent et les porte en dehors de la prairie.

L'inclinaison des versants varie entre 0m 001 et 0m 100 par mètre, suivant la nature plus ou moins consistante du terrain. Dans les sols très-légers et qui absorbent beaucoup d'eau, la pente doit être peu considérable, afin que l'eau y séjourne plus longtemps et qu'elle ne ravine pas la terre. Dans les terrains compactes, au contraire, ces versants doivent avoir plus de pente.

La largeur à donner à ces planches varie selon la nature du sol. Plus celui-ci est compacte, plus les planches peuvent être larges, parce que l'eau peut y parcourir un plus grand espace sans être absorbée. Dans les terres légères, très-avides d'eau, les planches doivent être moins larges. Dans le premier cas, cette largeur pourra être de 40 mètres, et dans le second de 8 mètres environ.

Toutes les fois qu'on opérera des travaux de terrassement pour donner au sol une configuration convenable, on commencera par enlever, sur les points où les travaux devront être exécutés, tout le gazon par plaques régulières; puis, lorsque les remblais et les déblais seront terminés, on replacera ce gazon en le comprimant suffisamment sur le sol. La surface se couvrira bien plus promptement d'une herbe de bonne qualité.

Les principaux canaux et les rigoles employés pour les irrigations sont : Le *canal de dérivation*, les *rigoles principales d'irrigation*, les *rigoles secondaires*, les *canaux de réunion*, les *rigoles d'égouttement*.

Le canal de dérivation (A, fig. 49) reçoit directement les eaux de la

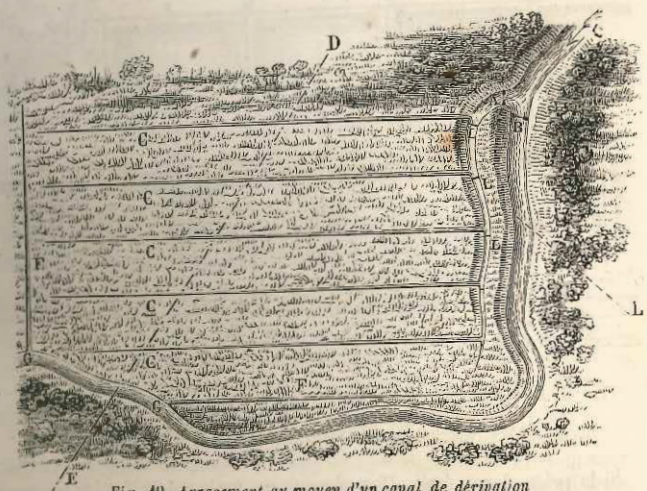

Fig. 49. *Arrosement au moyen d'un canal de dérivation*

rivière sur laquelle est établie la prise d'eau, et distribue cette eau dans les rigoles principales. Il y aurait inconvénient à ouvrir directement ces rigoles sur la rivière si le volume d'eau en était peu consi-

dérable : d'abord on ne serait pas maître de distribuer l'eau aussi régulièrement, ensuite il pourrait arriver que la rivière rompît la berge et vînt raviner la prairie.

Le canal de dérivation prend son origine immédiatement au-dessus du point où l'on a établi la vanne ou le barrage (B, fig. 49). On doit le diriger sur le terrain de manière qu'il puisse fournir des rigoles principales pour les différents points du sol. Les rives de ce canal devront être un peu plus hautes que le sol, afin qu'on puisse y élever l'eau au-dessus du niveau du terrain environnant, sans qu'elle se répande irrégulièrement de tous côtés.

Le canal de dérivation donne naissance aux rigoles principales d'irrigation (C, fig. 49). Ces rigoles doivent être, autant que possible, dirigées perpendiculairement à la pente générale du terrain, comme le montrent les fig. 49 et 50, dont la pente générale suit la ligne D, E.

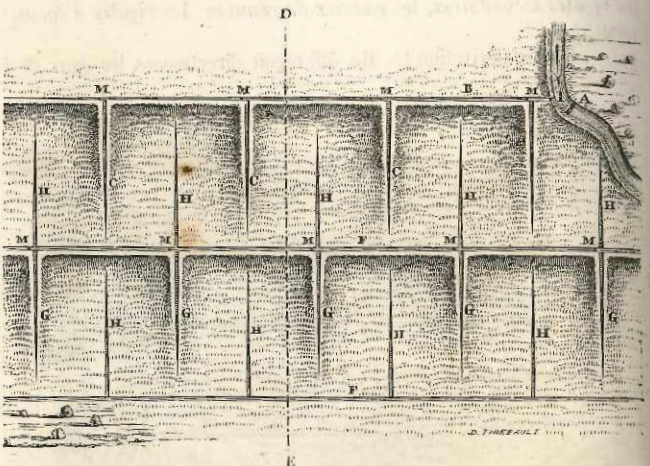

Fig. 50. *Arrosement par reprise d'eau.* (Voir la coupe verticale de ce terrain à la fig. 48.)

Si la prise d'eau était effectuée sur un petit ruisseau, on pourrait placer l'orifice des rigoles principales sur ce ruisseau même (B, fig. 48); il suffirait d'y établir un batardeau immédiatement au-dessous du point où ces rigoles prennent naissance.

Les rigoles secondaires (C, fig. 50) servent à distribuer les eaux

des rigoles principales sur tous les points qu'on veut arroser. Placées au sommet des planches bombées, elles sont dirigées suivant la pente générale du terrain et répandent l'eau sur les deux rampants.

Les rigoles secondaires ne font pas nécessairement partie du système d'irrigation. Lorsque le terrain présente une pente uniforme et suffisante pour faciliter l'écoulement des eaux jusqu'au point le plus bas, ce sont les rigoles principales qui déversent l'eau sur le sol (fig. 49).

La pente de ces canaux et rigoles doit être d'environ $0^m\,002$ par mètre. Elle suffit pour que les eaux circulent assez rapidement, sans raviner le fond de ces canaux, ce qui aurait lieu si l'inclinaison était plus considérable.

A mesure qu'ils s'éloignent de la prise d'eau, les canaux et rigoles doivent diminuer de largeur, pour que les eaux y conservent la même vitesse, quoique en diminuant de volume. La longueur de ces canaux et rigoles ne doit guère dépasser 20 mètres ; car, s'ils étaient plus longs, l'eau ne circulerait plus avec assez de vitesse vers les extrémités, et la prompte végétation des herbes ne tarderait pas à les obstruer.

Lorsque le terrain offre, dans le sens de sa pente, une largeur au-dessus de 20 mètres, on le divise de 20 en 20 mètres par un canal de la dimension des rigoles principales (F, fig. 50). On recueille dans chacun de ces canaux, dits de réunion, les eaux de chaque partie supérieure, puis on les distribue de nouveau sur la partie inférieure, à à l'aide de rigoles secondaires (G). On donne à ce mode d'irrigation le nom d'*arrosement par reprise d'eau*.

L'irrigation terminée, on enlève les eaux au moyen des rigoles d'écoulement (F, fig. 49, et H, fig. 50), on les reconduit dans leur lit naturel, ou on les fait passer sur d'autres terrains qui réclament également l'irrigation. De la promptitude de l'écoulement des eaux dépend en grande partie le succès de l'irrigation. C'est elle qui distingue des marais les terrains irrigués.

Les rigoles d écoulement devront donc être presque aussi multipliées que les rigoles d'irrigation, dont elles ne diffèrent qu'en ce que leur embouchure est dirigée vers le point le plus bas du sol.

Pour empêcher les eaux de se répandre dans les divers canaux et rigoles d'irrigation pendant le temps où l'on suspend les arrosements, ou pour élever les eaux sur certains points, et les forcer de pénétrer sur certaines parties où elles n'arriveraient pas sans cela, on emploie les vannes ou écluses.

La vanne la plus essentielle est celle qui doit exister à l'origine du canal de dérivation ou des rigoles principales (A, fig. 49 et fig. 50)

sur la rivière. Sans elle, la prairie pourrait être inondée par les crues d'eau subite, et, si cela arrivait lorsque les foins sont avancés et que les eaux sont chargées de limon, il en résulterait des dommages graves pour la récolte. Des vannes sont aussi placées à l'embouchure des rigoles d'écoulement sur la rivière (G, fig. 49). Elles ont pour effet d'empêcher l'eau de pénétrer sur la prairie lors des crues; on les lève pendant l'arrosement.

Sur le canal de dérivation, on doit encore placer de petites vannes immédiatement au-dessous de la prise d'eau de chaque rigole principale (L, 49), pour en régler la distribution.

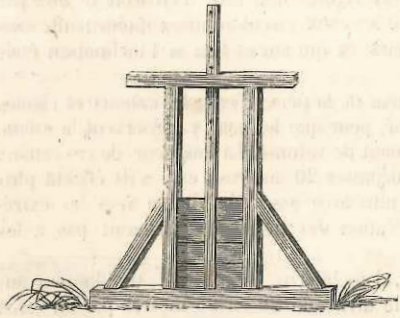

Fig. 51. *Vanne.*

On emploie, pour ces divers usages, plusieurs sortes de vannes; celle représentée par la fig. 51 est une des plus simples et des moins coûteuses.

Il est encore utile de placer, en tête de chaque rigole secondaire, sur les rigoles principales, de petits barrages. On en établit aussi immédiatement au-dessous de chacun des points où les rigoles secondaires prennent naissance sur les rigoles principales (M, fig. 50). Ces petits barrages peuvent être construits avec des gazons. Dans le Valais, on se sert d'une *vannelette* en tôle, fort commode, qu'on place et transporte facilement partout où il en est besoin (fig. 52).

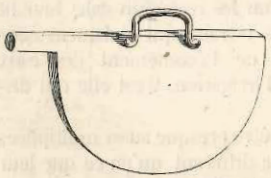

Fig. 52. *Vannelette du Valais.*

Différents modes d'arrosement. — On peut distinguer trois modes d'arrosement principaux :

L'*arrosement proprement dit*, l'*arrosement par submersion*, l'*arrosement par infiltration*.

Ce qui caractérise l'arrosement par irrigation, c'est que l'eau répandue à la surface du sol, sur une couche très-mince, n'y est jamais stagnante; elle y court avec une rapidité calculée de telle sorte que le terrain ne soit pas raviné. Cet arrosement a pour but unique de rendre au sol l'humidité qui lui manque. On choisit, pour l'appliquer, le moment où les eaux sont limpides.

Cet arrosement peut être répété à plusieurs époques de la végétation. Il est très-avantageux dans les printemps chauds et secs. Cette première opération peut durer dix à douze jours. Aussitôt que le sol est bien ressuyé, on donne une nouvelle irrigation qui dure trois jours, puis une troisième de deux jours, enfin la dernière d'un jour. Après chaque coupe, si le temps est sec, on pratique un nouvel arrosement qui dure deux ou trois jours.

L'arrosement par irrigation ne peut donner de résultats avantageux qu'à la condition qu'on répandra sur les prairies arrosées une quantité d'engrais plus considérable que celle qui serait nécessaire pour des prairies non irriguées. L'irrigation est, en effet, nécessairement épuisante pour le sol ; et cela de deux manières différentes : d'abord, elle provoque une production de matière végétale infiniment plus considérable que celle qui aurait lieu sans son influence : en second lieu, l'eau délaye le sol et le dépouille d'une partie de son humus.

Ce n'est donc pas seulement en fournissant aux plantes l'humidité dont elles ont besoin, que l'eau des irrigations détermine une plus grande production; c'est surtout en dissolvant les engrais et en transmettant aux racines des plantes les parties solubles disséminées dans le sol. Tout bon résultat exige donc le concours simultané de l'eau, des engrais, de la chaleur et de la lumière.

Pour répandre l'engrais, deux modes seront à employer, suivant l'origine de l'eau des arrosements. Lorsque cette eau proviendra d'un cours d'eau, d'une rivière, on répandra des engrais sur le sol vers la fin de l'hiver. On pourra cependant se dispenser de cette opération lorsque le cours d'eau, traversant un centre de population, s'y chargera suffisamment de débris organiques. Mais ce cas est extrêmement rare et tout à fait exceptionnel.

Lorsque les eaux d'arrosement proviennent d'un réservoir, on y répand des engrais très-solubles qui, se mêlant à l'eau, y sont avec elle également répartis sur le sol.

L'arrosement par submersion consiste à couvrir le terrain, sur toute son étendue, d'une couche d'eau plus ou moins stagnante et d'une certaine épaisseur. Le système des canaux et des rigoles dont nous avons parlé n'est pas nécessaire ici. Il suffit que le terrain n'offre pas de bas-fonds où l'eau pourrait croupir, et que l'ensemble de la surface soit à peu près horizontal, afin que l'on puisse inonder à la fois tous les points. La prairie doit, en outre, être entourée de petites digues au moins sur trois côtés, pour que l'eau puisse y être retenue.

Cette irrigation n'est employée que pour l'amélioration du sol. On choisit le moment où l'eau de la rivière est le plus chargée de limon, de matières organiques, de toutes les substances fertilisantes qu'elle

entraîne en ravinant les terres supérieures, afin que ces matières se déposent à la surface de la prairie et concourent à son amélioration.

Aussitôt que l'eau commence à s'éclaircir ou à se putréfier, ce qui se reconnaît à une légère écume blanche qui monte à la surface, on la fait écouler le plus promptement et surtout le plus complétement possible. Ce mode d'irrigation, auquel on a donné le nom spécial de *colmatage*, a une très-grande importance pour élever progressivement le niveau naturel du sol et transformer des marais ou des terrains composés seulement de cailloux roulés en excellentes prairies. Les rives de la Moselle, du Rhône et de plusieurs grandes rivières présentent de nombreux exemples de cette utile opération.

L'époque la plus favorable pour ces alluvions est de l'automne au printemps; il y aurait inconvénient à inonder les prés lorsque les herbes ont déjà acquis un certain développement.

L'arrosement par infiltration consiste à ne pas laisser l'eau s'élever, dans les rigoles d'arrosement, au-dessus de leurs bords, de telle façon qu'elle n'agisse sur le sol que par infiltration latérale. Cet arrosement, secondé par une haute température, donne d'excellents résultats, surtout dans les terrains légers, brûlants, très-perméables à l'eau, et particulièrement dans les marais nouvellement desséchés, où le sol est spongieux et demande une grande quantité d'eau pour suffire à la végétation.

Cette opération exige une conformation du sol à peu près horizontale, afin que les rigoles d'arrosement puissent porter l'eau sur tous les points. La distribution des rigoles ne diffère de celles employées pour l'arrosement par irrigation proprement dit que parce que les rigoles d'écoulement sont inutiles; les rigoles d'arrosement, principales et secondaires, sont plus profondes; elles sont aussi larges à leur embouchure qu'à leur extrémité; elles sont aussi plus multipliées.

Ce qui s'oppose quelquefois à l'emploi de cet arrosement, c'est que, pour le pratiquer convenablement, il faut avoir un grand volume d'eau à sa disposition; car, l'eau devant être maintenue à la même hauteur, dans les rigoles, souvent pendant plusieurs semaines, il s'en fait une grande déperdition, tant par l'absorption du sol que par l'évaporation.

La hauteur de l'eau dans les rigoles d'arrosement doit rester à $0^m 16$ environ au-dessous du niveau du terrain à arroser. Cette sorte d'irrigation exige aussi que le sol reçoive une plus grande quantité d'engrais que s'il n'était pas arrosé.

OPÉRATIONS POUR AMEUBLIR ET AÉRER LE SOL.

L'ameublissement du sol augmente sa fertilité en facilitant l'allon-

gement des racines; il permet aussi à l'air atmosphérique de pénétrer la couche cultivée, d'y stimuler l'action absorbante des racines et de hâter la décomposition des engrais.

Les opérations à l'aide desquelles on pratique l'ameublissement du sol sont les *labours*, les *hersages*, les *roulages* et les *binages*.

DES LABOURS EN GÉNÉRAL.

A l'action fondamentale des labours, qui est l'ameublissement du sol, s'en joignent d'autres d'un ordre secondaire : tels sont la destruction des plantes nuisibles; la possibilité de mélanger avec la surface une partie du sous-sol, lorsque celui-ci peut contribuer à améliorer le sol arable; l'enfouissement des engrais et des amendements.

L'effet des labours n'est pas seulement de déplacer latéralement la terre de manière à en désunir les particules, et à lui permettre d'absorber l'air et les gaz fertilisants; c'est encore de la remuer de telle sorte que les parties qui étaient placées au fond de la couche labourée soient ramenées à la surface, et celles de la surface replacées au fond. La couche superficielle, toujours plus fertile en raison de son exposition à l'air et de la décomposition, à sa surface, des matières organiques, se trouve ainsi mise en contact avec les racines des plantes, et la couche inférieure, privée depuis quelque temps du contact de l'air, vient réparer les pertes qu'elle a éprouvées sous l'action absorbante des racines.

Les instruments employés pour effectuer les labours ne remplissent pas tous également bien les conditions que nous venons d'indiquer; nous allons examiner le travail exécuté par chacun d'eux, ainsi que les circonstances où il devient utile de préférer l'un à l'autre.

Les labours sont pratiqués à l'aide de la *bêche*, de la *fourche*, de la *houe*, de la *charrue*. On tente, il est vrai, depuis quelques années, de remplacer la charrue proprement dite par des machines armées de pioches agissant alternativement. Telles sont les *piocheuses* et les *défonceuses* de MM. Barrat, Guibal de Castre, et Usher, d'Édimbourg. Mais ces machines sont encore trop imparfaites, et elles ne pourront réellement rendre les services qu'on en attend que lorsqu'on pourra labourer à la vapeur. Or nos expositions agricoles de ces dernières années n'ont rien montré qui puisse faire supposer que ce problème soit bientôt résolu. Nous n'avons donc pas, quant à présent, à nous occuper de ces machines.

Labour à la bêche. — La bêche se compose d'un fer à peu près rectangulaire, tranchant par sa partie inférieure, fixé à un manche en bois dont la longueur varie suivant la taille des ouvriers, mais qui

ne doit pas dépasser l'aisselle du bras. M. de Gasparin pense que le *ligo* des anciens était un instrument semblable au *liget* de nos provinces méridionales, dont on a fait par corruption *lichet*, *luchet*, *louchet*. Le mot *bêche*, consacré par l'usage des populations et des écrivains du Nord de la France, est plus moderne, mais il a prévalu.

La forme de la bêche n'est pas la même dans toutes les localités et pour tous les usages. Celles que nous indiquons fig. 53 peuvent suffire dans le plus grand nombre de cas.

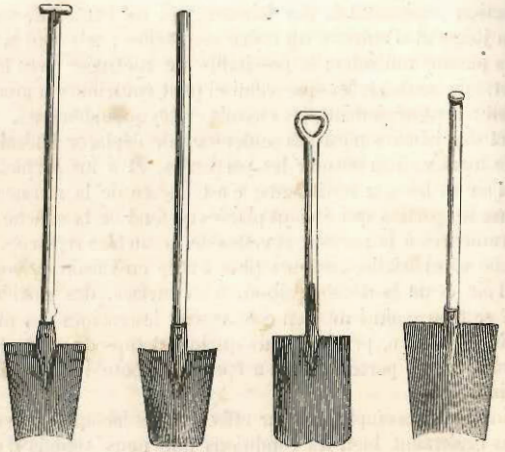

Fig. 53. *Principales sortes de bêches.*

De tous les moyens employés pour ameublir le sol, le labour à la bêche est celui qui remplit le plus parfaitement les conditions que nous venons d'exposer; mais aussi c'est le plus coûteux et le plus lent. Alors même qu'un bénéfice net plus considérable inviterait à y avoir recours, et que le cultivateur pourrait suffire aux avances qu'une telle opération nécessite, la population ne fournirait pas assez de bras pour l'effectuer sur de grandes étendues. C'est ce qui fait que ce labour n'est guère employé que pour la culture des jardins, ou pour la moyenne culture, dans les localités où le prix de la main-d'œuvre est peu élevé.

Voici, au surplus, en quoi consiste le labour à la bêche. On ouvre sur l'un des côtés du terrain à labourer une tranchée ou jauge transversale (A, fig. 54), dont la profondeur règle celle de tout le labour. La terre que l'on extrait de la jauge est portée en B, à l'extrémité opposée de la

pièce de terre, et sert à remplir la tranchée qui terminera le terrain labouré. Ceci fait, l'ouvrier coupe avec le fer de la bêche des tranches

Fig. 54. *Labour à la bêche.*

de terre (C) qu'il jette en face de lui dans la jauge, de telle façon que la partie superficielle de chaque tranche de terre soit placée au fond de la tranchée, et que la partie du fond soit ramenée à la surface. Tout en labourant, l'ouvrier doit briser les mottes et donner à la surface du terrain une direction horizontale. Enfin il extrait les racines des plantes traçantes.

Labour à la fourche. — La fourche (fig. 55) est composée d'un fer divisé en trois pointes ou dents égales, fixées à l'extrémité d'un manche semblable à celui de la bêche. L'espèce de fourche la plus convenable pour labourer est celle à dents plates dont nous donnons la figure (55).

Dans la Limagne d'Auvergne le labour est très-fréquemment exécuté à la fourche. Mais celle-ci ne présente que deux dents plates, ainsi que le montre la figure 56, A et B. Elles ont 0^{m} 03 de largeur et 0^{m} 33 de longueur.

Fig. 55. *Fourche à dents plates.*

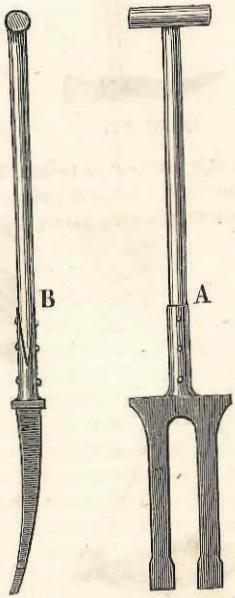

Fig. 56. *Bident d'Auvergne, ou bêche à barboules.*

Le travail de cet instrument est presque aussi parfait que celui de la bêche et s'exécute de la même manière. On préfère la fourche à la bêche pour labourer les terrains compactes qui ont acquis trop de dureté.

Labour à la houe. — Le manche de la houe présente 1 mètre au plus de longueur. Le fer change de forme suivant les besoins, et reçoit des noms différents.

Pour les terres caillouteuses et dures, on emploie le *pic* (fig. 57), qui

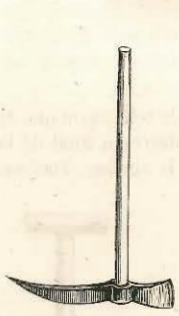

Fig. 57. *Pic.*

Fig. 58. *Pioche.*

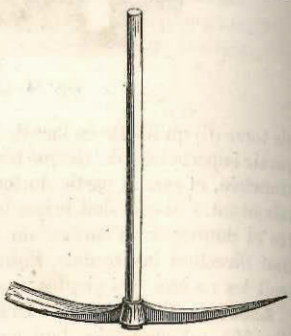

Fig. 59. *Tournée.*

n'agit que par sa pointe. Sur les terres compactes, durcies par la sécheresse, mais non pierreuses, on emploie la *pioche*, qui, au lieu d'une pointe, présente un fer déjà un peu élargi (fig. 58). Pour le cas où la terre est alternativement pierreuse et dure, on a un outil à double fin, qu'on appelle la *tournée* (fig. 59). Pour les terres de médiocre ténacité, on se sert d'un fer plus ou moins élargi : c'est la *houe* proprement dite (fig. 60).

Fig. 60. *Principales sortes de houes.*

Le labour à la houe ne diffère presque pas du bêchage, mais il s'exécute d'une autre manière. Après avoir ouvert une tranchée parallèle à la pente du terrain, l'ouvrier, tourné en face du terrain à labourer, enfonce l'instrument dans le sol, tire à lui la terre dans la tranchée, avance continuellement sur la partie du sol qu'il vient de labourer, et va par conséquent en avant, tandis que pour la bêche c'est le contraire.

Le travail de la houe n'a pas la même perfection que celui de la bêche ou de la fourche. La terre n'est pas retournée, elle n'est que

déplacée. Il entraîne, d'ailleurs, comme le bêchage, une grande lenteur, et, par conséquent, un prix de revient très-élevé. Aussi n'est-il pas non plus employé dans la grande culture.

Il est cependant quelques cas où la houe devient une nécessité : 1° pour pratiquer des labours ordinaires dans les terrains graveleux et trop en pente pour que la charrue y puisse fonctionner ; 2° pour effectuer le labour de défoncement, lors de la mise en culture d'un terrain trop caillouteux ou présentant assez de racines d'arbres pour gêner l'action de la charrue.

Ce dernier travail est pratiqué de la manière suivante : on ouvre, à l'extrémité du terrain, une tranchée transversale (B, fig. 61) dont la

Fig. 61. *Labour de défoncement à la houe.*

profondeur règle celle du défoncement entier. La longueur de cette tranchée est calculée sur le nombre d'ouvriers qu'on emploie à cette opération, chacun d'eux embrassant un espace de 2^{m} environ. Cette tranchée devra présenter une largeur de 2^{m}, soit de I en C, afin que les ouvriers ne soient pas gênés dans leurs mouvements. La terre qu'on en extrait est portée à l'extrémité opposée du terrain, en E, F, G, où elle est séparée en trois tas distincts : la couche de la surface, celle placée au-dessous, et celle du fond. Ces terres sont destinées à remplir la tranchée qui terminera le travail. Ceci fait, les ouvriers, placés dans la tranchée et tournés en face du terrain à défoncer, entament avec le pic ou la tournée une nouvelle tranche de terre large seulement d'un mètre, c'est-à-dire de C en D. Ils prennent d'abord le tiers seulement de l'épaisseur de cette nouvelle tranche, et extraient à mesure les pierres et les racines; puis, avec une pelle en fer, ils rangent la terre derrière eux, de H en B, de manière qu'elle n'occupe que la moitié de la largeur de la tranchée. Ils prennent ensuite le second tiers de l'épaisseur de la tranche, puis le troisième en opérant de la même manière. Cette première tranche ainsi déplacée, ils en attaquent une seconde de même étendue, de D en K, et ainsi de suite jusqu'à l'extrémité du terrain.

Il résulte de ce mode d'opérer qu'on obtient un travail aussi parfait qu'avec la bêche, c'est-à-dire que la terre se trouve retournée; celle du fond est ramenée à la surface, et celle de la surface est placée au fond.

Labour à la charrue. — Le labour à la charrue, moins parfait que

les trois précédents, est beaucoup plus économique et surtout beaucoup plus prompt : aussi est-il presque exclusivement employé dans la grande culture. Cette opération présente une telle importance, que nous devons entrer dans les développements nécessaires pour la faire bien apprécier. Nous allons d'abord examiner l'instrument propre à effectuer ce travail, puis nous étudierons les conditions d'un bon labour, indiquant l'espèce de charrue qui convient le mieux à chaque sorte de labour.

La charrue agit sur le sol en séparant et en détachant une bande de terre parallèle à la superficie, en la tranchant à la fois verticalement et horizontalement. Elle doit prendre cette bande de terre à sa gauche, et, en la retournant sur son propre axe, la renverser à sa droite de manière qu'elle soit, autant que possible, à la portée de l'action de la herse qui doit la briser et la pulvériser entièrement (fig. 62).

Fig. 62. *Tranches de terre renversées par la charrue.*

Ce triple effet de trancher la terre dans les deux sens, et de renverser cette tranche, s'obtient simultanément au moyen du *coutre*, du *soc* et du *versoir*. Ces trois organes doivent être considérés comme les parties constitutives de la charrue. Examinons-les donc, ainsi que celles qui ne sont qu'accessoires, et cherchons à reconnaître la forme et la disposition qu'il convient de leur donner pour en obtenir le plus facile et le plus complet effet.

Disons d'abord que les diverses sortes de charrues doivent être partagées en trois séries : les *charrues simples* ou *araires*, les *charrues composées* ou *à avant-train*, les *charrues polysocs*.

Des charrues simples ou araires. — L'araire des anciens s'éloignait peu de celui qui est encore en usage dans quelques parties du midi de la France, de l'Italie et en Afrique. Ainsi l'araire de Provence (fig. 63) se compose seulement d'un soc pointu (*b*) avec deux oreilles en bois, en forme de coin (*p*). Cet instrument ne coupe pas les bandes de terre verticalement, mais seulement horizontalement; le soc agit comme un coin, et ces bandes sont soulevées et détachées latéralement. D'un autre côté, elles ne sont ni tournées sur leur propre axe, ni renversées latéralement; elles sont seulement poussées sur les côtés par l'action des deux oreilles.

Depuis plusieurs siècles, on a reconnu l'imperfection de ce travail, et l'on s'est efforcé d'améliorer progressivement cet instrument.

Il en est résulté des araires dont la construction est telle, que les trois

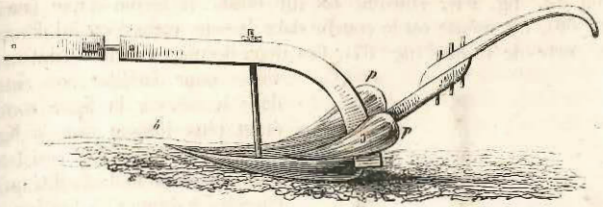

Fig. 63. *Araire de Provence.*

conditions principales indiquées plus haut sont complétement remplies. C'est de ces araires que nous allons nous occuper.

Les diverses parties qui composent la charrue simple ou araire sont au nombre de sept : le *coutre*, le *soc*, le *sep*, le *versoir* ou *oreille*, l'*age* ou *flèche* ou *haie*, les *manches*, le *régulateur*. Pour reconnaître ces divers organes, prenons comme exemple l'araire perfectionnée par Mathieu de Dombasle.

Le *coutre* (*g*, fig. 64) est une sorte de couteau adapté en avant du

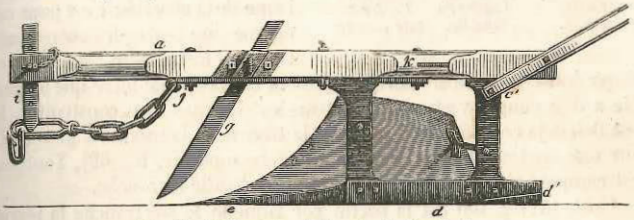

Fig. 64. *Côté gauche de l'araire de Dombasle.*

soc, à l'age de la charrue, pour fendre la terre et couper les racines. Cette partie est destinée à couper verticalement la tranche de terre qui doit être renversée après avoir été détachée horizontalement par le soc; il ouvre le passage à l'organe de la charrue qui le suit et qui est aligné directement avec lui. Le trou dans lequel la poignée du coutre est arrêtée est placé tantôt sur le côté de l'age où il est fixé à l'aide d'une vis de pression (*g*, fig 64), tantôt au milieu de cette pièce. Dans ce dernier cas, il ne peut pas s'aligner directement avec le côté gauche de la charrue; il se trouve placé trop à droite et ne fraye pas aussi bien qu'il le devrait le chemin que doit suivre le corps de la charrue. Pour éviter cet inconvénient, les coutres fixés au milieu de l'épaisseur de l'age sont coudés autant qu'il le faut pour que leur lame se trouve assez rapprochée du côté gauche (fig. 65).

On donne au coutre des formes très-variées. Quelquefois on le fait droit (*g*, fig. 64); souvent on lui donne la forme d'une faucille (fig. 66), ou même on le courbe dans le sens opposé en lui donnant une sorte de ventre (fig. 67). Ces deux dernières formes sont mauvaises pour faciliter son entrée dans le sol, car la ligne courbe étant plus longue que la ligne droite, elle offre une résistance plus considérable. La facilité qu'on cherche à donner à l'action du coutre en le courbant est atteinte bien plus facilement lorsqu'on l'incline en avançant sa pointe (*g*, fig. 64); car il est reconnu qu'un coutre tranche mieux lorsqu'il agit en biais, quoique toujours dans la ligne de son mouvement.

Fig. 65. *Coutre coudé.*

Fig. 66. *Coutre en faucille.*

Fig. 67. *Coutre à lame courbe.*

Le *soc* (*e*, fig. 68, 69 et 70) est l'âme de la charrue; c'est pour cet organe que toutes les autres parties de l'instrument sont faites et disposées. Le soc sépare horizontalement la tranche de terre que le coutre a déjà coupée verticalement. Dans les charrues bien construites, le soc doit déjà commencer à soulever la tranche et la conduire au versoir sur une surface oblique, mais non interrompue (*e*, fig. 69). Tout soc est composé de deux parties : l'*aile* et la *douille* ou *souche*.

L'*aile* (A, fig. 68) est la partie par laquelle le soc tranche la terre. La forme de l'aile varie un peu; la plus convenable est celle qui se rapproche d'un triangle rectangle. Du côté gauche de la charrue, elle est alignée avec le coutre et le corps de l'instrument. Elle n'est pas tranchante de ce côté, mais le coutre, fixé vis-à-vis de la pointe, lui ouvre le passage. L'autre côté de l'aile, celui qui est en biais, est acéré et tranchant. Il s'éloigne du côté gauche par un angle d'environ 45°.

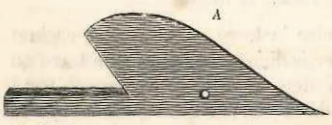

Fig. 68. *Soc.*

La partie postérieure de l'aile doit être égale à la largeur de la tranche de terre qu'on veut renverser. S'il en était autrement, le versoir, dont l'action succède à celle du soc, rencontrerait une résistance trop considérable.

La *douille* ou *souche* (B, fig. 68) sert à fixer le soc au corps de la charrue. Sa forme et la manière de l'attacher sont très-variées.

Un soc bien formé, non-seulement sépare horizontalement la tranche de terre du sol, mais il doit encore la soulever. Il faut qu'il forme avec le versoir une surface unie qui s'élève obliquement sur le côté. L'aile du soc est elle-même convexe et s'élève en se rapprochant du côté gauche. Il faut que la douille n'interrompe pas cette élévation, mais au contraire qu'elle la continue, en servant à la jonction du soc avec le versoir, de manière que nulle irrégularité ne rompe l'uniformité qui doit exister depuis la pointe du soc jusqu'à la partie postérieure du versoir. Le fer du soc doit être de bonne qualité, afin de résister aux efforts qu'il fait pour ouvrir la terre; sa pointe ainsi que ses ailes exigent un très-bon acier.

Le *sep* (*d*, fig. 69) souvent en bois, sert à assujettir ensemble les diverses pièces dans leur partie inférieure. Il glisse au fond du sillon en appuyant à sa gauche contre la terre non remuée. Il fixe la partie inférieure des deux pièces *c c'*, auxquelles on donne le nom d'*étançons*. Il reçoit aussi, à sa partie antérieure, la souche ou douille du soc (*e*, fig. 64 et 69). Le sep doit avoir deux côtés très-unis, celui de dessous et celui de gauche, lesquels se réunissent en formant un angle droit. On donne le nom de *talon* à la partie postérieure du sep (*d'*, fig. 64).

Lorsque le sep est en bois, il doit être garni de bandes de fer sur la face inférieure et sur la face gauche. Les frottements sont ainsi moins considérables et l'usure moins prompte. Ces deux faces ne doivent pas être tout à fait plates, mais bien un peu concaves, afin de donner plus d'assiette à la charrue.

Le *versoir* ou *oreille* (*f*, fig. 69 et 70) est cette partie qui carac-

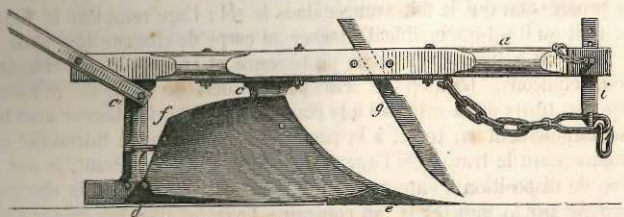

Fig. 69. *Côté droit de l'araire de Dombasle.*

térise la charrue proprement dite et qui la distingue des autres instruments destinés à cultiver la terre. Cet organe ne se place le plus souvent que d'un seul côté de la charrue, à droite. Primitivement, l'oreille de la charrue se composait d'une planche droite (*f*, fig. 69), s'écartant obliquement de la partie postérieure de la charrue, et poussant la

terre sur le côté, mais sans la retourner. Dans les charrues perfectionnées, on a amélioré l'oreille en la contournant (*f*, fig. 70) de telle

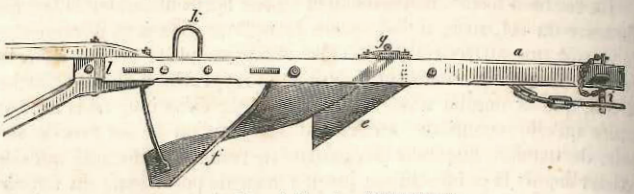

Fig. 70. *Plan de l'avaire de Dombasle.*

sorte que l'instrument, débarrassé plus tôt du poids de la terre, est singulièrement allégé dans sa marche. D'un autre côté, au moyen de cette courbure, la tranche de terre, en passant sur le soc et le versoir, est élevée et tournée sur son axe propre, de sorte que, le mouvement étant déjà fait à moitié, la tranche, qui touche à peine la charrue, est entraînée du côté opposé par son propre poids, et n'a plus besoin que d'une légère action de la pointe postérieure du versoir pour être renversée complétement. Le versoir est maintenu à l'aide de deux arcs-boutants, l'un fixé sur l'étançon postérieur, l'autre sur l'étançon antérieur.

Quand les versoirs sont en bois, ils doivent être recouverts d'une plaque de tôle qui diminue les frottements et la rapidité de l'usure. Les versoirs en fonte sont d'un meilleur usage, et surtout beaucoup plus durables.

L'*age*, appelé aussi *flèche, haie* ou *perche* (*a*, fig. 64, 69 et 70), est l'intermédiaire par lequel le corps de la charrue reçoit le mouvement de progression qui le fait avancer dans le sol ; l'age remplace la ligne de trait qu'il est impossible d'attacher au corps de charrue lui-même.

L'age est assujetti à la partie postérieure et antérieure à l'aide des deux étançons. L'union de ces parties doit se faire de manière que, les traits étant attachés à la place convenable, la charrue marche horizontalement en terre, à la profondeur où elle a été introduite en commençant le travail. Si l'age est trop relevé sur le devant, le soc a trop de disposition à entrer en terre, et l'on dit alors que la charrue *marche sur la pointe;* si, au contraire, l'age est trop bas, le soc a de la tendance à sortir de terre.

La longueur de l'age varie beaucoup. Plus il est long, plus la charrue a une marche régulière, parce que la plus petite déviation du soc en opère une grande à l'extrémité de l'age. Mais aussi cette augmentation de longueur diminue la force de l'age ; on doit donc augmenter son épaisseur à mesure que l'on augmente sa longueur.

Les *manches* (*c'*, fig. 64, 69 et 70) sont ces pièces à l'aide desquelles le laboureur introduit sa charrue dans le sol et en corrige les déviations. Les manches ne doivent pas servir à diriger la charrue, puisque, si elle est bien faite, elle doit suivre d'elle-même la marche qui lui est tracée; mais, lorsqu'elle rencontre un obstacle extraordinaire et éprouve, sur l'une ou l'autre de ses parties, une pression qui la fait dévier de sa ligne, c'est l'affaire du laboureur de lui rendre immédiatement sa position. Il ne doit jamais abandonner les manches, mais il ne doit pas non plus y employer aucune force ni opérer aucune pression inutiles. La longueur des manches varie selon la force de la charrue et la hauteur de son conducteur. Elle est ordinairement de 1^{m} 24. L'écartement des branches est de 0^{m} 50 à 0^{m} 60 à leur extrémité.

Le *régulateur* (*i*, fig. 64, 69 et 70) est destiné à faire varier, suivant les besoins, le degré de profondeur du labour et la largeur des tranches de terre. Ce double résultat est atteint à l'aide de deux parties différentes du régulateur. Pour régler la profondeur du labour, il suffit d'élever ou d'abaisser le point où les traits sont attachés à l'extrémité de l'age. Dans l'araire perfectionnée de Dombasle, on produit cet effet au moyen d'une branche verticale (*m*, fig. 71 et 72) qui glisse

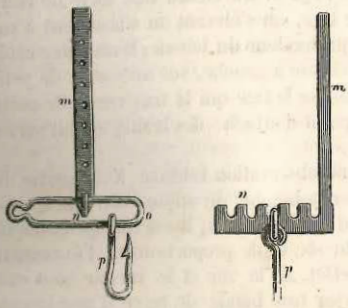

Fig. 71. *Détail du régulateur de l'araire de Dombasle.*

Fig. 72. *Détail du régulateur de l'araire de Dombasle.*

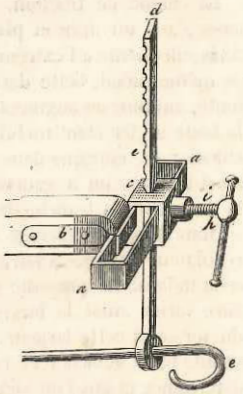

Fig. 73. *Détail du régulateur perfectionné de l'araire de Dombasle.*

dans une mortaise à l'extrémité antérieure de l'age. Cette branche verticale, qui supporte les traits à sa partie inférieure, peut être élevée ou abaissée à volonté. On la maintient dans une position fixe au moyen d'un boulon qu'on passe dans l'un des trous dont elle est munie. On

conçoit qu'en abaissant le point d'attache des traits on diminuera la profondeur du labour, puisqu'on donnera à la pointe du soc une tendance à sortir de terre; au contraire, en élevant davantage ce point d'attache, on exercera une sorte de pression sur la pointe du soc et on le forcera à piquer davantage.

Quant à la largeur de la tranche de terre, on l'augmente ou on la diminue, en portant le point d'attache des traits plus à droite ou plus à gauche de la charrue. Le même régulateur de Dombasle donne très-facilement ce résultat. Ainsi, à la base de la tige verticale du régulateur se trouve une tige horizontale disposée en crémaillère (*n*, fig. 71 et 72). Un anneau allongé (*o*, fig. 71) de la chaîne *p* qui sert de trait s'engage dans les dents de cette crémaillère et s'y maintient de lui-même. On comprend qu'en reportant cet anneau à la dernière dent à droite de la crémaillère, on forcera le soc à appuyer plus fortement contre la terre non remuée, et à s'y engager davantage. Au contraire, en plaçant cet anneau à la dernière dent à gauche, la pointe du soc s'éloignera de ce même côté et prendra une tranche de terre très-étroite.

Plus tard, Mathieu de Dombasle a perfectionné ce régulateur, en lui faisant subir les modifications suivantes.

La chaîne de traction, remplacée par une tige en fer (*e*, fig. 73), passe dans un anneau placé à la base d'une autre tige verticale (*d*), fixée elle-même à l'extrémité de l'age et traversant une sorte de boîte de même métal. Cette dernière tige, en s'élevant ou s'abaissant à volonté, diminue ou augmente la profondeur du labour. D'un autre côté, la boîte en fer étant mobile, de droite à gauche, sur une sorte de petit châssis, elle entraîne dans sa course la tige qui la traverse; elle porte ainsi à droite ou à gauche le point d'attache des traits, et fait varier la largeur de la tranche de terre.

Nous devons présenter ici une observation relative à la partie du régulateur destinée à faire varier la largeur du sillon. Afin que le procédé indiqué ne présente pas d'inconvénients, il est indispensable de faire varier aussi la largeur du soc et de proportionner l'évasement du versoir à cette largeur. En effet, si le soc et le versoir sont construits pour détacher et renverser une bande de terre d'une largeur déterminée et que l'on vienne à augmenter cette largeur au moyen du régulateur, il arrivera que, d'une part, les sillons étant plus larges que le soc, le versoir agira comme un coin sur la terre non détachée, et, de l'autre, l'évasement du versoir n'étant pas assez considérable, les tranches de terre seront mal renversées. Il résultera de ces deux causes un travail défectueux et des frottements qui augmenteront le tirage. Nous appelons l'attention des praticiens sur cette condition importante.

Pour terminer ce qui a trait au mode de construction des araires,

disons un mot du point où la puissance de traction doit être le plus convenablement placée. On a reconnu que le centre de résistance qu'éprouve la charrue dans son action est à la face supérieure du soc, vers sa partie antérieure en *c* (fig. 74), et que cette résistance suit une

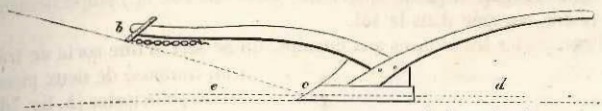

Fig. 74. *Point où la puissance de traction doit être fixée sur la charrue.*

ligne droite (*d. e*) parallèle au fond du sillon. La force de traction devrait donc agir dans une direction parallèle à la ligne de résistance, c'est-à-dire de *c* en *e;* mais, comme par sa taille l'animal que l'on emploie au labour ne peut exercer qu'un tirage plus ou moins oblique, la ligne de tirage, au lieu d'agir parallèlement au sol, en suivant la direction *c. e*, forme un angle plus ou moins aigu avec l'horizon en suivant la direction *c. a*. Il résulte de cette obliquité une décomposition de la force motrice, laquelle subit une perte proportionnelle à l'ouverture de l'angle que forme la ligne de tirage avec l'horizon. Ce qu'il y a surtout de fâcheux dans cette décomposition de la force motrice, c'est qu'une quantité s'en trouve employée à soulever la partie antérieure de l'instrument, de sorte que l'animal supporte sur les épaules ou sur la nuque un poids égal au quart de la force nécessaire au tirage, en même temps qu'il doit se porter en avant : le moteur devient ainsi tout à la fois bête de trait et bête de somme.

Ainsi qu'on le voit, le point où l'on a fixé la force de traction sur la charrue présente un grave inconvénient; mais cela était inévitable en raison de la nature même du moteur employé. Ce qu'il importe, c'est de faire que le point de l'age où les traits sont fixés rencontre en *b* (fig. 74) la ligne de tirage *c. a*, de telle sorte que la charrue puisse être maintenue dans le sol à une profondeur convenable. Fixé

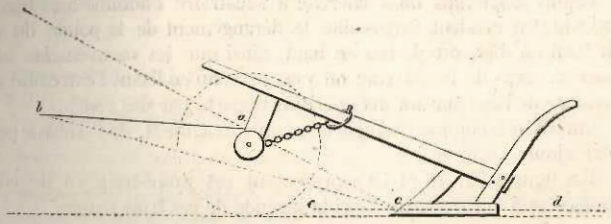

Fig. 75. *Point où la puissance de traction doit être fixée sur la charrue.*

plus haut, comme en *a* (fig. 75), il formerait un nouvel angle avec

l'épaule ou la nuque du moteur en *b* et le point de résistance en *c*, et la ligne de traction, tendant à se réunir à la ligne *c*. *b*, déterminerait une pression sur le devant de la charrue, qui piquerait alors trop profondément. Si, au contraire, les traits étaient attachés trop bas, ils soulèveraient la partie antérieure de la charrue et l'empêcheraient de rester engagée dans le sol.

Pour porter les araires aux champs, on se sert d'une sorte de traîneau composé de deux pièces de bois principales (A, fig. 76), arrondies à leur extrémité antérieure et sur lesquelles glisse le traîneau. Elles sont réunies au moyen de trois traverses. La face supérieure reçoit, en outre, deux pièces verticales (B et C), à l'aide desquelles on fixe l'instrument en engageant le sommet de la pièce B dans une sorte d'œillet placé au côté gauche de la charrue (*k*, fig. 70).

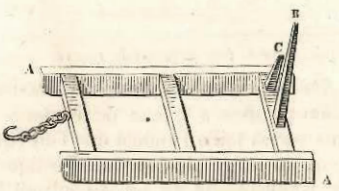

Fig. 76. Traîneau pour conduire les araires aux champs.

Des charrues composées ou à avant-train. — Nous venons de voir qu'il résulte du point où la force de traction est placée sur la charrue, que celle-ci, quelque bien montée qu'elle soit, a une tendance naturelle à sortir de terre. C'est le laboureur qui remédie à cet inconvénient, en soulevant légèrement les manches pour maintenir la pointe du soc dans une position horizontale. D'un autre côté, les pierres, les racines, la ténacité variable du sol, lui font éprouver à chaque instant des pressions plus ou moins considérables qui la font dévier de la direction à suivre ; c'est encore le laboureur qui doit la maintenir de manière qu'elle résiste à ces divers efforts ; une partie notable de sa force est donc nécessaire pour faire fonctionner convenablement les charrues simples ou araires.

Depuis longtemps on a cherché à soustraire l'homme à ce travail fatigant, en rendant impossible le dérangement de la pointe du soc de haut en bas, ou de bas en haut, ainsi que les mouvements latéraux du corps de la charrue; on y est parvenu en fixant l'extrémité antérieure de l'age sur un *avant-train* supporté par des roues.

Choisissons comme exemple celui qu'a imaginé M. de Dombasle pour être ajouté à son araire.

Les figures 77, 78 et 79 représentent cet avant-train vu de côté, de face et à vol d'oiseau. Voici la légende de ces trois figures :

a. Age de l'araire de Dombasle. (Voir la fig. 64.)
j. Crochet fixé à l'extrémité d'une bande de fer qui garnit la face inférieure de

l'age. A ce crochet s'adapte la chaîne *k*, liant l'avant-train à la charrue, et sur laquelle se fait le tirage.

l. Goujon faisant partie de l'avant-train.

m, *m*. Pitons placés sur l'age. Dans ces pitons s'emmanche le goujon *l*, qui y glisse et tourne librement.

n. Boîte à coulisse glissant sur la traverse *n'*. et s'y fixant au moyen d'une vis

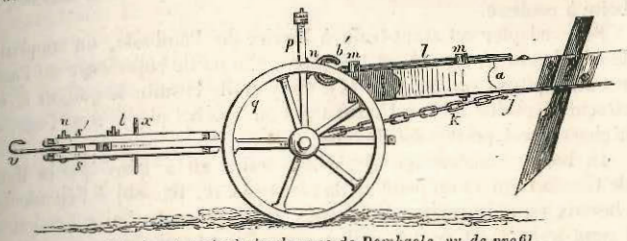

Fig. 77. *Avant-train de la charrue de Dombasle, vu de profil.*

de pression *a'*. Cette boîte à coulisse est liée au goujon *l* de manière à former avec ce dernier un genou *b'* pouvant se ployer dans tous les sens, ce qui permet de faire subir aisément à la charrue tous les mouvements nécessaires.

n'. Traverse supportant la boîte à coulisse. Cette traverse glisse dans un sens vertical le long des montants *pp*, et se fixe à volonté sur ces derniers au moyen de chevilles en fer.

x'. Traverse consolidant les montants *pp*.

s, *s'*. Deux branches formant la chape.

t. Boulon formant l'axe de la chape.

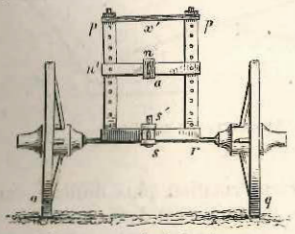

Fig. 78. *Avant-train de la charrue de Dombasle, vu de face.*

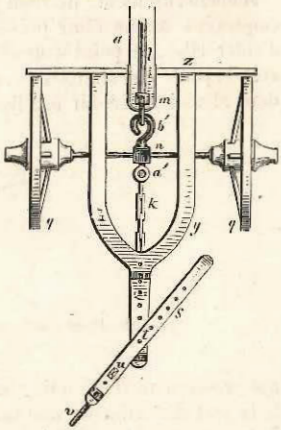

Fig. 79. *Avant-train de la charrue de Dombasle, vu en plan.*

u. Boulon formant l'axe du crochet.

v. Crochet qui reçoit la volée.

x. Broche en fer servant à fixer la chape à droite ou à gauche, selon le besoin.

y. Les armons liés à la chape au moyen de l'axe *t*.

z. Traverse consolidant les branches d'armons.

q. Rouelles en fer.

r. Essieu aussi en fer.

Telle est la construction de l'avant-train imaginé par Mathieu de Dombasle. Quant aux moyens de changer la largeur ou la profondeur du labour, il suffit de faire varier à droite ou à gauche la boîte à coulisse *n*, où est fixée l'extrémité antérieure de l'age; pour la profondeur, il suffit d'élever ou d'abaisser la traverse *n'*, sur laquelle est attachée la boîte à coulisse.

Pour adapter cet avant-train à l'araire de Dombasle, on supprime le régulateur (*i*, fig. 64) et l'on place, à la partie supérieure de l'age, les deux pitons (*m*, *m*, fig. 77). On y enfile ensuite le goujon *l*, on attache la chaîne fixée à l'avant-train au crochet placé sous l'age, et la charrue est prête à fonctionner.

La bonne construction des avant-trains gît à faire que la ligne de traction qui va du point de la résistance (*c*, fig. 80) à l'épaule des chevaux ou à la nuque des bœufs, en *b*, rencontre en *a* l'essieu de l'avant-train. C'est ce qui a lieu pour l'avant-train que nous venons de décrire. Il résulte de cette disposition qu'il n'y a pas de décomposition de la force motrice.

Malheureusement, un bien petit nombre des charrues à avant-train employées aujourd'hui présentent cette perfection; dans beaucoup d'entre elles, le point d'attache placé en *a* (fig. 80) forme un angle avec l'épaule des chevaux *b* et le point de résistance *c*. Les traits tendent alors à se réunir à la ligne droite *c*, *b*, et exercent sur les roues

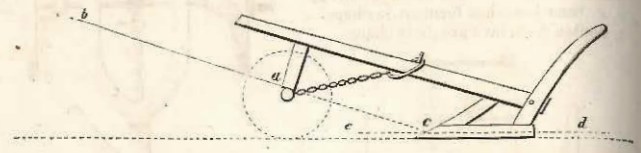

Fig. 80. *Point d'attache pour les charrues à avant-train.*

une pression verticale qui, rendant leur rotation plus difficile, exige de la part des animaux une notable augmentation d'efforts.

Avantages et inconvénients des araires et des charrues à avant-train. Après avoir beaucoup parlé des avantages qu'ont sur les araires les charrues à avant-train, on a fini par reconnaître la supériorité de l'araire, mais sans cependant proscrire entièrement l'avant-train, qui devient nécessaire dans beaucoup de circonstances que nous allons indiquer.

Le principal avantage de l'araire, c'est qu'entre les mains d'un laboureur intelligent et habitué à la diriger, elle accomplit, avec moins de

forces, autant de travail qu'avec l'avant-train, et qu'elle laboure aussi bien. Mais, à côté de cet avantage, se placent quelques inconvénients dépendant, les uns, de circonstances qui lui sont étrangères, les autres, de circonstances qui lui sont inhérentes. Ainsi elle exige, de la part du laboureur, plus de soin, d'attention et d'intelligence que les charrues à avant-train. En outre, toute simple qu'elle paraisse, elle est soumise, dans sa construction, à des règles beaucoup plus compliquées qu'on ne serait tenté de le croire au premier coup d'œil. Il est difficile de la faire confectionner, et même réparer par les charrons de campagne. Enfin, la pratique a découvert qu'il est très-difficile de faire avec elle un labour superficiel un peu correct. Engagée peu profondément dans le sol, les pressions inégales qu'elle éprouve à chaque pas la font dévier à tout instant; dans les sols tenaces, s'ils sont labourés un peu humides, la terre qui s'attache à ses diverses parties tend constamment à la rejeter hors de la raie.

Les charrues à avant-train les mieux construites ne décomposent pas plus que l'araire la force motrice; mais elles exigent plus de tirage, en raison du poids de l'avant-train, du frottement de l'essieu sur les roues, et de celles-ci sur le sol. C'est là leur principal inconvénient. L'avant-train a surtout pour avantage de ramener invinciblement la pointe du soc dans sa direction, et de corriger ainsi les déviations déterminées par les pressions latérales ou par le tirage oblique des moteurs. Ces résultats sont dus à la position fixe de l'extrémité antérieure de l'age sur l'avant-train. La conduite de la charrue en est beaucoup plus facile et devient surtout moins fatigante pour l'homme, qui, avec l'araire, est obligé de corriger ces déviations à l'aide des manches, qu'il ne doit pas quitter et sur lesquels il doit exercer une action presque continue.

Enfin, la position fixe de l'age sur l'avant-train permet de faire fonctionner une charrue mal construite presque aussi bien qu'une bonne; il est vrai que la première augmente la résistance, à cause de la diversité des tendances qu'elle subit, et exige par conséquent une plus grande force motrice; mais cet inconvénient est en partie compensé par la possibilité de se servir d'instruments qui, construits dans les campagnes, manquent surtout de la précision nécessaire.

En résumé, toutes les fois qu'on aura affaire à des laboureurs adroits, intelligents, et offrant surtout de la bonne volonté, on devra préférer l'araire pour les labours profonds, ainsi que pour les labours ordinaires, lorsque le terrain ne sera pas trop compacte.

Dans le cas contraire, on devra préférer la charrue à avant-train.

Des charrues polysocs. — Si l'un des principaux avantages de l'avant-train des charrues est de corriger leurs déviations, l'on n'est

Investigación y Tecnología Agroalimentaria D.G.A.

cependant pas encore arrivé à faire disparaître cet inconvénient d'une

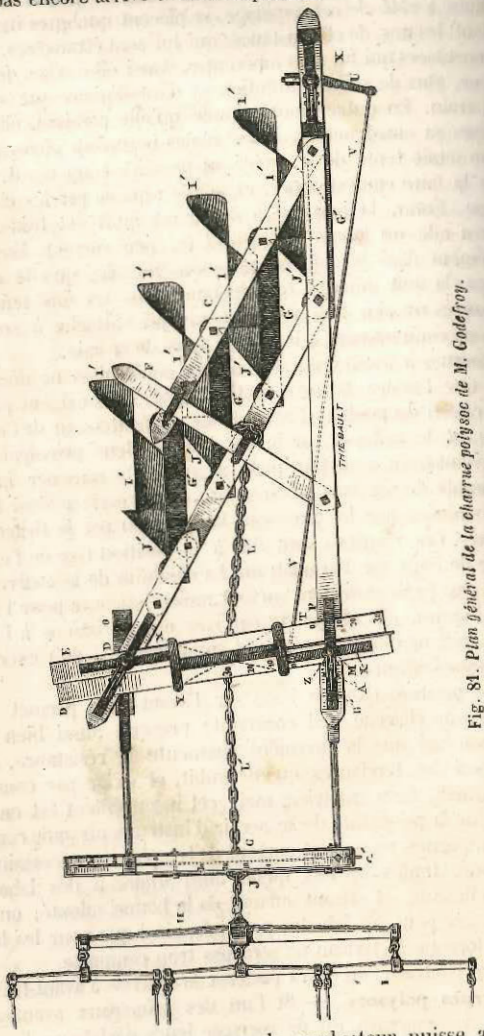

Fig. 81. *Plan général de la charrue polysoc de M. Godefroy.*

manière assez complète pour que le conducteur puisse abandonner

impunément les manches de la charrue, et s'occuper uniquement de diriger l'attelage. La fatigue qu'il éprouve est certainement moins grande qu'avec l'araire, mais il doit encore dépenser une certaine quantité de force pour suppléer à l'insuffisance qu'éprouve l'avant-train à maintenir l'instrument dans une direction convenable.

On a tenté de résoudre plus complétement ce problème en employant simultanément plusieurs socs accouplés, qui, ne rencontrant pas tous ensemble les mêmes accidents de terrain, compensent leurs irrégularités l'une par l'autre. On a donné à ces instruments le nom de *charrues polysocs*. Construites de manière à effectuer le même labour que les charrues isolées, elles déchargent le laboureur de toute intervention d'intelligence ou de force. Il n'a plus qu'à conduire l'attelage, et son labour présente plus de régularité qu'avec les charrues isolées

Un grand nombre d'essais infructueux ont été tentés dans ce sens. Une seule charrue polysoc remplit jusqu'à présent ces diverses conditions, c'est celle qui a été imaginée

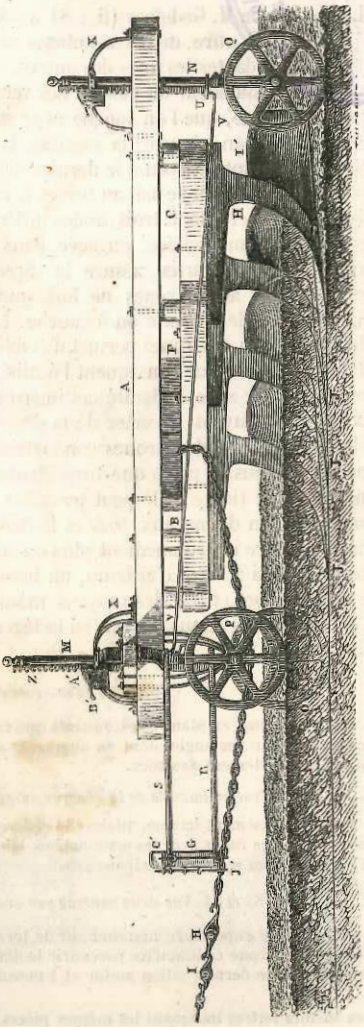

Fig. 82. *Élévation latérale.*

par M. Godefroy. Nous en empruntons la description à M. de Gasparin.

Le polysoc de M. Godefroy (fig. 81 à 84) est une véritable machine de précision. Il offre divers avantages par la combinaison des trois roues, indépendantes les unes des autres, et pouvant s'élever et s'abaisser selon la profondeur du labour. Les versoirs jettent la terre à droite; la première roue, que l'on appelle *roue supérieure*, marche à gauche sur le terrain non labouré; la seconde, la *roue conductrice*, placée à droite et en avant, parcourt le dernier sillon fait, et la roue suivante parcourt le sillon qui se fait au fur et à mesure qu'il est ouvert. Ces trois roues suivent donc trois traces différentes, mais parallèles entre elles. La roue conductrice, engagée dans le sillon déjà ouvert et ne pouvant pas s'en écarter, assure la direction invariable de l'instrument; les deux autres roues ne font que le soutenir. Ainsi plus de déviation possible à droite ou à gauche. La facilité que l'on trouve à régler l'élévation des roues permet d'établir la parfaite horizontalité de tout le système, et par conséquent l'égalité d'entrure des socs. Un seul laboureur dirige sans difficulté cet instrument en conduisant les chevaux, qui ne peuvent s'écarter de la direction, contraints qu'ils sont par la résistance des deux roues conductrices et de la suivante. La machine n'a pas plus de poids que trois charrues, et n'exige pas une plus grande force de tirage. Elle peut travailler à toute profondeur, selon la largeur qu'on donne aux socs et la hauteur des versoirs; on peut lui faire prendre instantanément plus ou moins d'entrure et la retirer de terre, ce qui a lieu, d'ailleurs, au bout de chaque sillon, le tout sans aucun effort et par des moyens mécaniques très-simples; enfin elle est très-solide. Nous plaçons ici la légende des différentes vues de cet instrument [1] :

Fig. 81. *Plan général.*

La charrue forme, en plan, par les points que représentent ses trois roues, une espèce de triangle rectangle, dont on augmente ou diminue le petit côté, selon qu'on varie l'écartement des socs.

Fig. 82. *Élévation latérale de la charrue du côté du terrain non labouré.*

On reconnaît aisément ici que, malgré la différence horizontale de la ligne de parcours d'une des roues avec les deux autres, la charrue conserve son horizontalité à l'égard de ses agents principaux ou de ses pièces d'action sur la terre.

Fig. 83 *et* 84. *Vue de la charrue par devant et par derrière.*

On voit la roue supérieure marcher sur le terrain non labouré et être suivie d'un des socs; la roue conductrice parcourir le dernier sillon fait, et la roue suivante parcourir le dernier sillon au fur et à mesure qu'il se fait.

[1] Les mêmes lettres indiquent les mêmes pièces dans les quatre figures.

Légende pour les quatre figures.

A. Flèche du maitre-age, toutes les pièces de l'appareil venant y aboutir.
B. Grandes branches du parallélogramme formant porte-soc.

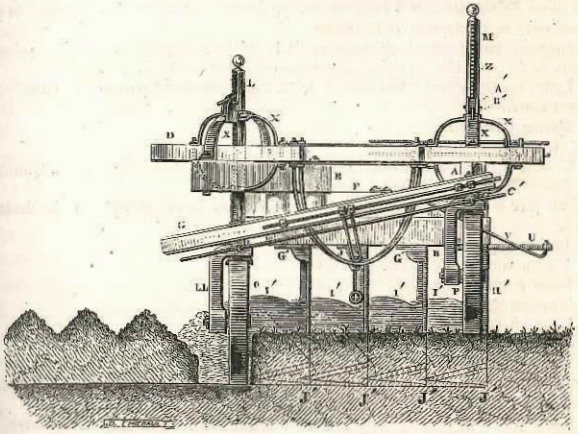

Fig. 83. *Vue par devant.*

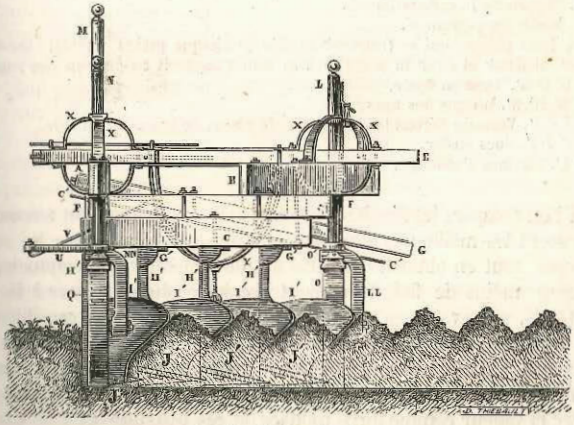

Fig. 84. *Vue par derrière.*

C. Petite branche du porte-soc.
D. E. Pièces de bois fixées par l'une de leurs extrémités : la première à l'essieu

vertical de la roue supérieure qui la traverse, et l'autre à l'essieu de la roue conductrice qui la traverse également. Ces pièces, libres à leurs autres extrémités, sont contiguës l'une à l'autre et glissent l'une contre l'autre en sens opposé. Elles sont ceintes, sans être serrées, par le double collier du régulateur de la chaîne d'attelage, qui glisse lui-même sur elles.

Ces deux pièces servent à rapprocher ou éloigner, comme à maintenir au point où l'on veut le porte-soc de la flèche.

F. Support qui, partant de dessous de la flèche à laquelle il adhère, passe au-dessous de la première branche du porte-soc pour soutenir la seconde.

G. Épars ou traverses s'allongeant ou se raccourcissant au moyen d'une vis *fixe* à écrou *mobile*.

H. Maître palonnier.

I. I. I. Petits palonniers.

J. Vis *fixe* à écrou *mobile* réglant l'écartement des deux branches du timon.

L. Essieu vertical de la roue conductrice.

G'. Vis *fixe* à écrou *mobile* faisant aller et venir le régulateur de la chaîne de tirage.

M. Essieu vertical de la roue supérieure.

N. Essieu vertical de la roue suivante.

O. Roue conductrice.

P. Roue supérieure.

Q. Roue suivante.

R. Timon de la roue conductrice.

S. Timon de la roue supérieure.

Ces deux timons sont mus par leurs extrémités antérieures au moyen de l'épars.

V. Bielle qui met les trois roues en communication et les rend solidaires.

Y. Régulateur de la chaîne d'attelage.

Z. Crémaillère longeant l'essieu M.

A'. Pignon de la crémaillère L.

B'. Déclic du pignon A'.

Ces trois pièces, qui se trouvent auprès de chaque essieu vertical, servent à élever, abaisser et fixer au point où l'on veut l'appareil au-dessous des roues.

G' G' G' G'. Ages en fonte.

H' H' H' H'. Gorges des ages.

I' I' I' I'. Versoirs hélicoïdes (en forme de vis ou de limaçon) en tôle.

J' J' J' J'. Socs en fer.

L' L'. Chaînes d'attelage.

Si l'on compare les résultats obtenus avec cet instrument à ceux que procurent les meilleures charrues à avant-train, l'avantage lui reste, puisque, tout en obtenant un travail plus régulier, le conducteur y éprouve moins de fatigue et peut conduire plusieurs socs à la fois. Toutefois, ses avantages principaux n'apparaîtront bien sensiblement que dans les grandes exploitations, où l'on a souvent besoin de faire fonctionner simultanément plusieurs charrues sur un même champ, pour hâter le travail, et surtout lorsqu'on sera parvenu à pouvoir employer la vapeur comme force motrice de ces instruments.

Conditions générales d'une bonne charrue. — Les trois sortes de charrues que nous venons de décrire sont des exemples que nous avons choisis pour faire connaître les différents systèmes que l'on a

adoptés pour la construction de cet instrument. Chacun de ces modes de construction renferme un grand nombre de charrues, qui varient dans leurs formes, suivant les usages locaux ou la nature du travail que l'on veut pratiquer. Nous indiquerons le choix à faire parmi les diverses sortes de charrues du même système, en traitant des principales espèces de labour.

Pour résumer, nous dirons qu'une charrue doit présenter les qualités suivantes : 1° que le laboureur n'ait pas besoin d'aide, c'est-à-dire qu'il puisse conduire en même temps et le soc et l'attelage; 2° que la charrue soit d'une construction simple, et composée des seules pièces nécessaires; 3° que l'attelage soit composé du plus petit nombre de bêtes possible; 4° que le soc soit plat et tranchant, toute autre forme rencontrant une résistance nuisible; 5° que l'oreille ou versoir soit disposée de manière qu'elle nettoie parfaitement le fond de la raie, et range la terre sur le côté; 6° que le labour soit tout à la fois d'une profondeur convenable et le plus étroit possible; 7° que la charrue obéisse avec précision à celui qui la conduit.

Conditions générales d'un bon labour à la charrue. — Les principales conditions qui influent sur la qualité des labours à la charrue sont : 1° la profondeur de la tranche de terre renversée par la charrue; 2° sa largeur; 3° son inclinaison ou degré de renversement; 4° la direction des raies; 5° la forme du labour, c'est-à-dire la conformation de la surface labourée; 6° l'état d'humidité ou de sécheresse du sol.

Profondeur de la tranche de terre renversée par la charrue. — En général, les labours profonds augmentent la quantité des récoltes, car les plantes, serrées les unes contre les autres, comme cela a presque toujours lieu dans la grande culture, tendent à s'étendre en profondeur. Si elles rencontrent un sol meuble et fertile, elles prennent beaucoup d'accroissement, et le développement de la tige suit la même progresssion; mais, si la couche de terre est dure et stérile, leur développement vertical s'arrête, et, comme elles ne peuvent pas non plus s'étendre latéralement à cause des plantes voisines, leur végétation reste languissante.

D'ailleurs, dans les terrains labourés profondément, les plantes souffrent beaucoup moins de la sécheresse, et dans les terres exposées à l'humidité elles se ressentent moins de cette influence nuisible, parce que, la terre étant ameublie à une grande profondeur, cette humidité surabondante descend au-dessous du point occupé par les racines.

Au surplus, les labours ne doivent pas tous avoir la même profondeur. Celle-ci est déterminée par la nature des récoltes qui doivent suivre ce labour, et par l'état et la nature du sol. Plus les plantes que

l'on cultivera auront de tendance à enfoncer profondément leurs racines, plus les labours devront être profonds. Ainsi, pour les plantes fourragères à racines pivotantes, telles que la luzerne, qui enfonce sa racine à plus d'un mètre (A, fig. 85), il serait utile de pouvoir effectuer

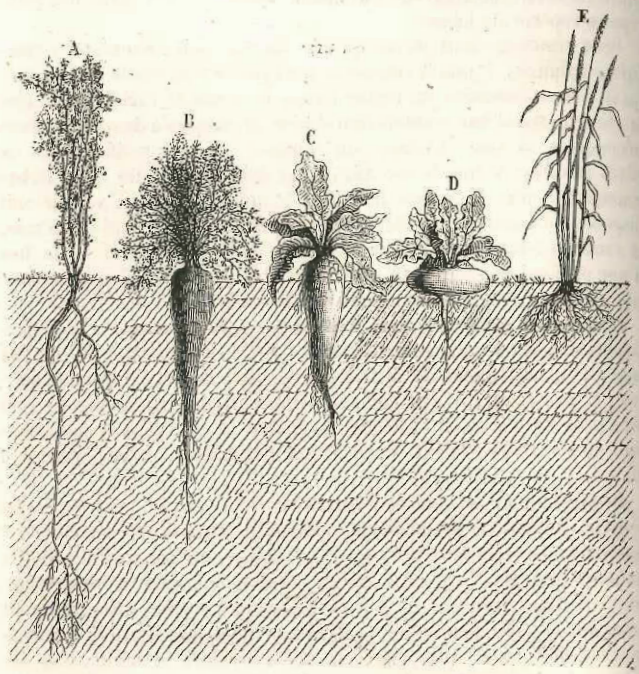

Fig. 85. *Longueur des racines de quelques plantes agricoles.*

des labours qui atteignissent cette profondeur. Il en serait de même pour la carotte (B), qui pénètre souvent à plus de $0^m.60$. Pour la betterave (C), on pourrait se contenter de $0^m.45$. Pour les raves et navets (D), $0^m.30$ seraient suffisants. Enfin, pour les céréales (E), dont les racines ne dépassent guère une profondeur de $0^m.20$, on pourra ne pas aller au delà de ce degré de profondeur. Les plantes à racines pivotantes ne devant reparaître sur le même sol qu'après quelques années d'intervalle, tous les quatre ans, par exemple, et cet in-

tervalle étant consacré à la culture de plantes à racines plus superficielles, on ne doit donner qu'un seul labour très-profond pendant chaque rotation des récoltes : les diverses parties de la couche de terre sont ainsi successivement ramenées à la surface, et y reçoivent l'influence fertilisante de l'air et des engrais.

L'état et la nature du sol influent aussi sur le degré de profondeur. Si l'on opère sur un terrain qui n'a pas encore été cultivé, il faudra lui donner tout d'abord un labour profond avant qu'il soit propre à la culture des diverses récoltes qui doivent s'y succéder. D'un autre côté, si un sol déjà cultivé n'offre qu'une couche de terre labourée de 0m.20 d'épaisseur, mais qu'au-dessous de cette couche il existe un sous-sol impropre à la végétation, les labours les plus profonds ne devront pas dépasser cette limite ; ou bien l'on se contentera, à l'aide de procédés particuliers que nous décrirons plus loin, d'ameublir une partie de ce sous-sol sans le ramener à la surface ; dans ces deux circonstances, on cultivera préférablement une série de plantes dont les racines aient peu de tendance à s'enfoncer dans le sol. Si, au contraire, au-dessous de la couche déjà cultivée, il s'en trouve une autre d'une nature telle, que, mélangée avec la couche supérieure, elle augmente sa fertilité, ou qu'elle augmente seulement la masse du sol arable sans nuire à sa qualité, il y aura tout avantage à faire un labour profond.

Considérés au point de vue de leur profondeur, les labours à la charrue peuvent être divisés en trois sortes : les *labours de défoncement*, les *labours ordinaires*, les *labours superficiels*.

On nomme labours de défoncement les labours qui ramènent à la surface une partie de la couche du sous-sol, c'est-à-dire de celle qui n'a pas encore été cultivée ou qui ne l'est qu'à des époques éloignées. On donne le même nom aux labours destinés à ameublir seulement une partie du sous-sol sans le ramener à la surface.

D'après ce que nous avons dit déjà de l'influence sur la fertilité du sol des labours en général, et en particulier des labours profonds, il est facile de se rendre compte de l'efficacité des défoncements. Cette opération est le meilleur moyen de détruire les plantes vivaces à racines traçantes et profondes, telles que les fougères, les chardons, etc. Elle permet, en outre, d'améliorer souvent la couche superficielle en y mélangeant une partie du sous-sol. Citons comme exemple le fait suivant :

Il existe dans le pays de Bray (Seine-Inférieure), de vastes étendues de bruyères incultes dont on défriche une partie chaque année. A la surface, on rencontre d'abord une petite couche de tourbe, qui recouvre un banc sableux d'une épaisseur moyenne de 0m.32. Au-dessous de ce sable, une argile imperméable transforme ces bruyères en

marais. Si l'on se contentait de labourer ces bruyères à la profondeur de 0m.20, par exemple, on n'en obtiendrait que de chétifs produits, car la couche cultivée, formée presque uniquement de sable, serait exposée à la sécheresse pendant les chaleurs de l'été, tandis que, la couche imperméable s'opposant à l'écoulement des eaux de la surface, ce même terrain serait, en quelque sorte, submergé par les pluies abondantes de l'automne et de l'hiver. En pratiquant, au contraire, un défoncement progressif que l'on conduit jusqu'à la profondeur de 0m.40 à 0m 50, on mélange une partie de la couche argileuse avec le sable de la surface. Les couches cultivées, devenues plus consistantes, retiennent une plus grande quantité d'humidité et se dessèchent moins pendant l'été, tandis que l'enlèvement d'une partie de la couche imperméable force les eaux surabondantes à descendre plus bas et les éloigne de la portée des racines.

Mais, si les défoncements présentent de grands avantages, ce n'est qu'à condition qu'on les exécute avec prudence et qu'on y emploie les procédés les plus convenables; car ils nécessitent des avances de fonds assez importantes, et peuvent, s'ils sont mal pratiqués, occasionner des pertes considérables.

La première condition à remplir est de s'assurer de la nature du sous-sol, afin de juger si, mélangé avec les couches superficielles, il n'en viciera pas la composition élémentaire. Cet examen indique si l'on doit ramener une partie du sous-sol à la surface, ou se contenter de l'ameublir sans le déplacer.

On doit aussi se rendre parfaitement compte de la dépense à laquelle donnera lieu cette opération, ainsi que de l'augmentation qu'elle pourra déterminer dans le rendement des récoltes, afin de juger de son degré d'utilité. Le seul moyen d'obtenir ces données d'une manière exacte, consiste à opérer d'abord sur une petite fraction de terrain.

Même quand on est assuré de la possibilité de mélanger utilement une partie du sous-sol avec le sol arable, on n'opère le défoncement que progressivement, car la couche du sous-sol que l'on ramène ainsi à la surface ayant été privée jusque-là de l'influence de l'air et ne contenant presque aucune trace de sucs nutritifs, est toujours, quelle que soit sa composition élémentaire, d'une stérilité plus ou moins grande. Si donc on ramenait par un seul labour à la surface du sol 0m 16, par exemple, d'une pareille terre, il faudrait d'abord y consacrer une dose considérable d'engrais, ce qu'on ne pourrait faire souvent qu'au détriment des autres terrains. Encore, cette terre resterait-elle d'une fertilité médiocre jusqu'à ce qu'elle ait été suffisamment aérée, ce qui n'a lieu souvent qu'au bout de deux ou trois ans.

Ainsi, la première année, on n'entamera le sous-sol qu'à la profon-

deur de 0m.04; puis, afin que les récoltes ne souffrent pas de cette opération, on augmentera la dose d'engrais dans le rapport de l'épaisseur de la couche de terre vierge ramenée à la surface, et l'on choisira, pour cultiver sur ce terrain, des plantes dont les racines s'enfoncent profondément, telles que la betterave, la carotte, les pommes de terre, etc. Il en résultera que cette petite quantité de terre vierge s'aérera promptement à la surface du sol; qu'elle profitera des engrais qui, cette année-là, auront été répandus en plus grande quantité; qu'enfin, elle sera mélangée facilement avec la terre, ordinairement cultivée, à l'aide des nombreuses façons qu'exigent les plantes dont nous venons de parler. Les céréales qui viendront ensuite ne souffriront donc nullement de cette opération. Après trois ou quatre ans, au moment où ces mêmes plantes à racines profondes devront revenir sur le même sol, on recommencera la même opération, et ainsi de suite, jusqu'à ce que l'on ait donné au sol cultivé une profondeur convenable, c'est-à-dire 0m.45 à 0m.50. C'est à l'aide de pareils défoncements que l'on peut, en augmentant progressivement l'épaisseur de la couche fertile du sol, doubler, en peu d'années, le rendement habituel des récoltes.

Ce que nous venons de dire s'applique au défoncement des terrains incultes, ou qui n'ont pas encore été cultivés à une profondeur suffisante; mais, dès que l'on a atteint ce degré de profondeur, le labour profond ne doit reparaître que tous les 4 ou 5 ans; et, comme il n'a plus pour effet de ramener dès terres vierges à la surface, on l'effectue tout d'abord à la profondeur voulue. D'ailleurs, pour éviter l'influence fâcheuse qui pourrait en résulter pour la culture des plantes à racines superficielles, on fume davantage cette année-là, et l'on choisit, pour faire le défoncement, l'année où les plantes à racines pivotantes doivent reparaître sur le terrain.

L'espèce de charrue la plus convenable pour effectuer ces labours de défoncement varie suivant la manière dont le travail doit être fait.

Pour les défoncements progressifs, on peut employer les instruments ordinaires tant que le labour ne dépasse pas la profondeur de 0m.20. Mais, dès que celui-ci va au delà, ils deviennent insuffisants. S'il s'agit de labourer le sol à la profondeur de 0m.40 à 0m.50, en ramenant la couche inférieure à la surface, on peut employer trois procédés différents. Le premier consiste à se servir d'une charrue dont la puissance soit telle, qu'on puisse pratiquer ce labour d'un seul coup. Parmi les diverses charrues à avant-train perfectionnées, celle de M. Rosé, mécanicien à Paris (fig. 86 et 87), offre, à résultats égaux, la moins grande résistance.

A la seule inspection de la figure, on peut juger que cet instrument

est construit de manière à agir comme araire ou comme charrue à avant-train. En effet, si l'on supprime, par la pensée, les deux roues,

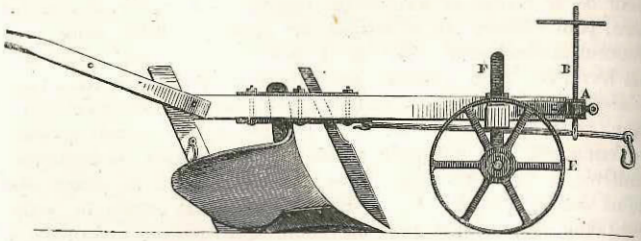

Fig. 86. *Côté droit de la charrue Rosé.*

on voit une araire avec son double régulateur horizontal (A) et vertical (B), disposés de telle sorte qu'on peut facilement régler l'entrure et la largeur de la raie. Chaque roue (EE), portée sur une tige (FF) percée de trous, peut s'abaisser ou s'élever en même temps que sa voisine, de manière à faire piquer plus ou moins la charrue, ou se mouvoir indépendamment de l'autre, afin de maintenir le parallélisme de l'instrument dans les terrains en pente. Chacune de ces tiges est maintenue à la hauteur désirée par un simple verrou (D) fixé dans le

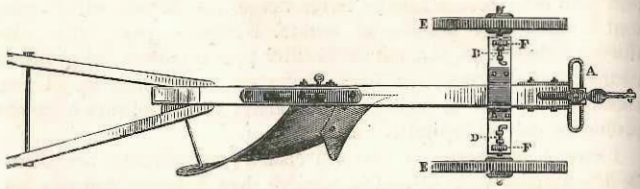

Fig. 87. *Plan de la charrue Rosé.*

châssis qui unit le support à l'age. Le coutre, incliné dans une mortaise percée au milieu de l'age, est maintenu dans sa position par une vis de pression adaptée à la gauche de l'age; le soc, fixé par deux écrous seulement, peut s'enlever et se remettre avec une très-grande facilité, ainsi que le versoir et même le sep. Tout le corps est en fonte.

M. Rosé a adopté quatre modèles de grandeurs différentes : le premier, du prix de 44 fr. sans avant-train, et de 74 fr. avec avant-train; le deuxième, de 54 ou de 84 fr.; le troisième, de 60 ou de

90 fr.; le quatrième, de 75 ou de 105 fr. C'est ce dernier modèle qu'on devra choisir pour le défoncement.

Lorsqu'on aura affaire à des ouvriers adroits, intelligents, et surtout ayant de la bonne volonté, on trouvera de l'avantage à supprimer l'avant-train de cette charrue, car il est une cause de déperdition de la force motrice.

On pourra employer avec le même succès l'araire de M. de Dombasle (fig. 64). On choisira de préférence celle construite à Grignon, où elle a subi quelques améliorations. On fabrique trois modèles de cette charrue; le premier est trop faible; c'est le troisième que l'on adoptera. Ces charrues exigent la force de dix chevaux. Trois hommes sont nécessaires, l'un pour conduire le soc, le second qui s'occupe de l'attelage, le troisième qui veille à débarrasser la charrue des obstacles qu'elle pourrait rencontrer. Cet attelage pourra labourer environ 25 ares de terre par jour.

Le deuxième procédé consiste dans l'emploi d'une charrue à double soc, construite de telle sorte que le soc postérieur est placé à un niveau inférieur à celui de devant. L'un des meilleurs instruments construits dans ce but est celui de Morton (fig. 88).

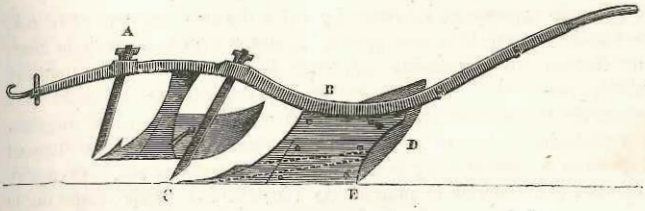

Fig. 80. *Côté gauche de la charrue Morton.*

Il se compose de deux parties (A et B), dont la seconde pénètre de 0^{m}.10 à 0^{m}.16 plus profondément que la première. Celle-ci (A) soulève le sol à la profondeur de 0^{m}.15, et le retourne dans le sillon plus ou moins profond ouvert par la partie B, laquelle peut atteindre jusqu'à la profondeur de 0^{m}.40. Le long de son versoir s'élève un plan incliné, indiqué dans la figure par une double ligne ponctuée, qui s'étend de la partie postérieure de la lame du soc (C) jusqu'à la partie postérieure du versoir (D), où elle se termine à environ 0^{m}.16 au-dessus du niveau du sep (E). Par suite de cette disposition, la terre soulevée du fond du sillon glisse obliquement, de bas en haut, et se trouve renversée sur le sommet de la bande formée par l'avant-corps (A). Cette charrue exige une force un peu moins grande que les

précédentes : huit chevaux suffisent; mais il faut le même nombre d'hommes, et elle ne fait pas beaucoup plus de travail dans une journée.

Le troisième mode consiste dans l'emploi de deux charrues distinctes que l'on fait passer successivement dans le même sillon, en faisant piquer la seconde plus profondément que la première. On peut se servir, pour donner le premier trait, de la charrue Rosé n° 2, sur laquelle on attelle quatre chevaux, et de la charrue Bonnet (fig. 89

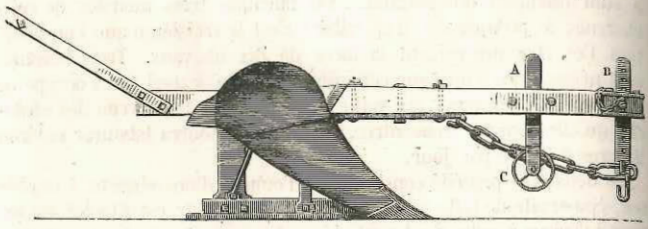

Fig. 89. *Côté droit de la charrue Bonnet.*

et 90), sur laquelle on en place six. Cette dernière charrue offre cela de particulier que le versoir présente, comme l'un de ceux de la charrue Morton, un plan incliné qui élève la bande de terre de manière qu'elle puisse être renversée par le versoir par-dessus la bande qu'a retournée la première charrue. Elle est en outre pourvue d'une roue d'avant-train (A, fig. 89 et 92) qui, reportée à droite par son support disposé en S, chemine sur la bande de terre renversée par la première charrue, et régularise la marche de l'instrument. Enfin, l'age de la

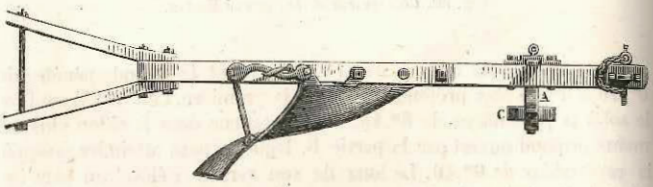

Fig. 90. *Plan de la charrue Bonnet.*

charrue Bonnet est aussi pourvu d'un double régulateur (B, fig. 89 et 91).

On préfère généralement ce troisième mode aux deux premiers. Le nombre d'animaux nécessaires pour effectuer ce travail étant divisé sur les deux charrues, on tournera plus facilement et plus promptement

à l'extrémité de chaque sillon. D'un autre côté, la terre du fond de la raie est plus complétement ramenée à la surface et mieux renversée. Enfin, le travail est fait plus rapidement, puisqu'on laboure environ 40 ares de terre par jour.

Le défoncement dont nous venons de parler a pour résultat de ramener à la surface une certaine quantité de la couche du sous-sol; mais, quand celui-ci est de nature à nuire à la qualité du sol arable, il faut le pulvériser sans le déplacer, et l'on est alors obligé d'employer un procédé différent.

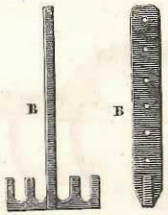

Fig. 91. *Régulateur de la charrue Bonnet.*

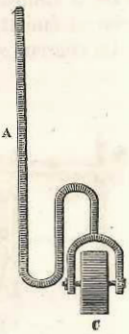

Fig. 92. *Roue d'avant-train de la charrue Bonnet.*

A cet effet, on commence par ouvrir le sillon à la profondeur de 0^{m} 20 environ avec les charrues Rosé ou de Dombasle n° 2; puis on donne un nouveau trait de charrue avec un instrument dépourvu de versoir, et auquel on donne le nom de *charrue sous-sol*. L'une des meilleures est celle construite par MM. Rosé et Laurent, mécaniciens à Paris (fig. 93). Cette charrue, tout en fer, peut pénétrer à une pro-

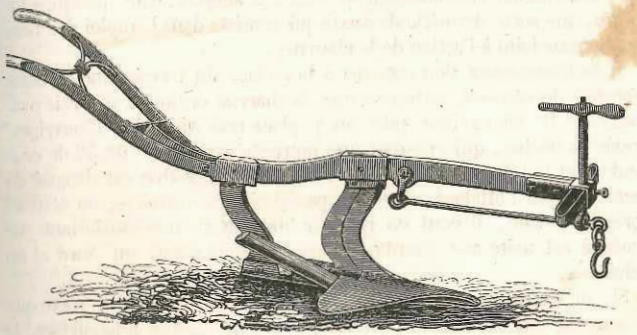

Fig. 93. *Charrue sous-sol.*

fondeur de 0^{m}.25 à 0^{m}.30, laquelle, ajoutée à la profondeur de la couche enlevée par la première charrue, donne un total de 0^{m}.45 à 0^{m}.50. Il faut huit chevaux pour faire fonctionner ces deux charrues, quatre sur

chacune d'elles. On peut labourer ainsi environ 40 ares de terre par jour. On place quelquefois, après le soc de cette charrue, une petite herse à couteaux rapprochés et de la même largeur que le soc; elle brise et émiette la terre soulevée par le soc.

La charrue sous-sol de Howardds (fig. 94), que l'on a pu apprécier

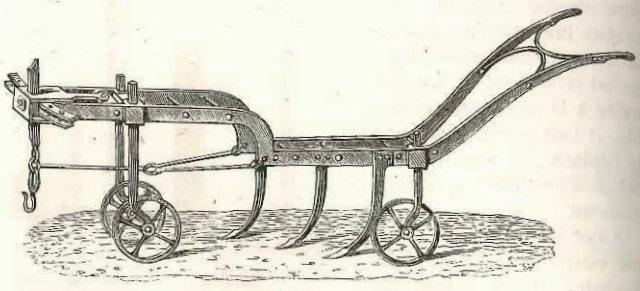

Fig. 94. *Charrue sous-sol de Howardds.*

aux Expositions universelles de Londres et de Paris, donne des résultats plus satisfaisants que la précédente et doit lui être préférée.

La difficulté de se procurer les instruments destinés spécialement aux labours de défoncement, ainsi que le manque d'animaux pour les faire fonctionner convenablement, ont fait adopter, dans quelques localités, une sorte de méthode mixte qui consiste dans l'emploi des bras de l'homme joint à l'action de la charrue.

Si le défoncement doit ramener à la surface du terrain une certaine quantité du sous-sol, on ouvre avec la charrue ordinaire une raie profonde de $0^m.20$ environ, puis on y place une vingtaine d'ouvriers, armés de bêches, qui enlèvent une nouvelle couche de $0^m.32$ de profondeur et qui la rejettent sur le labour. Si l'opération est dirigée de manière que l'attelage n'attende pas après les ouvriers, ou ceux-ci après l'attelage, il peut en résulter un travail très-satisfaisant. Ce procédé est usité avec avantage dans le département du Nord et en Belgique.

Si, au contraire, le défoncement doit être exécuté de telle sorte que le sous-sol soit seulement pulvérisé, mais non ramené à la surface, le travail ne diffère qu'en ce que les ouvriers, armés d'un bident au lieu de bêche, laissent retomber au fond de la raie la terre qu'ils soulèvent, sans la placer sur la bande de terre renversée par la charrue. Ce mode de défoncement, usité dans la vallée de la Garonne, y prend le nom de *pelleversage*.

On peut, à l'aide de ces deux procédés, défoncer environ 20 ares de terre par jour.

Il est important, pour le succès des labours de défoncement, soit progressifs, soit exécutés d'un seul coup, de les pratiquer en saison convenable. L'époque la plus favorable est le commencement de l'automne, parce que les terres ramenées à la surface sont plus tôt mûries sous l'influence des gelées, des neiges, des pluies, qui tendent à les pulvériser et les aérent très-promptement.

Labours ordinaires. — Les labours ordinaires ne dépassent pas la couche de terre annuellement cultivée. Leur profondeur varie de $0^m.14$ à $0^m.28$, selon : 1° la nature des espèces pour lesquelles on prépare le terrain, et la tendance qu'ont leurs racines à s'enfoncer plus ou moins profondément; 2° le nombre de labours qu'exige chaque espèce pour l'ameublissement convenable du sol : ainsi, s'il faut quatre labours pour obtenir un état de division suffisant, les premiers devront être plus profonds que les derniers, afin que la couche superficielle dans laquelle a lieu le premier développement des plantes soit la mieux préparée; 3° le but principal que l'on se propose en labourant. S'il s'agit, par exemple, d'enterrer les engrais, le labour devra présenter une profondeur telle, que ces engrais ne soient pas placés hors de la portée des racines.

Les charrues les plus convenables pour effectuer les labours ordinaires sont les charrues Rosé (fig. 86) et de Dombasle (fig. 64), n° 1 ou 2, avec ou sans avant-train, suivant l'intelligence et la bonne volonté des ouvriers qu'on aura à employer. Le choix entre le n° 1 et le n° 2 sera déterminé par la plus ou moins grande ténacité du terrain. Dans les sols légers, on préférera le n° 1.

Outre ces deux instruments, nous ne saurions trop recommander une autre espèce de charrue imaginée par un charron de la Seine-Inférieure, le sieur Baudouin (à Longuerue, près Buchy). Cet instrument n'est qu'une modification de la charrue Rosé, dont il diffère par les organes destinés à régler la largeur et la profondeur du labour.

Les fig. 95 à 98 indiquent plusieurs vues de cet instrument.

Organes servant à régler la profondeur du labour en élevant ou en abaissant les roues.

d. Petits disques en fer autour desquels sont percés des trous destinés à arrêter le bras de la manivelle à l'aide d'une cheville en fer *f*.

e. Tige à crémaillère des roues.

Organes servant à régler la largeur du labour en changeant la ligne de direction du tirage.

g. Grand levier horizontal commandant le levier vertical *h*.

h. Petit levier variant de position et qui supporte le tirant à l'extrémité duquel est fixé le crochet d'attelage.
i. Broches en fer entre lesquelles est maintenu le levier *g*.
a. Manivelles.
b. Arbres des manivelles.
c. Pignons montés sur les arbres *a*, et commandant les crémaillères.

Il résulte de ces changements que le charretier peut changer l'entrée, et donner plus ou moins de largeur à son labour, sans quitter le derrière de l'instrument et sans en arrêter la marche. C'est là un avantage réel sur la charrue Rosé, dont elle offre d'ailleurs tous les autres avantages. Ces diverses améliorations, reconnues par l'expérience et constatées dans plusieurs concours, ont valu à leur auteur d'être couronné par la Société centrale d'agriculture de la Seine-Inférieure. Le prix de cette charrue est de 180 francs.

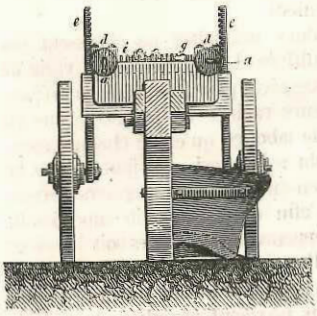

Fig. 95. *Coupe verticale de la charrue Baudouin suivant la ligne* a b *de la fig.* 97.

L'habile agronome de Templeuve (Nord), M. Demesmay, emploie pour ses labours profonds une charrue et une fouilleuse dont

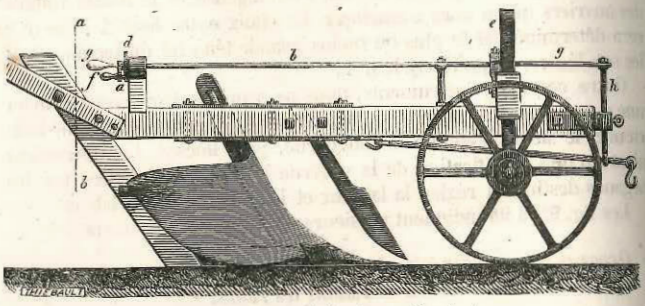

Fig. 96. *Côté droit de la charrue Baudouin.*

nous avons pu apprécier le bon travail, et dont, par conséquent, nous croyons devoir parler (fig. 99 à 101).

La charrue Demesmay est une imitation de la charrue de Brabant. Elle a été construite de manière à éviter les frottements inutiles; c'est là tout son mérite.

Le patin P, le tranche-gazon T, le coutre C, sont ce qu'ils sont dans toutes les charrues.

La profondeur du labour est déterminée par la position du patin, la

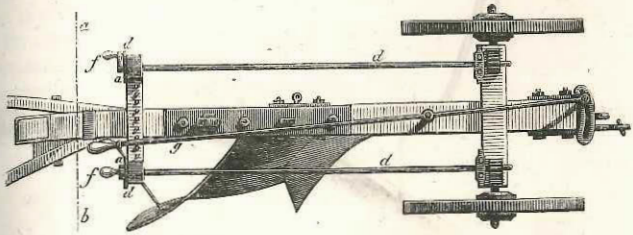

Fig. 97. *Plan de la charrue Baudouin.*

pièce d'attelage A est adaptée au patin au moyen d'une clavette. Sa position doit être telle, que le patin n'appuie que légèrement contre le sol. On l'abaisse quand il appuie trop fort, on la relève quand le patin ne touche pas le sol. La volée d'attelage est fixée à la pièce d'attelage;

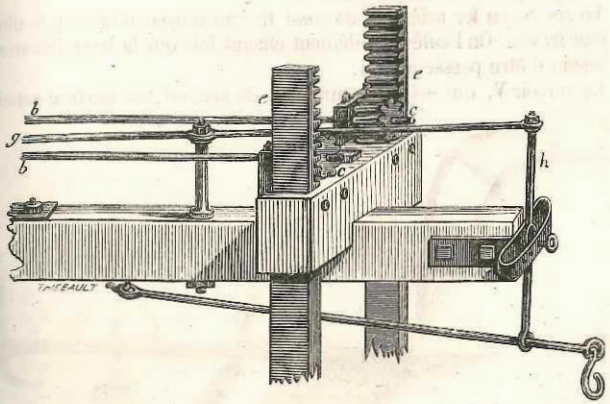

Fig. 98. *Détail du régulateur de la charrue Baudouin.*

on la recule vers la droite pour donner plus d'*embrassement* à la charrue, et vers la gauche pour en donner moins.

Le tranche-gazon n'est employé que lorsqu'on laboure une terre où les mauvaises herbes ont beaucoup poussé, et que l'on veut avoir

parfaitement propre. On le descend de manière à lui faire couper une

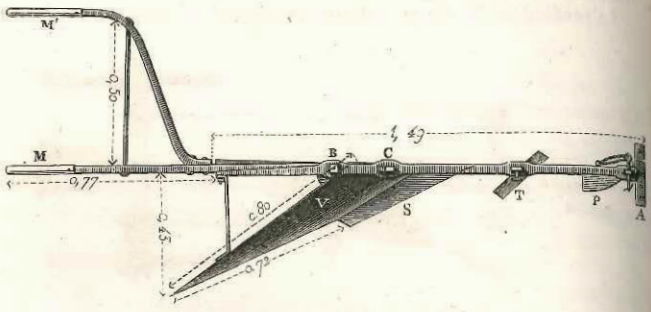

Fig. 99. *Plan de la charrue-fouilleuse de M. Demesmay.*

couche de terre de 2 à 3 centimètres d'épaisseur, qui tombe au fond du sillon avec l'herbe qui la recouvre.

Le versoir et le sep sont d'une seule pièce en fonte. L'age DD y est fixé au moyen du boulon central B.

Le soc S, en fer aciéré, y est aussi fixé au moyen d'un seul boulon, à tête fraisée. On l'enlève facilement chaque fois que la lame émoussée a besoin d'être passée au feu.

Le versoir V, qui est la continuation du soc, est une surface gauche

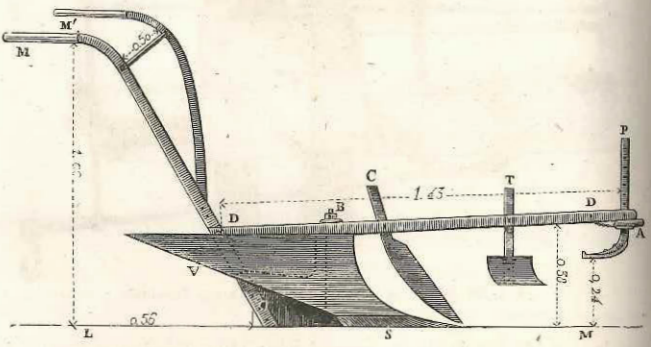

Fig. 100. *Côté droit de la charrue-fouilleuse de M. Demesmay.*

formée par une droite horizontale s'appuyant sur un arc de cercle

formant la gorge de la charrue, et sur la droite oblique qui termine le versoir à droite. Cette droite oblique est placée de telle manière, que, dans le mouvement de la charrue, elle engendre un plan incliné à l'horizon de 45°. C'est le plan suivant lequel se range la terre retournée par la charrue.

Un versoir de cette forme retourne la terre contre le sillon précédent sans la comprimer. C'est pour cela qu'il donne lieu à une moindre dépense de force. Les versoirs à surface hélicoïde n'arrivent pas au même résultat, bien qu'on en ait dit : sans mieux retourner la terre, ils la compriment contre le sillon précédent, au détriment de l'attelage, qui est obligé à un plus grand effort, et au détriment des végétaux,

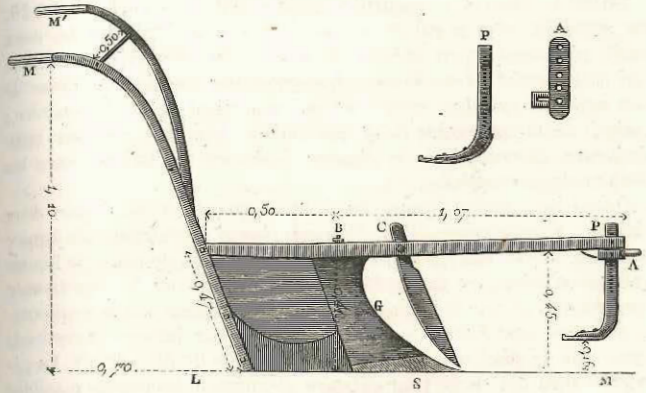

Fig. 101. *Côté gauche de la charrue-fouilleuse de M. Demesmay.*

qui réclament une terre ameublie, et non une terre privée d'air par la compression. Tous ceux qui ont manié la charrue savent que la terre reste adhérente à une surface fort contournée comme une hélice, tandis qu'elle se détache facilement d'une surface se rapprochant du plan. C'est ce qui a lieu pour la surface ici employée, et c'est d'une grande importance; car un versoir dont la terre ne se dégage pas donne lieu à une forte traction. Pour les labours légers, toutes les surfaces conviennent ; mais, quand il s'agit de labours à 0m.20 ou 0m.25, et surtout de doubles labours à 0m.30 ou 0m.40, un versoir en hélice n'en sortirait pas.

Les mancherons sont placés sur la gauche de la charrue, le premier M est dans le même plan vertical que l'age, le second M' s'en trouve

écarté de $0^m.50$. Le laboureur marche toujours sur le vieux guéret, qui forme un terrain solide, et dirige son outil sans aucune fatigue. Il trouve les mancherons à une hauteur convenable, quand il laboure à $0^m.20$ ou $0^m.25$ de profondeur: mais la charrue devant faire un double labour et pénétrer à $0^m.35$, il faudrait relever les mancherons de $0^m.15$, ce que la construction rend possible.

Souvent on trouve convenable pour ce double labour de remplacer la charrue par une fouilleuse. Celle-ci est une charrue de grande dimension, dont on a coupé le versoir. Elle soulève et divise le sous-sol comme ferait une charrue, mais elle le laisse sur place sans le ramener à la surface.

Quand la charrue a retourné complétement une couche de $0^m.20$, on ameublit avec la fouilleuse une épaisseur de $0^m.15$, et les deux outils réclament à peu près la même force de traction. Une charrue qui remplacerait la fouilleuse dépenserait plus de force à cause de son versoir. Cependant deux chevaux pourraient encore la conduire; mais il serait convenable de ne pas toujours leur faire conduire cette deuxième charrue, afin de répartir également la fatigue entre les deux attelages employés.

Quand on met du fumier en terre et qu'on fait fonctionner deux charrues dans le même sillon, l'homme chargé de distribuer le fumier suit la première charrue et précède la seconde, afin de placer le fumier entre deux terres, et pas au fond du sillon. Quand on fait fonctionner une charrue et une fouilleuse, l'épandeur de fumier suit la fouilleuse.

Labours superficiels. — Nous entendons par labours superficiels ceux qui ne pénètrent qu'à la profondeur de $0^m.08$ à $0^m.10$. En général, on en fait usage pour détruire et enterrer les plantes nuisibles sur un champ en jachère; pour enfouir des engrais pulvérulents; comme dernier labour de préparation avant l'ensemencement; enfin, pour recouvrir les semences sous raies.

Les instruments que nous conseillons pour cette opération sont les charrues Rosé (fig. 86) et de Dombasle (fig. 64, n° 1), ainsi que la charrue Baudouin (fig. 87). Les deux premières devront être munies de leur avant-train, car les araires ne font jamais que des labours superficiels très-imparfaits.

Largeur de la tranche de terre enlevée à chaque trait de charrue. — Cette largeur est, en général, déterminée par le degré de profondeur du labour. En effet, il importe de remplir deux conditions importantes : la première, que la tranche de terre soit renversée de manière qu'elle offre le plus de prise possible à l'action de la herse qui doit la pulvériser; la seconde, que les plantes nuisibles de la surface soient détruites. Or, la tranche de terre devant être inclinée sur un

angle de 45°, il faut, pour qu'elle soit facilement placée dans cette position, que sa largeur soit dans de certaines proportions avec son épaisseur. Ainsi, plus épaisse que large, dans la proportion de 18 à 9 (A, fig. 102), par exemple, elle prendra difficilement le degré de renver-

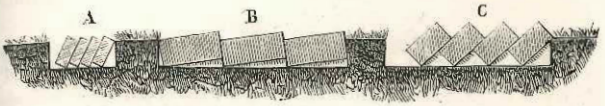

Fig. 102. *Dimensions des tranches de terre traversées par la charrue.*

sement convenable : elle sera inclinée, mais non retournée, et le gazon restera à la surface. Si, au contraire, elle a beaucoup plus de largeur que d'épaisseur, par exemple, 0m.50 sur 0m.18 (B), elle sera complétement retournée et tombera à plat dans le sillon.

C'est donc entre ces deux limites qu'il a fallu chercher une proportion convenable, et l'on a reconnu que la largeur doit être à l'épaisseur comme 3 est à 2, c'est-à-dire que, si la tranche offre une épaisseur de 0m.18, elle doit présenter une largeur de 0m.27 (C).

Il y a cependant des exceptions à cette règle. Ainsi, lorsqu'il s'agit de labours très-profonds, de labours de défoncement, par exemple, à 0m 40 de profondeur, et faits d'un seul trait de charrue, on prend un peu moins de largeur, car une masse de terre de 0m.40 de hauteur sur 0m 60 de largeur serait difficilement remuée par la charrue et pulvérisée par la herse. On se contente, dans ce cas, d'une largeur d'un quart plus considérable que l'épaisseur. On suit la même proportion quand il s'agit d'ameublir un sol argileux compacte, parce que le sol, étant plus divisé, est plus facilement ameubli. Il en résulte, à la vérité, une augmentation de dépenses, car il faut, pour labourer un espace donné, un plus grand nombre de traits de charrue, mais il s'agit avant tout d'atteindre le but principal de l'opération : l'ameublissement du sol.

Degré d'inclinaison de la tranche de terre. — Ces proportions ne déterminent pas rigoureusement le degré de renversement de la tranche de terre; elles facilitent seulement une inclinaison convenable du labour. Il convient donc de rechercher les avantages de telle ou telle position de la tranche de terre.

Cette question a été longtemps controversée; mais enfin on a reconnu que le labour incliné sur un angle de 45° doit être préféré aux labours complétement renversés ou presque droits, pratiqués encore par quelques cultivateurs. En effet, si l'on se reporte au but général des labours, c'est-à-dire l'aération du sol, son ameublissement, la des-

truction des plantes nuisibles, on voit que le meilleur labour est celui qui offre le plus de superficie au contact de l'air, le plus de prise à l'action de la herse, le moins d'appui aux plantes nuisibles.

Le labour incliné sur un angle de 45° (A, fig. 103) offre ces diverses

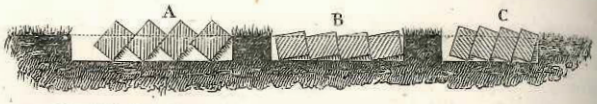

Fig. 103. Tranches de terre renversées diversement par la charrue.

conditions. D'abord, la terre offre un développement superficiel double de celui d'un labour renversé (B) ou d'un labour droit (C), et, la différence qui existe à la superficie, étant la même à la base de chaque tranche de terre, le premier labour offre quatre fois plus de surface à l'air que les deux autres. D'un autre côté, les angles prononcés du labour incliné facilitent singulièrement l'action de la herse et le mélange des différentes couches du sol. Dans les labours droits et renversés, on ne peut arriver au même résultat que par des hersages profonds et plusieurs fois répétés.

Enfin, les mauvaises herbes, placées dans la partie inférieure du labour incliné, sont dans une position telle, qu'elles doivent être étouffées par le tassement des terres. Celles de la partie supérieure, ayant très-peu de points d'appui, peuvent facilement être arrachées par l'action de la herse et exposées aux gelées ou à l'ardeur du soleil. Dans les labours renversés, les racines de ces plantes seront bien, il est vrai, exposées à l'air et les tiges seront étouffées ; mais les plantes vivaces à racines traçantes et qui, telles que le chiendent, repoussent en tous sens, ne pourront être extirpées qu'à l'aide de hersages aussi profonds que le labour, et par cela même fort dispendieux. Dans le labour dont les tranches sont presque droites, il reste assez de vide entre les tranches pour que l'herbe puisse repousser ; et le hersage ayant très-peu de prise, il devient nécessaire de le multiplier outre mesure.

Direction des raies du labour. — Le plus ordinairement, les raies du labour sont dirigées parallèlement à la pente du terrain, afin de faciliter l'écoulement des eaux surabondantes ; mais, lorsque la surface à labourer présente une inclinaison un peu rapide, il devient utile d'avoir recours à un autre procédé. Trois modes différents se présentent.

Le premier consiste à labourer dans le sens de la pente ; mais, si l'attelage laboure facilement en descendant, en suivant la ligne G H,

(fig. 104), par exemple, il éprouve une résistance considérable en remontant cette pente, en suivant la ligne I J. D'un autre côté, les terres meubles et les engrais sont entraînés par les pluies d'orages et accumulés à la partie inférieure du terrain.

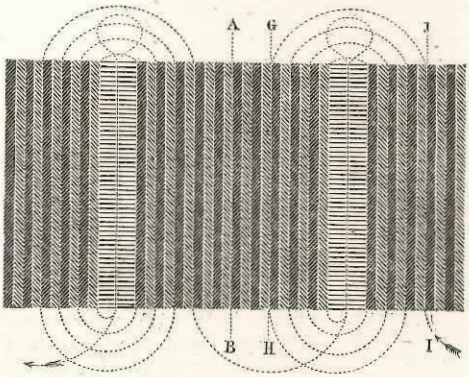

Fig. 104. *Labour suivant la pente du terrain.*

Le deuxième procédé consiste à labourer perpendiculairement à la pente. Supposons que l'inclinaison suive la ligne A B (fig. 105) les raies seront perpendiculaires à cette ligne. Mais cette direction n'est pas non plus sans inconvénients. En effet, en suivant la ligne D G, la charrue déplaçant la terre de gauche à droite, cette terre sera facilement renversée, puisqu'elle suivra dans son mouvement le sens de la pente du sol; mais, en revenant, la charrue suivra la ligne E H, elle renversera toute la terre dans le sens opposé à la pente, et la tranche de terre sera très-difficilement retournée; le plus souvent même elle retombera dans la raie.

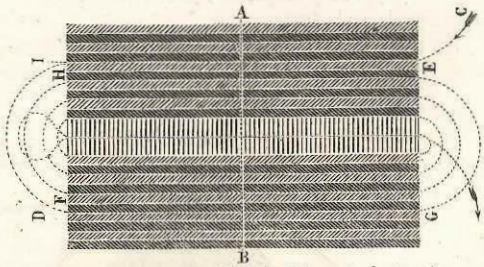

Fig. 105. *Labour perpendiculaire à la pente du terrain.*

Pour obvier à cet inconvénient, on a imaginé des charrues construites de manière que, pouvant renverser alternativement la terre de gauche à droite et de droite à gauche, on puisse, en allant et en revenant, toujours renverser la terre dans la même direction du terrain.

Parmi les charrues à avant-train imaginées dans ce but, nous cite-

rons comme la meilleure celle construite par M. Rosé, sous le nom de *charrue tourne-soc-oreille* (fig. 106). La modification principale con-

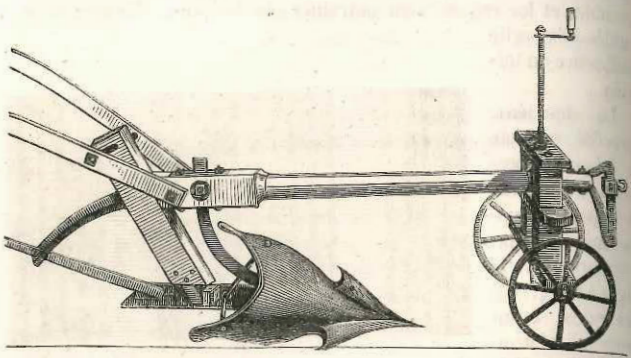

Fig. 106. *Nouvelle charrue tourne-soc-oreille de Rosé.*

siste en une pièce mobile qui sert à la fois de soc, de coutre et de versoir, et qu'on peut placer à droite ou à gauche, selon le côté où l'on veut renverser la terre.

Plusieurs charrues simples ou araires ont été aussi construites pour cette destination. Nous considérons comme la meilleure la charrue à

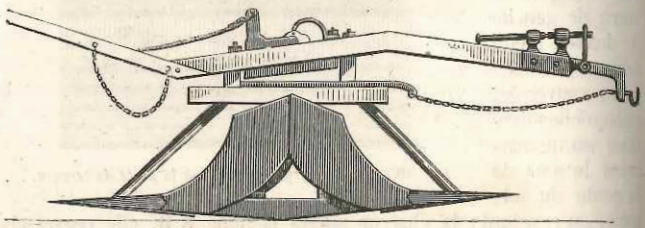

Fig. 107. *Charrue à double soc de Dufour.*

double soc de Dufour (fig. 107). Dans cet instrument, les deux socs, accompagnés de leur versoir et de leur coutre, tournent sur un pivot vertical et se présentent successivement en avant, en abaissant la pointe du soc qui doit travailler et relevant celle qui doit rester en repos.

On conçoit facilement qu'à l'aide de telles charrues, en suivant pour le labour la ligne G D (fig. 105), on renversera la tranche de terre dans le

sens de la pente; en revenant, on pourra suivre la ligne F, et la tranche de terre tombera encore dans le même sens. On évitera ainsi l'inconvénient des tranches de terre renversées dans un sens contraire à la pente du terrain. Toutefois, cette pratique n'est pas sans inconvénient; car, les tranches étant toujours renversées de haut en bas, les terres du sommet sont peu à peu descendues à la base, et, au bout d'un certain temps, le sommet du champ se trouve presque entièrement privé de terre arable. Pour y remédier en partie, tout en se servant des charrues dont nous venons de parler, on a imaginé un troisième procédé qui consiste à ouvrir les raies du labour dans une direction oblique par rapport à la pente du terrain. Ainsi, cette pente suivant la linge A B (fig. 108), les raies du labour formeront un angle d'environ

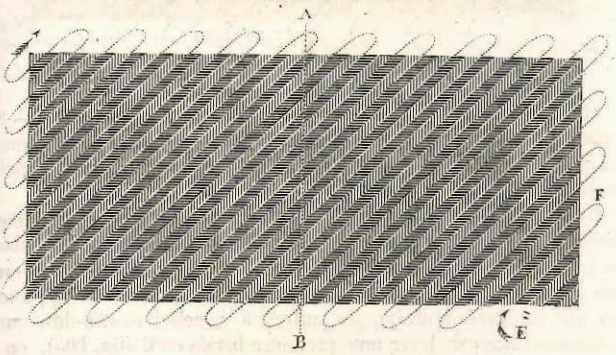

Fig. 108. *Labour oblique de gauche à droite.*

45° avec elle. Il est essentiel de diriger l'obliquité des raies vers la droite, afin que les bandes de terre soient toujours renversées dans le sens de la pente, soit en montant, soit en descendant. Il est bien entendu qu'on prend la première raie en montant en E, puis une seconde en descendant en F, et ainsi de suite jusqu'à l'angle opposé du champ. Si, au contraire, on dirigeait l'obliquité des raies vers la gauche de E en F (fig. 109), la charrue verserait toutes les tranches du côté opposé à la pente, ce qui fatiguerait l'attelage, tout en donnant un labour imparfait.

Ce procédé présente, en outre, cet avantage que l'eau des pluies abondantes ou des fontes de neiges est conduite jusqu'à la base du champ par une pente moins rapide que dans les labours à raies parallèles à l'inclinaison du sol, et le terrain est moins promptement dé-

gradé. En second lieu, les terres meubles et les engrais du sommet sont plus difficilement entraînés vers la base.

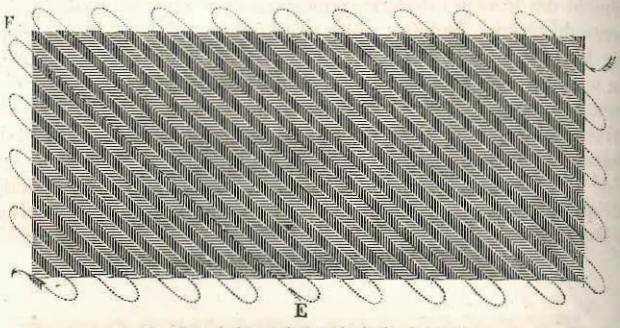

Fig. 109. *Labour oblique de droite à gauche.*

Forme du labour ou *conformation de la surface labourée.* — Suivant les circonstances, mais le plus souvent sans autre motif que les habitudes locales, on laboure tantôt *en billons*, tantôt *en planches*, tantôt à plat.

Labourer en billon, c'est partager le terrain en planches plus ou moins bombées, divisées par des rigoles d'écoulement profondes. Trois labours au moins sont nécessaires pour former des billons. Le premier ouvre des sillons parallèles dans la longueur et de chaque côté de la planche, les uns renversés à droite, les autres à gauche; c'est-à-dire que si l'on commence par lever une première bande en C (fig. 105), on revient en prendre une seconde en D, puis une troisième en E à côté de la première, une quatrième F à côté de la seconde, et ainsi de suite en déversant la terre toujours de gauche à droite de manière à laisser en définitive deux raies vides au milieu, ainsi qu'on le voit en A et en B dans la figure 110, coupe verticale de la fig. 105. Cette première opération s'appelle fendre ou *enrayer* la terre.

Le second labour commence vers le milieu de la planche; en sorte que les deux premières tranches (A et B, fig. 111, 115, 116) sont appuyées l'une contre l'autre à la place primitivement occupée par les deux premières raies. On continue de verser toutes les autres bandes de terre vers le milieu du billon jusqu'à ce qu'on arrive aux deux côtés, où il reste nécessairement deux raies ouvertes (C, D, fig. 111). Cela s'appelle *endosser* ou *enrayer*. On conçoit qu'en endossant ou enrayant plusieurs fois de suite les mêmes billons, on leur donne une forme plus ou moins bombée (fig. 112.)

Les billons sont tantôt *simples*, tantôt *composés*. Ils sont simples lorsqu'ils ne présentent qu'un seul segment de cercle entre deux raies creusées au même niveau (fig. 113). Il y a des billons simples formés de deux traits de charrue seulement, c'est-à-dire d'environ 0^{m}.66 de large. Quelquefois on leur donne jusqu'à 10 mètres de largeur. Les billons composés (fig. 114) sont subdivisés en trois billons plus petits, séparés par des rigoles (A, B) moins profondes que les deux principales, creusées à des niveaux différents de celles-ci et sur la double pente du grand billon. Du reste, cette disposition est rarement usitée. De même qu'il y a des billons de toutes grandeurs, depuis 0^{m}.66 jusqu'à 10 mètres, de même il y en a de toutes les hauteurs, depuis ceux qui sont presque plats jusqu'à ceux qui s'élèvent à plus de 0^{m}.66.

Fig. 110. *Enrayement d'un billon.*

Fig. 111. *Endossement d'un billon.*

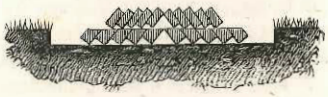

Fig. 112. *Billon endossé une deuxième fois.*

Fig. 113. *Billons simples.*

Fig. 114. *Billons composés.*

Les avantages des labours en billons sont d'augmenter artificiellement l'épaisseur en terre végétale des sols peu profonds, et de les faire jouir des avantages des labours profonds ; ce qui permet d'y introduire la culture des plantes sarclées. En outre, l'humidité n'y est jamais trop grande ni la sécheresse redoutable, parce que la terre meuble du dessous conserve et communique pendant longtemps sa fraîcheur aux racines. Enfin, dans les temps de pluie, ces terres sont promptement égouttées.

Mais on reproche à ce mode de labour les graves inconvénients suivants :

1° La meilleure terre est inutilement amassée dans le milieu, et se trouve, peu à peu, mise hors de la portée des racines par la profondeur à laquelle elle est enfouie.

2° Si le sommet des billons est à l'abri d'une trop grande quantité

d'humidité, les bas-côtés y sont d'autant plus exposés que l'eau s'accumule dans les rigoles, et que, les billons étant toujours parallèles entre eux, il est plus difficile de faire des saignées suivant les différentes pentes de terrain.

3° Dans les temps de sécheresse, lorsqu'il survient une pluie d'orage, celle-ci, ne pouvant pénétrer dans la croûte durcie qui forme la surface du sol, ne fait que glisser à la superficie ; les rigoles deviennent trop petites pour contenir l'eau qui s'y écoule, et le sommet du billon reste presque aussi sec qu'avant la pluie.

4° Lorsque les billons sont dirigés de l'est à l'ouest, les récoltes sont toujours moins belles et toujours plus tardives du côté du nord que du côté du midi.

5° Avec de hauts billons, les labours croisés, si utiles quelquefois pour l'ameublissement des terres compactes, deviennent impraticables.

6° Le fumier, tendant toujours à s'accumuler dans le fond des rigoles, y est réparti d'une manière très-inégale, et il en est de même des sucs extractifs de tous les engrais qui y sont répandus.

7° Les semences y sont généralement mal répandues ; elles tendent aussi à se réunir en plus grand nombre sur les bas-côtés.

8° Il devient presque impossible d'y faire usage d'un certain nombre d'instruments perfectionnés, tels que l'extirpateur, le scarificateur, qui, dans un temps donné, font quatre fois plus d'ouvrage que la charrue.

9° Le hersage y est difficilement pratiqué. Le hersage en rond, si utile pour enlever les racines traçantes des plantes nuisibles, y est impossible.

10° Le charroi des récoltes s'y fait avec peine.

11° Le faucheur et le faneur y accomplissent leur travail avec beaucoup plus de difficulté. On n'y peut faire usage du grand râteau, qui rend tant de services lors de la moisson; les andains et les gerbes tombent dans les sillons, et, s'il survient une pluie, ils sont exposés à s'y gâter.

12° La démolition et la reconstruction annuelle de ces billons demande une grande habitude de la part du laboureur ; la difficulté de ces travaux complique l'opération et exige un temps plus considérable que pour les autres sortes de labour.

13° Enfin, la multiplicité des rigoles occasionne une perte de terrain qui peut équivaloir, dans les billons étroits, au quart environ de la surface totale du terrain.

En face de ces nombreux inconvénients, nous conclurons que ce mode de labour ne devrait être employé qu'exceptionnellement et non former la règle générale, comme on le voit presque partout aujourd'hui dans les conditions de sol et de climat les plus différentes.

Labours en planches. — Si, après avoir fendu ou enrayé un terrain et l'avoir endossé ou enrayé une seule fois, on le laisse dans cet état, on aura un labour plat, partagé en parallélogrammes plus ou moins larges et divisés par deux rigoles moins profondes que pour les billons (fig. 115 et 116). On donne à ce labour le nom de *labour en planches*. Pour

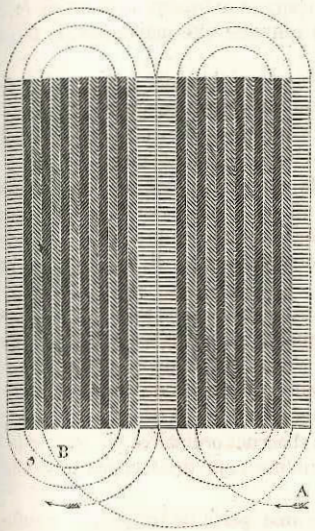

Fig. 115. *Labour en planches.*

Fig. 116. *Coupe verticale de la fig.* 116.

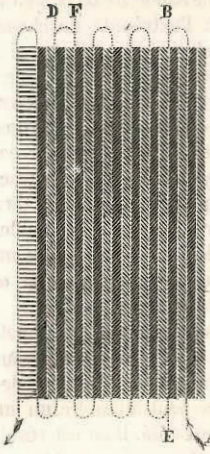

Fig. 117. *Labour à plat.*

Fig. 118. *Coupe verticale de la fig.* 117.

pratiquer cette sorte de labour, on divise le champ en autant de parties que sa largeur contient de fois la dimension adoptée pour les planches. On se sert, pour ce travail, de l'une des charrues ordinaires que nous avons précédemment décrites, et qui versent alternativement la terre à droite et à gauche.

Labours à plat. — Quand la surface d'un champ a été labourée tout entière de manière à être parfaitement unie, on la dit *labourée à plat* (fig. 117 et 118). L'espèce de charrue la plus convenable est la charrue Rosé tourne-soc-oreille, ou encore la charrue à double soc de Dufour,

Il faut, en effet, pour obtenir cette sorte de labour, que la charrue jette constamment la terre du même côté de l'horizon, soit en allant, soit en revenant. Ainsi, si l'on ouvre la première raie en A, la terre sera jetée à droite du champ. Arrivé à l'extrémité de la raie, on prendra la raie B, et, en raison de la conformation spéciale de la charrue, cette nouvelle bande de terre sera renversée sur la première, et ainsi de suite jusqu'à l'extrémité du champ. La charrue ordinaire ne pourrait être employée à ce travail, parce qu'elle renverse alternativement la terre de chaque raie à droite et à gauche.

Si maintenant nous comparons ces deux derniers labours avec le labour en billons, nous voyons qu'ils ne présentent aucun de ses inconvénients. L'écoulement des eaux s'obtient toujours bien plus facilement au moyen de raies qu'on trace après avoir accompli l'ensemencement, et auxquelles on donne la direction la plus convenable, ce qui n'a pas toujours lieu pour les rigoles des billons. D'un autre côté, ces raies d'écoulement peuvent être multipliées dans les points où elles sont nécessaires, et supprimées là où elles sont inutiles. Il y a ainsi moins de perte d'espace.

Toutefois, les labours à plat et en planches ne sont pas non plus sans quelques inconvénients. Pour pratiquer le premier, on est obligé de se servir de charrues spéciales, qui s'éloignent toujours de la perfection que peut atteindre un instrument construit pour verser la terre d'un seul côté. Il en est résulté qu'on a préféré, en général, le labour en planches, qui permet l'emploi des charrues ordinaires, et que le labour à plat a été réservé pour l'ameublissement des terrains en pente rapide.

Le labour en planches occasionne une perte de temps qui résulte du trajet alternatif que la charrue doit faire d'un côté à l'autre de la planche, après chaque trait, puisque ceux-ci ne peuvent être pris à côté les uns des autres, à l'exception des deux premiers, qui sont placés au centre de la planche. Mais, en ayant soin de ne pas tracer des planches d'une trop grande largeur, cet inconvénient n'a pas une grande importance, et il est d'ailleurs plus que compensé par les autres avantages qui résultent de cette sorte de labour. Aussi sommes-nous d'avis qu'on devra généralement le préférer pour l'ameublissement des surfaces horizontales ou peu inclinées.

État convenable du sol pour pratiquer les labours. — Les labours ne peuvent procurer les avantages qu'on en attend qu'autant que le terrain est suffisamment sec, friable, et qu'il a de la tendance à se diviser. S'il est trop humide, le labour ne fait que des tranches ou bandes qui deviennent souvent plus dures que le terrain ne l'était avant l'opération, et qui ne se divisent qu'en grosses mottes difficiles à

briser. Un tel labour ne peut détruire les mauvaises herbes; il en augmente au contraire le nombre, en divisant les racines traçantes des espèces vivaces. Enfin, les récoltes sont toujours chétives et peu productives.

Si le sol est trop sec, le labour peut, avec des soins, ne pas avoir de résultats fâcheux, mais il devient très-pénible pour les hommes et les animaux. Il convient donc, surtout pour labourer les sols tenaces, de choisir le moment où la terre offre le degré d'humidité convenable.

Nombre des labours. — Quant au nombre de labours qu'exige un ameublissement convenable, il est déterminé, d'une part, par la nature plus ou moins consistante du sol, et, de l'autre, par les besoins particuliers de chaque espèce de récoltes. Nous les indiquerons en traitant de la culture spéciale des diverses espèces de plantes, ainsi que l'époque favorable pour les exécuter.

Ce que nous pouvons dire dès à présent, c'est que les terres argileuses demandent des labours d'autant plus multipliés qu'elles sont plus compactes. Les terres légères, les sols siliceux surtout, beaucoup plus perméables à l'air et exposés à perdre par l'évaporation leur humidité et leurs gaz fertilisants, en réclament de beaucoup moins nombreux.

On doit aussi diminuer, autant que possible, le nombre des labours sur les terrains en pente rapide; car ils contribuent à faire ébouler vers la base la terre meuble et fertile du sommet.

Prix de revient des labours. — Nous croyons devoir terminer tout ce qui a trait aux labours en donnant un aperçu de la dépense à laquelle cette opération peut donner lieu. Ces indications, qui ne doivent être considérées que comme des moyennes, sont pour une surface d'un hectare :

Labours de défoncement, de 0m.40 à 0m.50 de profondeur..	A la pioche, dans un sol caillouteux offrant beaucoup de racines d'arbres..	2,000 fr.
	A la bêche et à la pioche, dans un sol argileux offrant beaucoup de racines d'arbres. . . .	1,000
	A la pioche, sol caillouteux.	900
	A la bêche, terre franche..	500
	A la grande charrue, d'un seul coup, dans un sol compacte.	160
	A la grande charrue, d'un seul coup, dans un sol léger.	125
	Avec deux charrues agissant consécutivement.	115
	Avec la charrue et la bêche.	180
	Avec la charrue ordinaire et la charrue sous-sol.	40
Labours ordinaires, de 0m.14 à 0m.28 de profondeur.	A la charrue, dans un sol compacte.	25
	A la charrue, dans un sol léger..	20
	A la charrue, défrichement de luzernes ou autres.	30
Labours superficiels, de 0m.08 à 0m.10 de profondeur.. . . .	A la charrue, dans les différents sols. . . .	14

DU HERSAGE.

L'opération qui succède ordinairement au labour est le hersage. Il est employé dans les trois circonstances suivantes : 1° comme complément du labour pour pulvériser et ameublir la terre; 2° pour enlever après le labour les racines traçantes des plantes vivaces; 3° pour enterrer les semences à une profondeur convenable, et les répartir plus également sur toute la surface du sol.

Occupons-nous d'abord des deux premiers résultats; nous étudierons le troisième en traitant de l'ensemencement des diverses sortes de récoltes.

Pour pulvériser la terre, on herse tantôt en long, c'est-à dire dans le sens des sillons, tantôt perpendiculairement à ces mêmes sillons, quelquefois on donne un hersage croisé. Ces trois procédés peuvent être utilement employés suivant les circonstances.

Le hersage le moins énergique est celui qui est pratiqué en long. On ne l'emploie que pour les sols légers, faciles à pulvériser. Celui qu'on donne perpendiculairement aux sillons est plus énergique, mais celui qui agit avec le plus d'intensité est le hersage croisé, parce qu'aucune motte de terre ne peut échapper à son action; on devra le préférer pour les sols compactes, tenaces, difficiles à diviser.

Quant au nombre des hersages nécessaires, il est déterminé par l'exigence des récoltes, et surtout par le degré d'adhérence du sol. Les terrains légers ont besoin de hersages moins multipliés que les sols compactes, dont les mottes acquièrent, en se desséchant, une dureté telle, qu'elles résistent toujours aux effets d'un premier hersage.

L'état de sécheresse ou d'humidité de la terre influe beaucoup sur la perfection de ce travail, surtout dans les sols argileux. Lorsque ces terrains sont trop humides, les mottes de terre fléchissent sous l'action de la herse et ne se pulvérisent pas. Si, au contraire, ils sont trop secs, leurs mottes ont trop de consistance.

Le hersage est aussi employé pour purger le sol des racines traçantes des plantes vivaces détachées par le labour. Le mode le plus convenable est le *hersage en rond*; les racines sont bien plus facilement saisies par les dents de la herse que si l'on hersait en long ou en travers.

De la herse. — La herse se compose, en général, d'un châssis en bois, horizontal et pourvu, en dessous, de dents en bois ou en fer de force variable, plus ou moins inclinées en avant, et qui sont tantôt cylindriques, tantôt tranchantes comme le coutre de la charrue. Elle est dépourvue de roues et traînée sur le sol par les animaux de travail.

La forme et la force de la herse varient en raison de la nature et de

l'état du sol, de sa surface horizontale ou labourée en billons, des résultats particuliers que l'on veut obtenir. Toutefois, il importe qu'elle soit construite d'après les principes suivants : 1° les dents doivent être assez éloignées les unes des autres pour que la terre ne s'amasse pas dans leur intervalle ; 2° il faut que ces dents soient placées à une égale distance les unes des autres ; 3° chacune d'elles doit faire sa raie particulière.

Dans la plupart des herses triangulaires, cette dernière condition n'est pas observée : les dents y sont placées de telle sorte, que celles de la troisième traverse (*g*, fig. 119) passent dans les raies tracées par les dents de la première (*d*). Il en résulte qu'une partie des dents demeurent inutiles, puisque les mottes que la première rangée a touchées sont ou brisées ou jetées de côté, et ne sont plus atteintes par celles qui suivent. Cet inconvénient existe aussi dans la plupart des herses quadrangulaires.

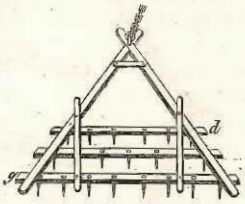

Fig. 119. *Herse triangulaire.*

On peut, à la vérité, pour celles-ci, diminuer ce défaut en attachant les traits, non au milieu de la traverse antérieure de la herse, mais un peu de côté, afin que l'instrument marche en biais; mais on fait alors naître un autre vice : c'est que la partie du terrain sur laquelle il ne passe qu'un angle de la herse est moins travaillée que les autres, et qu'on est obligé de repasser sur cette partie, ce qui augmente le travail.

Les herses de même forme présentent ordinairement deux degrés de force différente : il y a la *grande* et la *petite* herse.

La petite herse, ordinairement très-légère, est munie de dents en bois. Elle est employée pour les sols légers, et toutes les fois que l'on ne veut pas que les dents pénètrent profondément dans le sol. On l'utilise aussi dans les terrains compactes, lorsque, quoique déjà divisés, ils offrent encore beaucoup de petites mottes ; on herse alors en rond et au trot, pour que la vivacité du choc supplée au manque de pesanteur. Si l'on veut même diminuer encore l'effet de cette petite herse en donnant moins d'entrure à ses dents, il suffit d'atteler les chevaux du côté opposé à la direction de celles-ci.

La grande herse est composée de fortes pièces de bois garnies de dents en fer, quadrangulaires ou disposées en coutre, et pesant souvent un kilogramme. Elle sert à déchirer le gazon des défrichements ou à diviser le sol après le labour dans les terrains tenaces.

Parmi les diverses sortes de herses imaginées pour le hersage des

terrains plus ou moins horizontaux, celle dont nous conseillons surtout l'usage est la *herse oblique* de M. de Valcourt (fig. 120 et 121).

Elle présente 1m.46 de long sur une largeur égale. Les dents sont

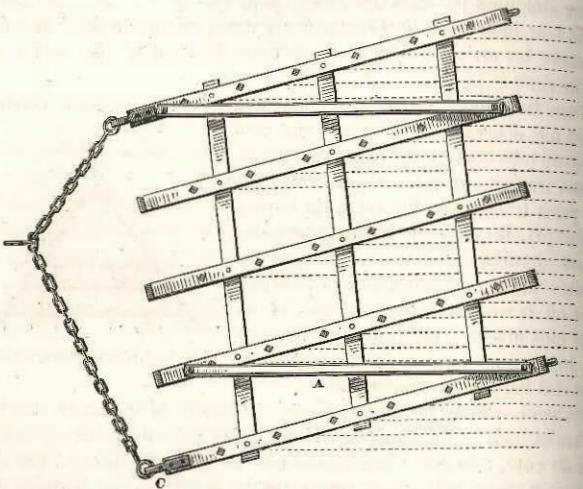

Fig. 120. *Herse oblique de Valcourt.*

placées à 0m.26 les unes des autres sur les timons. Les chevaux y sont attelés au moyen d'une chaîne fixée aux deux angles antérieurs, et sur laquelle on accroche la volée des chevaux, non pas au milieu de cette chaîne, mais un peu sur le côté, de manière à donner à la herse l'obliquité qui lui est nécessaire pour que les lignes tracées par ses dents soient également espacées entre elles, et qu'elles occupent toute la surface du terrain. On reconnaît que cette herse est dans une direction convenable lorsque les deux pièces de bois (A), placées diagonalement sur les timons, cheminent parallèlement à la ligne de direction de l'instrument.

Cette herse présente les deux modèles de force différente dont nous avons parlé.

Dans la petite herse, les dents sont en bois ; on peut atteler les chevaux soit en avant, soit en arrière, de manière à augmenter ou à diminuer son action. Le prix de cette petite herse, fabriquée à la ferme modèle de Grignon, est de 20 francs.

Les fig. 120 et 121 représentent la grande herse ; les dents, en fer,

sont quadrangulaires. Deux crémaillères (C, fig. 121), placées à chacun des angles antérieurs, servent à augmenter ou à diminuer l'entrure. Le prix de cette herse, fabriquée à Grignon, est de 95 francs.

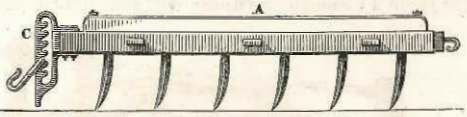

Fig. 121. *Profil de la herse oblique de Valcourt.*

A l'aide de ce mécanisme bien simple, on peut opérer les hersages les plus difficiles et ceux qui exigent le moins de force.

Souvent, dans le but de gagner du temps, on fait fonctionner plusieurs herses de front en les fixant les unes aux autres. La herse de M. de Valcourt se prête très-bien à cette pratique. Il suffit, comme on le voit dans la fig. 122, de réunir les herses au moyen de tringles en fer fixées par des boulons articulés qui permettent aux herses de suivre les ondulations de la surface du sol sans cesser d'agir sur toute l'étendue qu'elles embrassent.

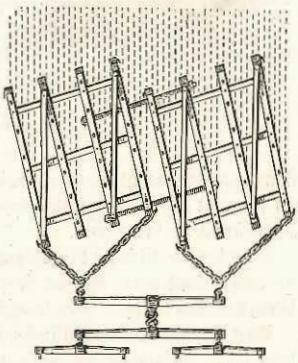

Fig. 122. *Herse double de Valcourt.*

Les herses dont nous venons de parler perdent chaque jour de leur importance depuis que l'on a imaginé des sortes de hérissons tournant sur un axe commun, et qui produisent sur le sol un effet plus complet que les herses à traîner. Celui de ces nouveaux instruments qui donne les meilleurs résultats est incontestablement la *herse suédoise* (fig. 123).

Notre figure nous dispense de donner une longue description de cet instrument. On comprend que les organes qui agissent sont ces trois hérissons placés parallèlement les uns derrière les autres, de façon que leurs dents s'entrecroisent. Chaque hérisson se compose d'un certain nombre d'anneaux indépendants les uns des autres, tournant sur l'axe commun et portant en manière d'étoile des dents de $0^m.12$ à $0^m.18$ de longueur; les dents et anneaux sont en fonte d'une seule pièce.

Les trois roues qui supportent l'instrument ont leurs axes mobiles dans le sens vertical. Le conducteur, en tournant à droite ou à gauche le croisillon placé à l'arrière, peut abaisser ces roues de manière à soulever l'instrument de $0^m.08$ à $0^m.10$ hors de terre, comme il peut

aussi les relever de telle sorte que tout le poids de la machine, portant sur les hérissons, force les dents de ceux-ci à entrer dans le sol presque jusqu'à l'anneau. Il résulte de l'ensemble de cette disposition que,

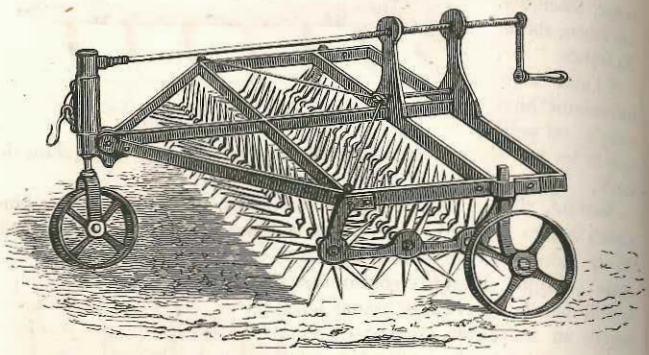

Fig. 123. *Herse suédoise.*

dans le mouvement de progression de cette machine, les dents entrent en terre et en sortent d'une façon particulièrement favorable à l'ameublissement de la surface.

Dans les localités où l'on laboure en billons, une herse de la grandeur de celles dont nous venons de parler ne pourrait pas opérer sur toute la surface des billons. On a imaginé, pour ces cas, les herses suivantes :

Dans le département d'Indre-et-Loire, on se sert de la herse courbe (fig. 124), composée de deux pièces de bois parallèles de 0.^{m}035 de

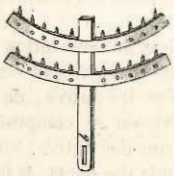

Fig. 124. *Herse courbe.*

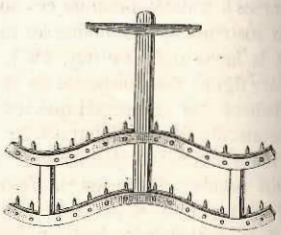

Fig. 125. *Herse à double courbure.*

courbure et d'une longueur proportionnée à la largeur des billons. Son manche est percé en *b* pour recevoir l'attache d'un palonnier.

On emploie, dans la même contrée, la herse à double courbure (fig. 125), qui permet de herser deux billons à la fois.

La herse double courbe (fig. 126) a été imaginée dans le même but. Elle se compose de deux petites herses réunies latéralement par deux anneaux en fer *a* et *b*, dont l'un *a* est un peu plus grand que l'autre. A la partie postérieure de l'instrument sont deux cordes venant aboutir à un bâton transversal, qui sert de manche pour diriger les herses et les soulever, s'il est besoin de les débarrasser des herbes qu'elles entraînent.

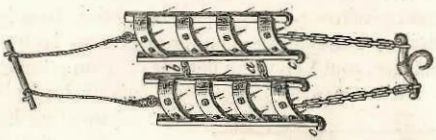

Fig. 126. *Herse double courbe.*

La plupart des herses doivent être accompagnées d'un traîneau semblable à celui indiqué par la fig. 76, page 176, destiné à les transporter de la ferme aux champs; ce traîneau n'est cependant pas nécessaire pour la herse de M. de Valcourt, les deux pièces de bois A (fig. 120) permettant de la renverser et de la faire glisser sur le sol.

Quant au prix de revient du hersage pour un hectare, il peut être évalué à 2 fr. 75 c. par tour de herse dans les sols compactes, et à 2 fr. 55 c. dans les terrains légers.

DU ROULAGE.

Le roulage est aussi une opération complémentaire du labour pour l'ameublissement du sol. Il a pour but de briser les mottes qui n'ont pas été pulvérisées par la herse, ou de les enfoncer un peu dans le sol afin qu'elles soient plus facilement soumises à l'action d'un second hersage. Le roulage est aussi employé, au printemps, soit pour comprimer sur les racines la terre soulevée par les gelées, soit pour affermir le sol après l'ensemencement, ou encore pour écraser les insectes répandus dans la couche superficielle du sol. Nous nous occuperons de ces derniers résultats en traitant de la culture des diverses sortes de récoltes, et nous n'envisagerons ici le roulage qu'au point de vue de l'ameublissement de la couche arable.

C'est surtout dans les terres argileuses, compactes, que le rouleau est utile, afin de briser les mottes trop adhérentes pour être divisées par la herse ; mais, pour qu'il produise de bons résultats, il ne faut pas que la terre soit trop humide, car, ou elle s'attache au rouleau, ou bien les mottes ne sont qu'aplaties ; l'opération est alors plus nuisible qu'utile.

Labourer, herser, rouler, herser de nouveau, forment une série d'opérations qui ameublissent bien mieux les sols compactes que deux ou trois labours, suivis de hersages, sans l'emploi du rouleau. Les mottes de terre, divisées en très-petits fragments, se laissent bien plus facilement pénétrer par les premières pluies. Dans les terres légères, l'emploi du rouleau devient inutile, parce que les mottes, ayant peu de consistance, sont facilement désunies par un premier hersage.

Du rouleau. — Le roulage s'opère à l'aide d'un cylindre ordinairement en bois dur, tournant dans un cadre ou à l'extrémité d'un brancard que traînent des animaux (fig. 127 et 128). On fait des rouleaux de longueur et de diamètre différents; plus le diamètre est grand et la longueur petite, plus l'action du rouleau est forte.

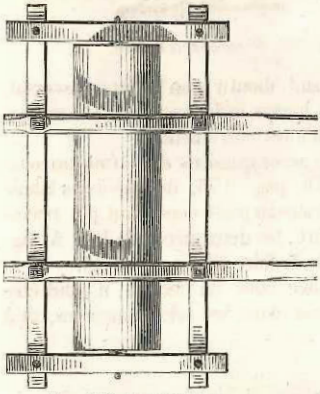

Fig. 127. *Rouleau ordinaire.*

En général, les rouleaux qu'on emploie ont une longueur trop considérable et un diamètre trop petit. Ainsi, un rouleau en bois de $0^m.33$ de diamètre et de 2^m de longueur ne produit que bien peu d'effet sur les terres fortes. Pour qu'un rouleau de bois produise une action sensible sur les sols compactes, il faut qu'il ait de $0^m.40$ à $0^m.50$ de diamètre sur 1^m de longueur. Un rouleau ainsi construit coûte environ 80 fr. Le travail exécuté avec ces sortes de rouleaux est moins prompt, parce que l'on est obligé de faire plus de tours sur un espace donné, mais aussi l'opération est bien plus satisfaisante.

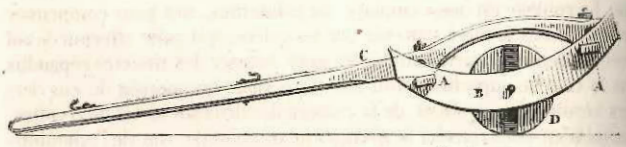

Fig. 128. *Vue de côté du rouleau ordinaire.*

On fait quelquefois des rouleaux en pierre, auxquels on donne $0^m.27$ de diamètre sur 1^m de longueur. Leur effet est beaucoup plus intense et plus égal que celui d'un rouleau plus long.

Les rouleaux offrant le plus souvent une surface unie, on a remarqué que leur action était insuffisante dans les sols compactes surpris par la sécheresse après le labour, et l'on a imaginé de les revêtir de dents ou de disques qui, agissant sur chaque motte de terre, détruisent leur cohésion.

Parmi les rouleaux pourvus de dents, l'un des meilleurs est celui indiqué par la fig. 129. Il est tout en fonte, sauf le châssis, qui est en bois. Il coûte 200 fr.

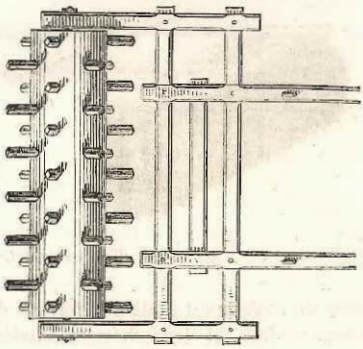

Fig. 129. *Rouleau brise-mottes.*

Le rouleau à disques qui a donné jusqu'à présent les meilleurs résultats est celui imaginé par de Dombasle sous le nom de *rouleau squelette* (fig. 130). Il est, comme le précédent, construit en fonte, à l'exception du cadre et du timon, qui sont en bois. Son poids est de 250 kil. Il est formé par des côtes ou arêtes circulaires et tranchantes qui coupent les mottes en même temps qu'elles les écrasent. Son prix est de 160 fr.

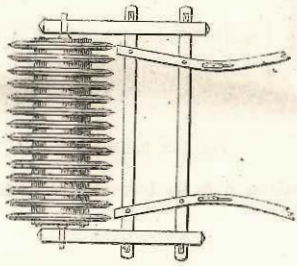

Fig. 130. *Rouleau squelette de Dombasle.*

Enfin, le *rouleau Crosskill* (fig. 131), imaginé après le rouleau à disques, est plus énergique encore que ce dernier. Cet instrument se compose de 21 disques en fonte, indépendants, largement dentés et mobiles sur un axe commun. 10 de ces disques ont un diamètre de $0^{m}.60$, et 11 en ont un de $0^{m}.67$. Ils occupent sur l'essieu une longueur de $1^{m}.60$. Le poids de tout le système est de 1,000 kilogrammes, et son prix est de 300 francs.

Pour les terrains labourés en billons, le rouleau cylindrique présente de grands inconvénients. Si le tirage se fait dans la direction du labour, le rouleau ne porte que sur le sommet des billons ; s'il est fait en travers, la marche de l'instrument n'offre qu'une suite de ressauts qui

fatiguent beaucoup les bêtes de trait. M. de Gasparin conseille dans ce cas l'usage du rouleau imaginé par M. Malingié (fig. 132), et qui consiste en un arc de fer coudé portant des rondelles en pierre ; la lon-

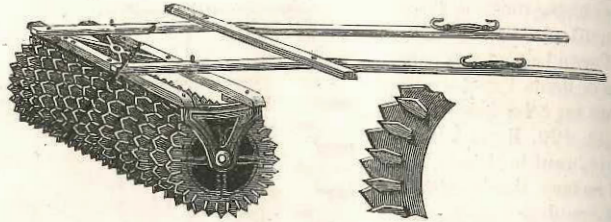

Fig. 131. *Rouleau Crosskill.*

gueur du rouleau est égale à la largeur du billon; il est monté sur un châssis en bois, et deux chevaux, attelés à ses extrémités, marchent de front dans les raies de séparation.

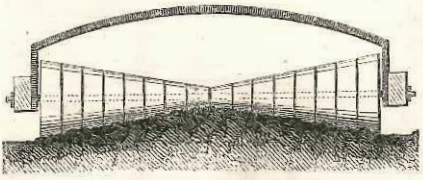

Fig. 132. *Rouleau Malingié.*

Quant au prix de revient du roulage, il varie suivant la consistance du terrain. Il peut être évalué, en moyenne, à 2 fr. 50 c. par tour de rouleau dans les terrains compactes, et à 1 fr. 50 c. dans les sols légers.

DU BINAGE.

Le binage se rapproche beaucoup du hersage. Il a pour but principal de rompre, de pulvériser, jusqu'à la profondeur de 0^{m}.05 à 0^{m}.08, la croûte qui se forme à la surface des terrains abandonnés à eux-mêmes.

Ses effets les plus importants sont les suivants :

Il empêche l'action de la sécheresse sur le sol, et voici comment on l'explique : la chaleur du soleil dessèche la terre d'autant plus profondément que celle-ci est plus affermie ; les particules qui la composent étant en contact immédiat les unes avec les autres, celles de la surface réparent l'humidité qu'elles perdent aux dépens de celles qui

sont placées immédiatement au-dessous ; celles-ci produisent le même effet sur les particules inférieures, et, de proche en proche, la sécheresse parvient à de grandes profondeurs. Mais si, à l'aide du binage, on ameublit la superficie du sol, celle-ci perd bien toujours son humidité; mais, comme elle n'est plus adhérente à la partie inférieure, elle ne peut plus réparer à ses dépens la perte qu'elle a éprouvée. Elle reste donc interposée entre l'action du soleil et la couche inférieure, au desséchement de laquelle elle devient un obstacle. Pour maintenir cet état de choses, il suffit de donner un nouveau binage quelque temps après chaque nouvelle ondée de pluie, afin que celle-ci, en mouillant la surface, ne lui fasse pas contracter une nouvelle adhérence avec la couche inférieure.

Les binages agissent encore favorablement sur la fertilité du sol, en le maintenant constamment ouvert à l'action efficace de l'air et des rosées, si nécessaires à l'accroissement et aux fonctions des racines. Si l'on néglige cette opération, surtout dans les terres argileuses, la couche superficielle acquiert tant de dureté en se desséchant, qu'elle devient imperméable à l'air et que l'eau des pluies est souvent vaporisée avant d'avoir pu la pénétrer. Les plantes, étranglées, pour ainsi dire, au milieu de cette croûte, languissent et ne donnent que de chétifs produits.

Enfin, ils concourent à la destruction des plantes nuisibles.

Le binage étant surtout destiné à maintenir la surface du sol constamment divisée, ce travail doit être pratiqué dès que la terre commence à se durcir et à se fendiller. Si l'on retarde, la terre se desséchera plus profondément, et les racines des plantes en souffriront. La surface finira par acquérir, dans les terres argileuses, une dureté telle, qu'elle se laissera à peine entamer par les instruments; les plantes nuisibles, devenues presque ligneuses, continueront de s'accroître, épuiseront davantage la terre tout en étouffant les récoltes, et, laissant échapper leurs semences avant d'être enlevées, saliront la terre pour les récoltes suivantes.

Le binage est usité, soit pour les terres chargées de récoltes, soit pour les sols nus ou en jachère.

Du binage dans les terres chargées de récoltes. — On conçoit, par ce qui précède, que c'est surtout pour les terres chargées que le binage présente une grande importance. La manière de l'effectuer et le choix des instruments convenables varient selon que les plantes sont semées à la volée ou disposées en lignes.

Plusieurs récoltes, qu'à tort ou à raison on sème encore à la volée dans quelques localités, exigent, pendant leur végétation, un ou plusieurs binages ; telles sont l'œillette, les raves et navets, les carottes et

betteraves, le froment même, dans quelques circonstances. Nous indiquerons, en parlant de la culture spéciale de ces plantes, le nombre de binages qu'elles réclament, ainsi que la manière de les effectuer. Disons seulement ici un mot des instruments les mieux appropriés.

L'instrument le plus commode pour ce travail est la *serfouette* (fig. 133). On se sert de la lame tranchante pour couper les mauvaises herbes, et du bident pour passer entre les plantes et ameublir la terre.

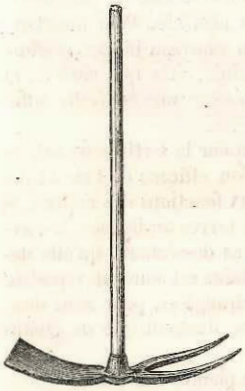

Fig. 133. *Serfouette.*

Quant aux récoltes disposées en lignes, le mode d'opérer varie suivant que les lignes sont placées à plus ou moins de 0^{m}.50 de distance les unes des autres ; occupons-nous du premier cas.

Autrefois ce binage était exclusivement pratiqué avec la houe à main (page 166) ; mais, depuis, on a introduit chez nous, d'Allemagne et d'Angleterre, sous le nom de *houe à cheval* (fig. 135 et 136), des instruments mûs par des chevaux, et qui exécutent cette opération d'une manière beaucoup plus prompte et moins coûteuse. Un certain nombre de cultivateurs ont adopté ces instruments à l'exclusion de tous autres ; d'autres ont persisté dans l'emploi des instruments à main. La cause de cette dissidence est due à ce que ces deux séries d'instruments présentent également des inconvénients si l'on ne sait pas les employer au moment opportun.

Sans doute, lorsque les plantes semées de bonne heure, comme la carotte champêtre, commencent à sortir de terre, leurs racines sont si délicates, leurs feuilles si grêles, qu'il serait à craindre qu'ébranlées par la houe à cheval, ou seulement couvertes par la terre qu'elle déplace, elles ne subissent un dommage réel ; il n'y a pas alors à hésiter, et, quelle que soit la dépense, il faut biner avec les instruments à main, bien qu'ils offrent le plus souvent plusieurs inconvénients graves. D'abord, comme la houe est droite, on est obligé d'attaquer les plantes nuisibles de front ; or certaines de ces plantes, ayant déjà acquis une consistance un peu ligneuse, cèdent et plient au lieu d'être coupées, et il faut enfoncer l'instrument pour pouvoir les déraciner. Il en résulte qu'on ébranle souvent les jeunes plantes et qu'on nuit à leur développement. D'un autre côté, la construction de cette houe est telle, qu'elle oblige l'ouvrier qui la manie à marcher sur le sol qu'il vient de pulvériser.

M. Lecouteux a imaginé une binette qui n'offre pas ces inconvénients. Elle se compose (fig. 134) d'un prisme en fer fixé à l'extrémité de la douille. Une quenouille, tranchante sur ses deux bords, fait corps avec la partie supérieure du prisme. Une cavité pratiquée latéralement dans ce prisme permet d'y introduire à la fois les deux

Fig. 134. *Binette Lecouteux.*

branches coudées des deux lames, qui, par cette disposition, peuvent à volonté s'éloigner ou se rapprocher. L'assemblage est maintenu solide par deux coins en fer. A l'aide de cet instrument, les plantes nuisibles sont tranchées obliquement et sans secousse, et l'ouvrier peut marcher à reculons sur la terre qui n'est pas encore remuée.

Mais, quelque temps après ce premier binage, les plantes ont acquis plus de force, leurs lignes se dessinent bien à la surface du sol; on craint beaucoup moins de les ébranler. C'est alors qu'on doit préférer l'emploi de la houe à cheval.

Parmi celles qui laissent le moins à désirer, nous conseillons la houe à cheval successivement améliorée par deux agronomes du département de la Seine-Inférieure, MM. Dargent et Auguste Baudouin. Elle (fig. 135 et 136) se compose d'une sorte de châssis horizontal formé de deux pièces latérales (L), plus du prolongement postérieur de l'age. Cette dernière pièce porte, en avant du corps, une sorte de pied en fer (P), terminé par une petite lame en fer de lance. Les deux pièces latérales (L) supportent aussi en arrière deux pieds semblables. Ces trois pieds sont disposés de telle sorte qu'ils forment un triangle. Deux lames (O) sont aussi fixées à la partie postérieure des pièces latérales. Elles peuvent s'élever ou s'abaisser au moyen d'une vis de pression. Ces deux lames permettent de remuer la terre jusqu'auprès des lignes des plantes sans les endommager, lorsque celles-ci sont cultivées, comme cela a lieu quelquefois sur un petit endos.

Afin que les trois pieds de la houe et les deux lames postérieures puissent toujours occuper tout l'espace réservé entre chaque ligne des plantes, on peut éloigner ou rapprocher les deux pièces latérales (L) en les faisant glisser sur la traverse au moyen de la vis d'appel (R). La partie antérieure de la houe est terminée par un age qui s'appuie en avant sur une roue qu'on peut élever ou abaisser à l'aide de la vis

de pression (H). Cette roue mobile permet ainsi de faire varier le degré d'entrure des pieds et des lames de la houe. Cet instrument est, en outre, pourvu, à la partie postérieure, de deux manches qui servent à le conduire. Son prix est de 75 francs.

On n'attelle qu'un cheval à cette houe. Au début de l'opération, lorsque l'animal n'est pas encore familiarisé avec ce travail, il faut un

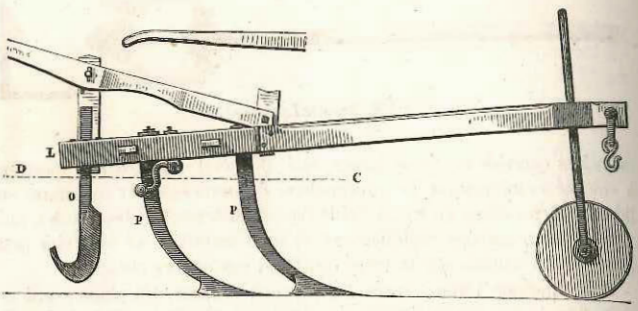

Fig. 135. *Profil de la houe à cheval.*

enfant pour le guider; mais bientôt il s'habitue à cette manœuvre, et un seul homme suffit pour le diriger et conduire l'instrument.

Il est facile de se rendre compte de l'efficacité et de la promptitude du travail exécuté par cette houe à cheval et de l'économie de main-d'œuvre qui en résulte; mais il faut aussi savoir choisir avec précision le moment où le sol n'est pas trop sec, et l'instant où les plantes nui-

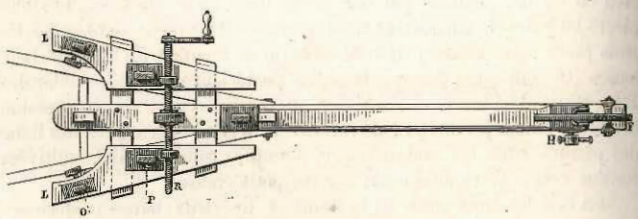

Fig. 136. *Coupe horizontale de la houe à cheval suivant la ligne C D de la fig.* 135.

sibles n'ont pas atteint beaucoup de développement. Si le sol est trop sec, les pieds de la houe ne feront qu'effleurer la terre, et le résultat

sera manqué, si les plantes nuisibles sont très-développées, elles s'accumuleront dans les pieds de la houe, embarrasseront sa marche, et cet instrument ne fera plus qu'un travail nul ou imparfait. Dans le premier cas, on pourra remplacer les trois pieds et les deux lames par cinq fortes dents en fer un peu recourbées en avant (fig. 137). L'action de ces dents, beaucoup plus énergique que celle des pieds de la houe, rompra la croûte durcie de la surface, et le binage sera fait plus facilement et d'une manière plus parfaite. Quant à l'obstacle résultant du développement trop considérable des plantes nuisibles, il n'y a d'autre moyen de le surmonter que de faire enlever les plus fortes à la main, avant d'exécuter le binage.

Fig. 137. *Dents de rechange pour la houe à cheval. E, coupe de ces dents, suivant la ligne A B.*

M. Moll a imaginé, pour la même opération, une autre houe à cheval (fig. 138), qui donne également de très-bons résultats.

Étudions maintenant le binage des récoltes en lignes distantes de moins de 0^{m}.50. Plusieurs sortes de récoltes cultivées en lignes présentent un mode de végétation tel, qu'on ne pourrait, sans perdre sur la quantité du produit, laisser un espace de 0^{m}.50 entre chaque ligne. Tels sont le froment, certaines variétés de haricots, les féveroles, etc. Les binages, dans ce cas, diffèrent des précédents en ce que le peu d'espace réservé entre les lignes s'oppose à l'emploi de la houe à cheval. On se sert alors des houes à main, ou, ce qui est beaucoup plus prompt, lorsque les rangs sont très-rapprochés, de la houe à main imaginée

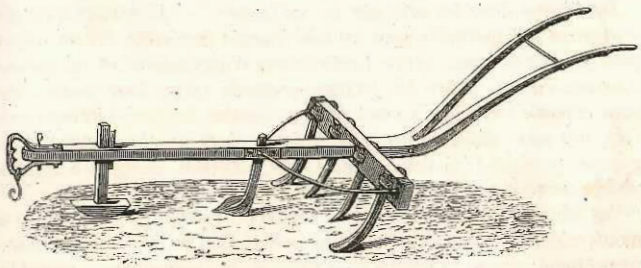

Fig. 138. *Houe à cheval de M. Moll.*

par M. Hugues pour le binage des blés semés en lignes avec le semoir (fig. 139).

Nous renvoyons à la culture spéciale de chacune des récoltes pour l'indication du nombre de binages que chacune d'elles réclame. Disons seulement ici que l'on donne plusieurs binages, et que les derniers

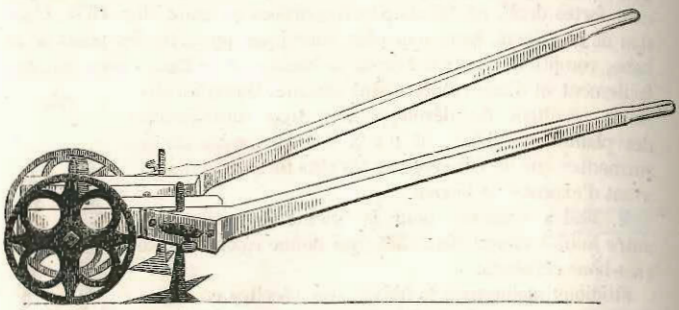

Fig. 159. *Houe à main de Hugues.*

doivent être plus profonds que les premiers. Ainsi, le premier pourra ne pénétrer qu'à 0m.03 de profondeur, et les suivants atteindre jusqu'à 0m 08. En général, les binages spécialement employés pour l'ameublissement de la surface du sol devront être plus fréquents dans les sols compactes que dans les terrains légers. Jamais on ne devra hésiter à donner un binage aussitôt que l'état du sol le réclamera ; les récoltes en seront toujours plus belles, plus abondantes, et couvriront largement les frais de ce travail.

Du binage dans les sols nus ou en jachère. — Le binage n'est pas seulement indispensable pour les sols chargés de récolte, il l'est encore pour les terrains nus, entre l'enlèvement d'une récolte et un nouvel ensemencement. Outre les labours profonds qu'on leur donne, soit pour exposer toutes les parties de leur couche fertile à l'influence de l'air, soit pour détruire les plantes vivaces à racines traçantes, ils reçoivent, pendant l'été, des labours très-superficiels, destinés à les empêcher de se dessécher trop profondément.

Ces labours superficiels sont de véritables binages. Ils ne sont pas moins nécessaires, comme dernière préparation du sol, avant l'ensemencement, quand la terre a été retournée et profondément ameublie par des labours proprement dits. Pour quelques ensemencements d'été, un binage, après l'enlèvement de la récolte, suffit quelquefois pour préparer convenablement la terre. Dans quelques localités même, on préfère, pour recouvrir les semences, ce binage à l'action de la herse.

Dans un grand nombre d'endroits, ces binages sont pratiqués avec la charrue; mais dans les contrées où l'agriculture est plus avancée, on l'a remplacée par des instruments qui opèrent avec une bien plus grande rapidité et donnent lieu à une dépense beaucoup moins considérable.

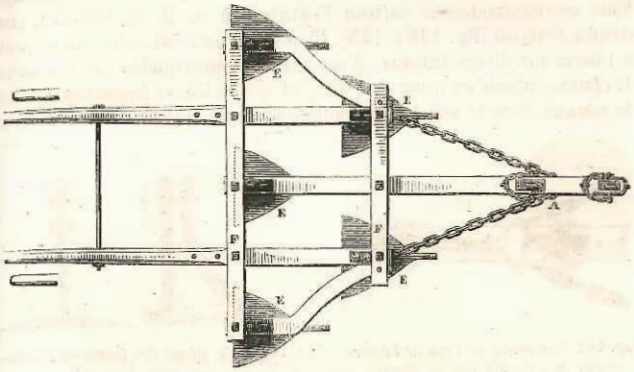

Fig. 140. *Plan de l'extirpateur de Valcourt.*

Ces instruments, partagés en deux séries, sont les *extirpateurs* et les *scarificateurs*.

L'*extirpateur* se compose, comme la houe à cheval, d'un cadre horizontal (fig. 140), formé par l'assemblage de fortes pièces de bois, mais qui, au lieu d'être mobiles, sont fixes. Ce cadre offre également un

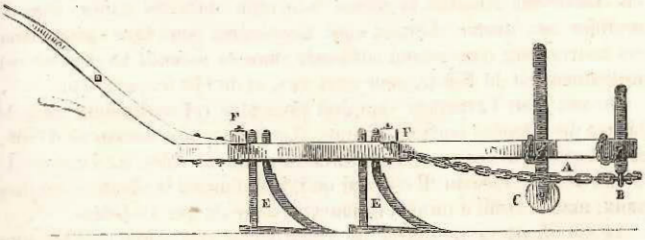

Fig. 141. *Profil de l'extirpateur de Valcourt.*

age à sa partie antérieure et des manches à sa partie postérieure. Il sert aussi de support à un certain nombre de lames (E); mais celles-ci,

placées horizontalement, sont beaucoup plus larges, et présentent exactement la forme d'un soc de charrue à deux tranchants. Elles sont disposées de telle sorte, qu'elles agissent d'une manière égale sur tout le terrain qu'embrasse le cadre. L'age est ordinairement accompagné d'une roue (C, fig. 141) qui sert de régulateur pour la profondeur du binage. Nous recommanderons surtout l'extirpateur de M. de Valcourt, construit à Grignon (fig. 140 à 143). C'est sans contredit celui qui se prête le mieux aux divers travaux. Il est surtout remarquable par ces sortes de coutres placés en avant des socs, et qui facilitent beaucoup l'entrée de ceux-ci dans le sol, tout en augmentant la solidité de l'instrument

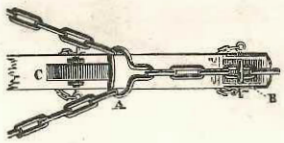

Fig. 142. *Extrémité de l'age de l'extirpateur de Valcourt, vue en dessous.*

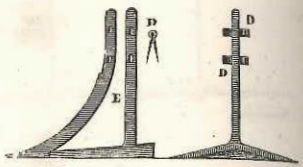

Fig. 143. *Détail des lames de l'extirpateur de Valcourt.*

(fig. 143). Les socs sont au nombre de cinq, deux en avant et trois en arrière. Ils présentent chacun une largeur de $0^m.38$, et sont placés de telle sorte, qu'il reste entre les angles postérieurs de chaque soc un espace de $0^m.27$. L'instrument embrasse donc une largeur totale de $1^m.68$. Si l'on avait à opérer sur un sol très-léger, on pourrait diminuer un peu la largeur des socs et porter leur nombre de cinq à sept, en conservant toujours le même intervalle entre les lames. Dans le premier cas, quatre chevaux sont nécessaires pour faire fonctionner cet instrument; cinq seront suffisants dans le second. Le prix de cet instrument est de 150 fr. pour cinq socs, et de 170 fr. pour sept.

On voit tout l'avantage que doit présenter cet extirpateur pour le binage des grandes surfaces. Comme il embrasse une largeur de $1^m.68$, il faudrait, pour faire le même travail, donner six traits de charrue de $0^m.28$ de large chacun. Il est vrai qu'il faut doubler le nombre des chevaux, mais il suffit d'un seul conducteur pour diriger l'attelage.

Le *scarificateur* ne diffère de l'extirpateur que parce que les socs sont remplacés par de longues et fortes dents en fer recourbées en avant comme celles des grandes herses. Quelquefois ces dents sont terminées par une petite lame en fer de lance. Cet instrument ne diffère de la herse proprement dite que par les roues dont il est muni, qui faci-

litent sa marche, et servent à régler son degré d'action. Nous recommandons surtout le scarificateur construit par M. Pasquier, de la Ferté-sous-Jouarre (Seine-et-Marne), sous le nom de *charrue-herse* (fig. 144 à 150).

LÉGENDE POUR LES FIGURES DE LA CHARRUE-HERSE DE PASQUIER.

Avant-train.

A, roues de 0m.70 de diamètre extérieur.

B, essieu en fer couvert d'une traverse en bois.

C, barre verticale en fer forgé, boulonnée au milieu de l'essieu, et traversée à sa partie supérieure par une mortaise qui reçoit une clavette destinée à maintenir à hauteur l'extrémité du col de cygne D lorsque la machine ne fonctionne pas.

E, timons en bois assemblés et boulonnés avec l'essieu.

F, traverse en bois boulonnée avec les limons.

G, attelles accrochées sur la traverse F.

a, tiges de fer rondes reliant le sommet de la pièce verticale C avec la traverse F

b, tiges recourbées destinées à supporter les rênes des chevaux.

Arrière-train.

D, col de cygne en fonte qui réunit l'arrière-train avec l'essieu de devant, sur lequel la partie antérieure de ce col s'appuie fortement lorsque l'instrument fonctionne.

c, écrou à rotule ajusté à la partie postérieure du col de cygne et armé de deux tourillons qui sont libres dans les deux branches qui le terminent.

d, vis de rappel qui traverse l'écron *c* et dont la tête porte une manivelle.

e, collet en fer qui, tout en permettant à la vis de tourner librement sur elle-même, la retient attachée à la traverse *f*.

H, équerres courbées en fonte qui supportent les deux bouts de la traverse et qui viennent se boulonner sur le grand côté I du châssis de l'arrière-train.

J, dents en fer forgé, au nombre de neuf, et dont la plus ou moins grande profondeur dans le sol est réglée par le mécanisme précédent.

L, roues en fonte adaptées aux côtés latéraux et montées sur des axes indépendants.

M, crémaillères en fer portant à leur partie inférieure les tourillons des roues.

h, pignons droits à quatre dents qui engrènent la crémaillère M.

i, axe en fer supportant les pignons *h*.

l, roues à rochet portant autant d'entailles que les pignons *h* portent de dents.

m, rochet en fer qui peut être descendu dans chacune des entailles des roues à rochet *l* de manière à maintenir les roues L à une hauteur déterminée.

Les lames représentées par la fig. 144 ne servent pas seulement à effectuer des binages, mais aussi à faire enterrer les parcs et toute espèce de semis. L'instrument opère alors comme l'extirpateur. Il devient scarificateur quand on remplace les lames par les dents indiquées par

les fig. 149 et 150, et qui sont d'un très-grand secours pour nettoyer les luzernes et les terres salies par les plantes à racines traçantes.

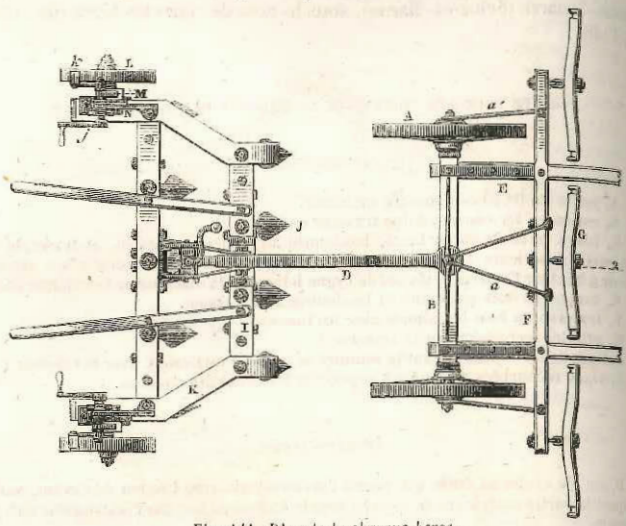

Fig. 144. *Plan de la charrue-herse.*

Le prix de cette charrue-herse est de 280 fr. pour sept socs, et de

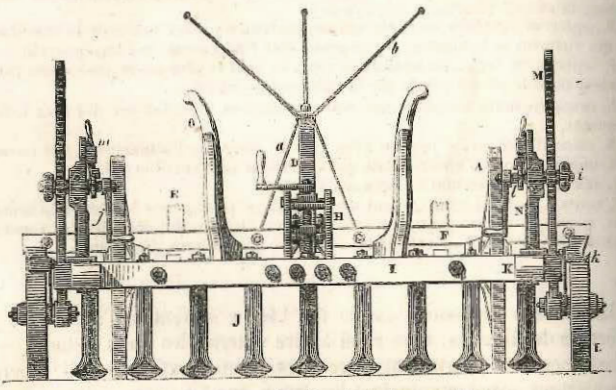

Fig. 145. *Vue par derrière de la charrue-herse.*

300 fr. pour neuf socs. Les dents de rechange se comptent à part, à rai-

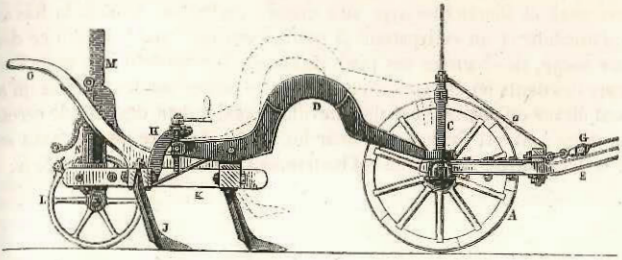

Fig. 146. *Profil de la charrue-herse.*

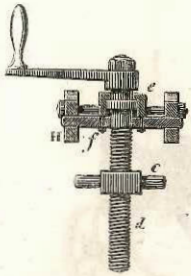

Fig. 147. *Détail de la vis de rappel de la charrue-herse.*

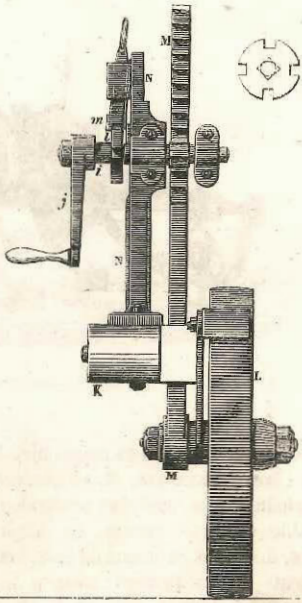

Fig. 148. *Détail des roues de l'arrière-train de la charrue-herse.*

Fig. 149. *Lame de la charrue-herse.*

Fig. 150. *Lame de la charrue-herse.*

son de 1 fr. 50 c. le kilog. Le petit modèle est emplové dans les terres compactes, le grand dans les terrains légers.

Le scarificateur (fig. 151) qui porte le nom de son inventeur, M. Colmann, de Chelmsford, en Angleterre, a plus de puissance encore que le précédent et fonctionne avec une grande perfection. C'est à la fois un scarificateur et un extirpateur. Il suffit, pour qu'il soit propre à ce dernier usage, de chausser ses pieds de lames d'extirpateur. On règle l'enfrure des dents ou des socs avec des leviers placés sur les côtés et qu'on peut élever ou abaisser par des chevilles mobiles dans des arcs de cercle. En outre, on fait facilement sortir les dents de terre en appuyant sur le levier central. Le prix de cet instrument, tout en fer, est de 225 fr.

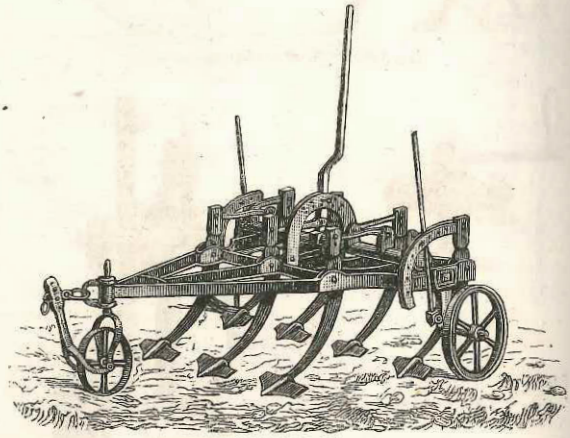

Fig. 151 — *Scarificateur Colmann.*

Quand un binage aura pour objet de compléter la préparation du sol pour l'ensemencement, et, en général, d'ameublir la surface, soit pour l'empêcher de se dessécher profondément, soit pour détruire les plantes nuisibles à courtes racines, on emploiera l'extirpateur, parce que ses lames, disposées en forme de socs, remuent plus également la terre que les dents du scarificateur; mais ce dernier sera préféré lorsqu'il s'agira de biner un terrain couvert de chiendent ou de toute autre plante à racines traçantes, ou bien de déchirer la surface d'une prairie artificielle ou d'une jachère couverte d'herbe. On en obtient encore de très-bons effets pour ameublir, avant l'ensemencement, la surface des terres argileuses tassées par les pluies après les labours.

Pour le binage des terrains nus ou en jachère, on choisit, comme pour les surfaces couvertes de récoltes, le moment où ils ne sont ni trop secs ni trop humides. Pour détruire les plantes nuisibles à racines vivaces, on profite d'un temps sec et chaud, afin que les racines, exposées à l'ardeur du soleil, périssent rapidement.

Voici le prix moyen d'un binage, pratiqué sur une étendue d'un hectare, dans les principales circonstances que nous avons examinées :

Binage des récoltes semées à la volée		50 fr.
Binage des récoltes disposées en lignes distantes de 0m.50 au moins.	A la houe à main	25
	A la houe à cheval	6
Binage des récoltes disposés en lignes distantes de moins de 0m.50.	A la houe à main	20
	A la houe Hugues	12
Binage des terrains nus ou en jachère	Avec la charrue	14
	Avec l'extirpateur ou le scarificateur	6

DU BUTTAGE.

Le buttage consiste à réunir une certaine quantité de terre au pied des plantes, de manière à enterrer la base de leurs tiges. Outre son action sur la fertilité du sol, il influe aussi directement sur la végétation, et c'est en vue de cette influence qu'il est le plus ordinairement pratiqué. Ainsi, certaines plantes, dont les tiges ont la propriété d'émettre facilement des racines, développent, lorsque leur base est ainsi enterrée, de nouveaux organes radicaux qui viennent augmenter la vigueur des récoltes. C'est ce que l'on remarque notamment pour les pommes de terre, le maïs, le colza, les haricots, etc.

D'autres fois, le buttage a pour objet de consolider la tige de certaines plantes qui, proportionnellement beaucoup plus développée que les racines, serait renversée par les vents à la fin de la végétation : tels sont l'œillette ou pavot, le tabac, etc. Enfin il contribue aussi puissamment, comme le binage, à la destruction des plantes nuisibles.

Le buttage est fait d'une façon différente, suivant la manière dont les récoltes ont été ensemencées. Lorsque l'ensemencement a été fait à la volée, ou lorsque les lignes présentent moins de 0m.50 d'intervalle, on se sert de la houe à la main; si les plantes sont disposées en lignes distantes de 0m.50 au moins, on fait usage d'un instrument nommé *buttoir*.

Cet instrument, traîné par un cheval (fig. 152 à 154), est une sorte de petite charrue sans avant-train, pourvue seulement d'une roue (P) placée en avant de l'age. Ce qui le caractérise, c'est un double versoir (I) articulé vers sa partie antérieure, de manière à permettre de

l'éloigner ou de le rapprocher vers sa partie postérieure. On maintient ces versoirs dans une position fixe à l'aide de deux petites bandes de fer (F) percées de trous, et fixées à la base de leur face postérieure interne. Ces bandes viennent se fixer par leur extrémité opposée sur le talon (J) du buttoir, à l'aide d'une cheville en fer (E) (fig. 152).

Parmi les divers buttoirs qu'on a imaginés, nous conseillons de

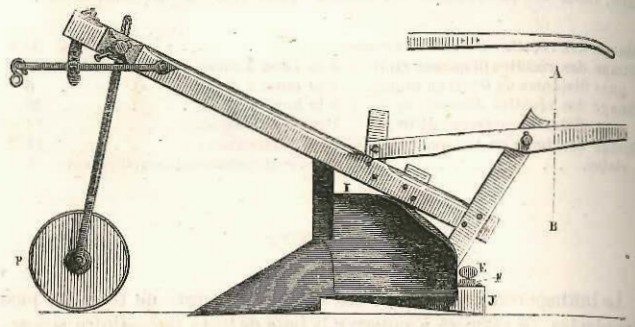

Fig. 152. *Profil du buttoir de Désert.*

préférence celui qu'a construit M. Désert. Les figures 152 à 154 le représentent. Son prix est de 80 fr.

Pour que le buttage produise de bons effets, il est indispensable

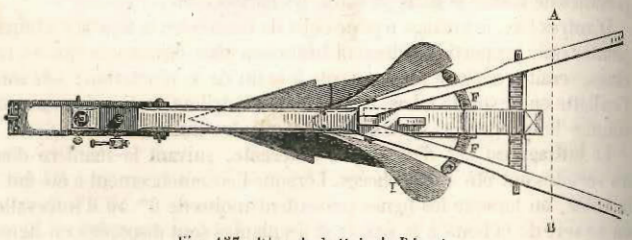

Fig. 153. *Plan du buttoir de Désert.*

de le pratiquer au moment où la terre a été récemment ameublie par un binage ; car, si elle commençait à se durcir, le buttoir n'y fonctionnerait qu'imparfaitement. On peut, si l'on veut économiser le binage, faire usage de l'instrument imaginé par le même construc-

teur, et auquel il a donné le nom de *houe-buttoir* (fig. 155 et 156). Cette machine, composée de la réunion de la houe et du buttoir, fait, en une seule fois, deux opérations. On peut aussi faire fonctionner séparément les deux parties qui la composent en supprimant les pieds de la houe ou le buttoir, qui s'enlèvent et se replacent à volonté. Elle tient alors lieu de la houe et du buttoir. Son prix est de 120 fr.

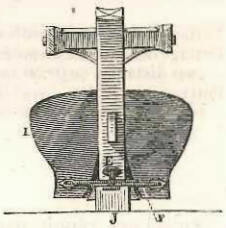

Fig. 154. *Coupe du buttoir de Désert, suivant la ligne A B des fig. 144 et 145.*

Lorsque le buttage des plantes est destiné à augmenter leur vigueur et l'abondance de leurs produits, on le pratique au moment où les récoltes n'ont encore atteint que le tiers de leur développement.

Si ces récoltes doivent recevoir plusieurs buttages, le premier doit

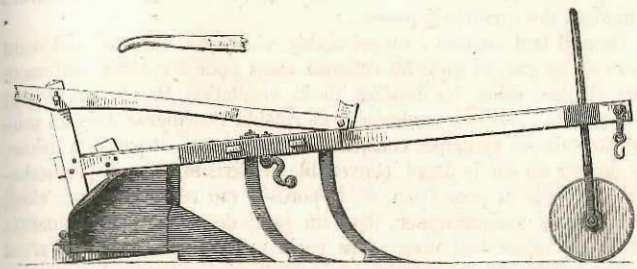

Fig. 155. *Houe-buttoir de Désert.*

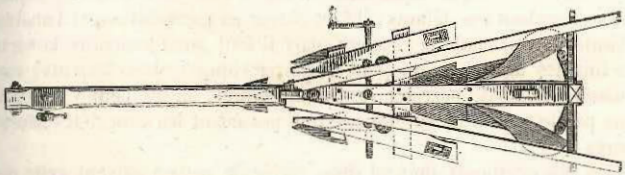

Fig. 156. *Plan de la houe-buttoir de Désert.*

être moins énergique que le second. A cet effet, lors de la première opération, on ouvre beaucoup les versoirs du buttoir, et l'on n'entame que la surface du sol. Pour le second buttage, on les rapproche, au contraire, et l'on fait piquer l'instrument plus profondément.

Le buttage donne lieu à la dépense suivante pour un hectare :

Buttage des récoltes semées à la volée.		30 fr
Buttage des récoltes disposées en lignes distantes de 0m.50 au moins.	A la houe à main.	25
	Au buttoir.	6
Buttage des récoltes disposées en lignes distantes de moins de 0m.50.	A la houe à main.	30

AMENDEMENTS.

Un sol qui réunit dans sa composition le mélange le plus convenable d'argile, de calcaire et de sable, n'a pas besoin d'être amendé par l'addition de nouveaux principes terreux ; de bons labours et des engrais suffisent pour le rendre productif. Mais celui où l'une des terres prédomine à tel point, qu'elle donne son caractère à toute la masse, exige qu'on corrige ses défauts par le mélange de substances qui aient des qualités opposées.

Ce qu'il faut surtout à un sol arable, c'est qu'il absorbe facilement l'eau et les gaz, et qu'il les retienne assez pour les céder lentement aux plantes, selon les besoins de la végétation. Or, le but de tout amendement est, non-seulement, de rétablir l'harmonie dans les proportions de ses principes constituants, mais aussi, et par cela même, de donner au sol le degré convenable de divisibilité et de perméabilité pour l'air et pour l'eau, et la porosité qui retient les gaz ; c'est, enfin, de lui communiquer, dans un juste degré, toutes les qualités physiques utiles dont nous avons parlé précédemment, et qui n'ont pas une influence moins prononcée sur la végétation que la composition chimique du sol.

Avant de s'occuper d'amender un sol, il faut en connaître les qualités et surtout les défauts ; il faut savoir sa composition, et l'analyse chimique peut seule la révéler ; mais il faut aussi connaître la vertu de tous les agents qu'on peut employer comme amendements ; car, puisqu'il s'agit de corriger des vices connus, on ne peut y parvenir que par le moyen de substances qui possèdent les propriétés nécessaires.

Les amendements doivent donc varier de nature suivant celle des terrains ; c'est ainsi que, dans les terres où domine le *calcaire*, il faut ajouter des amendements *argileux*, et que les *sables* servent à améliorer les sols trop compactes ou argileux, tandis que les *marnes argileuses* conviennent parfaitement à l'amendement des terres sableuses.

L'amendement des terres les unes par les autres est un des moyens

les plus avantageux d'accroître la richesse territoriale d'un pays; car la véritable cause de l'infertilité d'un grand nombre de localités réside dans la nature même du sol, et nullement, comme on pourrait le croire, dans les conditions météorologiques et topographiques.

La surface totale de la France comprend 52,768,618 hectares, composés ainsi qu'il suit :

Eaux courantes et dormantes.	665,429
Routes, chemins, rues, places publiques.	1,228,600
Constructions de toutes sortes.	259,617
Domaine agricole.	50,614,972
Total.	52,768,618

Centro de Investigación y Tecnología D.G.A. BIBLIOTECA ZARAGOZA

Si du domaine agricole nous retranchons :

9,191,076 hectares de landes improductives,
6,763,281 hectares de jachères,

c'est-à-dire 15,954,357 hectares ne rapportant presque rien, on voit qu'il n'y a, en réalité, que 34,660,615 hectares de terres en rapport.

Les parties infertiles de notre territoire sont celles où une seule formation géologique règne sur un grand espace, de manière à avoir exclu le mélange des trois éléments terreux. Ainsi, la Bretagne est feldspathique et sableuse ; la Champagne est entièrement crayeuse; la Sologne est toute sableuse ; le Berri est tout calcaire; le Bourbonnais est granitique ; le Forez, le Limousin, l'Auvergne, le Velay et le Rouergue sont granitiques et volcaniques; la Bresse est argileuse; les Landes sont, ici trop sableuses, là trop argileuses.

Les parties fertiles de notre territoire sont celles où se rencontrent, à la fois, plusieurs couches géologiques diverses, qui, confondant ensemble leurs différents principes terreux, forment les seuls terrains propres à la culture.

Il y a certainement des terres occupées par des roches nues et abruptes, où, dans les conditions actuelles de main-d'œuvre et de transport, on ne saurait entreprendre avec fruit aucune sorte d'amendement; mais, en général, entre le taux moyen des terres infertiles (200 fr. par hectare) et celui des terres productives (2,000 fr.), il y a une telle latitude, qu'il n'est presque pas de terre située en pays de plaine qui ne puisse être amendée avec succès.

Ainsi, sur les 16 millions d'hectares qui restent, en France, impro-

ductifs ou totalement incultes, il y en a bien 9 millions qui se trouvent dans de bonnes conditions d'amendement, et, sur ce nombre, au moins 6 millions qui sont dans des conditions si favorables, qu'il serait facile de leur faire gagner, en moyenne, une plus-value de 1,000 francs par hectare.

Les engrais seuls ne pourraient produire ce résultat; car, il faut bien qu'on le sache, l'usage des engrais n'offre un avantage important que dans les bonnes terres. Dans les mauvaises, ils ne produisent qu'un résultat éphémère, qui n'est jamais sensible au delà d'une ou deux années : aussi ces terres ne peuvent-elles être avantageusement soumises à aucune rotation. D'ailleurs, les mauvaises terres exigent une proportion d'engrais beaucoup plus forte que les bonnes, et ne peuvent jamais donner un produit aussi abondant.

La première chose à faire est donc d'améliorer minéralogiquement et chimiquement le sol autant que le permettent l'état et les ressources géologiques de la localité. C'est ce qu'on a très-bien compris dans les pays les plus avancés en agriculture. Le département du Nord, la Belgique, l'Angleterre, doivent en grande partie leur prospérité aux amendements.

En ayant égard à leur nature chimique, les amendements peuvent être partagés en trois classes : *siliceux*, *argileux* et *calcaires*. C'est dans cet ordre que nous allons les examiner.

Amendements siliceux. — Les amendements siliceux sont les cailloux, les graviers, le sable, le grès pilé, tous uniquement formés de silice. Insolubles et non susceptibles d'entrer en combinaison avec les matériaux du sol, ou de réagir chimiquement sur les plantes, ils conservent indéfiniment leur nature, et n'opèrent que mécaniquement, en divisant et atténuant les terrains trop compactes et les rendant plus perméables à l'air et à l'eau.

Quoique en général on puisse dire qu'*épierrer* un terrain c'est l'amender, cependant on se trouve bien, dans quelques cas, de jeter des graviers sur les terres glaises, pour les diviser, les ameublir, les réchauffer, favoriser dans les terres trop humides l'écoulement des eaux surabondantes, retenir, au contraire, dans les terrains trop secs une partie de l'humidité du sol, accélérer dans les vergers la fructification des arbres, et dans les vignes la maturité du raisin. En horticulture, les habiles jardiniers savent très-bien le bon effet des pierres poreuses mêlées au terreau destiné aux plantes cultivées en vases ou en caisses.

L'utilité du sable, des graviers et même des cailloux, dans certains sols, est si réelle, que Thouin cite un jugement qui condamna un ingénieur du gouvernement à reporter sur un champ dont il les avait

extraits, une grande quantité de cailloux de diverses grosseurs qu'il avait employés à ferrer une route voisine. Pline nous apprend que, dans le territoire de Syracuse, certains étrangers, pour avoir épierré des terres, les rendirent limoneuses et perdirent les blés, de sorte qu'il fallut ensuite y remettre des pierres.

L'emploi du sable pour diminuer la ténacité des terres argileuses n'est pas toujours suivi de succès, parce que les labours, au lieu de le mêler intimement avec le sol, le font descendre au-dessous de la couche cultivée, où il n'est plus d'aucune utilité. En général, il est très-difficile d'incorporer le sable avec une terre argileuse tenace, et celui qui se trouve naturellement dans les argiles ne paraît pas y être à l'état de simple mélange, mais dans un état de combinaison qu'il n'est pas en notre pouvoir d'imiter. La chaux et la marne calcaire agissent bien plus énergiquement que le sable pour diminuer la ténacité des argiles, et la dépense est beaucoup moins considérable, parce qu'il n'en faut pas une très-grande quantité pour produire le même effet.

Les amendements siliceux doivent être répandus sur le sol avant les labours destinés à l'ensemencement des céréales. On les mélange d'abord avec une couche peu épaisse du sol, à l'aide de l'extirpateur, puis on augmente progressivement la profondeur des labours.

Les *sables d'alluvion*, les *sables de mer* et les *vases* doivent être préférés à tous les autres sables, parce que les sels et les détritus des matières végétales et animales dont ils sont naturellement imprégnés, le calcaire et l'argile finement divisés dont ils sont mélangés, leur communiquent des propriétés précieuses. La plupart de ces sables, contenant proportionnellement plus de carbonate de chaux que de silice, en raison des abondants détritus de coquilles qu'ils renferment, sont plutôt des amendements calcaires que siliceux; c'est donc dans la classe des premiers que nous les étudierons.

Dans quelques localités où les pailles deviennent rares à certaines époques de l'année, on emploie le sable en guise de litière, ou au moins on le mêle aux litières. Il s'imprègne ainsi des urines et des excréments, et devient à la fois un amendement et un engrais. Dans tous les cas, en plaçant les sables dans le voisinage des tas de fumier, on les charge de matières organiques très-utiles. On peut encore les mêler avec avantage aux composts de chaux destinés aux terres argileuses.

Amendements argileux. — De même qu'on amende un sol argileux en y mélangeant du sable, de même on améliore un sol sablonneux ou calcaire en y ajoutant de l'argile. Mais cette opération est plus difficile à cause de la consistance tenace et compacte de cette terre. On

y parvient, cependant, en répandant sur le terrain de l'argile réduite en poudre, et surtout en employant des limons ou vases argileuses qui se divisent assez facilement. On y supplée aussi par des marnes argileuses.

L'emploi de l'argile pour l'amendement des terres sableuses est bien ancien, puisque Palladius et Columelle en parlent comme d'une excellente pratique. Arthur Young nous apprend que, dans quelques localités de l'Angleterre, on la préfère à la marne, et qu'en tout cas elle a la même durée. Les *Transactions philosophiques* citent même, dès 1690, l'emploi de l'argile par le docteur Lister pour les terres argileuses.

Thaër dit qu'on ne peut attendre une action véritablement améliorante de l'argile ou de la glaise qu'autant qu'elle a été exposée, pendant plusieurs années, aux influences de l'atmosphère : telles sont les argiles qui ont servi à construire des tranchées, des murs ou des digues, surtout dans le voisinage des habitations ou des cours de ferme; la glaise se divise alors plus facilement et se mêle mieux avec le sol.

C'est peu après les moissons qu'on doit transporter les argiles sur les terres, pour que les pluies d'automne fassent tomber, en plus petites parties, toutes les grosses mottes. Si l'on veut disperser immédiatement l'argile, il est préférable de briser préalablement les mottes, afin que la dispersion soit plus régulière, et l'enfouissement et le mélange plus intimes lors des labours de l'automne.

Lorsque l'argile constitue le sous-sol des terrains calcaires ou sableux, on peut la ramener à la surface avec avantage en donnant un second trait de charrue dans les sillons.

Du discernement avec lequel on emploie l'argile comme amendement dépend souvent la durée des améliorations qu'elle doit produire. Il est donc impossible de fixer la proportion favorable, puisque cette quantité doit varier d'un sol à l'autre. Dans quelques parties du midi de la France, on met jusqu'à cent charretées de glaise par hectare. Desvaux a vu des sables, dépendant des formations minérales supérieures, être améliorés complétement par un hectolitre d'argile, placé de quinze pas en quinze pas ou de dix en dix mètres, et répandu sur le sol à la manière des fumiers. Dès 1770, Orbel Ray, en Angleterre, employait, sur ces sortes de terres, l'argile pure, et de la même manière.

En Angleterre, on brûle ou l'on calcine l'argile, et l'on en fait un amendement très-avantageux, même pour les terres argileuses. Le moyen consiste à creuser une tranchée en terre, à la remplir de fagots, de tourbe ou de broussailles, à former avec des mottes d'argile

mi-sèche une espèce de voûte sur ce lit de combustibles, puis à mettre le feu au tas; on ajoute de l'argile, au fur et à mesure, sur le tas rouge de feu, tant que le combustible le permet (fig.

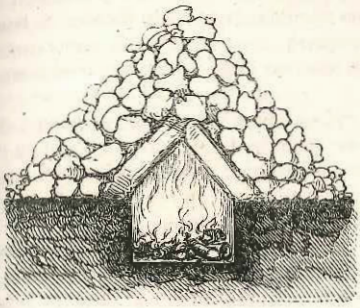

Fig. 157. *Brûlis de l'argile.*

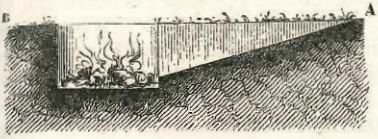

Fig. 158. *Coupe verticale de la fig.* 157.

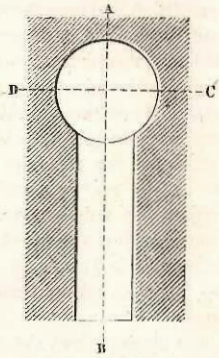

Fig. 159. *Plan de la fig.* 157.

157 à 159). Le résidu de la calcination peut être employé immédiatement.

L'argile doit être brûlée humide; sèche, elle durcit au feu en forme de brique qu'il faut briser et qui se pulvérise difficilement, au lieu que, calcinée humide, elle donne, après la combustion, des mottes poreuses que le moindre choc réduit en poussière.

Par cette calcination modérée, l'argile change tout à fait de caractères : elle perd sa ténacité, sa faculté de retenir l'eau ; elle devient rougeâtre et très-friable. Au lieu de rendre le sol plus compacte, plus difficile à égoutter, elle le rend plus meuble et plus perméable.

Tous les agronomes anglais, ainsi que Bosc et Puvis, en France, préconisent l'argile brûlée, comme un amendement préférable à tous les autres, dans les terres lourdes et compactes, qu'elles soient calcaires ou argileuses. La dose est de 266 hectolitres 1/2 à 333 hectolitres 1/2 par hectare, tous les quatre ou cinq ans ; et, comme les 5 hectolitres reviennent à peu près à 1 fr., cela porte l'amendement de l'hectare à 53 fr. 30 cent. dans le premier cas, et à 66 fr. 70 dans le second.

Les agriculteurs anglais ont avancé que l'emploi de l'argile brûlée pouvait dispenser des engrais, et que cette substance remplaçait le fumier; c'est là une exagération d'enthousiastes, dont Mathieu de Dombasle a fait justice. Puvis recommande, avec raison, d'alterner l'emploi de cette terre avec des engrais animaux aussi abondants qu'on pourra se les procurer.

Il ne faut pas croire que l'argile n'opère que mécaniquement : elle remplit encore un rôle chimique important, en concourant, par sa faculté de condenser dans ses pores les matières gazeuses et l'ammoniaque de l'air, à retenir, au profit de la végétation, une grande partie de l'ammoniaque introduite dans la terre par les eaux pluviales et les engrais. En outre, elle est pour les plantes un réservoir presque inépuisable de sels alcalins, sels qui, nous le reconnaîtrons bientôt, sont indispensables à l'existence des végétaux. Toutes les argiles renferment de petits fragments des roches alcalines d'où elles dérivent. Ces fragments sont toujours en voie de décomposition lente; la potasse, la soude, qui s'y trouvent, deviennent libres, et sont absorbées par les racines. Dans le Nord de la France, il y a une puissante formation d'argiles calcaires, appelées *dièves*, dans lesquelles il y a jusqu'à 4 pour 100 de potasse.

Les alcalis, dans les argiles, sont ordinairement à l'état de silicates, c'est-à-dire dans des conditions favorables à leur assimilation par les végétaux. On comprend donc qu'avec elles on puisse réparer cet appauvrissement du sol en potasse par suite des cultures répétées de betteraves, de pommes de terre et autres plantes qui enlèvent beaucoup de cet alcali au sol. Ainsi, une récolte de betteraves en emprunte au sol 60 kilogr. par hectare. 1,500 kilogr. de l'argile calcaire de Valenciennes suffiraient donc pour restituer à cet hectare les 60 kilogr. de potasse nécessaires à une nouvelle récolte de betteraves.

La calcination de l'argile, en rendant cette matière plus poreuse, augmente sa force d'absorption pour les matières gazeuses de l'air, pour l'ammoniaque qui arrive dans le sol, et facilite la décomposition, par l'acide carbonique absorbé, des silicates alcalins qu'elle renferme. On conçoit donc, dès lors, la plus grande action améliorante de l'argile brûlée.

Amendements calcaires. — Les amendements calcaires sont la marne, la chaux, les plâtras de démolition, le falun ou calcaire coquillier. Ces amendements ne produisent de bons effets que sur les sols dépourvus de calcaire, ou qui n'en renferment qu'en très-minime proportion. Ils conviennent surtout aux sols froids et humides, aux terres glaiseuses, aux terres argilo-siliceuses. Ces terrains, où croissent spon-

tanément les *fougères*, les *bruyères*, ceux qui sont infestés d'*avoine à chapelet*, de *chiendent*, de *petite matricaire*, contiennent peu ou point de carbonate de chaux.

Les effets principaux de ces sortes d'amendements sont une augmentation de récolte de 25 à 50 pour 100, et une culture moins pénible de la terre : celle-ci devient plus meuble; l'humidité la rend moins tenace et moins consistante; la sécheresse la durcit beaucoup moins.

Voyons les propriétés et l'application de chacun de ces amendements calcaires.

Marne ou carbonate de chaux impur. On désigne sous le nom collectif de *marnes* tous les mélanges naturels d'argile et de carbonate de chaux qui font une effervescence plus ou moins vive avec les acides, et qui se délitent ou se pulvérisent par le contact de l'air et de l'humidité.

Cette substance minérale se rencontre ordinairement à la partie supérieure des terrains de sédiment, en couches plus ou moins épaisses et à des profondeurs variables sous la terre végétale. Suivant M. Teillieux, la marne est d'autant meilleure que l'époque de sa formation est moins ancienne. Ainsi, les marnes de Paris, du Mans, qui reposent en couches horizontales au fond de bassins de vieux lacs d'eau douce, sont préférables à celles de la Beauce et de la Touraine, situées sur la craie; elles sont préférables à celles des terrains jurassiques moyens, qui constituent une partie de la Normandie; préférables encore à celles qui peuvent se rencontrer sous les couches du calcaire jurassique de Niort, et surtout à celles du lias, qui se rencontrent seules dans un rayon de plusieurs kilomètres autour de cette ville. Mais M. de Gasparin n'admet pas sans conteste une pareille assertion, et il affirme que les marnes les plus riches du Gers sont précisément les plus anciennes, et que leur effet peut se comparer à celui des marnes tertiaires de l'Yonne.

Le plus habituellement, la marne gît assez près de la surface du sol. Certaines plantes, telles que:

Les tussilages,	Les chardons,
L'ononis,	Le mélampyre,
Les sauges,	Le trèfle jaune,
Les ronces,	Les plantains, etc...

sont ordinairement un indice des sols dans lesquels la marne se trouve à peu de profondeur. Les creusements des fossés ou des puits la mettent souvent à jour; plus souvent encore on la trouve en arrachement sur les pentes; les couches sablonneuses l'annoncent aussi : presque

Fig. 160. *Tarière pour les petits sondages.*

toujours elles la recouvrent ou la supportent. Lorsque aucun de ces signes ne l'indique, on la recherche directement, par des *sondages*, dans les parties inférieures du sol.

Pour pratiquer les sondages peu profonds, on peut faire usage de l'instrument représenté (fig. 160). C'est une barre de fer de 3 à 4 mètres de longueur, terminée par une pointe aciérée surmontée d'une cuiller, et qu'on manœuvre au moyen d'un manche de tarière que traverse la barre ; ce manche s'élève ou s'abaisse à volonté, et se fixe par une vis de pression.

En général, il faut beaucoup moins creuser pour rencontrer les bancs de marne, dans les endroits où la terre paraît plus sèche, où le sol argilo-sableux est rougeâtre plutôt que gris.

Les proportions de l'argile et du calcaire, unis quelquefois à du sable, qui composent la marne, varient à l'infini; c'est ce qui amène une grande diversité dans son aspect et ses autres qualités physiques. La marne est d'autant plus dure et plus blanche qu'elle renferme plus de carbonate de chaux. Lorsque ce sel dépasse 80 pour 100, elle cesse d'être de la marne; elle ne se délite plus qu'avec une extrême lenteur, et elle devient une *pierre calcaire marneuse* que les arts utilisent. En deçà de cette limite, la richesse de la marne, sous le point de vue agricole, est en rapport direct avec la prédominance du calcaire sur l'argile, attendu que son activité sur la végétation dépend surtout de la quantité de carbonate de chaux. La meilleure est celle qui en contient de 60 à 70 pour 100. Un fait d'observation, c'est que la marne devient plus riche à mesure qu'elle s'enfonce sous terre.

On peut distinguer trois variétés principales de marne :

La *marne siliceuse* ou *sableuse;*

La *marne argileuse* ou *forte;*

La *marne calcaire* ou *pierreuse*.

Ces variétés ont des propriétés bien différentes et peuvent, employées sans discernement, devenir aussi nuisibles à la culture qu'elles lui sont utiles quand on en fait un usage convenable.

La *marne siliceuse* ou *sableuse* contient parfois plus des deux tiers de sable; le troisième tiers est un composé inégal d'argile et de carbonate de chaux. Elle est plus ou moins grisâtre, très-friable, et se délaye très-facilement dans l'eau, avec laquelle elle ne fait pas de pâte.

C'est la moins bonne de toutes les marnes. Elle ne convient, comme amendement, qu'aux terres fortes, visqueuses et humides. On l'emploie avec avantage dans les terrains crétacés et argileux; elle les divise et les rend plus perméables à l'air et à l'eau.

La *marne argileuse*, plus riche que la précédente, a une teinte plus ou moins foncée; elle est plus compacte, moins friable, se délaye moins promptement dans l'eau, et forme avec elle une pâte courte. — Quand une marne argileuse contient environ son tiers de carbonate de chaux, elle est très-propre pour amender les sols sableux, les terrains trop secs et trop faciles à se dessécher; elle y opère mécaniquement en donnant plus de consistance, et chimiquement au moyen de son calcaire. — Quand l'argile prédomine dans la composition de la marne, elle n'opère pas chimiquement avec autant de puissance, mais elle ne laisse pas de produire cependant un bon effet. On peut l'employer alors en très-grande quantité, sans aucune crainte. Son usage peut s'étendre même jusque sur les sols sablo-calcaires; mais, dans ce cas, il faut la répandre avec précaution, car on sait que le calcaire trop abondant brûle les récoltes au lieu de les faire prospérer.

La *marne calcaire*, la plus riche et la plus active, est plus dure et plus blanche que les deux autres; elle se délaye dans l'eau plus facilement que la marne argileuse, et forme avec le liquide une pâte encore plus courte; son effervescence avec les acides est beaucoup plus longue et plus vive. Une bonne marne calcaire se dissout dans l'acide chlorhydrique étendu, en ne laissant qu'un très-léger résidu; plus ce résidu insoluble est considérable, plus elle renferme d'argile ou de sable. Chauffée fortement, pendant une heure, au milieu des charbons ardents, puis arrosée d'eau, elle s'échauffe beaucoup, se délite, et se réduit en une poudre blanche qui occupe beaucoup de volume. Chez les autres marnes, ces caractères sont bien moins prononcés.

La marne calcaire convient particulièrement aux sols argileux, et à tous les sols trop humides, ou qui retiennent trop fortement l'eau des pluies. Elle est moins avantageuse sur les sols sableux; elle ne produit même sur ces derniers que des effets peu durables et peu puissants si on l'emploie sans le concours des engrais.

C'est surtout par l'analyse chimique qu'on parvient à déterminer la nature de la marne et la variété à laquelle elle appartient. Les essais sont très-simples.

Fig. 161. *Fiole à médecine.*

On réduit la marne en poudre, on en sèche 100 grammes à l'étuve ou au four pour connaître la quantité

d'eau qu'elle contient, et l'on prend 20 grammes de cette marne ainsi séchée. D'un autre côté, on introduit dans une fiole à médecine (fig. 161) 100 grammes d'acide chlorhydrique, étendu à l'avance de deux fois son poids d'eau. On pose cette fiole sur le plateau d'une balance, et, après avoir fait la tare, en ajoutant 20 gr. pour représenter le poids de la marne sur laquelle on opère (fig. 162), on y introduit celle-ci par petites portions, en agitant pour faciliter le dégagement de l'acide carbonique. Lorsque l'effervescence est terminée et que la liqueur est encore très-acide, on remet la fiole sur la balance, et on ajoute du même côté assez de poids pour l'équilibrer. Ces poids représentent la quantité d'acide carbonique dégagé.

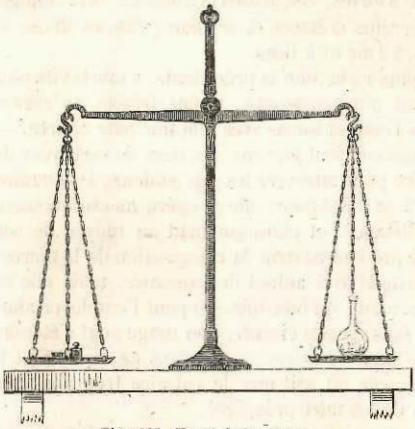

Fig. 162. *Essai de la marne.*

Avec cette donnée et la connaissance de la composition invariable du carbonate de chaux pur, on arrive aisément à trouver la quantité de calcaire que représente le poids d'acide carbonique dégagé.

100 parties de carbonate de chaux pur = { 43,71 d'acide carbonique, 56,29 de chaux.

On dit alors : 43,71 d'acide carbonique représentant 100 de carbonate de chaux, combien le poids de l'acide carbonique perdu par les 20 gr. de marne représente-t-il de calcaire pur?

Supposons que, dans l'essai précédent, nous ayons trouvé 5 gr. 40 pour poids de l'acide carbonique dégagé, nous dirons :

$$43{,}71 : 100 :: 5{,}40 : x = \frac{100 \times 5{,}40}{43{,}71} = 12{,}35$$

et, par conséquent, nous saurons que les 20 gr. de marne contiennent

12 gr. 35 de carbonate de chaux, soit $12{,}35 \times 5 = 61{,}75$ pour 100.

Le résidu insoluble dans l'acide, et équivalant à 7,65, est de l'argile pure, ou un mélange de sable et d'argile, suivant que la marne est *argileuse* ou *sableuse*. Pour le savoir, on verse ce résidu dans une capsule en verre, après avoir fait écouler le liquide acide, dont on n'a plus besoin; on délaye la terre dans beaucoup d'eau, on laisse reposer une minute, puis on décante sur un filtre double (fig. 163) le liquide qui tient en suspension l'argile. Le sable reste au fond de la capsule. On le lave, à plusieurs reprises, avec de l'eau que l'on verse à chaque fois sur le filtre, et, quand il est bien dépouillé d'argile, on le sèche et on le pèse. Quant à l'argile du filtre, on la fait sécher quand l'eau qui s'en égoutte n'est plus du tout acide, et on la calcine au rouge pour en prendre le poids.

Fig. 163. *Filtre double.*

On a alors le poids de tous les éléments de la marne. En multipliant tous ces nombres par 5, on ramène la composition de la marne à 100 parties. Ainsi, les 7,65 de résidu, dans l'essai précédent, nous ayant donné 1 gr. 25 de sable et 6 gr. 40 d'argile, nous formulons ainsi la composition de la marne essayée :

12 gr. 35 de calcaire	× 5 =	61,75 de carbonate de chaux.
1 25 de sable	× 5 =	6,25 de sable.
6 40 d'argile	× 5 =	32,00 d'argile.
20 gr. 00		100,00

Il y a bien toujours un peu d'oxyde de fer, de carbonate de magnésie, de potasse, d'ammoniaque, parfois des phosphates et des azotates dans les marnes; mais les proportions en sont si faibles, qu'on peut les négliger. Le carbonate de magnésie seul pourrait nuire, si sa présence devenait un peu considérable. Au reste, il y a un indice qui apprend quand une marne est fortement magnésienne. L'eau qui couvre les creux d'extraction de cette sorte de marne, comme celle qui séjourne dans les carrières de calcaire magnésien, reste blanchâtre ou laiteuse, tandis que celle qui recouvre la marne ou la pierre à chaux non magnésienne est toujours transparente et limpide.

Pour rendre l'essai d'une marne encore plus simple et éviter tout calcul, on peut se contenter de tenir compte du poids des matières insolubles dans l'acide chlorhydrique. Ainsi, on met l'acide affaibli dans

un vase à bec (fig. 164), on y ajoute peu à peu les 20 gr. de marne, et lorsqu'il n'y a plus aucune effervescence, on verse le liquide trouble sur un filtre double. On rince la capsule à plusieurs reprises avec l'eau distillée, on réunit le tout sur le filtre, qu'on lave ensuite avec de nouvelle eau, jusqu'à ce que la liqueur qui tombe de l'entonnoir ne rougisse plus le papier bleu de tournesol. On met alors le filtre, bien égoutté, à l'étuve et on le dessèche à 120 degrés. On prend le poids du résidu, en dédoublant le filtre, et mettant le filtre extérieur sur le plateau des poids pour servir de tare au filtre qui contient les matières insolubles.

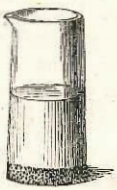

Fig. 164.
Vase à bec.

Le poids du résidu, soustrait du poids de la marne, donne, par différence, le poids du carbonate de chaux, avec une exactitude suffisante pour la pratique. Soit une marne laissant, sur 20 gr., 8 gr. de résidu, on dit :

$$20 - 8 = 12;$$
$$12 \times 5 = 60 \text{ pour } 100 \text{ de carbonate de chaux.}$$

Rien n'empêche de faire ensuite l'analyse, pour ainsi dire mécanique, du résidu, si l'on tient à savoir les proportions respectives du sable et de l'argile ; mais, la plupart du temps, on peut se dispenser de ce soin, car le point important, c'est de connaître la richesse de la marne en carbonate de chaux.

Ici encore, comme dans l'analyse des terres, on doit opérer, non sur un morceau de marne isolé, mais sur un échantillon commun prélevé sur plusieurs gros tas retirés de la carrière.

L'analyse des marnes, faite pour déterminer les proportions de calcaire qu'elles renferment, ne suffit pas pour établir, entre plusieurs échantillons, une valeur relative, c'est-à-dire leur plus ou moins grand effet sur la végétation. Ce n'est pas tout, en effet, qu'une marne soit plus riche qu'une autre en carbonate de chaux ; il faut encore, pour qu'on doive la préférer, qu'elle se divise et se réduise en poussière, au contact de l'air humide, beaucoup plus rapidement et beaucoup plus complétement. Dans presque toutes les marnes, on rencontre des noyaux calcaires, d'une grande cohésion, qui résistent énergiquement à la désagrégation, et qui, par conséquent, n'ont aucune influence dans l'opération du *marnage ;* on conçoit donc qu'une marne plus riche en carbonate de chaux qu'une autre pourrait cependant exercer moins d'effet pour l'amendement du sol, uniquement parce que, à masse égale, elle contiendrait plus de ces rognons ou noyaux compactes et indivisibles.

C'est M. de Gasparin qui, le premier, a appelé l'attention sur cette circonstance capitale. Ayant eu à rendre compte de l'effet bien différent de deux marnes provenant du département du Gers, il constata que, mises à déliter dans l'eau, l'une laissait, sur 1000 parties, 875 de rognons calcaires impénétrables à l'eau, tandis que l'autre s'y résolvait, en peu de temps, en une poudre homogène. Cette différence établissait, entre les pouvoirs d'effet immédiat des deux marnes, une proportion de 1 à 8. C'était précisément la proportion que la pratique avait indiquée, puisque, avec vingt-cinq voitures de la seconde, on obtenait les mêmes résultats qu'avec deux cents voitures de la première.

Ces résultats, que M. de Gasparin a vérifiés et confirmés sur des marnes de bien des espèces et dans des pays différents, donnent un moyen d'apprécier les quantités relatives de marne à employer dans les différents cas. Cet agronome regarde comme *inertes* les pierres et les parties sableuses, qu'il nomme *nodules calcaires*, et comme *actives* les parties pulvérulentes séparées par la lévigation.

Il faut donc, d'après cela, pour compléter l'estimation d'une marne, combiner l'analyse chimique avec la lévigation. Voici comment on opère.

On plonge dans l'eau (fig. 165) une quantité connue de marne, qui ne doit pas être moindre d'un kilogramme ; on laisse digérer pendant une heure; on agite, on coule (fig. 166), on remet de nouvelle eau, jusqu'à ce que celle-ci reste claire après l'agitation; alors on sèche et on pèse le résidu, qui est composé de noyaux.

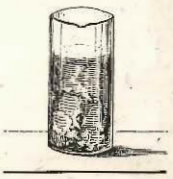

Fig. 165. *Vase à lévigation pour marne.*

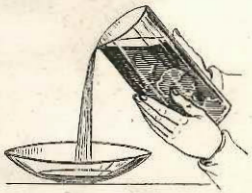

Fig. 166. *Vase à décanter.*

Supposons deux marnes, de localités différentes, contenant: l'une 67,5, l'autre 35,0 pour 100 de carbonate de chaux, mais la première se délitant entièrement dans l'eau, tandis que la seconde laisse 50 pour 100 de noyaux calcaires. Il est évident que, dans la seconde, il n'y a véritablement que 50 pour 100 de marne agissante, ce qui réduit la proportion du carbonate de chaux utile à 17,5 pour 100, par suite de cette proportion:

$$100 : 35 :: 50 : x = 17{,}5.$$

Maintenant, supposons que la première soit employée à la dose de 20

mètres cubes ; pour connaître la quantité qu'il faudrait de la seconde pour produire le même effet, on dira :

$$17{,}5 : 20 :: 67{,}5 : x = 77.$$

C'est-à-dire, qu'il faudra employer 77 mètres cubes de la marne à rognons pour équivaloir aux 20 mètres cubes de la marne sans rognons.

M. Masure a tout récemment fait remarquer les causes d'erreur et les inconvénients qu'entraînait le mode opératoire indiqué par M. de Gasparin. Au lieu de faire *à part* l'analyse physique (par la lévigation) et l'analyse chimique, il agit *sur un même échantillon* de marne, l'analyse chimique ne devant porter que sur les parties pulvérulentes, puisqu'elles sont les seules parties actives et que la proportion de carbonate de chaux peut ne pas être la même dans les nodules et les parties pulvérulentes.

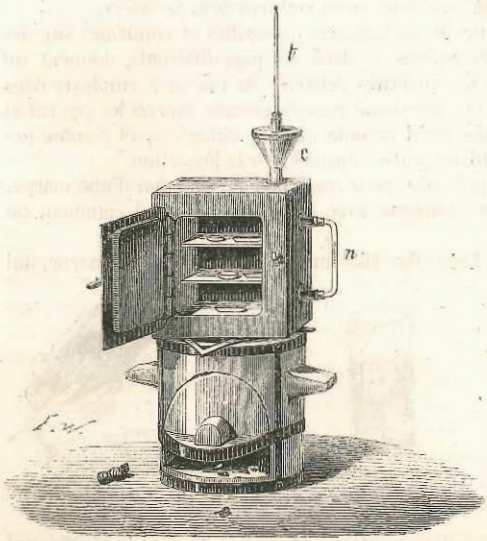

Fig. 167. — *Étuve à eau bouillante de Gay-Lussac.*

Voici la méthode générale que conseille de suivre M. Masure pour faire l'analyse d'une marne :

1° *Séparation des pierres et des graviers.* Cette opération préalable porte sur 1 kilog. de la marne à essayer.

La marne est mise dans l'eau pendant vingt-quatre heures et on l'agite de temps en temps pour faciliter le délayage. La masse délayée est jetée sur une passoire à fond de toile métallique dont les mailles ont un demi-millimètre de côté, et on l'arrose d'eau jusqu'à ce que le liquide qui s'écoule soit clair et limpide. Le lavage est alors

terminé ; les pierres et les graviers restés sur la passoire sont séchés à l'air, pesés et examinés.

2° *Lévigation des parties entraînées par l'eau.* On abandonne pendant vingt-quatre heures l'eau de lavage, afin que toutes les matières puissent se déposer au fond des vases ; on décante l'eau surnageante au moyen d'un siphon, on réunit les dépôts dans une assiette et on les fait sécher au soleil. On en prend alors une cinquantaine de grammes que l'on met dans une étuve à eau bouillante (fig. 167). Lorsqu'ils sont complétement desséchés, on pèse exactement 10 grammes, que l'on délaye bien dans un verre, et que l'on soumet ensuite à *l'appareil à lévigation* (fig. 168). Cet appareil est identique à celui qui sert à l'analyse physique des terres arables ; l'opération se conduit de la même manière.

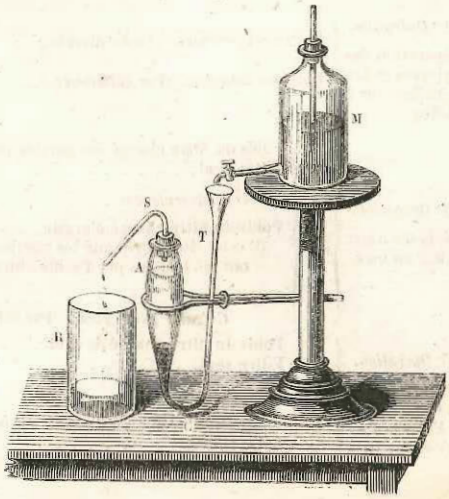

Fig. 168. — *Appareil de M. Masure pour la lévigation de la marne.*

3° *Dosage du calcaire dans les parties pulvérulentes.* Lorsque l'appareil a fonctionné, on recueille sur deux filtres desséchés et tarés : d'une part la partie sableuse, d'autre part les parties pulvérulentes. On dessèche à l'étuve à 100° et on pèse.

Le filtre contenant les matières pulvérulentes est ensuite remis sur son entonnoir. Pour qu'il reprenne bien sa forme primitive, on a soin de l'arroser avec quelques gouttes d'eau. On verse peu à peu dans le filtre de l'acide chlorhydrique étendu de quatre fois son volume d'eau, jusqu'à ce que toute effervescence ait cessé. On termine en remplissant le filtre d'eau acidulée, et on fait plusieurs lavages à l'eau pure. Le filtre est de nouveau desséché à l'étuve et pesé. La perte de poids est considérée comme représentant le poids du calcaire. Le dosage du calcaire dans la partie sableuse se fait de la même manière.

Quant au phosphate de chaux qui se trouve dans la liqueur acide et les eaux de lavage, on le précipite par l'ammoniaque et on le recueille sur un filtre desséché et taré. On met à l'étuve, et, lorsque le filtre ne perd plus de son poids, on pèse. On obtient ainsi le poids du phosphate hydraté ; les 0,75 ou les trois quarts de ce poids représentent, d'après les nombreuses expériences de vérification, le poids du phosphate de chaux contenu dans le calcaire.

Pour faire mieux comprendre ce procédé d'analyse, voici un exemple avec toutes les annotations.

			Kil.
1re *Opération.* Séparation des pierres et des graviers sur 1 kilog.		Pierres et graviers. (Pesée directe.)	0,840
		Matières délayées. (Par différence.)	0,110
			Gram.
2e *Opération.* Lévigation sur 10 grammes.	Parties pulvérulentes.	Poids du filtre chargé des parties pulvérulentes.	5,13
		Filtre seul	1,84
		Parties pulvérulentes	5,29
		Poids du filtre chargé d'argile. (C'est-à-dire après que les parties pulvérulentes ont été traitées par l'acide chlorhydrique.)	2,23
		D'où : *Argile*	0,59
		Calcaire pulvérulent. (Par différence.)	2,90
3e *Opération.* Perte de poids des filtres par l'action de l'eau acidulée.	Partie sableuse.	Poids du filtre chargé de sable	8,34
		Filtre seul	1,64
		Partie sableuse	6,70
		Poids du filtre chargé de sable siliceux	2,42
		Sable siliceux	0,82
		Sable calcaire. (Par différence.)	5,88

M. de Gasparin admet que pour marner 1 hectare il faut 20 mètres cubes d'une marne dosant 67,5 p 100 de calcaire. D'après cela une marne qui ne contiendrait que 1 pour 100 de calcaire pulvérulent devra être employée en quantité 67 fois et demi plus grande, c'est-à-dire à la dose de 1350 mètres cubes, et d'une marne contenant en général n pour 100 de calcaire pulvérulent il faudra employer $\frac{1350}{n}$ mètres cubes par hectare.

Ce calcul appliqué à l'exemple précédent donne $\frac{1350}{2,9}$, soit 462,4 mètres cubes par hectare.

Lorsque l'on est fixé sur la nature de la marne, et qu'on connaît bien l'état de la terre qu'on veut améliorer, voici comment on procède au marnage.

Il faut, avant tout, que le sol puisse s'égoutter et se débarrasser

des eaux surabondantes de sa surface. Nous avons dit précédemment comment on facilite l'égouttement et le desséchement des terres.

C'est par un temps sec ou de gelée qu'il faut voiturer la marne, afin que les terres ne soient pas pétries sous le pas des chevaux et par les roues des voitures. On la dépose sur un coin du champ, pour la répandre ensuite en temps convenable. Il y a toujours avantage à la laisser ainsi exposée aux influences atmosphériques avant de la disséminer à la surface du champ.

Si ce champ est humide, on lui donne, avant le marnage, un labour profond, afin de fournir à l'eau une plus forte couche à imbiber ou à tenir fraîche, et diminuer les chances d'excès d'humidité.

On distribue ensuite la marne en lignes parallèles, en petits tas égaux, placés à 6 ou 7 mètres de distance en tous sens, ainsi que l'indique la figure 169.

L'époque préférable pour distribuer la marne est l'automne. Plus la marne est lente à se déliter, plus il faut avancer cette époque. Après un séjour de quelque temps à l'action de l'air, du soleil et de l'humidité des nuits, on la répand sur toute la surface du champ, immédiatement après l'enlèvement des dernières récoltes; il faut, toutefois, qu'elle soit suffisamment délitée. On peut encore, pour achever de la pulvériser et de la disperser également, employer la herse et le rouleau; puis, avec quelques traits d'extirpateur, la mélanger à la couche superficielle du sol. On donne, pendant l'hiver, quelques labours un peu plus profonds, et on ensemence dès le printemps.

Fig. 169. *Répartition de la marne à la surface du champ.*

Dans d'autres cas, on répand la marne à l'entrée de l'hiver, on la laisse se déliter pendant toute cette saison, et l'on n'ensemence la terre qu'à l'automne suivant.

Il ne faut guère moins que les gelées de tout un hiver, ou les chaleurs d'un été tout entier, pour réduire la marne en une substance onctueuse, quoique friable, susceptible de se bien incorporer à la masse du sol. Lorsqu'on l'enterre mouillée, elle reprend son adhérence, et ne peut se distribuer aussi uniformément.

Les bons effets du marnage sont remarquables non-seulement sur les terres labourées, mais encore sur les prairies non irriguées et les bois taillis. De Morogues cite une prairie naturelle où le marnage porta la récolte en foin, de 250 bottes à 400. Pour les bois on choisit

l'époque où ils viennent d'être exploités. Pour eux comme pour les prairies, on marne à l'automne.

Dans les terres labourées, on ne marne que sur les trèfles ou sur jachère, afin de pouvoir laisser la marne au moins deux mois en petits tas avant de la répandre.

Les Anglais font usage d'une autre méthode qui, dans certaines circonstances, peut être préférable.

Ils forment, avec la marne, des composts, c'est-à-dire qu'ils en font des lits alternatifs avec du fumier, du gazon ou du terreau ; ils abandonnent les tas pendant quelque temps, et, lorsque la marne est bien délitée, ils mélangent le tout et le répandent immédiatement avant le dernier labour des semailles.

Cette méthode est bonne lorsque la marne renferme une certaine quantité de sable, et se réduit aisément en poussière au contact de l'air, lorsque aussi on veut l'économiser; mais, si elle agit bien plus promptement et peut être employée à plus faibles doses, son action est nécessairement de moins longue durée.

Depuis plusieurs années, en Normandie et ailleurs, on charge de marne le fond des cours et des fosses à fumier, de même qu'on met des lits de cette substance écrasée dans les étables et bergeries, avec ou sans mélange de paille, pour faire office de litière. On comprend qu'en se saturant d'urine et de matières organiques, dans ces diverses conditions, elle devienne un amendement et un engrais dont l'action se fait sentir presque immédiatement.

Le dosage de la marne varie singulièrement, suivant les pays, sa richesse en carbonate de chaux, et la profondeur des labours. Mais, presque partout, les proportions adoptées sont supérieures à la quantité réellement utile, et il est rare qu'elles aient été établies dans une appréciation juste des besoins du terrain. C'est l'empirisme seul qui a fixé ces proportions.

Voici les dosages adoptés dans divers pays. Nous mettons en regard la durée du marnage.

Nom des pays.		Dosage par hect.	Durée du marnage.
Seine-Inférieure.	Yvetot.	300 à 480	20 à 40 ans.
—	Rouen.	300 à 700	15 à 24
—	Neufchâtel.	250 à 700	15 à 18
—	Le Havre.	200 à 400	25 à 30
—	Dieppe.	365 à 900	12 à 30
Eure.	Le Vexin.	2,000 à 4,000	15 à 18
Calvados. . . .	Lisieux, marne blanche.	250 à 280	15 ans, terres humides.
—	Pont-Lévêque, — grise.	750 à 840	25 ans, terres fortes.
Sarthe.		50 à 170	»
Bric.		100 à 250	»

Nom des pays.		Dosage par hect.	Durée du marnage.
Yonne.	Plateau de Puisaye. . . .	1,000	»
Dauphiné. . . .	sur les graviers.	1,000	»
	dans les terres fortes. .	1,200	»
Pas-de-Calais. .	Montreuil.	200 à 250	20 ans.
Nord.	Terres fortes.	489	12 à 15
—	Terres ayant peu de fond.	178	9
Sologne.		80 à 150	10

Comme on le voit, le marnage diffère beaucoup suivant les localités. En général, on marne trop en Normandie, aussi cette opération est-elle fort coûteuse. Les dosages suivis dans le Nord nous paraissent bien plus rationnels.

Puvis a cherché, l'un des premiers, à poser des règles précises à cet égard, en partant de ce principe que le but du marnage est de rétablir dans le sol la quantité de l'élément calcaire qui est le plus favorable au parfait développement de la végétation. Or il admet que le calcaire doit se trouver, dans la couche labourable, dans la proportion de 3 pour 100, terme moyen. Lors donc qu'une terre renferme plus de 3 pour 100 de carbonate de chaux, il n'y a nul besoin d'en ajouter une nouvelle dose, tandis qu'à celle qui en contient moins il faut ajouter assez de marne pour porter à ce taux l'élément calcaire. La fixation de la dose de marne à employer, pour un terrain donné, dépend donc, tout à la fois, et de la proportion du carbonate de chaux contenu dans ce terrain, et de celle qui se trouve dans la marne elle-même. A ces deux termes vient s'en joindre un troisième qui influe encore sur la quantité de marne à incorporer : c'est la profondeur de la couche labourable. Il est évident, en effet, que plus celle-ci est épaisse, plus, à égalité de surface, il lui faut de marne pour arriver à contenir, dans toute sa masse, la proportion normale de calcaire.

Pour faciliter l'application de ces données, Puvis a formé un tableau qui renferme tous les éléments du marnage, et dont la pratique peut tirer un parti avantageux. Il est fait pour toutes les compositions de marne, depuis 10 pour 100 de calcaire jusqu'à 90 pour 100 ; et pour toutes les couches labourables, depuis 8 jusqu'à 21 centimètres d'épaisseur. En prenant des moyennes intermédiaires, on aura, pour toutes les profondeurs de labour et pour toutes les qualités de marne, le nombre d'hectolitres ou de mètres cubes à charrier sur un hectare.

Voici le tableau de Puvis.

NOMBRE D'HECTOLITRES OU DE MÈTRES CUBES DE MARNE NÉCESSAIRES A UNE SEULE COUCHE LABOURÉE DE L'ÉTENDUE D'UN HECTARE ET DE L'ÉPAISSEUR DE :

8 centimètres		10 centimètres		15 centimètres		16 centimètres		18 centimètres		21 centimètres		Lorsque 100 parties de marne contiennent en carbonate de chaux :
Hectolitres	Mètres cubes	Hectolitres	Mètres cubes	Hectolitres	Mètres cubes	Hectolitres	Mètres cubes	Hectolitres	Mètres cubes	Hectolitres	Mètres cubes	
2,435 7	245 57	3,247 4	324 74	4,059 1	405 91	4,871 4	487 14	5,683 1	568 31	6,494 8	649 48	10
1,217 8	121 78	1,623 7	162 37	2,029 5	202 95	2,434 0	243 40	2,841 3	284 13	3,250 2	325 02	20
811 6	81 16	1,082 4	108 24	1,352 9	135 29	1,623 7	162 37	1,894 5	189 45	2,164 9	216 49	30
608 7	60 87	811 6	81 16	985 0	98 50	1,217 3	121 75	1,420 4	142 04	1,625 5	162 55	40
486 7	48 67	644 4	64 44	805 5	80 55	966 6	96 66	1,127 7	112 77	1,275 1	127 51	50
405 4	40 54	538 1	53 81	672 5	67 25	806 8	80 68	941 9	94 19	1,076 3	107 63	60
349 6	34 96	466 1	46 61	582 7	58 27	699 2	69 92	815 7	81 57	932 3	93 25	70
304 5	30 45	405 8	40 58	507 3	50 73	608 7	60 87	710 2	71 02	811 6	81 16	80
265 6	26 56	353 7	35 37	442 8	44 28	531 2	53 12	620 0	62 00	694 7	69 47	90

Ces doses moyennes doivent être modifiées dans beaucoup de cas. Si la marne est argileuse, la dose doit être diminuée pour un sol argileux; elle doit l'être, surtout, à mesure que le sol devient plus léger, et, dans les terrains sablonneux, elle peut descendre à 8 mètres cubes et demi ou 85 hectolitres par hectare, ainsi que cela a lieu en Sologne.

Les chiffres du tableau précédent ne s'appliquent qu'à des marnes dont toute la masse est susceptible de se réduire complétement en poudre, et qui ne contiennent pas de rognons calcaires inattaquables par l'eau ou l'air.

La différence que l'on remarque dans les proportions relatives des éléments terreux d'un sol peut être attribuée fort souvent à ce que les plantes ont la propriété d'absorber certains de ces éléments en quantité telle, que ceux-ci finissent par disparaître entièrement. Ceci s'applique surtout au carbonate de chaux. L'expérience a démontré que les plantes, cultivées dans les terrains calcaires, absorbent 30 p. 100 de carbonate de chaux, qu'on retrouve dans leurs cendres, et qui sont entièrement perdus pour le sol.

Le produit moyen, en poids, d'un hectare convenablement amendé est, pendant une année, de 10 milliers de matières sèches, lesquelles contiennent environ un 1/2 hectolitre de carbonate de chaux. La végétatation de cette surface consomme donc, chaque année, un 1/2 hectolitre de carbonate de chaux. En outre, chaque année, une certaine quantité de cette substance est entraînée par les eaux en dessous de la couche labourable, et placée hors de la portée des racines.

Nous pouvons donc conclure de ces faits qu'une partie de la base de la marne, le calcaire, se trouve enlevée chaque année au sol cultivé, et que, pour y rappeler la fécondité, on est obligé de répéter cette opération. Cette nécessité se manifeste par la réapparition de plantes acides, oxalis, oseilles, etc., qui annoncent l'épuisement de l'élément calcaire.

La pratique a démontré, notamment dans le département du Nord, où le marnage offre une grande régularité, qu'une quantité de 166 hectol. de marne de bonne qualité, répandus sur un hectare de terre, produit un effet soutenu pendant vingt ans; on peut donc tirer cette conséquence qu'un hectare demande environ 8 hectolitres de marne, chaque année, pour être entretenu dans le même état de fécondité.

Ce chiffre varie selon la nature du sol; il est donné pour un sol argileux, mais il doit être réduit à moitié pour un sol sablonneux. La richesse de la marne doit être également prise en considération. La quantité de 8 hectolitres est pour une marne qui contient 80 p. 100 de calcaire; il faudra d'autant plus l'élever que la marne sera plus pauvre en calcaire.

Il arrive très-souvent que la marne ne produit pas tous ses effets avantageux la première et la deuxième année : cela tient à ce que son mélange avec la masse de terre n'a pas été bien fait.

Lorsque la terre qu'on marne est encore en bon état de fertilité, on peut se dispenser de mettre du fumier la première année et même la seconde; mais, ensuite, il ne faut pas manquer de fumer, aussitôt qu'on s'aperçoit que les récoltes diminuent, et, si on le peut, on ne doit pas même attendre cette marque d'appauvrissement. C'est surtout dans les sols sablonneux qu'il faut répandre d'abondants fumiers après le marnage. Une terre épuisée, ou pauvre par sa nature, doit être fumée en même temps que marnée. Dans quelques pays, où l'on avait commis la faute de supprimer les fumiers en marnant, on s'est aperçu qu'après plusieurs riches récoltes les terres s'appauvrissaient sensiblement; on en a accusé la marne, et l'on a dit que *la marne enrichit les pères et appauvrit les enfants*. Ce n'était pas la faute de la marne, mais bien du mauvais emploi qu'on en avait fait.

La marne agit mécaniquement et chimiquement

Dans le premier cas, elle opère : dans les terrains argileux en les rendant plus meubles, plus aisés à travailler, plus faciles à égoutter; dans les terrains légers et sablonneux en leur donnant plus de corps et la faculté de se dessécher moins rapidement. Dans la haute Normandie, on connaît parfaitement cette action divisante ou ameublissante de la marne sur les terres fortes et compactes, de même qu'en Bourgogne et dans le Dauphiné on sait très-bien qu'elle apporte de la consistance et du liant aux terres sableuses.

Dans le second cas, le rôle de la marne n'est pas aussi simple, et il règne encore à ce sujet une grande diversité d'opinions. L'activité plus grande qu'elle communique à la végétation, puis l'appauvrissement successif du sol lorsqu'on n'a pas soin de renouveler constamment les engrais, indiquent bien qu'elle opère chimiquement sur le sol, et physiologiquement sur les plantes; mais comment agit-elle?

Il y a un premier effet que l'on comprend tout d'abord : c'est la neutralisation des acides libres du sol, au moyen de sa base alcaline, acides qui sont toujours défavorables à la végétation. Qui ne sait que les terres de bruyère, les tourbières, les bois défrichés et couverts du terreau acide des feuilles, reçoivent du marnage une amélioration considérable? Mais comme, sur les sols non calcaires, dépourvus de ces principes acides, la marne opère avec tout autant d'efficacité, il est bien évident que ce n'est là qu'un effet très-secondaire, et qu'il faut chercher ailleurs la cause de la puissante action du calcaire.

On peut admettre, avec quelque apparence de raison, que la marne agit à peu près comme la chaux vive, en raison de son alcalinité;

qu'elle désorganise les matières organiques, les détritus des plantes contenus dans le sol ; qu'elle tend à les faire passer, peu à peu, à l'état d'humus ou de terreau, seule forme sous laquelle ils puissent concourir aux progrès de la végétation. Elle communique encore au sol et aux plantes une plus grande puissance d'absoption sur l'atmosphère, et les aide à y puiser les principes gazeux ; elle imprime aussi plus d'intensité à l'action des engrais, bien qu'elle en abrége la durée. Ce qui démontre encore cette action chimique du calcaire sur les engrais, c'est que certains d'entre eux, et, entre autres, les *os des animaux*, les *débris de laine*, la *bourre*, les *poils*, les *cornes*, etc., n'agissent que dans les terrains où ils rencontrent du carbonate de chaux.

A ces effets, qui paraissent bien établis, il faut en ajouter un autre que M. de Gasparin a, le premier, mis en lumière. La marne, exposée depuis quelque temps à l'air, cède à l'eau un sel soluble de chaux, du bicarbonate, et souvent aussi des traces manifestes d'azotate de chaux. Lessivée et abandonnée à l'air, pendant plusieurs mois, dans un état moyen d'humidité, elle fournit une nouvelle dose de bicarbonate et d'azotate de chaux. M. de Gasparin en conclut, avec raison, qu'il se forme constamment, dans les terres calcaires, des sels solubles à base de chaux, qui fournissent aux plantes un principe nécessaire, la chaux, et probablement aussi, dans bien des cas, un autre principe plus important encore, l'azote provenant de la décomposition des azotates. Par conséquent, ce serait en passant à l'état soluble, par sa conversion continuelle en azotate et en bicarbonate, que la présence de la chaux dans le sol favoriserait l'action de la végétation.

Cette dissolution de l'élément calcaire de la marne aurait lieu, surtout, par l'action qu'exerce l'eau chargée d'acide carbonique dont la terre est toujours imprégnée. On sait, en effet, que le carbonate de chaux est très-soluble dans l'eau saturée d'acide carbonique, et que c'est à l'état de bicarbonate qu'existe la chaux qu'on rencontre dans toutes les eaux terrestres Dans la couche de terre arable, le terreau et les engrais fournissent incessamment de l'acide carbonique, par leur décomposition lente et successive; cet acide se dissout à mesure dans l'eau dont cette terre est imbibée, et devient dès lors propre à agir sur la marne, à la rendre soluble et à faire passer le carbonate de chaux dans l'intérieur des plantes.

C'est là la seule manière rationnelle d'expliquer la disparition de la chaux contenue primitivement dans un sol. M. Gueymard cite des terrains de la Grande-Chartreuse, formés de débris de roches calcaires, et d'où l'élément calcaire a été entièrement enlevé par les eaux chargées d'acide carbonique. On sait, de plus, que la durée des

marnages est limitée, et qu'au bout d'un certain nombre d'années l'analyse est impuissante à retrouver de la chaux dans les terres qui en avaient reçu une assez forte dose.

Enfin, depuis qu'on sait mieux apprécier l'importance des matières organiques azotées pour la nutrition des plantes, quelques chimistes ont cru pouvoir rattacher une partie des bons résultats du marnage, soit à la présence des débris fossiles et des détritus de coquilles, soit à celle de l'ammoniaque, soit à celle des azotates, que beaucoup d'espèces de marnes renferment en certaines proportions. MM. Boussingault et Payen ont retiré de 1 à 2 millièmes d'azote des marnes du Bas-Rhin, du Gers et de l'Yonne. D'après le premier de ces chimistes, il y aurait, dans un mètre cube des marnes suivantes, une quantité d'azotate représentée sous forme de nitre par les chiffres suivants :

Marne très-blanche, facilement délitable, de la Chaise, près Louzouer (Loiret).	Immédiatement après son extraction.	7 gr.	2
	Après plusieurs années d'exposition à l'air.	19	0
Marne très-argileuse des Buttes Chaumont, près Paris.		25	0
Craie supérieure des carrières de Meudon, près Paris.		16	0

« Quand on sait, dit M. Boussingault, quelle est la masse de calcaire que l'on incorpore au sol dans un marnage, l'on comprend que, malgré leur faible dose, les nitrates doivent être recherchés, puisqu'ils peuvent faire partie des substances que les marnes ne renferment qu'en très-minime quantité, mais qui, cependant, n'en sont pas moins efficaces, comme le phosphate de chaux et les carbonates alcalins. »

Les marnes qui, comme celles de Bouvines, de Cysoing et de toute la partie est de l'arrondissement de Lille, renferment de l'acide phosphorique, 5 p. 100 en moyenne, doivent évidemment avoir un pouvoir fertilisant plus prononcé que celles qui n'en contiennent pas.

Dans tous les cas, le marnage bien employé amène dans la culture des améliorations incontestables. Des terres stériles ont été entièrement fertilisées par cette opération; des champs qui atteignaient à peine la valeur de 250 à 350 fr. ont monté, par suite des bons effets de la marne, au prix de 800 à 1200 fr. Le Norfolkshire, qui n'offrait il y a à peine un siècle que des landes et des bruyères, se trouve maintenant une des contrées les plus riches et les mieux cultivées de l'Angleterre.

L'usage de la marne pour améliorer la qualité des terres est fort ancien : Pline dit qu'il était connu des Gaulois, des Bretons, des Grecs et

des Romains. C'est aux Gaulois et aux Bretons qu'il attribue l'honneur de cette découverte. Ces peuples faisaient un tel cas de cet amendement, qu'ils ne craignaient pas d'aller fouiller à 30 mètres et plus pour en découvrir des bancs Le marnage s'est continué en Angleterre et dans les Gaules; toutefois il était devenu moins général lorsqu'en 1636 Bernard Palissy, simple potier, remarquable par son vaste savoir et son talent d'observation, le remit en honneur en préconisant ses admirables effets, et en publiant, le premier parmi les modernes, un traité spécial fort détaillé sur cette importante question[1].

Chaux vive ou caustique. — La chaux pure et non carbonatée qu'on emploie en guise de marne dans une infinité de pays, la basse Normandie, la Sarthe, la Flandre et la Belgique, exerce sur le sol et la végétation des effets bien plus puissants que cette dernière, et convient surtout aux terrains non calcaires, à ceux qui sont glaiseux, humides, froids, aigres et riches en humus acide. Cette substance alcaline est devenue peu à peu la base de la culture dans toutes les régions de l'Europe où l'agriculture est en progrès, et son usage ne cesse de s'étendre. Son application au sol est désignée sous le nom de *chaulage*.

Pour obtenir la chaux *vive* ou *caustique*, on soumet à une calcination au rouge, dans des fours appropriés, le carbonate de chaux naturel. Toutes les variétés de pierres calcaires, même les coquilles d'huîtres et les madrépores vivants, peuvent servir. Toutefois on emploie habituellement le *calcaire grossier* ou *pierre à chaux*.

La calcination a pour effet d'expulser de la pierre toute l'eau dont elle est imprégnée, et tout l'acide carbonique combiné à la chaux; mais, si on la pousse trop loin, on peut *fritter* ou *vitrifier* en partie la chaux des pierres calcaires, qui renferme de l'argile, et l'on obtient alors ce qu'on appelle des *biscuits*, lesquels n'ont plus aucune des propriétés utiles de la chaux vive. Si, d'un autre côté, on n'élève pas la chaleur des fours à une température voisine du rouge blanc, la pierre retient beaucoup d'acide carbonique, et la chaux est tout aussi mauvaise que lorsqu'elle est réduite en biscuits. Il est donc bien important de conduire la cuisson de manière à ne pas rester en deçà, ou à ne pas aller au delà de la température nécessaire au dégagement de l'acide carbonique.

On emploie pour la cuisson le bois, la houille, le coke ou la tourbe. La chaux cuite à la houille est moins bonne pour le sol que la chaux cuite au bois, attendu que, cuite beaucoup plus inégalement, elle renferme plus de biscuits. Il est peu de pays où l'on cuise à la tourbe;

[1] Œuvres complètes de Bernard Palissy. — *Traité de la marne*, p. 325 de l'édition in-12, de Cap, publiée en 1844.

cependant c'est le combustible le plus économique, et, dans les pays où il abonde, c'est une des meilleures applications qu'on en puisse faire.

Les fours les plus simples et les moins coûteux sont des trous de forme ovoïde ou légèrement conique, creusés dans le sol ou le flanc d'une colline, et revêtus en briques, ou même à nu lorsque la terre est assez compacte (fig. 170). La partie supérieure de ces fours est ouverte pour laisser exhaler la vapeur et la fumée. La pierre calcaire est disposée par lits, dont les premiers et les plus rapprochés du foyer ont une forme cintrée; on les fait avec des fragments de pierre qui laissent entre eux beaucoup d'interstices; les lits suivants sont construits avec des pierres concassées de plus en plus menues. Lorsque tout le four est rempli, on allume un feu de bourrées ou de menu bois sous la voûte; on le conduit modérément pendant plusieurs heures, et on le porte ensuite, peu à peu, au rouge vif, qu'on entretient alors d'une manière très-égale. Lorsque la flamme sort au haut du four, sans être accompagnée de fumée, on diminue progressivement le feu, on laisse un peu refroidir, puis on tire la chaux, afin de recommencer une autre calcination, sans attendre que les parois du four soient trop refroidies.

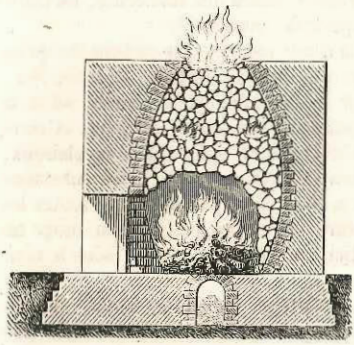

Fig. 170. *Four à chaux, cuisson au bois.*

En place de bois ou de fagots, toujours chers, on peut employer des bottes de bruyères, de joncs marins ou des bourrées de brindilles de bois, et menus débris des coupes dans les forêts; mais ces combustibles légers exigent des soins continuels, et le foyer doit être d'une grande dimension pour les contenir.

On calcine plus économiquement avec la houille. Dans ce cas, on construit un four en briques réfractaires (fig. 171), ayant la forme d'un cône tronqué et renversé, et dont les murs ont $1^{m}.30$ à $1^{m}.60$ d'épaisseur. On y introduit un lit de matières combustibles, houille sèche ou mélange de coke ou de houille, puis un lit de pierres à chaux, et on alterne ainsi jusqu'à ce que le four soit rempli complétement. On allume la partie inférieure à l'aide de bourrées sèches, et le charbon prend successivement feu dans toute la hauteur du four.

Quand on cuit à la tourbe, on ne peut pas mélanger le combustible avec la pierre; voici le four le plus convenable (fig. 172). Au-dessous

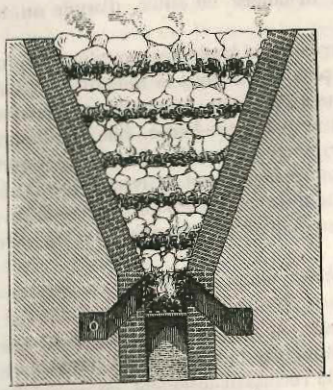

Fig. 171. *Four à chaux, cuisson à la houille*

Fig. 172. *Four à chaux, cuisson à la tourbe.*

de la voûte calcaire, il y a une grille à barreaux mobiles, sur laquelle on pose la tourbe, et sous cette grille existe un cendrier. Cette grille donne un libre passage à l'air, en sorte que la combustion de la tourbe s'accomplit parfaitement.

Dans les arts, on a adopté des *fours coulants* ou *continus* qui produisent la chaux d'une manière bien plus économique que les fours précédents. Mais ces fours ne peuvent convenir dans les exploitations agricoles, attendu que les frais de construction et d'entretien ne se compensent que par une cuisson continue; or la quantité de chaux que nécessite une ferme étant assez limitée, ces fours ne sauraient y être adoptés avec avantage.

On consomme généralement :

1 stère 85 centièmes de bois de corde pour obtenir	2 mètres cubes de chaux vive ou 20 hectolitres.
2 stères et 1/2 de fagots.	1 mètre cube ou 10 hectolit.
2 mètres cubes de tourbe compacte.	1 mètre cube.
3 mètres cubes de tourbe mousseuse.	1 mètre cube.
1/2 mètre de houille.	1 mètre cube.
3/4 mètre de coke.	1 mètre cube.

Il y a plusieurs qualités de chaux vive ; il est important de savoir les

reconnaître, car elles n'agissent pas toutes de la même manière sur le sol.

Suivant les pierres à chaux qu'on a employées, on obtient de la *chaux pure* ou de la chaux mélangée de silice, d'argile ou de magnésie.

La chaux pure, dite *chaux grasse*, est la plus économique, la plus active, celle qui peut produire le plus d'effet sous le moindre volume. Elle est blanche, se délite facilement par l'eau, foisonne beaucoup par l'extinction et forme avec l'eau une pâte très-liante. Elle se dissout presque complétement sans effervescence dans l'acide chlorhydrique. La dissolution, évaporée à sec avec ménagement et reprise par l'eau, ne laisse pas de résidu sensible, tout au plus 10 pour 100. — L'ammoniaque, ajoutée à la liqueur, ne fournit pas de précipité ou n'en fait qu'un très-léger.

La chaux *siliceuse*, dite aussi *chaux maigre*, s'emploie en plus fortes proportions que la chaux grasse, dont elle diffère peu à l'usage. Elle est d'une couleur grise ou fauve, se délite moins facilement que la première, augmente peu de volume par l'extinction, et forme avec l'eau une pâte peu tenace. — On la reconnaît aisément en ce qu'elle laisse un résidu de sable plus ou moins grossier, après son traitement par l'acide chlorhydrique. L'ammoniaque, ajoutée à la liqueur, y fait naître un précipité notable.

La chaux *argileuse*, dite aussi *chaux hydraulique*, moins favorable à la grenaison que les deux qualités précédentes, paraît plus favorable aux fourrages, à la croissance de la paille, aux légumineuses, probablement en raison du silicate d'alumine qui abonde dans sa composition ; elle ménage davantage le sol, mais elle demande une dose plus forte. Elle provient de pierres qui ont l'odeur et l'aspect argileux. Elle nécessite un traitement particulier ; on a remarqué que, quand cette chaux n'est pas bien éteinte et qu'on l'applique en doses un peu fortes sur un terrain siliceux qui n'est pas pourvu abondamment de débris végétaux, elle forme avec celui-ci une espèce de mortier qui le rend très-tenace. Dans des circonstances semblables, Arthur Young ne put, pendant plusieurs années, tirer du sol une récolte de céréales. — La chaux argileuse est ordinairement jaune ; elle s'échauffe peu, se délite difficilement, et augmente peu de volume par l'extinction ; elle forme avec l'eau une pâte courte qui, à l'air, ne prend qu'une médiocre consistance, tandis qu'elle durcit considérablement sous l'eau, au bout de quelques jours. Cette qualité de chaux se dissout dans l'acide chlorhydrique, en laissant un résidu plus ou moins abondant. La liqueur, évaporée à siccité, donne un résidu qui, traité par l'eau, laisse au moins 9 à 10 pour 100, et souvent 20 ou 30 pour 100 d'argile in-

soluble. Ce résidu est pulvérulent. L'ammoniaque, ajoutée à la liqueur, y produit un précipité notable.

La chaux *magnésifère*, qui provient de pierres colorées ordinairement en brun ou en jaune pâle, agit d'une manière très-active, mais elle épuise le sol si on la donne en grandes doses, ou si on ne la fait pas suivre d'engrais abondants. Elle a épuisé quelques cantons d'Angleterre, des provinces entières d'Amérique, et c'est à elle que semblent dus la plupart des reproches qu'on fait à la chaux. Cette chaux, qui est grise ou fauve, a les mêmes caractères que la chaux *maigre*, et se dissout presque complétement dans l'acide chlorhydrique. L'ammoniaque produit dans la dissolution un précipité floconneux, blanc, très-notable. Si, après avoir versé dans cette dissolution assez d'oxalate d'ammoniaque pour isoler la chaux, on filtre le liquide et qu'on verse dans celui-ci du bicarbonate de soude, il ne se produira pas de trouble, à froid ; mais, en faisant chauffer dans une fiole, il se manifestera bientôt un trouble blanc, floconneux, assez considérable.

Pour se rendre compte de la quantité de chaux contenue dans l'espèce de chaux caustique que l'on emploie, il faut en faire l'analyse, ce qui est très-simple, puisqu'il suffit de la traiter, à froid, par l'acide chlorhydrique un peu allongé d'eau, de jeter liquide et résidu sur un filtre double, de laver le résidu sur le filtre, de le sécher, de le peser et de soustraire de son poids primitif le poids du résidu sec : la différence donne approximativement la proportion de chaux et de magnésie. On agit sur 50 grammes.

Voyons, dès à présent, le rôle de la chaux au point de vue agricole. Comme on le pense bien, il doit se rapprocher, en beaucoup de points, de celui de la marne ; toutefois, chez la chaux caustique, l'action chimique l'emporte considérablement sur l'action mécanique; aussi est-ce, à vrai dire, bien plutôt un engrais salin qu'un amendement. Le chaulage a d'abord pour but, comme le marnage, d'introduire dans le sol un élément qui lui manque ou qu'il ne possède pas en quantité suffisante. Indépendamment des modifications physiques qu'elle imprime à la masse du sol, la chaux est absolument nécessaire à la vie des plantes, puisque toutes en renferment dans leurs différents organes et que certaines en exigent des proportions considérables, notamment les légumineuses fourragères. Plusieurs lichens en contiennent plus de 6 pour 100 de leur poids à l'état sec.

La nécessité du *chaulage* et du *marnage* des terres pauvres en principes calcaires devient plus évidente quand on connaît les proportions de chaux contenues dans les cendres des plantes cultivées en grand, et qu'on apprend par là quelle est la quantité de chaux que chacune de nos récoltes annuelles prélève sur le sol.

Voici, à cet égard, un tableau intéressant :

Noms des plantes cultivées.	Chaux dans 100 parties de cendres.	Chaux enlevée au sol sur un hectare.
Pommes de terre	1,8	2.2 kil.
Topinambours	2,3	7.6
Froment { grain	2,9	0.8
Froment { paille	8,5	16.6
Avoine { grain	5,7	1.6
Avoine { paille	8,5	5.4
Fèves	5,1	3.2
Haricots	5,8	3.2
Betteraves champêtres	7,0	14.0
Pois	10,1	3.1
Navets	10,9	3.9
Colza	17,1	74.4
Trèfle	24,6	76.3
Sainfoin	25,2	147.8
Luzerne	50,0	150.2

Ces faits, que l'analyse chimique a permis de constater, démontrent donc qu'un sol dépourvu du principe calcaire ne saurait être bien productif, à moins qu'on ne lui fournisse directement cet élément si nécessaire à la fertilité.

Ceci posé, voyons les autres effets de la chaux caustique.

1. Lorsqu'on répand cette substance en poudre sur les prairies humides et aquatiques, elle fait périr les joncs, les carex, les typhas, les patiences, les scorsonères, etc., sans doute parce que les grosses racines de ces végétaux sont plus exposées que les autres à l'action corrosive de cette substance alcaline. Toujours est-il que les herbages qui constituent les bons pâturages et qui ont, pour la plupart, des racines très-minces, échappent à l'effet destructeur, et profitent même de la décomposition des plantes qui nuisaient auparavant à la végétation.

2. D'un autre côté, lorsqu'on associe de la chaux caustique à des matières organiques, végétales ou animales, elle en détermine très-rapidement la conversion en terreau, en détruisant leur contexture qui s'opposait à la fermentation putride. C'est par suite de cette action que le chaulage produit des effets si puissants dans les terres nouvellement défrichées, où il y a toujours une grande quantité de matières organiques à décomposer.

3. Une fois enfouie dans le sol, la chaux s'hydrate, absorbe ensuite l'acide carbonique, qui se produit de tous côtés autour d'elle, ou que lui offre l'air atmosphérique, et se trouve ainsi ramenée à l'état de carbonate, qui agit dès lors absolument comme la marne. Mais ce

carbonate régénéré est dans un état de division incomparablement plus grand que celui qui existe dans la marne, et, par conséquent, il est plus facilement assimilé.

4. M. Liebig attribue à la chaux vive un autre rôle qui ne serait pas moins important. Suivant cet ingénieux chimiste, elle agirait surtout en accélérant la désagrégation des silicates alumineux et alcalins, disséminés dans les terres labourables, soit sous forme d'argile, soit sous celle de mica, de feldspath et d'autres débris des roches cristallines; elle mettrait ainsi à la portée des racines les principes alcalins qui sont indispensables au début d'une nouvelle végétation.

Il est certain, d'après MM. Fuchs et Kuhlmann, que, lorsque la chaux vive reste, sous l'influence de l'humidité, en contact avec de l'argile, pendant un temps suffisamment prolongé, elle se combine avec une partie de ses éléments et met en liberté, non-seulement de la silice gélatineuse ou soluble, mais aussi les alcalis (potasse et soude) que cette argile renfermait à l'état de silicates. En voici la preuve.

Les argiles, dans leur état ordinaire, sont à peine attaquées par les acides, et ceux-ci n'en séparent qu'une très-faible quantité de silice. Eh bien, qu'on les délaye dans un lait de chaux, le mélange ne tarde pas à s'épaissir, et, au bout d'un certain temps, il se prend en gelée par l'addition d'un acide, en raison de la grande quantité de silice gélatineuse qui est mise en liberté. En même temps, on retrouve en combinaison avec l'acide des proportions notables d'alcalis solubles.

D'un autre côté, certaines chaux hydrauliques abandonnent à l'eau une si grande quantité d'alcalis caustiques, lorsqu'on les y laisse pendant quelque temps, qu'on pourrait se servir de cette eau pour lessiver le linge.

Voilà donc comment la chaux caustique, en attaquant les silicates alumineux et alcalins répandus dans les terres arables, contribue à mettre à la disposition des plantes des aliments minéraux aussi indispensables que la silice et les alcalis. Et, lorsque les calcaires, comme ceux, par exemple, de Bouvines, de Cysoing, etc., renferment de l'acide phosphorique, on comprend que la chaux, en le dégageant de ses combinaisons et en l'amenant à l'état d'une division extrême, facilite son absorption par les racines et accroît ainsi la somme des bons effets chimiques qu'elle procure.

5. Quelques chimistes attribuent encore à la chaux, et même à la marne, une autre action. Pour eux, la partie organique des engrais qui contribue le plus à la végétation, c'est la matière azotée; mais cette matière se transforme, par la fermentation, en sel ammoniacal. D'un autre côté, les pluies introduisent, à chaque instant, dans le sol, des sels ammoniacaux qui proviennent de l'atmosphère. Or, de tous

les sels ammoniacaux, il n'y a que le carbonate d'ammoniaque qui soit absorbé par les plantes; c'est par lui que provient l'azote nécessaire à celles-ci. Eh bien, ces sels ammoniacaux, en contact avec la chaux carbonatée, se changent, lorsque la terre contient juste la dose d'humidité nécessaire à toute bonne culture, en carbonate d'ammoniaque et en nouveaux sels de chaux plus ou moins solubles. Si, par exemple, on introduit dans le sol du sulfate d'ammoniaque, il se forme du carbonate d'ammoniaque et du sulfate de chaux.

6. Lorsqu'on se rappelle, en outre, que la chaux caustique, en présence de sels ammoniacaux, détermine un dégagement d'ammoniaque, et que celle-ci, à l'état naissant et sous l'influence des corps poreux, est brûlée par l'oxygène de l'air qui la convertit en eau et en acide azotique dont la chaux s'empare, on entrevoit que cet alcali caustique est une des causes de la nitrification des terres. Par conséquent, elle enrichit le sol d'un composé azoté non moins favorable à l'alimentation des plantes que le carbonate d'ammoniaque lui-même.

De sorte que, soit à l'état de carbonate, soit à l'état de base libre ou seulement hydratée, la chaux concourt très-efficacement à l'assimilation de l'azote dans les végétaux, puisqu'elle l'offre à ceux-ci sous deux formes : ammoniaque et acide azotique.

Le *chaulage* et le *marnage*, d'après toutes les considérations qui précèdent, n'ont donc pas seulement pour effet de fournir aux cultures l'élément calcaire qui leur manque : ils opèrent encore en mettant en liberté certains éléments minéraux du sol (silice, potasse, soude, acide phosphorique), qui, sans leur intervention, resteraient inertes ou perdus pour la végétation; et, de plus, ils contribuent à amener l'azote des matières organiques et de l'air sous les deux formes qui se prêtent le mieux à l'assimilation, à savoir : carbonate d'ammoniaque et azotates alcalins solubles.

Le tableau suivant, dont nous empruntons les données à Puvis, montre l'effet qu'exerce sur la production des récoltes une petite quantité de chaux ajoutée au sol, quelle que soit d'ailleurs la manière dont on explique son action.

PRODUITS COMPARATIFS DE LA CULTURE DES SOLS CHAULÉS ET NON CHAULÉS.

INDICATION des SOLS CULTIVÉS.	RÉCOLTE de DEUX ANS en produits secs.	Le poids des engrais supposés absorbés entièrement étant retranché, il reste pour matières sèches provenant de l'absorption dans le sol ou l'atmosphère.	MATIÈRES SALINES FIXES contenues dans les récoltes, à raison de 21 kilog. 500 par 500 kilogrammes, d'après toutes les observations.	En retranchant des matières salines les sels solubles fournis par les fumiers, qui, d'après Kirwan, donnent 2 p. 100 de sels solubles, on a pour sels solubles venant de l'absorption dans le sol.
			I. — AVANT LE CHAULAGE.	
Sol de 3e classe, où la jachère revient tous les 2 ans, avec 24 quintaux d'engrais secs par hectare, représentés par 120 quintaux de fumiers frais = 24 de substances sèches et 96 d'eau.	42 quintaux. (Seigle, paille et blé noir.)	18 quintaux.	90 kil. ainsi composés : Sels insolubles. . 45 kil. Sels solubles. . . 45 kil.	45 kil. — 24 kil. des fumiers = 21 kil.
Sol de 2e classe, sans jachère, avec 48 quintaux d'engrais secs par hectare, représentés par 240 quintaux de fumiers frais = 48 de substances sèches et 192 d'eau.	130 quintaux. (Froment, maïs ou pommes de terre.)	82 quintaux.	279 k. 500 ainsi composés : Sels insolubles. 139 k. 750 Sels solubles. . 139 k. 750	139 k. 750 — 48 k. des fumiers = 91 k. 750
Sol de 1re classe, sans jachère, avec 64 quintaux d'engrais secs par hectare, représentés par 320 quintaux de fumiers frais = 64 de substances sèches et 256 d'eau.	240 quintaux. (Grains, paille, raves ou fourrages.)	176 quintaux.	516 kil. ainsi composés : Sels insolubles. . 258 kil. Sels solubles.. . 258 kil.	258 k. — 64 k. des fumiers = 194 k.
			II. — APRÈS LE CHAULAGE.	
Sol de 3e classe.	150 quintaux.	106 quintaux.	279 k. 500 ainsi composés : Sels insolubles. 139 k. 750 Sels solubles. . 139 k. 750	139 k. 750 — 24 k. des fumiers = 115 k. 750
Sol de 2e classe.	200 quintaux.	152 quintaux.	434 k. ainsi composés : Sels insolubles. . 217 kil. Sels solubles. . . 217 kil.	217 k. — 48 k. des fumiers = 169 k.
Sol de 1re classe.	300 quintaux.	236 quintaux.	645 k. ainsi composés : Sels insolubles. 322 k. 500 Sels solubles. . 322 k. 500	322 k. 500 — 64 k. des fumiers = 258 k. 500

L'influence de la chaux est donc bien évidente, puisque, par la seule addition d'un millième de la couche labourable en chaux, on double la force d'absorption des plantes et on triple presque la quantité des principes salins qu'elles renferment habituellement.

Mais cet agent si précieux a encore d'autres avantages : les céréales que l'on en a saupoudrées sont moins souvent atteintes de l'ergot et de la carie ; elle fait périr les pucerons qui détruisent les colzas, les turneps, les navets, et les plantes de la famille des crucifères en général. Employée dans les composts, elle fait mourir les graines des mauvaises herbes, les larves et les œufs des insectes nuisibles, et forme un engrais qui ne porte pas dans la culture des germes de destruction.

Voyons maintenant comment et à quelles doses on emploie la chaux.

On doit ne l'incorporer au sol que lorsqu'elle est bien délitée, c'est-à-dire réduite en poudre sèche. On l'amène à cet état de plusieurs manières.

Tantôt, on met les morceaux de chaux vive en petits tas, à la surface même du champ labouré, et on la recouvre d'une couche de terre assez épaisse ; on abandonne le tout dans cet état pendant quinze à vingt-cinq jours jusqu'à ce que la chaux fuse et s'éteigne lentement. Lorsqu'elle est réduite en poudre, on la mêle avec la terre et on la répand bien également à la pelle, puis on la mélange au sol par des hersages réitérés, qu'on fait suivre de plusieurs labours, alternativement profonds et superficiels.

Tantôt, on laisse les morceaux de chaux, à la surface du champ, se déliter à l'air, puis on répand la poudre aussi également que possible. Dans ce cas, c'est un mélange d'hydrate et de carbonate, qui doit agir moins énergiquement que la chaux simplement hydratée. — Ce mode d'opérer, qui est le plus simple, est surtout employé dans les localités où la chaux est à bon marché, la culture peu avancée et la main-d'œuvre chère.

D'autres fois, enfin, et c'est le cas le plus général en Belgique, dans le nord de la France, dans la Sarthe, en Basse-Normandie, on la stratifie avec des gazons, des curures de fossés, des dépôts d'étangs, de la vase de rivière, des balayures de routes, de la tourbe et autres substances terreuses riches en matières organiques, en employant environ 2 à 3 mètres cubes de chaux contre un de ces matières ; on recouvre le tas d'une couche de terre, et on laisse la chaux s'éteindre ; dix à quinze jours suffisent ; on brasse et on mélange le tout ensemble. On recoupe le *compost* une seconde fois avant l'emploi, qu'on retarde autant que possible, parce que l'effet sur le sol est d'autant plus puissant que le mélange est plus ancien, plus parfait, et surtout qu'il a été fait avec de la terre contenant plus d'humus.

C'est là la meilleure manière d'appliquer la chaux; ainsi, en *compost*, elle ne nuit jamais au sol; elle porte avec elle le surplus d'engrais que demande le surplus de produits; les sols légers, graveleux ou sablonneux ne peuvent jamais en être fatigués. Cette méthode épargne beaucoup de chaux, mais elle est longue et pénible.

La dose moyenne de chaux qui convient au sol est, en général, de 4 mètres cubes ou 40 hectolitres par hectare. L'effet de cet amendement, à cette dose, se continue pendant douze ans. Il en faut plus dans les sols argileux et humides, beaucoup moins dans ceux qui sont légers et sablonneux.

On va voir, par le tableau suivant, combien les doses de chaux varient, suivant les pays :

Noms des pays.	Dosage par hectare.	Durée du chaulage.
Angleterre. Dans les sols légers.	160 à 170 hectol.	»
— — compactes. . .	200 à 270	»
— — tourbeux. . .	600	»
Allemagne. Pays de Clèves.	8 à 10	5 ans.
Belgique. Dans les sols légers.	20	3 à 4
— — compactes. . . .	40	3 à 4
Calvados.	25 à 60	3 à 9
Mayenne.	40 à 50	10 à 12
Sarthe.	8 à 12	3
Ain.	60 à 100	9
Nord. Arrondissement d'Avesnes. . . .	40	10 à 12
— — de Cambrai. . .	100	9
— — de Dunkerque. .	40 à 50	10 à 12
— — d'Hazebrouck. .	100 à 116	9
— Hornaing, arrondiss. de Douai. .	66	»
— Environs d'Armentières.	6 1/3	10 à 15
— Environs de Templeuve, en terres fortes.	100	8 à 10
— Environs de Templeuve, en terres glaiseuses, chez M. Demesmay.	200 à 500	8

Au premier abord, en comparant les divers dosages contenus dans ce tableau, on serait porté à regarder comme exagérées les doses adoptées par les Anglais, et chez nous par l'habile praticien M. Demesmay. Mais il faut savoir que les Anglais prodiguent les engrais à la suite du chaulage, de manière à prévenir tout épuisement et qu'ils ne recourent presque jamais pour le même terrain à une seconde application de chaux. Chez M. Demesmay, où le sol est une glaise imperméable à l'eau, on prodigue également les fumiers. Le climat froid et humide de l'Angleterre et des environs de Lille, les terres difficiles à égoutter de ces deux contrées, semblent exiger de plus fortes doses de chaux que partout ailleurs.

En général, dans les terres sèches, de fertilité moyenne, qu'on ne fume pas abondamment, la chaux, employée en trop grande quantité, est nuisible. C'est ce qui a fait dire à l'abbé Rozier, avec beaucoup de raison : « Il n'y a pas de milieu : le chaulage est très-avantageux si les matières graisseuses (les engrais) sont abondantes dans la terre ; il est très-nuisible sur un terrain sablonneux, qui n'est pas souvent humecté. »

Il n'y a que sur les sols tourbeux, les terres depuis longtemps submergées, les bois nouvellement défrichés, que la chaux n'offre aucun inconvénient, même en grandes doses. Il est même impossible de concevoir comment, dans beaucoup d'endroits, de pareils sols pourraient être améliorés sans cette substance. Le chaulage est assurément le meilleur moyen de convertir les terres à seigle, les terres de bruyère, les landes défrichées, en terres susceptibles de produire des prairies artificielles, des blés, des fèves, etc.

Ce que nous avons dit en parlant de la marne s'applique donc avec encore plus de raison au chaulage. Non-seulement, il ne tient pas lieu d'engrais et ne dispense pas du fumier, comme bien des cultivateurs le croient, mais il rend celui-ci d'autant plus nécessaire qu'on applique la chaux, à haute dose, à un sol fatigué ou de médiocre nature. S'affranchir de cette règle et regarder le chaulage comme un moyen d'obtenir économiquement des récoltes de grains, au lieu d'en faire un auxiliaire utile pour la culture des plantes fourragères, c'est compromettre tous ses bons effets, c'est se préparer de tristes mécomptes, qu'on ne répare ensuite qu'à grands frais.

Quel que soit le procédé de chaulage adopté, il est essentiel que la chaux, comme tous les autres amendements calcaires, soit incorporée au sol à l'état de poudre, et non de pâte, et dans une terre bien sèche ; aussi est-ce à la fin de l'été qu'il faut la répandre.

Pour qu'elle opère sur la première récolte, elle doit être donnée au sol quelque temps avant les semailles. Cependant, lorsqu'on l'applique sous forme de compost, il suffit que celui-ci soit anciennement fait.

La chaux ou le compost, répandu sec sur le sol, doit être enterré sur un premier labour peu profond, précédé d'un petit hersage, afin que la chaux, dans la suite de la culture, reste toujours, autant que possible, placée au milieu de la couche végétale.

Lorsqu'on donne de la chaux aux pommes de terre et aux betteraves, on doit la conduire sur les champs au printemps, pour l'incorporer avant le posage des tubercules, ou le repiquage des jeunes plants.

Dans le département du Nord, on a remarqué que la chaux convient surtout aux pommes de terre et aux œillettes venues dans les

terrains tourbeux ; leurs produits et leurs qualités sont sensiblement accrus par cet amendement, pourvu qu'on donne en même temps les fumures nécessaires. Les pois et les vesces se trouvent aussi très-bien de la chaux. Elle produit de bons effets sur le trèfle, moindres cependant que ceux du plâtre. Le colza et la navette chaulés paraissent donner une graine mieux nourrie. Les prairies sur lesquelles on répand la chaux se font remarquer par une herbe plus serrée dans le pied, circonstance qui s'explique aisément par les tiges de trèfle et de lotier qui ont succédé à la mousse, et qui suffisent parfois pour prolonger de quelques années la durée des prairies épuisées. — Dans le même pays, on trouve qu'après un chaulage énergique les fumiers gras sont ceux dont l'action est la plus favorable ; c'est pour cette raison que les tourteaux sont placés, dans ce sol, à la tête de tous les engrais ; viennent ensuite le fumier de vache, la courte graisse, le fumier de mouton et enfin le fumier de cheval ; les urines pures occupent le dernier rang. Peu de cultivateurs fument leurs terres l'année même du chaulage ; en revanche, ils n'y manquent jamais l'année suivante.

Dans le Nord et ailleurs, on doute généralement que la chaux influe sur les récoltes de blé. Il est cependant certain que le blé venu sur fond chaulé est plus rond, plus fin, et donne moins de son et plus de farine que celui qui est venu sans cet amendement, et même sur des sols naturellement calcaires ou marnés ; les blés y sont moins sujets à verser que dans ceux-ci. En outre, suivant Puvis, qui a si bien étudié la question du chaulage, notamment dans le département de l'Ain, la chaux double en neuf ans le rendement des céréales d'hiver.

Quoiqu'on puisse abuser des propriétés actives de la chaux, c'est un des agents de production de la plus grande importance entre les mains d'un bon cultivateur, et il est à désirer que son usage se propage de plus en plus. Qu'on emploie le chaulage avec discrétion ; qu'on en fasse le point de départ pour étendre les cultures fourragères ; qu'on ait soin surtout de rendre au sol les engrais dont il a besoin pour réparer ses forces, et, loin d'accepter le proverbe erroné : *La chaux enrichit les pères et ruine les enfants*, on pourra dire avec plus de raison : « *Le chaulage bien pratiqué enrichit les pères et fait encore la fortune des enfants !* »

Chaux d'épuration du gaz. — On peut, avec une grande économie, utiliser au chaulage des terres et à la confection des composts la chaux qui a servi à l'épuration du gaz de l'éclairage. Dans toutes les villes il y a maintenant des usines à gaz, qui ne savent que faire de la chaux sortant des épurateurs, et qui la livreraient aux cultivateurs voisins à des prix excessivement bas (20 à 50 centimes l'hectolitre).

Voici quelle est la composition de cette chaux, d'après Graham

Hydrate de chaux	17,72
Carbonate de chaux	14,48
Sulfite de chaux	14,57
Hyposulfite de chaux	12,50
Sulfate de chaux	2,80
Soufre (à l'état de sulfure de calcium, sans doute)	5,14
Sable	0,71
Ammoniaque et cyanure	traces.
Eau combinée	8,49
Eau libre ou simplement interposée	25,79
	100,00

Dans l'état où elle sort des usines, et lorsqu'elle n'a pas été longtemps au contact de l'air, cette sorte de chaux agit comme un corps désoxygénant énergique, en raison du sulfite, de l'hyposulfite de chaux, du sulfure de calcium qu'elle renferme, et elle nuit singulièrement alors à la végétation.

Laissée au contact de l'air pendant plusieurs mois, en ayant soin de la mettre en couches minces et de renouveler fréquemment ses surfaces, elle absorbe l'oxygène de l'air, et tous ses composés sulfurés se convertissent en sulfate de chaux. Ce n'est plus alors qu'un mélange de carbonate et de sulfate de chaux très-divisé, qui agit comme un amendement et comme un engrais salin, sans brûler les plantes. C'est ce que nombre de cultivateurs ont constaté.

M. Peteaux, alors directeur de la ferme-école du Courant (Eure), a été un des premiers, à notre connaissance, à tirer parti de cette sorte de chaux sur les terres argilo-siliceuses de cet établissement. La première année qu'il en fit usage, les récoltes furent très-mauvaises, parce qu'il avait répandu la chaux telle qu'elle sort des usines; mais, en 1848, l'ayant enfouie après deux mois d'exposition à l'air, ses résultats furent excellents.

M. Petitjean, cultivateur à Montagny-la-Seure, près de Beaune (Côte-d'Or), affirme que cette chaux produit absolument les mêmes effets que le plâtre sur le trèfle.

Un avantage immense de cette sorte de chaux, c'est qu'elle détruit ou éloigne les *mans* ou larves du hanneton, qui, dans certaines années, produisent des ravages si considérables dans nombre de départements. Cette précieuse propriété a été mise hors de doute par les expériences de M. Peteaux, dont il a été question précédemment, et par celles de M. Constant Lesueur, de Rouen. Dès 1848 M. J. Girardin avait conseillé l'emploi de cette substance en place de la soude artificielle, usitée en Angleterre pour combattre la larve redoutable du hanneton.

Plâtras ou débris de démolition. — Les plâtras ou débris de dé-

molition, partout si abondants, et généralement négligés par les agriculteurs, constituent un des amendements les plus utiles, et dont les effets sont plus fécondants que ceux de la marne et de la chaux. Cela tient à ce que, outre le carbonate de chaux, ils renferment beaucoup de sels qui ajoutent à l'effet du principe calcaire sur les végétaux. Voici, en général, leur composition :

Carbonate de chaux.
— de magnésie.
Sulfate de chaux.
Azotate de chaux.
— de magnésie.
— de potasse.
Chlorure de calcium.
— de magnésium.
— de potassium.
— de sodium.
Matière organique.

Le mélange des sels solubles est formé à peu près, sur 100 parties, de :

Azotate de potasse et chlorure de potassium.	10 parties.
Azotates de chaux et de magnésie.	70
Sel marin ou chlorure de sodium.	15
Chlorures de calcium et de magnésium.	5

En raison de l'abondance des sels solubles, et surtout des azotates, les plâtras exercent une action très-marquée sur les végétaux, à la manière des engrais salins.

Cet amendement opère parfaitement bien sur les sols non calcaires ; ailleurs, il est plutôt nuisible qu'utile, et rend les sols plus sensibles à la sécheresse. Il est très-avantageux sur les prés et pâturages humides non calcaires, mais qui ne sont cependant ni marécageux ni inondés. Il améliore la récolte en quantité et en qualité. Il convient aux récoltes d'hiver comme à celles du printemps; il fait produire plus de grain à proportion que de paille, et le grain est d'excellente qualité.

En Italie, où il est très-apprécié, on l'emploie préférablement dans les sols argileux. En France, c'est surtout dans le département de l'Ain qu'il est utilisé, et presque partout il pourrait l'être avec avantage, car presque partout on rencontre des sols non calcaires. Le tombereau de quatre hectolitres coûte environ 1 fr. pris à Bourg. Il devient beaucoup plus cher que la chaux lorsqu'on doit le conduire à distance, et ce n'est qu'aux environs des villes qu'il est facile de se le procurer.

La durée de cet amendement est fort longue. Au bout de vingt ans, le sol qui en a reçu s'en ressent encore. Le plus habituellement, on répand les plâtras, concassés de la grosseur des noix, à la surface du sol, mais il serait préférable de les mêler à de la terre et à du gazon pour en faire des composts.

Au reste, comme tous les autres amendements calcaires, les plâtras doivent être répandus sur la terre non mouillée, et enterrés peu profondément, par un beau temps; autrement leur effet est beaucoup moindre.

La dose moyenne est de 200 hectolitres par hectare, ce qui équivaut à 40 hectolitres de chaux.

Falun ou calcaire coquillier. — En Angleterre, en France, notamment dans les départements des Landes, de la Gironde, de Maine-et-Loire, d'Indre-et-Loire, etc., on fait un grand usage de coquilles fossiles, qu'on trouve soit sur les bords de la mer, soit dans l'intérieur des terres. C'est principalement en Touraine qu'existent les dépôts les plus considérables de ces coquilles, qu'on y connaît sous le nom de *falun*. En Angleterre, on les appelle *crag*, ou *cragg*, ou *marne coquillière*.

Dans le département d'Indre-et-Loire, sur le plateau situé entre les sources de l'Esvre, de la Manse et de l'Échandon, il y a une masse de falun si extraordinaire, qu'elle a, d'après Réaumur, plus de 7 mètres d'épaisseur, et qu'on n'est jamais allé jusqu'au terrain qui la supporte : dans ce dépôt, on voit presque toutes les espèces de coquilles, sans mélange de terre ni de sables; mais elles sont dans un tel état de vétusté, qu'elles se réduisent en poussière. Dans le département de Maine-et-Loire, les *falunières* sont, pour ainsi dire, à fleur de terre, et jamais elles n'ont plus de 1 à 3 mètres d'épaisseur; elles reposent sur des phyllades et des schistes, ce qui évite les affouillements profonds, indispensables dans beaucoup d'autres lieux.

Les faluns de la Gironde règnent sur une ligne parallèle à la Garonne, depuis Bazal jusqu'à Saint-Médar-en-Jalle, et paraissent se diriger vers Dax et Bastenne, où il existe des dépôts bien caractérisés. A Grignon, près Versailles, les bancs de falun reposent sur une couche crayeuse perméable.

Le *falun* est essentiellement formé de carbonate de chaux. En voici quatre analyses :

FALUN DE CLÉONS, PRÈS NANTES, D'APRÈS MM. MORIDE ET BOBIERRE.

Carbonate de chaux	71,2
Silice	14,0
Alumine et peroxyde de fer	0,7
Sels solubles	5,5
Matières organiques	0,4
Magnésie et perte	8,4
	100,0

FALUN DE MANTHELAN (INDRE-ET-LOIRE), D'APRÈS M. I. PIERRE.

Carbonate de chaux	68,5
Silice, avec un peu d'argile	25,5
Alumine et peroxyde de fer	1,6
Phosphate de chaux	0,5
Magnésie et substances diverses, avec petite quantité de matières organiques	4,1
	100,0

FALUN DE SAUCATS (GIRONDE), D'APRÈS M. LE CORBEILLER.

Carbonate de chaux	70,50
Sable et argile	13,50
Matières organiques	2 00
Eau	14,00
	100,00

FALUN DE GRIGNON (SEINE-ET-OISE), D'APRÈS M. LE CORBEILLER.

Carbonate de chaux	66,00
Sable et argile	20,50
Matières organiques	1,70
Eau	12,00
	100,00

La présence des sels solubles, des phosphates et des matières organiques azotées ajoute évidemment à l'effet du carbonate de chaux; aussi le falun a-t-il plus d'énergie et une plus longue durée que la marne.

En Touraine, on le met sur les sols calcaréo-argileux, à la dose de 60 mètres cubes ou de 30 charretées par hectare, avec autant de fumier. Ses effets se font sentir pendant 25 à 30 ans. Sur les terres fortement argileuses, il n'y a de limite dans la dose qu'on emploie que celle des frais qui peuvent en résulter.

En Angleterre, on n'en met guère que 100 hectolitres par hectare, mais on y revient tous les 5 ou 6 ans.

Sables coquilliers. — Des amendements très-analogues au *falun* sont les sables coquilliers désignés sous les noms de *maerl*, de *treaz*, de *tangue*, en Bretagne et en basse Normandie.

1° Le *maerl*, et par abréviation *merl*, appelé aussi *sable de mer*, *sable vermiculaire*, *fond de corail*, et par les Anglais *marne maritime* (*sea marl*), est composé, pour la plus grande partie, de concrétions ou de petits madrépores calcaires, entremêlés de coquillages et de divers débris; il répand une odeur sensible de marée. Son aspect rameux, le silicate calcaire qu'il contient, portent M. Besnou à le ranger à côté des coraux plutôt que parmi les animaux. La matière organique existe surtout à la surface et se sépare facilement en un tube qui conserve la forme première du maerl. Lorsqu'on le brise, on voit, comme dans le corail, que la partie centrale est moins riche en substance organique. On le trouve quelquefois en rognons; dans ce cas, il contient, entre ses couches, des trous où sont logés de nombreux et volumineux annélides qui augmentent considérablement sa richesse en matière animale.

Dans les deux analyses qui suivent, dues à M. Besnou, on a négligé de tenir compte de la présence de ces annélides, dont la proportion varie à l'infini.

MAERL DE LA RADE DE BREST.

	Variété rameuse.	Variété en rognons.
Matière organique azotée.	1,05	1,50
Sable, — accidentel. . .	»	»
Silice combinée.	1,75	1,90
Carbonate de chaux.	79,90	75,02
— de magnésie.	traces	traces
Sulfate de chaux.	id.	id.
Oxyde de fer.	id.	id.
Eau de combinaison.	17,02	21,58
Sels solubles de l'eau de mer.	traces	traces

MM. Moride et Bobierre ont donné les analyses suivantes du maerl de Morlaix et de Belle-Isle :

	Maerl blanc de Morlaix.	Maerl rose de Morlaix.	Maerl rose de Belle-Isle.
Matières organiques.	4,40	1,20	7,75
Sels solubles dans l'eau. . .	1,35	0,20	2,15
Oxyde de fer et alumine. . .	5,60	1,90	5,60
Carbonate de chaux.	55,65	71,60	76,00
Silice.	35,00	18,25	5,60
Magnésie et perte.	2,00	6,85	6,90
	100,00	100,00	100,00

MM. Boussingault et Payen ont trouvé dans le maerl de Morlaix à l'état normal, c'est-à-dire non desséché, 0,51 p. 100 d'azote.

On trouve le *maerl* en abondance dans la mer, à l'embouchure de la rivière de Morlaix, où il s'en fait à la drague une exploitation considérable pour l'amendement des terres. On en tire aussi dans la rade de Brest, à l'embouchure de la rivière de Quimper, et sur la côte de Plounéour-trez. On dit qu'il s'y régénère lentement; de temps en temps on en découvre des bancs nouveaux.

L'extraction du maerl se fait dans des gabares, à l'aide de dragues, du 15 mai au 15 octobre; en cette saison, les quais de Morlaix en sont couverts; on l'enlève journellement par charretées que l'on transporte jusqu'à 3 myriamètres dans les terres. Une gabarée, formant sept de ces charges et pesant environ 7,000 kilogrammes, se vend de 8 à 10 francs, prix qui s'élèvera encore en raison des nombreuses demandes des agriculteurs.

Dans l'arrondissement de Morlaix, on emploie de 14,000 à 28,000 kilogrammes de maerl par hectare de terre; la plus grande proportion est avantageuse sur les terres humides et fortes, tandis qu'elle aurait trop d'action sur les terres sèches et légères. L'expérience a appris que l'addition de maerl favorise beaucoup l'action du fumier. En raison de son abondante matière calcaire, le maerl agit efficacement sur les sols argilo-siliceux de la Bretagne. On l'emploie de préférence après sa sortie de la mer, avant qu'un commencement de désagrégation lui ait fait perdre une partie de ses qualités. Dans tous les cas, il est d'autant plus actif que celle-ci est plus prompte. Son action se fait sentir pendant 8 ou 10 ans. Il opère admirablement sur les trèfles et luzernes, les céréales et les panais.

Le sable de mer employé par les agriculteurs du Devonshire et du Cornwall, en Angleterre, paraît être de même nature que le maerl. Il en est de même du sable calcaire ou falunier, dont on fait un grand usage dans la partie méridionale de l'arrondissement de Dinan (Côtes-

du-Nord). Ce sable, qui provient d'anciens dépôts marins, contient des coquilles fossiles entières, beaucoup de pointes d'oursins et une infinité de débris coquilliers. Il est composé de :

Carbonate de chaux	64
Alumine et gravier	31
Eau	5
	100

C'est maintenant un amendement habituel dans le pays. M. de Lorgeril en met 50 mètres cubes par hectare. — A Dinan, on prétend que 20 à 24 mètres cubes par hectare suffisent pour fertiliser, pendant 20 ans, une terre médiocre, au point de doubler ses produits ordinaires, et de la rendre propre à la culture du trèfle et des légumineuses. 8 à 10 mètres cubes par hectare produisent un bon résultat, et c'est la quantité adoptée par les fermiers.

2° Le *treaz*, *trez* ou *sable de mer* est un sable marin assez gros, entremêlé de débris assez volumineux de coquilles, et de coquilles entières déterminables à la simple vue. On le récolte sur les plages en pentes douces du Finistère, dans la rade de Brest, dans celle de Roscoff et autres localités de l'arrondissement de Morlaix.

On l'emploie récemment lavé, après son extraction de la mer. Exposé aux influences atmosphériques, il perd rapidement ses propriétés fertilisantes; on l'appelle alors *treaz mort*, par opposition à celui qui sort de la mer et qu'on nomme *treaz vif*. Dans le premier cas, il est plus onctueux au toucher ou plus *gras*, comme on dit, parce que les débris de coquilles, les incrustations calcaires qu'il renferme, se sont désagrégés par suite de l'altération des matières organiques interposées. Les analyses suivantes, dues à Vitalis, montrent qu'en effet le treaz *mort* est moins riche en matière organique et en carbonate de chaux que le treaz *vif* :

	Treaz vif de Morlaix.	Treaz mort de Morlaix.
Matières organiques	4,1	3,4
Carbonate de chaux	65,0	48,5
Oxyde de fer	0,6	0,1
Argile	4,0	3,5
Sable micacé	20,5	40,0
Eau	6,0	4,5
	100,0	100,0

MM. Boussingault et Payen ont trouvé dans le treaz vif de la rade de Roecoff, à l'état normal, 0,15 p. 100 d'azote.

Aux environs de Morlaix, les cultivateurs l'emploient directement

pour ameublir les terrains maraîchers, où sa substance calcaire et sa matière organique complètent l'action du fumier. Ils en répandent jusqu'à 40,000 kilogrammes par hectare. Tous les trois ans, ils font succéder aux plantes maraîchères des céréales, seulement en quantité suffisante pour la consommation de leurs familles. Leurs récoltes sont, en général, d'une beauté remarquable.

Dans les environs de Brest, on remplace le *treaz* par différents sables marins, des vases prises à l'embouchure des rivières, mais qui sont beaucoup moins calcaires que lui. M. Besnou a fait l'analyse de ces différents amendements; voici le résultat des essais qu'il a bien voulu nous communiquer

	Treaz de la rade de Brest, ou sable du Minou.	Sable de la baie de Douarnenez.	Blancs sablons du Conquet.	Vases de la rivière de Landernau.	Vases de la rivière du Faou.
Matières organiques azotées.	à peine sensibles	inappréc.	inappréc.	»	»
Débris végétaux. . .	»	»	»	6,86	5.40
Sable.	29,00	51,5	69,0	75,66	88,88
Alumine.	»	1,3	»	3,75	2,60
Carbonate de chaux.	70,00	45.0	27.0	15,40	2,40
Phosphate de chaux.	0,95	»	»	»	»
Oxyde de fer. . . .	»	0,05	traces.	»	»
Sels solubles de l'eau de mer.	inappréciables.	1,10	1,2	1,55	1,50
	99,95	98,15	97,2	100,98	100,58

Les vases de la rivière de Landernau sont fétides et contiennent, en grande quantié, des débris de *zostera oceanica*; on y trouve aussi des coquilles, et, entre autres, des bucardes.

3° La *tangue, tanque, tangu, sablon, cendre de mer, vase de mer*, etc., est un sable gris ou blanc jaunâtre qui se dépose dans les baies, anses et havres, principalement à l'embouchure des rivières de la basse Normandie et de la basse Bretagne.

Ce sable est composé d'éléments divers, réunis dans des proportions variables, dépendant des localités, de l'agitation de l'eau et de la différence de densité des matières mélangées et triturées mécaniquement. Parmi ces éléments, il en est trois qui dominent : ce sont la silice pure, l'argile et le calcaire. Il y a en plus des sels solubles propres à la mer et des débris organiques formant ensemble quelques centièmes du poids de la tangue. Le sel marin n'entre que pour des millièmes dans la composition de cette matière.

D'après M. I. Pierre, de Caen, voici quelle est la composition des principales espèces de tangue employées comme amendement, sur 100 parties en poids :

PROVENANCE des TANGUES.	MATIÈRES combustibles ou volatiles.	CHLORE	ACIDE sulfurique.	ACIDE phosphorique.	CARBONATE de chaux.	MAGNÉSIE	SOUDE et potasse solubles.	SILICE soluble.	ALUMINE, oxyde de fer, etc., solubles à froid dans les acides.	SABLE et argile.	AZOTE pour 100 de matière sèche.
Saint-Malo.	6.90	0.35	0.66	0 37	25.25	0.87	1.06	0.31	0.50	65.05	0.162
Moidrey.	2.96	0.74	0.34	1.38	30.25	0.19	1.01	2.25	1.35	50.45	0.112
Avranches.	4.08	0.40	0.42	0.25	40.25	0.09	0.71	0.01	0.10	53.41	0.071
Mont-Martin-sur-Mer. . .	7.27	0.27	0.07	0.72	45.45	0.19	0.52	Traces.	0.55	45.26	0.160
Pont-de-la-Roque.	4.51	0.05	0.50	0.51	41 45	0.17	0.27	0.69	2.41	50.52	0.096
Lessay (havelée)[1]. . . .	3.39	0.92	0.41	0.28	32.42	0.16	1.15	Traces.	0 35	41.40	0.157
— (bêchée)	2.21	0.14	0.08	0.12	51.12	0.11	0.15	»	0.35	65.45	0.026
Cherbourg.	2 45	0.52	0.02	0.15	24.24	0 57	0.26	Traces.	0.14	71.91	0.042
Brevands.	5.25	0.01	Traces.	0.12	25.45	0.27	Traces.	»	0.51	72.76	0.040
Isigny.	1.45	0 11	0.05	0.18	27.71	0.10	0.15	»	0.52	69.67	0.055
Sallenelles.	3.51	0.05	Traces.	0.08	46.22	0.27	0.05	0.09	0.29	49.12	0.071

[1] On appelle tangue *havelée* celle qui est ramassée sur la plage au moyen d'un râteau en bois plein, pourvu de mancherons et d'une limonière. Cet instrument, traîné par un cheval, rase la surface de la couche de tangue et en emporte avec lui une quantité variable, suivant la pression que le conducteur exerce sur les mancherons. Ce râteau s'appelle, en Normandie, *havel*, *havet*. Au fur et à mesure que la tangue est raclée ou havelée, on l'enlève et on la dépose sur la grève hors de l'action des marées.

On enlève la tangue avec une bêche, à marée basse, lorsque la couche est épaisse; on en charge immédiatement la voiture. On opère ainsi sur les côtes de la Manche.

M. de Caumont a signalé, le premier, que toutes les rivières qui produisent de la tangue à leur embouchure ont coulé sur les terrains schisteux ou granitiques, dont elles ont délayé les parties argileuses et siliceuses. Ces parties sont, en général, d'une grande finesse dans ces roches anciennes ; pendant un certain temps, les eaux les tiennent en suspension comme les grains de poussière qui voltigent dans l'air, jusqu'à ce que l'équilibre, le temps d'arrêt produit par l'ascension des eaux marines à l'encontre des eaux douces, favorisent le précipité. Les rivières qui ont couru sur le calcaire n'offrent que des atterrissements sableux et calcaires qui ne sont point des tangues.

On distingue plusieurs qualités de tangues, suivant les qualités d'argile qu'elles contiennent : la *tangue grasse*, la *tangue légère* et la *tangue vive*. On les trouve, en général, à peu de distance les unes des autres. Elles se déposent à toutes les marées. On assure que celles qui sont formées lors des vives eaux sont les meilleures. En général, le poids du mètre cube varie entre 1000 et 1400 kilogr. La plus légère est la plus estimée ; elle contient relativement plus de calcaire et moins de sable.

Abandonnée dans l'air pendant plusieurs mois, la tangue augmente notablement de volume, parce que les débris de coquilles qu'elle contient se délitent et s'exfolient. La diminution du poids, par suite de cette circonstance et du pelletage qu'on exécute de temps à autre dans les chantiers, va jusqu'à 7 et même 9 p. 100. Ce n'est jamais, du reste, qu'après qu'elle s'est égouttée et séchée à l'air qu'on porte la tangue sur les terres, car l'expérience a appris qu'incorporée au sol aussitôt après son extraction elle agit défavorablement sur la première récolte.

Les diverses variétés de tangue sont employées, seules ou mélangées avec des engrais animaux et végétaux, en quantité prodigieuse dans l'arrondissement de Coutances. Avec douze à quinze voitures de tangue par hectare, mêlée avec 1/4 de fumier ou une quantité proportionnée de terreau, on forme un excellent engrais-amendement, qui se fait sentir au moins pendant toute la rotation de l'assolement.

Lorsque la tangue est répandue seule, en février ou mars, sur les prairies naturelles ou artificielles, ou en septembre et octobre sur les chaumes du sarrasin et du blé, on en met par hectare de 6 à 16 mètres cubes, quand elle est très-riche en calcaire, et entre 10 et 20 mètres cubes pour les qualités moyennes. Ce n'est que par exception qu'on porte les doses à 50 et même 80 mètres cubes. Le *tanguage* se renouvelle tous les trois, quatre ou cinq ans.

La tangue grasse convient aux terrains légers qu'on trouve sur les bords de la mer; celle qui est vive ou très-sablonneuse convient aux

terres fortes. Les cultivateurs ont su distinguer depuis longtemps l'espèce qui réussit le mieux sur leurs terrains, mais ils se trompent en rapportant au sel marin les bons effets de cette substance. C'est surtout le carbonate de chaux très-divisé qui en forme le principe actif. La tangue opère donc comme la marne et le falun, mais il est évident que les phosphates, les sels solubles et les matières organiques azotées qu'elle renferme en plus fortes proportions lui communiquent des propriétés fertilisantes assez prononcées.

Ne coûtant, pour ainsi dire, que la peine d'être ramassée, la tangue est donc un précieux et économique engrais-amendement pour les cultivateurs peu éloignés de la côte; mais, quand elle doit être transportée à 20 ou 35 kilomètres de distance, sa valeur n'est plus en rapport avec son véritable prix de revient; néanmoins le cultivateur bas-normand, si rude à la peine et si économe de ses deniers, ne tient aucun compte de son temps, de la fatigue de ses animaux, de l'usure de ses voitures; il ne comprend pas encore que tout cela constitue un capital important dont il devrait être encore plus ménager peut-être que de son argent monnayé. On rencontre souvent, près du mont Saint-Michel, à l'embouchure du Couesnon, des cultivateurs venus de 40 à 43 kilom. pour s'approvisionner de tangue. L'extraction de cette matière, sur le seul littoral de la Manche, représente un mouvement de fonds considérable, qui s'élève à plusieurs millions de francs.

Coquilles d'huîtres, de moules et autres. — Les coquilles d'huîtres, qu'on se procure si facilement dans beaucoup de localités, peuvent rendre les mêmes services que le falun et les sables calcaires précédents. Répandues sur des terres fortes, humides et froides, elles facilitent l'extension des racines et fournissent, en outre, par leur décomposition, des matières salines et organiques qui activent la végétation. Elles contiennent toujours beaucoup d'eau de mer interposée entre leurs lames ; aussi elles crépitent fortement au feu.

Voici quelle est leur composition :

SUBSTANCE MÊME DE LA COQUILLE.		ÉCAILLES DE LA SURFACE EXTÉRIEURE.	
Carbonate de chaux.	98,5	Carbonate de chaux.	87
Phosphate de chaux.	1,2	Phosphate de chaux.	3
Matière organique azotée. . . .	0,5	Sel marin.	
Alumine, magnésie, oxyde de fer.	traces	Fer et manganèse.	
		Matière animale soluble dans l'eau.	
	100,0	Matière animale insoluble dans l'eau.	10
			100

MM. Boussingault et Payen y ont trouvé, dans les coquilles entières et à l'état normal, 0,32 pour 100 d'azote, et, dans les coquilles sèches, 0,65 pour 100 d'acide phosphorique.

Ces coquilles ne conviennent ni aux terrains calcaires ni aux sols sableux, à moins qu'elles ne soient mêlées à beaucoup d'engrais.

On les pile et on en parsème le sol.

Les moules et autres coquillages que l'on rencontre sur les côtes ont la même composition et produisent les mêmes effets. M. Besnou a analysé les coquilles d'oursins, qu'on peut se procurer en abondance dans certaines localités; elles sont bien plus riches que toutes les autres en matière animale azotée, ainsi qu'on peut le voir par les résultats suivants :

COMPOSITION DES COQUILLES D'OURSINS.

Eau de constitution	22,90
Matière organique azotée	4,10
Carbonate de chaux	71,00
Phosphate de chaux	2,00
Sels solubles de la mer	traces
	100,00

Sur différents points des côtes de la Normandie, il existe des *moulières* que la mer ne laisse qu'en partie à sec et seulement à l'époque des plus fortes marées de l'année. L'une de ces moulières, et la plus considérable de toutes peut-être, est celle de Lyon-sur-Mer, arrondissement de Caen. A chaque grande mer, où le reflux permet d'atteindre le banc, on voit arriver de tous les points de la côte, et même des communes de l'intérieur, de nombreux banneaux qui viennent charger des moules. La quantité d'hectolitres de ces bivalves enlevées ainsi est immense. On en transporte jusqu'à plus de 40 kilomètres. Le prix de l'hectolitre varie de 80 centimes à 1 franc 50 centimes, selon la distance. Ces coquillages sont répandus, soit sur les prairies artificielles, soit sur les terres en labour préparées pour les diverses cultures. Le plus habituellement, on se borne à les jeter sur le sol au lieu de les enfouir, ce qui fait perdre beaucoup de principes utiles et occasionne une détestable odeur, due aux émanations de ces millions d'animaux tombant en putréfaction.

MM. Moride et Pobierre ont analysé un mélange de toutes sortes de coquilles, roulées par la mer et privées en grande partie de leur matière animale; ils y ont trouvé :

Carbonate de chaux, avec traces de magnésie	95,0
Phosphate de chaux, avec alumine et oxyde de fer	1,5
Silice	2,5
Matière organique	0,5
Sels solubles	2,9
	100,0
Azote sur 1000	0,05.

En Belgique, on ramasse les coquilles que l'on trouve très-abondamment sur les côtes de la mer du Nord. Un monsieur Bortier a établi, à la Panne, un système de fours pour les rendre friables et faciles à réduire en poudre. Cette chaux de coquilles est vendue 50 centimes l'hectolitre.

En Angleterre, on recueille également avec soin les coquilles fraîches qui s'amassent sur le rivage, et l'exploitation en est devenue si considérable, que, pour en effectuer plus économiquement le transport, on a construit un chemin de fer de Padstow à Bodmin. Aujourd'hui, des milliers de wagons chargés de ce calcaire marin sont expédiés de la côte vers l'intérieur, et répandent ainsi la fertilité sur de grandes étendues de terre dans les comtés de Corwal et de Devon. Au reste, cet emploi des coquilles marines est loin d'être récent en Angleterre, puisqu'on trouve dans un Mémoire écrit vers le milieu du siècle dernier, par l'évêque de Dublin, qu'en 1740 on utilisait, pour l'amélioration des terres, les énormes bancs de coquilles qui se découvrent à marée basse dans la baie de Londonderry.

ENGRAIS.

Avant d'aborder cette importante question, il est convenable de connaître la composition chimique des plantes et de bien comprendre la manière dont elles se nourrissent.

Une plante, quelle qu'elle soit, ne peut croître et augmenter continuellement la quantité des matériaux qui la constituent qu'en s'emparant de certaines substances extérieures, et en les transformant en sa propre substance. C'est ce phénomène qui a reçu le nom de *nutrition*.

Attachée au sol et plongée dans l'atmosphère, c'est dans l'un et l'autre de ces milieux que la jeune plante puise les matières alimentaires qui sont indispensables à son développement. C'est par les racines et les feuilles que s'accomplit cette fonction. Les premières puisent dans la terre les sels et les substances organiques fournis par les engrais et que l'eau tient en dissolution; les secondes absorbent, presque uniquement par leur face inférieure, les gaz et les vapeurs répandus dans l'air.

Il est de toute nécessité que la nourriture réparatrice parvienne aux plantes dans le plus grand état de division possible, car les pores absorbants dont leurs organes sont pourvus sont si fins et si déliés qu'aucun corps, non liquide ou gazeux, ne peut s'y introduire; et, si l'analyse démontre la présence, dans le tissu végétal, de matières solides et insolubles, c'est qu'elles ont été dissoutes, à l'époque de leur ab-

sorption, par un agent qui les a postérieurement abandonnées pour former de nouvelles combinaisons.

Pour savoir quelles sont les substances qui sont absorbées par les végétaux et qui leur servent de nourriture, il suffit d'observer quelles sont les substances qui entrent dans leur composition, et de rechercher quelles sont celles qui sont nécessaires à la végétation.

Les organes des plantes sont constitués par deux sortes de composés.

1° Des *composés inorganiques*, qui se trouvent également dans le règne minéral, comme les acides sulfurique, phosphorique, silicique, la chaux, la magnésie, la potasse, la soude, des sels, des chlorures, etc. Ces composés proviennent manifestement du sol ou des milieux dans lesquels les êtres vivent et séjournent; ils entrent, par conséquent, dans le corps de ces êtres et n'y sont pas produits.

2° Des *composés organiques*, formés dans l'intérieur des plantes, sous l'influence des forces vitales, que l'on peut isoler les uns des autres par des procédés incapables de les altérer, et qui, lorsqu'ils sont purs, ont un mode de composition et des propriétés spéciales. Ces composés ont reçu des chimistes le nom de *principes immédiats*. Telles sont les matières que l'on désigne sous les dénominations de *sucre*, de *gomme*, d'*amidon*, d'*acides végétaux*, de *matières colorantes*, de *corps gras*, etc.

Tous ces composés organiques ont ceci de commun, qu'ils sont formés par trois ou quatre principes élémentaires réunis directement, et toujours les mêmes, à savoir : l'oxygène, l'hydrogène, le carbone et l'azote. Les uns ont une composition ternaire et contiennent seulement les trois premiers éléments; les autres ont une composition quaternaire, c'est-à-dire qu'ils renferment, avec ces trois éléments, de l'azote en plus. Mais, dans tous les cas, les principes azotés et les principes non azotés ne diffèrent entre eux, dans chaque groupe, que par de simples variations dans les proportions respectives des trois ou quatre éléments qui les forment essentiellement.

Au point de vue de la manière dont les trois ou quatre éléments organiques sont réunis dans les composés ou principes immédiats des plantes, on peut partager ceux-ci en quatre classes :

1. Les uns renferment une grande quantité de carbone, avec de l'oxygène et de l'hydrogène dans les mêmes proportions que dans l'eau; ce sont des *principes neutres*, tels que : *fibre végétale* ou *cellulose*, *gomme*, *amidon* ou *fécules*, *sucres*, etc. Ces principes sont les plus abondamment répandus dans les plantes, et ce sont eux qui servent principalement à former les tissus élémentaires.

2. Dans une autre classe, on trouve, avec le carbone et les éléments

de l'eau, une certaine quantité d'oxygène en plus. Les composés ont alors des propriétés analogues à celles des acides minéraux; ce sont ce qu'on appelle les *acides végétaux*, tels que les *acides oxalique, tartrique, citrique, malique, gallique, tannique*, etc. Ces acides organiques ne manquent dans aucune plante; ils entrent dans la sève et s'y trouvent presque toujours, à peu d'exceptions près, combinés avec des oxydes métalliques, c'est-à-dire sous forme de *sels*.

3. Une troisième classe comprend les principes immédiats dans lesquels, avec le carbone et les éléments de l'eau, il y a un grand excès d'hydrogène, ce qui communique aux composés une grande combustibilité. Les *huiles essentielles*, les *huiles grasses*, la *cire*, les *résines*, la plupart des *matières colorantes*, appartiennent à cette classe de composés.

4. Enfin, il y a certains principes immédiats caractérisés par la présence de l'azote. Les uns sont *neutres*, et renferment toujours un peu de soufre et de phosphore à l'état d'éléments; on les nomme d'une manière collective *principes albuminoïdes;* tels sont : l'*albumine*, la *fibrine*, la *caséine*, la *légumine*, etc., qui se trouvent dans toutes les plantes.

Les autres ont des propriétés alcalines qui les rapprochent des alcalis minéraux, sont pourvus de propriétés énergiques et même vénéneuses, et communiquent aux plantes leurs vertus médicales ou toxiques. Tels sont : la *morphine*, la *quinine*, la *nicotine*, la *solanine*, etc.; principes désignés sous le nom commun d'*alcaloïdes* ou d'*alcalis organiques*.

Il faut encore placer parmi les principes azotés quelques matières colorantes, telles que celles de l'indigo, du rocou, de la racine d'Harmala, de la racine d'épine-vinette, la *matière verte* ou *chlorophylle* des feuilles et des tiges herbacées.

Sous le rapport du poids, l'azote forme la plus petite proportion de la masse des plantes; cependant il ne manque dans aucune et se montre dans tous leurs organes. S'il ne fait pas précisément partie de la constitution des tissus élémentaires des plantes, il entre, néanmoins, en toutes circonstances, sous la forme de principes albuminoïdes, dans la sève dont ces tissus sont imprégnés.

Des quatre principes élémentaires des plantes, c'est le carbone qui prédomine presque toujours par sa quantité. Son poids s'élève jusqu'à 45 pour 100 dans les composés neutres constituant les tissus élémentaires des organes; il va parfois jusqu'à 78 pour 100 dans certains principes immédiats.

Puisque, comme nous l'avons dit en commençant, la plus grande partie de la nourriture des plantes est absorbée par les organes à

l'état liquide, il doit exister dans l'intérieur du tissu végétal un liquide particulier destiné à charrier cette nourriture dans les diverses parties où elle doit éprouver des modifications nouvelles et être rendue propre à l'assimilation. Or ce liquide, tel qu'il arrive des racines, est ce qu'on appelle la *séve* ou la *lymphe*.

La séve, dans tous les végétaux qui ont été examinés jusqu'à présent, est un liquide transparent et incolore. On peut la considérer comme de l'eau tenant en dissolution un peu de gaz acide carbonique, de gaz oxygène, de gaz azote, des substances minérales et des matières organiques. Ces dernières sont : de l'albumine végétale, de la gomme ou mucilage, une matière extractive soluble, et presque toujours du sucre; les premières consistent surtout en acétate de potasse et en sels ammoniacaux. La séve est donc à peu près identique dans toutes les plantes, mais dans quelques espèces elle contient, outre les substances précédentes, certains principes spéciaux; ainsi : du tannin et de l'acide gallique dans le hêtre, l'orme et le tilleul; de l'acide acétique libre dans le charme, le hêtre, le bananier; de l'acétate de chaux dans le hêtre, le charme, le bouleau, le marronnier; de l'azotate de potasse dans le marronnier, la vigne, le noyer; des lactates alcalins, du bitartrate de potasse, du sulfate de potasse, du tartrate et du phosphate de chaux dans la vigne; du malate et du sulfate de chaux, de l'acétate d'ammoniaque, dans le noyer, etc., etc.

M. Biot s'est assuré : 1° qu'en perçant quelques trous dans un arbre, à différentes hauteurs et dans une direction horizontale, c'est le trou situé le plus près de la racine qui donne le plus de séve; 2° que la séve qui s'écoule par une incision diminue de densité et de richesse saccharine avec le temps, en sorte que la première émission est toujours la plus chargée; 3° que la densité et la richesse saccharine de la séve augmentent avec la hauteur de la section; ainsi, d'après M. Knight, la séve d'un *érable à feuilles de platane* a une densité de :

1,004, prise à fleur de terre,
1,008, prise à la hauteur de 2 mètres environ,
1,012, prise à la hauteur de 4 mètres.

Cela provient, d'après M. Biot, non de ce que la proportion absolue de sucre de la séve est plus grande au sommet qu'à la base de l'arbre, mais de ce que le sucre se trouve dissous dans une plus grande quantité d'eau à la base du tronc qu'au sommet.

Le même savant, en faisant l'étude comparative de la séve des bourgeons et de celle des tiges de lilas, a mis en évidence un phénomène curieux : c'est que le sucre qui existe dans les bourgeons est

incristallisable, tandis que celui que renferme la tige est identique avec le sucre de canne. Les bourgeons ont donc la propriété de transformer ces deux sucres l'un dans l'autre.

Parvenue dans les parties herbacées et dans les feuilles, la séve y éprouve des modifications très-remarquables de la part de l'air : elle devient plus dense, moins fluide, elle se charge de nouveaux composés organiques, et peut dès lors contribuer, sous cette nouvelle forme, à l'accroissement des divers organes; c'est ce qu'on appelle le *cambium* ou *séve descendante*, qui circule en sens inverse de la séve ordinaire.

Sur toute sa route, le cambium est absorbé par les cellules qui ne sont pas remplies et qui ont conservé l'action vitale; chacune d'elles s'élabore par son action propre, et peut ainsi, selon sa nature, le transformer en sucre, en fécule, en ligneux, en principes huileux, résineux et autres, avec d'autant plus de facilité que tous ces principes ne diffèrent les uns des autres, comme nous l'avons déjà vu, que par de légères variations dans les proportions de l'oxygène, de l'hydrogène, du carbone et de l'azote qui les forment essentiellement.

Ce qui précède a eu pour but de démontrer que le développement d'une plante dépend de la présence d'une combinaison carbonée qui fournit le carbone, d'une combinaison azotée qui fournit l'azote, de l'eau ou de ses éléments, ainsi que de principes inorganiques provenant du sol. En d'autres termes, les plantes ont besoin, pour vivre, d'absorber incessamment de l'air ou ses éléments, de l'eau ou ses éléments, de l'acide carbonique et certaines matières minérales.

Voyons comment tous ces principes élémentaires sont fournis à la jeune plante.

1. *Absorption de l'eau et fixation de l'hydrogène.* Il est certain que les végétaux ne pourraient vivre sans eau, et, toutes les fois qu'ils en sont privés, ils se dessèchent et périssent. Mais, comme beaucoup d'entre eux croissent dans l'eau, on peut se demander si l'eau n'est pas leur seule nourriture. Cette opinion fut longtemps admise, par suite des expériences de Boyle et de Van Helmont; mais les expériences plus exactes de Duhamel et de Bonnet ont prouvé que les plantes ne croissent dans l'eau pure que pendant un certain temps, et que jamais leurs graines n'y parviennent à maturité. Duhamel a élevé des marronniers pendant trois ans, et un chêne pendant huit ans, exposés à l'air libre, en les arrosant à l'eau distillée; mais ces arbres ne prirent ainsi que fort peu de développement. Lorsqu'on opère dans des vases clos, et où l'on n'admet que des gaz dépouillés d'acide carbonique, on voit très-clairement que si l'eau pure suffit pour déterminer les premiers développements, en délayant les matières renfermées dans la

graine ou le tubercule mis en expérience, elle ne peut en aucune manière fournir à la plante tout l'aliment qui lui est nécessaire.

C'est du sol que les plantes tirent une grande partie de l'eau dont elles ont besoin. En desséchant et en pesant comparativement de la terre prise à des profondeurs différentes, on a trouvé que la proportion d'eau est plus considérable à mesure que l'on avance vers le fond. Or ce n'est pas à la surface de la terre, mais bien à une certaine profondeur, que les végétaux soutirent l'eau par les racines. Il est prouvé, en outre, que, par leurs parties foliacées, ils absorbent de l'eau dans l'atmosphère.

L'eau agit de deux manières dans la végétation : comme dissolvant, et par sa décomposition en fournissant les deux principes qui la composent, l'oxygène et l'hydrogène. L'hydrogène des plantes n'a pas d'autre origine. C'est donc l'hydrogène de l'eau qui sert à former les huiles volatiles, la cire, les résines et autres corps gras, si fréquents dans certains organes et si riches en ce principe élémentaire.

2. *Assimilation du carbone.* Le carbone ne pénètre jamais dans les plantes à l'état solide ou de simple dissolution dans l'eau, puisque, libre et pur, il n'y est pas soluble. Aussi, lorsqu'on met une plante dans du charbon, même en poudre impalpable, en l'arrosant d'eau distillée, elle y vit à peu près comme dans du verre pilé et sans absorber aucune particule charbonneuse.

Le carbone est introduit dans le tissu végétal par la décomposition du gaz acide carbonique, puisé dans l'air et dans l'eau ; il y est encore porté par la partie soluble du terreau, très-riche en matières organiques. C'est la quantité plus ou moins grande de ces matières organiques qui détermine les principales différences de la fertilité des terrains ; c'est à l'augmenter que les engrais sont particulièrement utiles, soit par l'acide carbonique qu'ils contiennent tout formé, soit parce que leur carbone, s'unissant à l'oxygène de l'air, en forme de toutes pièces, soit par les parties organiques qu'ils fournissent incessamment aux organes et qui ne tardent pas à s'y assimiler.

Les plantes ont la propriété d'absorber le gaz acide carbonique. Elles ne végéteraient pas cependant dans une atmosphère de ce gaz pur, ni même dans un air qui en contiendrait les trois quarts de son volume. D'après les expériences de Th. de Saussure, de jeunes plantes de pois, au soleil, n'existent que sept jours dans parties égales d'air et d'acide carbonique ; elles vivent plus longtemps lorsque la quantité d'acide ne forme que la cinquième partie du mélange ; leur accroissement est à peu près le même que dans l'air lorsque l'acide n'entre que pour un huitième, et il est plus grand que dans l'air dans le rapport

de 11 à 8, lorsque le mélange ne contient qu'un douzième d'acide.

Si l'on place deux plantes à végéter dans du sable ou du verre pilé, et qu'on arrose l'une avec de l'eau distillée et l'autre avec de l'eau chargée d'acide carbonique, on voit que cette dernière vit bien mieux et plus longtemps que la première.

Les plantes ne végéteraient pas au soleil si elles étaient totalement privées de ce gaz. Mais, à l'ombre, les résultats sont tout différents; car, dans ce cas, la présence de l'acide carbonique nuit à la végétation au lieu de la stimuler. Des pois, placés à l'obscurité, dans un air renfermant le quart de son volume de gaz acide carbonique, ne peuvent pas vivre plus de six jours. Si, au contraire, on les maintient dans un air dépouillé de cet acide, non-seulement ils continuent à végéter, mais même ils fleurissent avec plus de vigueur.

Priestley observa le premier que, dans certaines circonstances, les plantes exhalent du gaz oxygène, et qu'elles ont la propriété d'améliorer l'air qui aurait été vicié par la combustion des bougies et par la respiration des animaux. Bientôt après, Ingenhouz découvrit que l'émission du gaz oxygène a lieu par les feuilles, et seulement quand elles sont exposées à la lumière. En effet, si l'on plonge dans l'eau des feuilles de différentes plantes, et qu'on les expose au soleil, il s'en dégage très-promptement du gaz oxygène. Ce dégagement n'a pas lieu si l'on emploie de l'eau distillée ou de l'eau qui a bouilli pendant longtemps.

Sennebier remonta à la cause de ce phénomène, et vit que la quantité d'oxygène fournie est en raison directe de l'abondance de l'acide carbonique dissous dans l'eau. L'eau acidulée par l'acide carbonique perd peu à peu la propriété de fournir du gaz oxygène avec les feuilles, et alors tout l'acide a disparu. Une branche de framboisier qui ne fournissait point de gaz dans l'eau distillée a donné, dans l'eau commune, un volume d'oxygène égal à celui de $5^{cc},42$ d'eau; dans l'eau chargée artificiellement d'acide carbonique, elle a fourni un volume égal à $89^{cc},85$.

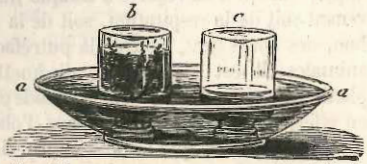

Fig. 173. *Décomposition de l'acide carbonique par les plantes.*

Si l'on place (fig. 173) sur une même cuvette, *a*, *a*, deux bocaux renversés, l'un *b*, ainsi que la cuvette, plein d'eau distillée dans laquelle nage une plante de menthe aquatique, l'autre *c*, rempli d'acide carbonique; qu'on surmonte l'eau de la cuvette d'une épaisse couche d'huile, pour éviter le contact de l'air de l'atmosphère, et

qu'on expose l'appareil au soleil, voici ce que l'on remarque : chaque jour, dans le bocal *c*, le gaz carbonique diminue, ce qu'on reconnaît par l'élévation de l'eau; tandis que, au sommet du bocal *b*, il s'élève une quantité de gaz oxygène sensiblement égale à la quantité d'acide carbonique qui disparaît en *c*. Au bout de douze jours, la menthe est en bonne santé; une plante semblable, placée sous un seul bocal d'eau distillée, ne dégagerait pas d'oxygène et montrerait des signes évidents de maladie. Si l'on répète la même expérience en mettant du gaz oxygène à la place du gaz acide carbonique, il ne se dégage aucun gaz dans le bocal où se trouve la menthe aquatique.

Que conclure de ces faits et de bien d'autres semblables indiqués par Woodhouse, de Saussure, Palmer, Decandolle, etc.? C'est que le gaz oxygène dégagé par les feuilles des plantes dépend de la présence du gaz acide carbonique; que, par conséquent, sous l'influence solaire, cet acide est décomposé par les feuilles, et que de ses deux principes, l'un, le carbone, est retenu et fixé par le tissu végétal, tandis que l'autre, l'oxygène, est rendu à son état de liberté. Cette conclusion, formulée d'abord par Sennebier, a été adoptée et confirmée par les physiologistes qui lui ont succédé.

Sennebier a prouvé que la décomposition du gaz carbonique ne se fait que par les parties vertes et surtout dans le parenchyme. L'épiderme, les nervures, ne jouissent pas de cette propriété.

La quantité d'acide carbonique absorbé et décomposé varie aussi dans les différentes plantes; elle dépend de leur surface; les végétaux à feuilles minces doivent donc en absorber plus que ceux à feuilles charnues.

Il ressort bien évidemment de ce qui précède que les feuilles et les parties vertes de toutes les plantes exposées à la lumière absorbent de l'acide carbonique dans l'air, le décomposent et exhalent un volume égal d'oxygène. C'est ce qui nous permet de comprendre pourquoi l'air ne renferme jamais qu'une très-petite quantité d'acide carbonique, quoiqu'il en reçoive à chaque instant d'énormes quantités provenant soit de la respiration, soit de la combustion du bois, du charbon, des corps gras, soit de la putréfaction des matières végétales et animales. Il est très-logique d'admettre, par conséquent, que les plantes acquièrent ainsi la plus grande partie de leur carbone, puisque, en effet, celles qui croissent dans l'obscurité contiennent beaucoup moins de carbone que les autres. Th. de Saussure a démontré par des expériences rigoureuses que les plantes augmentent de poids à mesure qu'elles dégagent de l'oxygène et que l'acide carbonique se décompose. Toutefois cette augmentation de poids est plus forte que celle qui équivaudrait seulement à la quantité de carbone absorbé; ce qui

prouve clairement que les plantes s'assimilent en même temps les éléments de l'eau.

Lorsqu'on voit certains arbres croître et acquérir un magnifique développement sur des montagnes ou des rochers stériles, des forêts d'arbres verts couvrir le sol des landes sablonneuses ; lorsqu'on constate, par expérience, qu'il suffit à la prospérité de la végétation qu'un sol inerte procure une humidité convenable ; on est conduit naturellement à cette double conclusion : que ce n'est pas du terrain que les arbres ont soutiré la masse énorme de carbone qu'ils contiennent, et que c'est l'acide carbonique de l'air qui la leur a fournie.

L'acide carbonique qui est absorbé par les feuilles pendant le jour, ou qui pénètre avec l'eau dans la plante par l'intermédiaire des spongioles des racines, n'est plus décomposé une fois que la lumière diminue ; il reste alors en dissolution dans la sève dont les végétaux sont imprégnés. Mais, avec l'eau qui s'évapore à travers les feuilles, il s'échappe, pendant la nuit, une quantité d'acide carbonique proportionnée à la masse totale du même acide renfermé dans ces organes. En sorte qu'une partie de l'acide qui est absorbé pendant le jour est rendue à l'atmosphère pendant la nuit, parce que la cause qui pourrait le décomposer, c'est-à-dire la lumière, a cessé son action.

M. Boussingault a fait des expériences qui prouvent cette double action des plantes par rapport à l'acide carbonique de l'air. Dans un appareil convenablement disposé, il a fait pénétrer une branche de vigne en pleine végétation, sur laquelle, par la disposition particulière de son appareil, passaient par heure douze litres d'air. Deux expériences consécutives ont prouvé que cet air, en traversant l'espace où vivait la branche éclairée par le soleil, se dépouillait des trois quarts de son acide carbonique, tandis qu'il se mélangeait au double de son poids de ce gaz, lorsqu'on faisait fonctionner l'appareil dans la nuit.

Des nombreuses expériences exécutées par M. Corenwinder en 1858 et 1859, on peut tirer les conclusions suivantes :

1. Les végétaux exposés à l'ombre exhalent presque tous, dans leur jeunesse, une petite quantité d'acide carbonique ;

2. Le plus souvent, dans l'âge adulte, cette exhalation cesse d'avoir lieu ;

3. Un certain nombre de végétaux possèdent cependant la propriété d'expirer de l'acide carbonique, à l'ombre, pendant toutes les phases de leur existence ;

4. Au soleil, les plantes absorbent l'acide carbonique par leurs organes foliaires, avec plus d'activité qu'on ne le supposait jusqu'aujourd'hui. Si l'on compare la quantité de carbone qu'elles assimilent ainsi, avec celle qui entre dans leur constitution, on est obligé de re-

connaître que c'est dans l'atmosphère, sous l'influence des rayons du soleil, que les végétaux puisent une grande partie du carbone nécessaire à leur développement;

5. La quantité d'acide carbonique absorbée pendant le jour au soleil par les feuilles des plantes est beaucoup plus considérable que celle qui est exhalée par elles pendant la nuit. Le matin, il leur suffit de trente minutes d'insolation pour récupérer ce qu'elles peuvent avoir perdu pendant l'obscurité;

6. Enfin la quantité d'acide carbonique absorbée varie avec l'intensité de la lumière solaire, et elle est certainement en rapport direct avec cette intensité.

L'air atmosphérique renfermant à peine un millième de son poids d'acide carbonique, comment concevoir qu'une aussi faible quantité de ce gaz puisse fournir l'énorme proportion de carbone nécessaire à tous les végétaux qui couvrent la surface du globe? Rien n'est plus facile cependant que de démontrer qu'il en est ainsi.

« On sait que, sur chaque pied carré de la surface de la terre, repose une colonne d'air pesant $1108^{kil},38$. On connaît en outre le diamètre, et, par conséquent, la surface de la terre; on peut donc calculer avec la plus grande exactitude le poids de toute l'atmosphère. Or la millième partie de ce poids, c'est de l'acide carbonique renfermant un peu plus de 27 pour 100 de carbone; d'où il résulte que l'atmosphère contient 1400 billions de kilogr. de carbone, quantité qui est bien plus élevée que le poids de toutes les plantes, les houilles et les lignites répandus sur toute l'écorce du globe. Le carbone de l'atmosphère est donc plus que suffisant pour subvenir à la nutrition des plantes.

« En supposant que la surface des feuilles et des parties végétales vertes; par lesquelles se fait l'absorption de l'acide carbonique, soit deux fois aussi grande que celle du sol où croît la plante, ce qui, pour les terres qui produisent le plus de carbone, telles que les forêts, les prairies et les champs de céréales, est bien au-dessous de la surface réellement active; en supposant, en outre, que, dans chaque seconde et pendant huit heures par jour, cette surface (de 5000 mètres carrés) enlève à l'air un millième de son poids d'acide carbonique, on trouve que les feuilles et les parties vertes absorbent, en tout, dans l'espace de 200 jours, 500 kilogr. de carbone [1]. »

Tout démontre donc que le carbone assimilé par les plantes est fourni en grande partie par la décomposition du gaz acide carbonique

[1] LIEBIG, *Chimie appliquée à la physiologie végétale et à l'agriculture*, 2e édition, page 25.

de l'atmosphère. Il est probable aussi que l'acide carbonique provenant de la décomposition des substances organiques qui existent dans le sol doit être absorbé par les plantes et servir ensuite à leur développement. Nous savons par les expériences de MM. Boussingault et Lewy combien l'air emprisonné dans la terre végétale est riche en acide carbonique. Or les racines qui vivent dans cette atmosphère souterraine doivent absorber, avec l'eau qu'elles pompent, une grande quantité de l'acide carbonique qui vient s'ajouter dans les feuilles à celui que ces derniers organes prennent dans l'air ambiant.

Le carbone fixé dans le tissu végétal donne naissance, par sa combinaison avec l'eau ou ses éléments, à des matières de la plus haute importance : c'est ainsi que 12 molécules de charbon, en s'associant à 10 molécules d'eau, produisent soit le tissu cellulaire des plantes, soit leur tissu ligneux, soit la gomme, soit l'amidon ou dextrine qui en dérive ; que 12 molécules de charbon et 11 molécules d'eau forment le sucre de canne ; que 12 molécules de charbon et 12 molécules d'eau font le sucre du raisin, et le sucre liquide des autres fruits. Ainsi, avec les mêmes éléments, dans des proportions peu différentes, la nature végétale produit ces matières ligneuses, amylacées, gommeuses et sucrées, qui jouent un rôle si large dans la vie des plantes ; cela explique bien l'importance du phénomène de décomposition de l'acide carbonique de l'air par les parties vertes.

3. *Assimilation de l'oxygène.* L'oxygène contenu dans les plantes provient de l'eau et de l'air. Elles ne végètent qu'autant que leurs feuilles sont en contact avec l'air atmosphérique ou le gaz oxygène : aussi périssent-elles promptement dans l'acide carbonique, dans l'hydrogène, dans l'azote.

L'oxygène de l'air est absorbé, mais uniquement pendant la nuit, puisque, pendant le jour, les feuilles en rejettent constamment. C'est ce qu'on constate facilement, en plaçant, pendant une seule nuit, des feuilles saines et vigoureuses sous un récipient plein d'air ordinaire : l'oxygène de cet air diminue très-manifestement et est remplacé par du gaz acide carbonique ; mais, dès que la lumière reparaît, cet acide carbonique se trouve absorbé peu à peu, et tout l'oxygène qui avait disparu reparaît sensiblement dans le récipient.

Au moyen de cet oxygène, il s'établit dans le tissu cellulaire des réactions chimiques, par suite desquelles la sève acquiert des propriétés nouvelles et se change en suc nourricier.

Il suit de là que les plantes *inspirent* ou *aspirent* de l'oxygène pendant la nuit, et *expirent* ou *rejettent* ce gaz pendant le jour. Mais cette propriété d'inspirer et d'expirer ce gaz, de même que celle de décomposer l'acide carbonique, n'appartient absolument qu'aux parties

vertes. Ni la racine, ni le bois, ni l'aubier, ni l'écorce, ni la fleur, ne la possèdent. Dans leur contact avec l'oxygène, ces organes ne font que lui céder peu à peu une portion de leur carbone, d'où il résulte du gaz acide carbonique, dont une très-petite quantité se trouve retenue ou dissoute dans leurs sucs : de sorte que les parties non vertes des plantes, en absorbant l'oxygène de l'air, et en le remplaçant par un volume à peu près égal d'acide carbonique, vicient beaucoup plus l'atmosphère que les feuilles, qui pendant le jour, expirent autant d'oxygène qu'elles en avaient absorbé pendant la nuit.

Cette action du gaz oxygène sur les parties non vertes des végétaux permet de concevoir, quant à ce qui regarde les racines : 1° l'utilité des labours; 2° la plus grande force des racines superficicielles; 3° la préférence que manifestent les racines pivotantes pour un sol léger; 4° la division infinie que les racines des arbres éprouvent quand elles pénètrent dans des conduites d'eau, dans de la vase ou du fumier, etc., et, quant aux fleurs, pourquoi elles vicient plus l'air que ne le font les parties vertes, etc.

4. *Assimilation de l'azote.* L'azote est un élément constant des végétaux; il s'y trouve sous la forme de certains composés quaternaires qui ont, sous le rapport de la constitution chimique, une grande analogie avec les matières d'origine animale : tels sont, par exemple, le gluten et l'albumine.

Tous les tissus à l'état naissant sont abondamment pourvus d'azote; ce gaz n'est pas moins nécessaire à la formation des graines, dans lesquelles il existe souvent en proportions assez fortes. M. Payen a formulé, à cet égard, la loi suivante dans son Mémoire sur le développement des végétaux :

« Tous les jeunes organes foliacés, florifères ou fructifères, plus directement alimentés par la sève ascendante, lorsque les stomates et les parties vertes ne sont pas encore développés, contiennent en abondance des corps azotés, et généralement, dans ces parties aériennes encore, la quantité de ces substances organiques à composition quaternaire est en raison directe des facultés de développement, et en raison inverse de l'âge de chacun de ces organismes végétaux. »

Voici quelques chiffres qui indiquent la proportion dans laquelle l'azote existe au sein de certaines substances végétales :

	Poids du corps quaternaire azoté.	Azote pour 100 du végétal.
Choux-fleurs.	71,820	11,970
Champignons de couche.	58,722	9,787
Séve de bouleau.	47,460	7,910
Radicelles d'orge germée.	31,980	5,330
Limbe de feuilles d'acacia.	29,760	4,961

	Poids du corps quaternaire azoté.	Azote pour 100 du végétal.
Graines de lupin.	27,000	4,500
Limbe de feuilles de mûrier. . . .	25,620	4,270
Feuilles de bruyère.	11,940	1,991
Bois de chêne	4,362	0,727
— d'acacia.	1,872	0,312
— de sapin.	1,296	0,216

Un fait qui confirme cette loi de M. Payen, c'est la différence de composition que présentent, sous le rapport de la proportion d'azote, les parties supérieures et inférieures des tiges du blé. Les premières, évidemment les plus jeunes, sont plus riches en azote que les secondes. La manutention militaire s'est emparée de ce fait en donnant aux chevaux, pour nourriture, la partie supérieure de la paille, et réservant la partie inférieure pour litière.

Pendant longtemps on a admis que l'azote des plantes provenait uniquement des engrais azotés contenus dans le sol. Il est certain que lorsqu'on considère l'action de ces engrais, on est disposé à leur attribuer la principale cause de l'assimilation de l'azote. Cependant il est avéré qu'après la culture de certaines plantes, dites *améliorantes*, comme le trèfle, la luzerne, le sainfoin et autres légumineuses, on obtient des récoltes abondantes, riches en principes azotés, sans recourir aux engrais animaux. Ces plantes améliorantes, qui n'ont pas reçu d'azote par la main de l'homme, et qui cependant en ont introduit dans le sol en quantité notable, ont donc dû en prendre ailleurs que dans les engrais.

On sait, d'un autre côté, d'après les expériences de M. Boussingault, confirmées par celles d'autres chimistes, que dans un sol complétement stérile (du sable calciné), arrosé avec de l'eau pure et maintenu à l'air libre, mais à l'abri de la pluie, des plantes fixent néanmoins une certaine quantité d'azote.

Quand on réfléchit que l'air atmosphérique, dans lequel baignent les plantes, renferme les quatre cinquièmes de son volume d'azote, on est porté tout naturellement à penser que c'est dans ce milieu qu'elles puisent celui qui est nécessaire à leur développement.

Toutefois, à l'exception de M. G. Ville, qui, s'appuyant sur de belles et nombreuses expériences, soutient que c'est sous forme gazeuse et tel qu'il existe dans l'air que cet élément est absorbé, à la manière de l'acide carbonique, les autres chimistes et physiologistes admettent que c'est à l'état d'ammoniaque et d'acide azotique, ou d'azotates, qu'il arrive dans l'intérieur du tissu végétal.

Nous l'avons déjà dit, il y a toujours de l'ammoniaque et de l'acide

azotique dans l'atmosphère. Eh bien, dans ces idées, les eaux pluviales enlèvent à celle-ci toutes les vapeurs ammoniacales qui y arrivent sans cesse par suite de la putréfaction des matières animales, tout l'acide azotique qui se produit sous l'influence électrique; elles en imbibent le sol, et, dès lors, les racines absorbent ces composés azotés, qui, portés dans l'organisme, se trouvent soumis à une série de réactions chimiques qui permettent l'assimilation de leur principe élémentaire.

Les matières animales qu'on introduit dans les terres de culture pour les entretenir en bon état de production ajoutent encore des sels ammoniacaux et des azotates à ceux qui proviennent de l'atmosphère.

En supposant donc que l'azote gazeux de l'air ne soit pas absorbé directement par les plantes, ce qu'on ne peut pas nier cependant d'une manière absolue, on voit bien qu'on peut encore parfaitement s'expliquer l'origine des composés azotés contenus dans les tissus végétaux par la présence constante des sels ammoniacaux et des azotates dans le sol et dans l'air.

La portion d'ammoniaque qui est absorbée par les racines ou par les feuilles des plantes produit bientôt, dans l'intérieur du tissu végétal, par suite des métamorphoses qu'elle subit en s'engageant dans de nouvelles combinaisons, et suivant les organes, de l'albumine, du gluten, et un grand nombre d'autres composés azotés. Mais il en reste toujours une portion plus ou moins grande, à l'état d'ammoniaque, dans les sucs et les parties solides des plantes, ainsi qu'il est facile de s'en assurer en chauffant doucement, avec un peu de chaux, les sucs de betterave, de bouleau, d'érable, les *pleurs* de la vigne, les amandes non mûres des fruits à noyaux, etc. MM. Calvert et Ferrand ont même retrouvé de l'ammoniaque à l'état de gaz dans tous les tissus des plantes.

Les plantes sauvages, comme M. Liebig le fait remarquer, reçoivent ordinairement par l'atmosphère plus d'azote, sous la forme d'ammoniaque, qu'elles n'en ont besoin pour leur développement; du moins, on sait que l'eau qui se vaporise à travers les fleurs et les feuilles de ces végétaux éprouve une fermentation putride, propriété spéciale aux matières azotées. Les plantes cultivées reçoivent de l'atmosphère la même quantité d'azote que les plantes sauvages, la même que les arbres et les arbrisseaux; mais cette quantité ne suffit pas aux besoins de l'agriculture : de là naissent l'utilité et la nécessité des engrais azotés. L'économie agricole se distingue donc essentiellement de l'économie forestière, en ce qu'elle vise surtout à la production de l'azote sous une forme qui se prête à l'assimilation, tandis que,

dans cette dernière, on a pour but principal de produire du carbone.

5. *Rôle du sol dans la nutrition.* Jusqu'ici nous avons vu l'air et l'eau fournir aux plantes différents principes, tels que le carbone, l'oxygène, l'hydrogène et l'azote ; mais il est évident que ces deux agents ne suffisent pas à la nourriture des végétaux. En effet, en faisant végéter des plantes dans l'eau et dans l'air seulement, elles augmentent bien de poids, mais elles ne fournissent pas de semences fécondes. La troisième et la dernière source qui reste aux plantes est le *sol*. Recherchons donc comment le sol intervient dans l'acte important de la nutrition.

Le sol est composé de beaucoup de principes différents ; mais, en définitive, on peut le considérer comme essentiellement formé d'eau, de matières terreuses insolubles, de substances salines plus ou moins solubles, et de débris organiques ou *terreau*. Nous n'avons pas à nous occuper du rôle de l'eau, de celui des matières terreuses insolubles : ils sont connus ; il nous reste à préciser l'influence du terreau et des matières salines.

A. *Influence de l'humus ou terreau.* Des matériaux constitutifs du sol arable, l'humus est celui dont le rôle est encore le moins bien défini.

De tout temps, cet humus a été considéré comme l'une des causes principales de la fertilité des terres ; mais la manière dont il intervient a été et est encore le texte de discussions entre les physiologistes et les chimistes. Il y a, à cet égard, deux opinions diamétralement opposées.

Pour les uns, à la tête desquels il faut placer Th. de Saussure, le terreau est un réservoir de substances nutritives ; les matières organiques qu'il renferme, et notamment les ulmates ou humates alcalins, sont absorbés directement par les racines des plantes, et deviennent, par leur assimilation dans les tissus, un puissant auxiliaire de la nutrition qu'elles reçoivent de l'air et de l'eau. Le terreau est donc un aliment direct.

Pour les autres, et à leur tête vient M. Liebig, l'humus ne peut jamais servir de nourriture à la plante ; il n'est point absorbé. Son rôle se borne à fournir, par sa décomposition continuelle, du gaz acide carbonique que les spongioles radicales absorbent à mesure, et qui concourt à la nutrition de concert avec celui qui a été pris par les feuilles dans l'atmosphère.

Cette dernière doctrine, qui réduit presque à rien le rôle de l'humus, n'a pas été adoptée par les agronomes. Il est certain qu'il est difficile d'admettre qu'un corps, si facilement soluble dans les alcalis, ne soit pas absorbé comme le sont toutes les dissolutions, et qu'il ne concoure pas à la nourriture de la plante.

Dès 1844, M. Mulder a combattu très-vivement l'opinion de M. Liebig, et il a déclaré que les différents acides noirs du terreau, acides dont il a fait une étude étendue, sont absorbés sous la forme de sels par les racines des plantes; qu'ils se métamorphosent dans les tissus vivants pour former les éléments des organes, et que, de cette manière, ils contribuent essentiellement à la nourriture des plantes.

En 1849, Soubeiran a fait des expériences intéressantes qui prouvent aussi que l'humus est absorbé directement, à l'état d'humate d'ammoniaque. Ainsi il a fait végéter des pieds de *lampsana communis*, en introduisant la racine dans un vase contenant une faible dissolution d'humus dans l'ammoniaque. Le sel ammoniacal a été absorbé, et les plantes ont prospéré pendant plusieurs jours. Il a semé, dans de la terre privée de toute matière organique, des haricots et de l'avoine; il les a arrosés chaque jour avec une dissolution neutre d'humus dans l'ammoniaque. La végétation s'est bien opérée, et les plantes ont fourni successivement des fleurs et des graines.

M. Liebig a combattu l'idée que le terreau puisse être absorbé à l'état d'humate de chaux, et il a eu raison, car Soubeiran a prouvé que c'est à l'état d'humate d'ammoniaque qu'il pénètre dans le tissu végétal. M. Liebig a encore appuyé son opinion sur ce que les forêts et les prairies améliorent le sol, bien qu'on n'y apporte pas d'engrais, et qu'on enlève chaque année des récoltes en bois et en foin. Les plantes, d'après cela, rendent donc au sol plus qu'elles ne lui prennent, et le carbone enlevé par la récolte provient uniquement de l'atmosphère.

Pour admettre ce raisonnement, il faudrait oublier que l'humus absorbé augmente la vitalité de la plante, et accroît le nombre et le volume des organes de l'absorption. Il arrive alors que la plante puise plus largement dans l'atmosphère. L'humus n'a pas fourni tout le carbone, mais il est, en fait, la cause première de la production abondante du bois et des autres parties du végétal.

M. Liebig et ses partisans ne pourront jamais, d'ailleurs, rétorquer ce fait si vulgairement connu, que dans une terre sans humus la végétation est toujours maigre et peu productive.

Il y a véritablement de l'acide carbonique fourni aux racines par le terreau, mais ce n'est pas l'humus proprement dit qui le produit, car il est presque insensible à l'action de l'air. C'est le ligneux qui, par sa transformation en *terreau charbonné*, et par suite en *humus*, donne lieu à cette production.

En 1852, M. Malaguti a complété les démonstrations de Mulder et de Soubeiran, en faisant une expérience à l'aide de la balance. Il a rempli la moitié de deux grands entonnoirs avec du gravier, et l'autre moi-

tié avec de la brique pilée contenant 1 centième d'os calcinés et autant de craie. Il a semé sur ces deux sols artificiels, humectés avec de l'eau distillée, la même quantité de graines de *cressonnette*. Elles ont levé quatre jours après les semailles; on a commencé à les arroser tous les jours, les unes avec 100 centimètres cubes d'eau distillée, les autres avec le même volume d'ulmate d'ammoniaque. Après cinq arrosages, la différence entre les deux végétations était déjà très-marquée : celle qui était baignée périodiquement par l'ulmate était d'un vert foncé; l'autre, baignée par l'eau, était d'un vert clair. Après dix-huit arrosages, c'est-à-dire après vingt-deux jours d'expérience, la plante la plus luxuriante menaçant de verser, on en fit la récolte. Les deux lots de plantes, desséchés à l'air et dans les mêmes conditions, pesaient :

Celui arrosé avec l'eau	12^{gr},550
— avec l'ulmate d'ammoniaque.	16 150

L'analyse a démontré à M. Malaguti que sur 2 litres d'ulmate d'ammoniaque qui avaient été réservés pour l'arrosement de la cressonnette, 2^{gr},567 d'acide ulmique avaient] disparu et étaient passés dans la plante.

Il n'y a pas moyen d'équivoquer sur ces résultats et sur ceux de Soubeiran. La matière soluble a bien pénétré dans la plante et a réalisé pour elle les conditions d'une bonne alimentation.

De tout ce qui précède, il ressort bien évidemment que l'humus agit directement comme un véritable aliment, une fois qu'il est converti en ulmate ou humate d'ammoniaque. Or celui-ci se forme continuellement dans le terreau brut par la réaction sur l'humus libre et sur l'humate de chaux du carbonate d'ammoniaque que les pluies amènent dans le sol ou qui prend naissance par la putréfaction des matières animales enfouies.

Indépendamment de ce rôle si utile, le terreau remplit encore d'autres fonctions qui concourent au même résultat; ainsi :

C'est une source incessante d'acide carbonique, par suite de la combustion lente du ligneux et du terreau charbonneux;

Il absorbe la vapeur aqueuse de l'air et maintient dans le sol une humidité nécessaire;

Comme matière poreuse, il condense aussi et arrête l'ammoniaque atmosphérique;

Il modère la putréfaction des matières azotées, de sorte que la matière nutritive soluble n'est présentée aux plantes qu'au fur et à mesure de leurs besoins;

Enfin il fixe l'ammoniaque provenant de cette putréfaction.

Voilà un ensemble d'effets qui justifient la haute idée que les agronomes ont attachée de tout temps à la matière organique des terres de culture, c'est-à-dire au terreau, et qui établissent la supériorité des engrais qui renferment de l'humus en mélange avec les autres principes nutritifs azotés et salins.

Théod. de Saussure a essayé de déterminer la proportion de substance nutritive que le terreau ou l'engrais fournit aux plantes, comparativement à celle que ces dernières tirent de l'atmosphère. Suivant lui, les végétaux herbacés absorberaient, dans le terreau, à peu près la vingtième partie de la matière nutritive qu'ils s'assimilent pendant la durée de leur existence. Les expériences et les calculs à l'aide desquels T. de Saussure a cherché à résoudre l'importante question qui nous occupe ne sont ni assez nombreux ni assez rigoureux pour qu'on puisse adopter d'une manière absolue les résultats qu'ils indiquent. D'ailleurs, la proportion de matière nutritive fournie par les engrais doit nécessairement varier avec la nature de ceux-ci, avec les espèces de plantes, le climat et une foule d'autres circonstances qu'il est impossible de bien apprécier.

B. *Influence des matières terreuses et salines.* Indépendamment de sa température, de l'eau et de l'humus qu'il renferme, le sol a-t-il par lui-même une action sensible sur la végétation, et contribue-t-il pour quelque chose à l'acte de la nutrition?

Quelques chimistes et physiologistes prétendent que la composition minéralogique et chimique des terrains n'a aucune influence sur la végétation, que le rôle du sol est purement mécanique : en sorte que toute espèce de terre est apte à donner d'excellents produits, à condition qu'elle soit suffisamment humide et pourvue d'une suffisante quantitéd'engrais.

Nous ne pouvons adopter cette manière de voir, posée en des termes aussi absolus. Sans doute, quelques personnes ont exagéré l'influence générale du sol; mais, en réduisant cette influence à sa juste valeur, toujours est-il que le sol a une action chimique sur les plantes, et que sa composition, c'est-à-dire le nombre et les proportions respectives de ses principes constituants, influe notablement sur la végétation.

C'est surtout par les substances salines que le sol renferme naturellement, ou qui lui sont ajoutées à dessein, qu'il exerce une action marquée et incontestable sur la végétation. Ces substances salines sont absorbées par les racines, charriées dans les vaisseaux au moyen de l'eau qui les tient en dissolution, et déposées dans les différents organes. Aussi, lorsqu'on vient à décomposer les plantes par le feu, lors-

qu'on les incinère, elles laissent toutes un résidu, d'apparence terreuse, qui représente les matières inorganiques absorbées pendant la vie. Ce résidu est ce qu'on appelle les *cendres*.

Ces substances minérales ne sont pas accidentelles dans les plantes; elles leur sont nécessaires, et chaque espèce semble exiger, pour son entier développement, des sels d'une nature particulière et en quantité variable. C'est ainsi que les légumineuses fourragères veulent absolument du sulfate de chaux pour donner d'abondants produits; que le tabac, les pois, les fèves, presque toutes les espèces ligneuses, réclament impérieusement de la chaux, tandis que le maïs, les navets, les betteraves, les pommes de terre, les topinambours, la vigne, exigent au contraire de la potasse.

Lorsqu'on voit, d'un autre côté, que la bourrache, la pariétaire, les orties, le grand-soleil, etc., n'ont de vigueur que dans les terres salpêtrées; que l'existence des varechs et autres plantes marines et maritimes semble intimement liée à la présence de l'iode et du chlorure de sodium dans les milieux où ils apparaissent, absolument comme la vie des plantes terrestres paraît dépendre de la présence des alcalis et des terres alcalines, on est conduit tout naturellement à accorder aux substances salines contenues dans les sols arables, même en proportions infinitésimales, une influence considérable sur le développement des plantes. On peut même aller plus loin, et soutenir que la végétation ne peut être complète, c'est-à-dire qu'un végétal, quel qu'il soit, ne peut parcourir toutes les phases de son existence et donner des graines mûres et fécondes sans la présence dans le sol des substances salines identiques à celles qu'on trouve dans ses organes à l'état normal.

Qu'on essaye de faire venir du blé ou toute autre céréale dans un milieu dépourvu de phosphates et de silicates alcalins et terreux, jamais on ne verra la plante pousser jusqu'au bout sa végétation; elle périra avant de fructifier. Qu'on sème du seigle, de l'avoine, dans du calcaire ne contenant ni silice soluble, ni phosphates : les tiges ne s'élèveront pas au delà de quelques centimètres.

D'après les expériences récentes du prince de Salm-Horstmar, il faut sept substances minérales dans le sol (potasse, chaux, magnésie, oxyde de fer, silice, acides phosphorique et sulfurique) pour que l'avoine fleurisse; et il en faut deux autres (soude et phosphate basique) pour qu'elle fructifie; indépendamment, bien entendu, d'un sel ou d'un composé contenant l'azote dans un état convenable.

La quantité de matières salines et terreuses renfermées dans les organes des plantes est proportionnelle à la succion et à la transpiration; ceci tient à ce que ces matières sont introduites en dissolution dans

la sève, que cette sève se dirige vers les parties où se fait la transpiration, et que celle-ci est, en général, proportionnelle à la succion. En effet, si l'on compare les végétaux entre eux, on trouve que les herbes donnent, à proportion, plus de cendres que les arbres, et, parmi ceux-ci, que les arbres à végétation rapide en donnent plus que ceux à végétation lente. Si l'on compare entre eux les différents organes d'un même végétal, on trouve qu'il se dépose plus de matières minérales dans les feuilles, organes essentiels de l'évaporation, que dans tout autre organe. Après les feuilles, l'écorce est la plus riche, puis l'aubier, puis enfin le bois.

Voici les quantités de cendres fournies par les plantes herbacées et ligneuses les plus communes, sur 100 kilogrammes :

PLANTES HERBACÉES DESSÉCHÉES COMPLÉTEMENT.

Paille de pois	11ᵏᵍ 3	Graines d'avoine	4ᵏᵍ 0
Regain de foin de prairie	10 0	Pommes de terre	4 0
Foin de prairie	9 0	Paille de seigle	3 6
Foin de trèfle rouge	7 7	Pois jaunes	3 1
Navets	7 6	Tiges ligneuses de topinambours	2 8
Paille de froment	7 0	Graines de froment	2 4
Betterave champêtre	6 3	Graines de seigle	2 3
Topinambour	6 0		
Paille d'avoine	5 1		

PLANTES LIGNEUSES DANS L'ÉTAT OU ON LES EMPLOIE.

Écorce de chêne	6ᵏᵍ 00	Faux ébénier	1ᵏᵍ 25
Bois de tilleul	5 00	Bouleau	1 00
Sarment de vigne	4 66	Sapin, charme	0 85
Branche de chêne	2 50	Tremble	0 60
Arbre de Judée	1 70	Hêtre	0 45
Sureau à grappe	1 64	Fusain, frêne, aune, pin	0 40
Bois de Sainte-Lucie, mûrier blanc	1 60	Peuplier, érable, bourdaine, liége	0 20
Noisetier	1 50		

Mais, suivant la nature du sol, les mêmes plantes contiennent des quantités très-différentes de matières minérales. Ainsi 100 kilogr. de paille, provenant d'une même espèce d'avoine récoltée en 1841, ont donné :

Sur un sol formé de calcaire	10ᵏᵍ 2	de cendres.
— de granit	9 6	
— léger, mais assez riche	8 8	
— formé de grès vert	7 9	
— d'argile	7 8	
— de sable siliceux	6 4	
— de gypse	5 8	

La nature des substances minérales ne varie pas moins que leur proportion, suivant la composition chimique du sol sur lequel les plantes croissent et vivent. Théodore de Saussure a observé une grande différence dans la nature des cendres des mêmes végétaux crûs dans des terrains calcaires ou siliceux : elles étaient très-riches en carbonate de chaux dans le premier cas, et en silice dans le second. Davy ayant semé de l'avoine dans un sol composé de calcaire pur, elle y vécut mal et ne présenta à l'analyse qu'une quantité de silice fort inférieure à la quantité ordinaire. Le chêne, venu dans un sol calcaire, donne des cendres qui ne sont presque composées que de carbonate de chaux, tandis que, dans un sol différent, ces cendres contiennent beaucoup de magnésie et de phosphate de chaux.

Mais, si l'on examine les cendres de végétaux différents crûs dans le même terrain, on trouve que, quand les espèces ont de l'analogie, les cendres ont beaucoup de rapport entre elles ; et que, si les végétaux sont de genres très-différents, les cendres sont aussi très-différentes. Les analyses de Sprengel, de Berthier, de Will et Fresenius, de Bichon, ne laissent aucun doute à cet égard.

Voici, par exemple, quelques analyses de cendres de graines de céréales et de légumineuses récoltées sur un même terrain :

100 parties de cendres ont donné :	Froment.	Seigle.	Fèves de marais.	Pois.
Potasse	6,45	11,45	20,82	34,19
Soude	27,79	18,89	19,06	12,76
Chaux	5,91	7,05	7,26	2,46
Magnésie	12,98	10,57	8,81	8,60
Oxyde de fer	0,30	1,90	1,03	0,96
Acide phosphorique	46,14	51,81	37,94	34,57
— sulfurique	0,27	0,51	1,34	3,56
— silicique	2,625	2,425	4,00	3,00
Chlore	»	»	1,48	0,31

Ainsi, du même terrain, les céréales tirent comparativement bien plus de soude que de potasse, bien plus de magnésie que de chaux, beaucoup d'acide phosphorique, des traces seulement d'acide sulfurique et pas de chlore, tandis que les légumineuses extraient bien plus de potasse que de soude, de la chaux et de la magnésie dans des rapports peu éloignés, moins d'acide phosphorique, plus d'acide sulfurique que les céréales, et du chlore en certaines quantités.

Et cependant, dans le terrain où sont venues ces plantes, la potasse et la soude étaient en quantités égales, la chaux l'emportait de beaucoup sur la magnésie, l'acide phosphorique était en fort minime proportion, et il n'y avait que des traces d'acide sulfurique et de chlore.

« Tous les faits, toutes les analyses minérales, a dit Berthier dès 1826, montrent que chaque espèce de plante n'absorbe dans des terrains de natures diverses que celles des substances minérales qui conviennent à sa constitution. »

Ce principe a été corroboré par tous les travaux postérieurs des chimistes. Nous citerons, entre autres, les belles analyses de M. Boussingault, qui prouvent que non-seulement les quantités de matières minérales enlevées au sol ne sont pas les mêmes pour chaque espèce de récoltes, mais qu'il y a encore des différences énormes dans les proportions de certains principes. C'est ce qu'on voit très-bien dans le tableau suivant :

	CENDRES contenues dans 1000 kil. de récolte.	QUANTITÉ de sels enlevés sur 1 hectare.	Dans cette quantité de cendres, il y a :			
			en CHAUX.	en POTASSE.	en acide phosphorique.	en CHLORE.
Pommes de terre. .	40 k.	125,4	2,2	65,5	15,9	5,5
Betterave champêtre	65	199,8	14,0	89,9	12,0	10,4
Navets dérobés (demi-récolte). . . .	76	54,4	»	»	5,3	1,6
Topinambours . . .	60	350,0	7,6	20,6	55,6	5,5
Semences de blé. . .	24	27,5	17,4	154,9	18,9	1,2
Paille du précédent.	70	195,5				
Semences d'avoine. .	40	42,6	7,0	21,4	8,5	3,5
Paille du précédent.	51	65,4				
Pois fumés.	31	30,9	»	»	9,5	0,3
Haricots.	55	55,5	»	»	14,8	0,1
Fèves.	50	68,6	»	»	21,8	0,7

Les recherches toutes récentes de MM. Malaguti et Durocher sur la *répartition des éléments inorganiques dans les principales familles du règne végétal* confirment complétement la manière de voir que nous soutenons relativement à l'importance du rôle des matières minérales dans le développement des plantes; mais elles mettent encore mieux en évidence ce que Sprengel, MM. Will et Fresenius, M. Bichon, avaient déjà cherché à établir, et ce que M. Liebig avait avancé dans sa *Chimie appliquée à la physiologie végétale et à l'agriculture*, à savoir :

Que les plantes appartenant à la même famille doivent offrir dans l'ensemble de leurs principes inorganiques certaines analogies, quand on les compare entre elles, et certaines particularités quand on les met en parallèle avec d'autres familles.

Il est bien évident, d'après tous les faits cités jusqu'à présent, que

les matières salines sont choisies dans le sol par les plantes, et qu'elles ne s'y introduisent pas par simple succion capillaire ou par voie mécanique; car comment comprendrait-on que des arbres venus dans un sol purement argileux ou pierreux puissent donner des cendres riches en chaux, alors que le froment cultivé dans un sol calcaire donne des cendres qui n'en renferment presque pas?

Ce qui achève de prouver que les substances qui sont fournies par le sol aux végétaux sont choisies par ceux-ci conformément à leur organisation et à leurs besoins, c'est que ces substances sont réparties d'une manière fort inégale dans les différentes parties d'un même végétal. Ainsi les tiges des céréales contiennent beaucoup de silicate de potasse, tandis que les graines de ces mêmes plantes ne contiennent presque que des phosphates terreux; la chaux est surtout abondante dans la paille ou le bois, et la magnésie se montre de préférence dans la graine.

Puisque chaque plante exige pour son entier développement certaines substances salines, il en résulte qu'un végétal viendra d'autant mieux dans un sol que celui-ci les lui fournira en proportions plus convenables :

Silice, ou mieux silicates alcalins, pour les tiges des graminées et des céréales;

Phosphates alcalins et de magnésie pour les graines;

Chaux pour les bois et pour les tiges des légumineuses;

Alcalis, sulfates et acide phosphorique pour toutes les plantes.

Un terrain perd infailliblement sa fertilité si on ne lui restitue pas périodiquement toutes ces matières salines, et notamment les phosphates et les alcalis qu'enlève au sol chaque récolte nouvelle. C'est par les engrais et les irrigations qu'on répare les pertes de ce genre. Les exemples d'une production décroissante de certaines contrées dans lesquelles on a manqué à ce principe sont assez nombreux. A force d'avoir tiré des blés de la Sicile et de l'Afrique, sans y jamais rien remettre pour les entretenir au même état de production, les Romains ont fini par frapper d'une stérilité complète ces contrées, qu'ils regardaient comme leurs greniers... Les champs, autrefois si riches, de la Virginie, dans l'Amérique du Nord, ne produisent plus ni froment ni tabac. Et l'épuisement, sous le rapport des phosphates, peut seul expliquer l'effet prodigieux que produit en Angleterre, en Allemagne et en Suisse, l'emploi des os moulus; en Bretagne celui du noir des raffineries.

Si certaines terres résistent bien plus longtemps que d'autres à l'appauvrissement, cela provient, à n'en pas douter, de l'abondance de quelques éléments inorganiques indispensables aux végétaux. C'est

ainsi qu'il serait difficile de fixer la limite de fertilité des terres arables d'Amérique qui proviennent de grands défrichements opérés en incendiant les forêts. Des milliers de stères de bois laissent alors sur le sol une quantité de sel vraiment prodigieuse.

Ceci nous conduit, en partie du moins, à l'explication d'un fait connu depuis bien longtemps, à savoir la fertilité que peuvent acquérir certains sols stériles, lorsqu'on les laisse plantés en bois ou en joncs marins pendant de longues années. Ces sols reçoivent, chaque année, par suite de la chute des feuilles qui les couvrent, une espèce de fumure en couverture, et une grande partie des substances minérales que les racines vont chercher, depuis le printemps jusqu'à l'automne, à des profondeurs souvent considérables. Ces substances se trouvent ainsi ramenées pendant l'hiver à la surface, par suite de la chute des feuilles, qui sont très-riches en matières minérales, surtout à l'époque de leur maturité.

Toutes ces substances salines ou minérales qu'on trouve dans les organes des plantes viennent manifestement du sol, et ne sont point créées, par l'acte de la végétation, dans les tissus mêmes, ainsi que l'ont prétendu, avec si peu de raison, quelques naturalistes. Il n'y a de produit dans l'intérieur du tissu végétal que les acides destructibles par la chaleur, tels que les acides oxalique, malique, acétique, tartrique, citrique, etc., qui saturent la potasse, la soude, la chaux et la magnésie absorbées dans le sol, et qui constituent les oxalates, les malates, les acétates, les tartrates, les citrates, etc., qu'on rencontre dans les organes de certaines plantes.

Il serait bien avantageux, pour les progrès de la pratique agricole, qu'on déterminât ce que chaque espèce de plante exige de matières salines pour son développement le plus complet; car ce n'est qu'alors qu'il sera possible d'améliorer, d'une manière certaine, les divers sols, qu'on sera en état de leur fournir tous les éléments que réclament impérieusement les cultures diverses, une fois qu'on aura constaté par l'analyse que ces sols ne les renferment pas ou ne les contiennent pas dans les proportions suffisantes aux besoins de la végétation.

Depuis une vingtaine d'années, on est heureusement entré dans cette voie de recherches, et déjà nombre de renseignements précieux ont été recueillis; l'agriculture en a fait son profit. Mais il reste encore d'innombrables questions à éclaircir.

Après ces considérations générales sur la nutrition, nous pouvons aborder l'étude spéciale des *engrais*.

Ainsi que nous l'avons déjà dit, nous comprenons sous le nom d'*engrais* toutes les matières, de quelque nature qu'elles soient, qui sont

nécessaires à la vie des plantes et qui concourent directement, soit par leur décomposition, soit par leur absorption immédiate, au grand acte de la nutrition.

Les engrais doivent être considérés comme la base de la culture des terres. Il serait aussi impossible d'entretenir des troupeaux sans leur donner à manger que de cultiver des terres sans leur rendre, par des engrais, la substance nutritive que leur enlèvent les récoltes qu'elles produisent chaque année.

Les matières que le cultivateur emploie pour entretenir la fécondité du sol et réparer les pertes continuelles que celui-ci éprouve en humus et en matières salines sont empruntées au règne organique et au règne minéral. Comme la manière d'agir des engrais, comme la manière de les employer varient beaucoup suivant leur nature, nous diviserons les engrais en deux grandes classes : les *engrais minéraux* ou *salins*, et les *engrais organiques*, provenant du règne végétal ou animal. Nous commencerons par les premiers.

Engrais minéraux ou salins. — On donne le nom d'*engrais salins* à des substances minérales, plus ou moins solubles dans l'eau, qu'on emploie pour activer la végétation. Celles qu'on utilise le plus habituellement, sous ce rapport, sont : le *sulfate de chaux* ou *plâtre*, les *cendres* de diverses natures; la *suie*, les *azotates* ou *nitrates*, les *sels ammoniacaux*, le *sel marin*, certains *phosphates*, etc.

Avant de les étudier en particulier, il importe d'être fixé sur la manière dont elles agissent et sur les ressources qu'elles peuvent offrir à l'agriculture.

Ces substances minérales exercent différents genres d'effets qu'il est convenable de distinguer. Elles ont une action chimique sur le sol, une action chimique sur les végétaux, une action chimique sur les tissus des plantes, enfin elles concourent à fournir les principes minéraux et salins dont ces tissus ont besoin pour leur développement.

1. Les *effets chimiques* que les engrais salins produisent sur le sol consistent à en changer la nature, par de nouveaux composés résultant de leur décomposition. C'est ainsi que le sulfate de fer, contenu dans les *cendres noires* ou *pyriteuses* qu'on répand sur les sols calcaires, réagit sur le carbonate de chaux du sol et donne lieu à la formation de sulfate de chaux ou plâtre, qui, comme on le sait, agit de la manière la plus favorable sur les légumineuses fourragères.

Le sulfate de soude agit comme le sulfate de fer lorsque sa dissolution rencontre des matières calcaires.

2. L'*influence chimique* que les engrais salins exercent directement sur les plantes consiste à altérer ou même à détruire plusieurs d'entre

elles sans attaquer les autres. C'est ainsi qu'en Belgique et dans le nord de la France on a constaté depuis longtemps que les *cendres noires*, si riches en sulfate de fer, activent singulièrement la végétation des prairies sur lesquelles on les répand, en favorisant l'accroissement des légumineuses et des graminées, et en détruisant complétement les mousses, les lichens, les joncs, les orchidées, les plantains, la cuscute, et, en général, toutes les mauvaises plantes qui croissent inutilement dans les prairies. Cette destruction est due, en grande partie, à ce que le sulfate de fer, en se décomposant, produit de l'acide sulfurique libre qui charbonne les plantes et les convertit en terreau.

3. L'*influence des engrais salins sur les tissus des plantes* est bien plus importante que les effets dont il vient d'être question. Ils donnent à ces tissus, et principalement aux feuilles, la faculté de décomposer plus fortement l'acide carbonique de l'air, pour s'en approprier le carbone. Ils donnent plus de consistance aux parties vertes, les rendent plus fermes, plus épaisses, et leur communiquent une plus grande force d'inspiration; aussi ces plantes se dessèchent-elles plus difficilement; elles retiennent avec force leur eau de végétation, lors même qu'elles sont enlevées du sol, et résistent à des sécheresses qui tuent sur-le-champ les autres végétaux.

Les sels minéraux jouissent donc de cette propriété extrêmement précieuse d'agir sur les plantes de manière à leur faire absorber, pour ainsi dire, toute leur nourriture dans l'air; or le carbone que les végétaux y puisent est bien une conquête pour l'agriculture, puisque celui qui se trouve dans le sol coûte à l'agriculteur, qui a été obligé de l'y amener, ou sous forme de fumier, ou en enfouissant des végétaux verts, etc.

Cette absorption plus grande de l'acide carbonique de l'air par les plantes soumises à l'action des matières salines a été mise hors de doute par les expériences de notre ami le professeur Lecoq, de Clermont, qui, ayant enfermé deux plantes de *polygonum orientale* sous des cloches remplies d'air contenant 1/13 de son volume d'acide carbonique, et exposées au soleil pendant un jour entier, reconnut, par l'analyse de l'air, que le *polygonum*, arrosé avec de l'eau ordinaire pendant toute sa végétation, avait absorbé 49 centimètres cubes 1/2 d'acide carbonique, tandis que le *polygonum* qui avait été constamment arrosé avec une eau minérale ou saline avait absorbé 64 centimètres cubes 1/2 d'acide carbonique, c'est-à-dire environ 1/3 de plus.

Ce serait donc une des plus belles découvertes pour l'agriculture que celle de rendre, en quelque sorte, les plantes indépendantes de la nature du sol, si variable à chaque pas, et de les nourrir au moyen de l'atmosphère, dont la composition est la même par toute la terre.

Il sera sans doute impossible d'atteindre ce résultat; mais on peut espérer de faire enlever à l'air par les végétaux bien plus de carbone qu'ils n'en absorbent naturellement, et ce n'est qu'au moyen des engrais salins qu'on pourra y parvenir.

Un fait d'observation, c'est que les substances salines n'agissent que sur les végétaux exposés au soleil, et que, dans les lieux ombragés, elles nuisent à la végétation.

4. Indépendamment de toutes ces actions, les engrais salins opèrent encore en fournissant aux plantes les différents principes minéraux dont leurs organes ont besoin pour se développer régulièrement et normalement, soit qu'ils passent en nature dans les tissus par voie de dissolution, soit, ce qui est le cas le plus général, qu'après l'absorption ils se métamorphosent sous l'influence des forces vitales, et donnent naissance aux substances salines spécialement propres et nécessaires à la constitution de chaque organe en particulier.

Voici, maintenant, quelques principes généraux sur l'emploi des engrais salins; nous les empruntons au Mémoire très-remarqable que M. Lecoq a publié sur ces sortes d'engrais, et qui a été couronné, en 1831, par l'Académie des sciences du Gard [1].

1. On doit, autant que possible, employer les substances salines sous forme pulvérulente, parce que, sous cet état, elles peuvent être bien plus facilement dosées qu'à l'état de dissolution. On les répand à la volée, comme les graines, après les avoir pulvérisées. Si on les emploie en dissolution, il est nécessaire que celle-ci soit étendue de beaucoup d'eau, et il faut la répandre, autant que faire se peut, par un temps humide.

2. Quoique les engrais salins puissent être appliqués avec avantage sur toute espèce de terrain, ils conviennent plus spécialement aux sols légers, exposés à la sécheresse et soumis à toute l'action des rayons solaires. — Ils produisent aussi de très-bons effets dans les prairies humides; mais on doit les y employer à plus forte dose que sur les terrains secs. — Il est préférable de les répandre en deux fois, pour augmenter leur action.

Différents terrains renferment naturellement une assez grande quantité d'engrais salins : tels sont ceux qui recouvrent les roches volcaniques; tels sont encore les rivages de la mer ou les lieux arrosés par des sources d'eau minérale.

Il y a un fait certain dans l'emploi des substances salines en agriculture, et que l'on observe surtout pendant les années sèches : c'est la

[1] *Recherches sur l'emploi des engrais salins en agriculture.* — Annales scientifiques, littéraires et industrielles de l'Auvergne, t. V, p. 53-97 (1832).

Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria D.G.A. BIBLIOTECA

stabilité qu'elles communiquent aux végétaux. S'il fait chaud, ils souffrent moins de la sécheresse; s'il fait froid, le changement brusque de température leur est à peine sensible, et ils peuvent supporter sans en souffrir deux degrés de froid de plus que les autres plantes.

C'est principalement dans les terrains légers, secs et élevés, que les plantes ont le plus à redouter l'action de la chaleur, de la sécheresse et l'intensité des grands froids. Le moindre vent dessèche ces sortes de sols; les pluies les pénètrent promptement, et s'en échappent de même; ils sont donc le plus exposés aux inconvénients des *mauvaises saisons*. L'emploi convenablement approprié des sels en atténue les fâcheux effets.

3. Répandus en trop grande quantité, les engrais salins sont nuisibles à la végétation; employés en trop petite dose, leur action est, pour ainsi dire, nulle. Au reste, les doses varient pour chaque engrais en particulier, et pour chaque nature de terrain.

4. La meilleure époque pour les répandre sur la terre est celle où les jeunes plantes commencent à se garnir de feuilles, car ils agissent principalement sur les parties foliacées. A l'époque de la germination, ils sont plus nuisibles qu'utiles.

5. Ces engrais ne favorisent la production des graines qu'autant qu'ils sont associés aux engrais organiques. — En général, ils retardent la maturité des plantes, en donnant plus de développement aux parties foliacées, et en s'opposant ainsi à l'évaporation des liquides qu'elles renferment.

Passons maintenant en revue les diverses substances salines qui peuvent jouer le rôle d'engrais.

Sulfate de chaux, ou plâtre. — L'emploi du plâtre comme engrais pour les prairies artificielles est une des plus précieuses conquêtes de l'agriculture moderne. Il n'a commencé à se répandre que depuis les expériences du pasteur Mayer, de Kupferzel en Argovie, qui les publia en 1765. De la Suisse, l'usage du plâtre pénétra bientôt en Dauphiné, en Angleterre, en Allemagne et même en Amérique; aujourd'hui il est général.

L'introduction de cette méthode en Amérique est due au célèbre Franklin, qui la fit dans des circonstances assez curieuses. Voulant démontrer à ses compatriotes les bons effets du plâtre, l'illustre physicien écrivit en gros caractères, au moyen de poussière de plâtre CECI A ÉTÉ PLATRÉ, sur un champ de luzerne, placé près d'une grande route, aux environs de Washington. Dans tous les endroits qui avaient été recouverts de la poudre, une magnifique végétation se développa, en sorte qu'à la surface de la prairie, on pouvait lire distinctement les caractères tracés par la main du philanthrope américain. Une démons-

tration si évidente valait les meilleurs écrits : elle porta ses fruits, et, depuis cette époque, les Américains s'approvisionnent à Paris d'une énorme quantité de cette précieuse substance.

Il y a deux espèces de sulfate de chaux dans la nature. L'une, très-dure et compacte, peu abondante, et appartenant à la partie inférieure des terrains de sédiment, et même aux terrains cristallins, est *anhydre*, c'est-à-dire dépourvue d'eau de combinaison. Elle a la composition suivante :

Chaux	40
Acide sulfurique	60
	100

L'autre, très-tendre, en dépôts assez étendus dans les couches supérieures des terrains de sédiment, où elle accompagne les calcaires et les marnes, est *hydratée*, c'est-à-dire unie à une quantité fixe d'eau de cristallisation. Elle est ainsi constituée :

Chaux	32	= Sulfate anhydre		79
Acide sulfurique	47			
Eau	21	Eau		21
	100			100

C'est cette espèce qui est employée en agriculture. Telle qu'on l'extrait des carrières, on la connaît sous le nom vulgaire de *plâtre cru*.

Le plus habituellement, c'est à l'état de *plâtre cuit* ou calciné qu'on l'utilise. La cuisson a pour but, non de décomposer le plâtre comme la pierre calcaire, mais de lui faire perdre seulement la moitié de l'eau de cristallisation qu'il contient. Cette cuisson s'opère en l'exposant, lorsqu'il est encore en pierres, à une température de + 115 à 120°, dans des fours convenablement disposés. Il perd alors 11 p. 100 de l'eau qu'il renferme à l'état cru; si la température était assez élevée pour chasser la totalité de son eau, il serait loin d'avoir les mêmes qualités.

Dans les fours où l'on opère en grand cette dessiccation du plâtre (fig. 174), la température s'élève toujours beaucoup plus qu'il ne faut, et souvent elle devient assez forte pour fondre ou vitrifier la surface des morceaux, ce qui est un grave inconvénient, car le plâtre trop calciné devient inattaquable par l'eau. C'est alors ce qu'on appelle du *biscuit*.

Le plâtre convenablement cuit, étant réduit en poudre, possède la curieuse propriété de faire, avec l'eau, une pâte qui se solidifie en quelques instants; propriété que ne possède pas le plâtre *cru*, et que ne

possède plus le plâtre *brûlé*, c'est-à-dire devenu anhydre ou converti en biscuit.

Lorsque le plâtre cuit est conservé pendant longtemps dans un endroit mal clos, surtout s'il est réduit en poudre, il absorbe peu à peu l'humidité de l'air ; on dit alors qu'il est *éventé*. Il perd ainsi la propriété de faire prise avec l'eau et de pouvoir être *gâché*. On lui conserve, au contraire, cette propriété pendant plusieurs années en le renfermant dans des tonneaux bien bouchés.

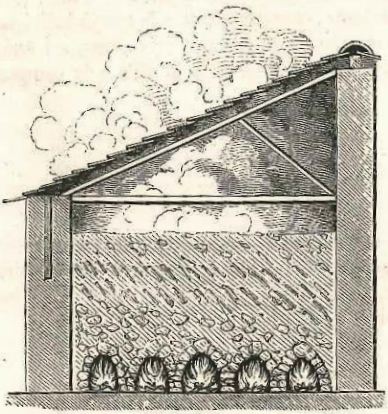

Fig. 174. *Four à plâtre.*

Une question fort agitée par les agronomes est celle de savoir à quel état le plâtre doit être employé, *cru* ou *cuit*. Des pays entiers, entre autres l'Amérique septentrionale, les bords du Rhin, ne font usage que du plâtre cru. Les expériences d'une foule d'agriculteurs distingués de notre pays, celles qui nous sont personnelles, attestent que le plâtre cru opère tout aussi bien que le plâtre cuit. M. I. Pierre a fait, en 1849 et 1850, sur le sainfoin, une série d'expériences desquelles il semble même résulter que le premier, à dose égale, produit de meilleurs résultats que le second. Voici un tableau de ces expériences, et des récoltes obtenues, par hectare :

Dose du plâtre employé.	1849			1850
	1re coupe.	2e coupe.	3e coupe.	Coupe unique.
0 kil.	10,900 kil.	4,594 kil.	1,051 kil.	7,496 kil.
267 kil. plâtre cuit. . . .	11,675	4,842	1,539	6,721
0 kil.	10,175	4,535	1,010	6,744
267 kil. plâtre cru. . . .	12,925	5,274	1,265	7,167

Ces expériences paraîtraient même indiquer que l'action du plâtre est presque épuisée dès la première année. Beaucoup d'autres expériences viennent à l'appui de ce fait de la supériorité du plâtre cru sur le plâtre cuit, à dose égale.

Depuis 1848, grâce aux conférences établies par l'un de nous, beaucoup de cultivateurs de la Seine-Inférieure ont adopté l'usage du plâtre cru, et ont constaté qu'il produit absolument les mêmes résultats qu'après sa calcination.

La seule utilité de la cuisson du plâtre est dans la grande et facile division qui peut en résulter; mais cet avantage est plus que contrebalancé par l'élévation du prix du plâtre *cuit* sur le plâtre *cru*. Le combustible est partout assez rare pour qu'on rencontre un notable avantage à employer de préférence le dernier.

Les plâtres cuits en poudre que l'on trouve dans le commerce sont bien souvent falsifiés avec de la craie, de la marne, des poussières de chaux, du sable fin, de l'argile, et principalement avec des déchets de plâtre cru, dont les fabricants de plâtre cuit ne savent que faire. Cette dernière fraude est moins dommageable que les premières, puisqu'on a toujours du plâtre, bien qu'on paye alors le plâtre cru le même prix que le plâtre cuit.

En achetant le plâtre cuit ou cru en morceaux, on sera certain de ne point être trompé; sa réduction en poudre peut très-bien se faire à la ferme, dans la morte saison, pendant laquelle on est parfois embarrassé pour occuper utilement les ouvriers. Le broiement du plâtre cru est beaucoup plus difficile que celui du plâtre cuit; mais, au moyen de masses de fer ou du tour en granit à broyer les pommes, on parvient à le diviser encore assez facilement. Il est à noter, d'ailleurs, qu'il n'y a pas absolue nécessité à ce que le plâtre cru soit réduit en poudre excessivement fine.

Lorsqu'on achète du plâtre cuit en poudre, il faut toujours, par quelques essais, s'assurer qu'il n'a pas été fraudé. Le plâtre est bon lorsqu'il ne fait point effervescence, ou ne fait qu'une effervescence très-faible avec les acides, qu'il n'a point de saveur alcaline, qu'il ne verdit pas le sirop de violettes, qu'il ne laisse déposer, par la lévigation, que des traces de sable; enfin, lorsqu'il se dissout presque totalement dans l'acide chlorhydrique faible. Le résidu qu'il laisse, après l'action de cet acide, est de l'argile et du sable.

Les plâtres naturels ne sont jamais chimiquement purs; ils renferment souvent de 3 à 15 p. 100 de matières étrangères suivant leur provenance. Le plâtre de Bourgogne ne contient que 3 à 5 p. 100 de substances étrangères, tandis que celui des environs de Paris contient de 12 à 15 p. 100 de carbonate de chaux, d'oxyde de fer et d'argile.

Lorsque le plâtre cuit ne s'échauffe presque pas quand on le gâche avec de l'eau, et ne fait pas prise solide avec rapidité, il est très-probable qu'il a été additionné de plâtre cru, ou qu'il est fortement *éventé*.

L'action du plâtre a paru limitée jusqu'ici à certaines plantes, prises principalement dans la famille des légumineuses, telles que la luzerne, le trèfle, le sainfoin, la vesce, les pois, les haricots; il opère aussi d'une manière notable sur le tabac, les choux, le colza, la navette, le chanvre, le lin, le sarrasin; il agit peu sur les prairies naturelles; son efficacité est douteuse, dit-on, pour les récoltes sarclées, et nulle sur les céréales, au moins quand il est répandu immédiatement sur elles; car, ainsi que le fait observer Thaër, on est unanime sur ce point : qu'un chaume de trèfle enterré produit de beaucoup plus belles céréales, du froment surtout, lorsqu'il a été *gypsé* que lorsqu'il ne l'a pas été. Cette différence s'explique par les racines et le chaume du trèfle, qui, étant plus vigoureux, ont dû donner au sol une masse d'engrais plus considérable; alors il n'y a pas de contradiction. M. Socquet a établi, par expérience, que les racines du trèfle plâtré pèsent un tiers de plus que celles du trèfle non plâtré.

C'est ordinairement au printemps qu'on sème le plâtre, à la main, sur la végétation déjà commencée, lorsque les plantes ont 15 à 16 centimètres de hauteur. On le répand le soir ou le matin, à la rosée, par un temps calme et couvert, avant ou après une petite pluie. De grandes pluies nuisent beaucoup à son effet : aussi, pour éviter celles du printemps, on préfère dans quelques localités (Oise, environs de Marseille) ne l'employer qu'après la première coupe. Semé au mois d'août, après la moisson, sur les trèfles de l'année, il en fait produire une bonne coupe au mois d'octobre, et la récolte de l'année suivante en éprouve encore l'effet.

Les bons cultivateurs du département du Nord ont remarqué que l'action du plâtre est fortement influencée par l'état de l'atmosphère au moment où on l'applique. Si le printemps est froid, le plâtre agit à peine; la chaleur et l'humidité réunies développent, au contraire, tous ses effets. Ils ont encore reconnu que la gelée, fût-elle très-légère, arrête subitement son action, et l'empêche de se reproduire, alors même que la température redevient favorable. Cette observation avait déjà été faite par l'illustre Thaër.

En général, on répand le plâtre sur les plantes déjà levées, et au moment où elles sont baignées de rosée, pour que la poudre s'attache aux folioles; mais l'expérience démontre qu'on obtient d'aussi bons effets en incorporant le plâtre dans le sol, à l'époque des labours d'automne. Mathieu de Dombasle avait adopté la méthode de répandre un hectolitre de plâtre par hectare, en même temps qu'il semait la prairie artificielle, et, au printemps suivant, il saupoudrait les jeunes plantes d'une même quantité, si la récolte lui paraissait en avoir besoin. Il résulte de ce mode d'opérer que les plantes acquièrent, avant

l'hiver, un développement tel, que souvent on peut faire une première coupe dans le mois de septembre, et qu'il est bon même de prendre quelques précautions pour empêcher que le trèfle ne nuise trop considérablement, par la vigueur de sa végétation, à la céréale à laquelle on l'associe. D'un autre côté, le développement des racines étant toujours en raison directe de celui des tiges et des feuilles, il arrive que les racines de ces jeunes trèfles pénètrent, avant l'hiver, à une plus grande profondeur. Alors, les plantes étant plus fortes, et leurs racines étant moins à la portée de l'influence des gelées, les trèfles supportent plus facilement l'intensité du froid de nos hivers.

Plusieurs cultivateurs de la Seine-Inférieure, de l'Orne et du Cantal, ont adopté ce mode d'opérer, non-seulement pour les trèfles, mais aussi pour les minettes, les sainfoins, les luzernes, et ils en ont constaté l'efficacité.

La dose de plâtre adoptée comme la plus avantageuse varie suivant les pays et suivant la nature des terres, suivant aussi leur état de culture. La dose la plus générale est de 500 à 600 kilogrammes, ou 3 hectolitres par hectare. Pour les plantes légumineuses annuelles, la dose peut être un peu diminuée.

Le plâtre *cuit* pulvérisé coûte, généralement, 2 fr. 25 c. l'hectolitre. A ce taux, le plâtrage revient par hectare à 6 fr. 75 c.

Le plâtre *cru* en morceaux ou pulvérisé coûte 1 fr. 80 c. l'hectolitre, ou 5 fr. 40 c. pour un hectare. Il y a donc économie de 1 fr. 25 c. par hectare.

L'économie serait encore bien plus grande, et pourrait s'élever jusqu'à 4 fr. 05 c. par hectare, si l'on utilisait le plâtre cru et pulvérisé provenant du déchet des carrières ou la poussière qui encombre toutes les usines à plâtre. Les marchands la livrent à raison de 90 c. l'hectolitre, et elle est tout aussi bonne que le plâtre qu'on pulvériserait exprès.

Dans les terrains où les diverses légumineuses poussent naturellement avec assez de vigueur, l'addition du plâtre, surtout la première année, pourrait diminuer la qualité du fourrage en le faisant pousser trop gros et trop long; elle pourrait même le faire pourrir sur pied. On ne l'emploie qu'à la deuxième année, ou même à la troisième, s'il s'agit d'un sainfoin.

Dans les terres où le trèfle et le sainfoin ne donnent qu'une médiocre récolte, les cultivateurs préfèrent employer le plâtre dès la première année de coupe. La plante talle beaucoup mieux, et, par suite, donne plus de produit.

L'expérience a démontré que le plâtrage ne doit être employé que tous les cinq ou six ans. Il ne produit, d'ailleurs, aucun effet sur les

sols très-humides, mal égouttés ou marécageux. Les terrains argileux, calcaires, sablonneux et les loams, sont ceux sur lesquels il réussit le mieux. D'après M. de Gasparin, le plâtrage semble être sans action sur les terrains d'alluvion moderne, et sur ceux qui contiennent naturellement une certaine proportion de sulfate de chaux. Rigaud de l'Isle avait avancé que le plâtre n'exerce d'effet que sur les sols qui ne contiennent pas une quantité suffisante de calcaire; mais Arthur Young en a observé d'excellents résultats sur les terres calcaires, et M. Rieffel déclare même qu'il n'agit qu'autant que le sol renferme du carbonate de chaux.

Quels que soient les avantages qu'il procure, le plâtre ne peut suppléer à l'engrais organique, à l'humus du sol; en d'autres termes, un sol stérile ne peut porter une prairie artificielle par le seul fait du plâtrage. L'expérience démontre que, dans un sol médiocrement fumé, le plâtre n'apporte aucune amélioration sensible; et M. de Crud a dit, avec raison, que c'est perdre ses peines et ses frais que de plâtrer des fonds maigres et appauvris. Le plâtrage n'est donc qu'un moyen d'augmenter les produits, de doubler et même de tripler les récoltes, lorsque, toutefois, on a rempli les autres conditions d'une bonne culture.

L'action du plâtre se manifeste encore mieux lorsqu'elle est associée à celle du fumier. M. Didieux, cultivateur à Genrupt, près de Bourbonne-les-Bains (Haute-Marne), trouve qu'il est préférable de mêler le plâtre au fumier, au lieu de le répandre sur les jeunes plantes, comme on le fait habituellement, car alors il opère sur toutes les récoltes, même sur les céréales. Voici comment il prépare son compost de plâtre et de fumier :

La place à fumier, préparée convenablement, reçoit 2500 kil. de fumier frais, que l'on étend par couches successives, et que l'on saupoudre de 20 litres de plâtre cuit. En moins de 24 heures, la fermentation du fumier dégage, par l'effet du plâtre, une odeur forte et pénétrante, qui n'est pas celle de la fermentation ordinaire des fumiers; cette odeur persiste 5 à 6 jours. La décomposition des pailles est prompte; jamais il n'y a de fumier blanc ni de moisissure.

Ce fumier plâtré, employé à la même dose que le fumier ordinaire, enfoui en octobre dans une terre préparée pour le blé, fait produire un tiers en plus en paille, en balles et en graines. Le trèfle, semé dans le blé, offre, avant l'hiver qui suit la récolte de la céréale, une belle végétation, et, l'été suivant, il fournit un tiers de plus de produit que le trèfle plâtré à la méthode ordinaire.

Le fumier plâtré depuis deux mois environ produit encore plus d'effet que celui qui est confectionné depuis six mois et plus. Les récoltes qui succèdent au blé et au trèfle se ressentent des effets du fu-

mier plâtré pendant trois ans, qui, joints aux deux ans précédents, font un total de cinq récoltes successives; et toujours ces récoltes sont d'un tiers supérieures aux récoltes fumées avec le fumier ordinaire.

Dans le système de culture adopté par M. Didieux, on sème le trèfle dans le blé dès le 15 février de chaque année; cette époque en assure constamment la réussite; qu'il y ait de la sécheresse, de la neige ou de la glace, le fumier plâtré contribue à la bonne venue des graines; après l'enlèvement du blé, les jeunes trèfles restent beaucoup plus verts, plus robustes, et résistent mieux à l'hiver. On ne fait pas de plâtrage au printemps suivant; le fumier plâtré, quoique ayant déjà fourni une récolte de blé, rend cette opération inutile : on évite donc une perte de temps et une perte de plâtre, dont une partie, dans la méthode ordinaire, est mal disséminée ou emportée par les vents; on sait, d'ailleurs, que le plâtrage du printemps ne réussit que lorsque le temps a été favorable au succès de cette opération.

Tous les inconvénients du plâtrage ordinaire sont donc évités par la nouvelle méthode de M. Didieux, et ce cultivateur pense qu'en l'adoptant, on pourrait, en peu de temps, quadrupler les produits agricoles de la France et garantir ainsi le pays contre les atteintes de la famine.

On emploie quelquefois, au lieu de plâtre, les vieux plâtras de démolition. Ceux-ci contiennent ordinairement des débris de pierre, de mortier et d'autres substances aussi peu efficaces; mais, en revanche, ils sont salpêtrés, ce qui ajoute à leur puissance comme engrais. Il faut que ces plâtras soient dans un état de division convenable et répandus en quantité proportionnellement plus forte, suivant l'abondance des matières inertes qui s'y trouvent mélangées.

Une question qui n'est pas encore résolue, c'est de savoir comment opère le plâtre sur la végétation. Toutes les explications qu'on a présentées jusqu'à présent sont plus ou moins ingénieuses, mais aucune ne satisfait complétement à toutes les conditions du problème.

On a dit et bien des cultivateurs croient encore que les bons effets du plâtre sont dus à ce qu'il attire l'humidité de l'air, ou à ce qu'il favorise la putréfaction des substances organiques et la décomposition des engrais. Ces opinions sont tout à fait erronées, attendu que ce sel ne possède ni l'une ni l'autre de ces propriétés.

H. Davy a supposé que le plâtre était absorbé en nature; les analyses de MM. de Gasparin et Boussingault semblent prouver le contraire.

M. Liebig admet qu'il retient seulement l'ammoniaque des eaux pluviales, et facilite ainsi aux plantes l'assimilation de l'azote.

M. Boussingault pense que le plâtre agit purement et simplement comme de la chaux.

D'autres enfin ont avancé qu'il est nécessaire parce que, décomposé par les matières organiques du sol et ramené à l'état de sulfure de calcium, il donne lieu, par la réaction de l'acide carbonique de l'air, à un dégagement d'hydrogène sulfuré que les plantes absorbent. Ce gaz ainsi absorbé serait décomposé dans le tissu végétal et fournirait le soufre indispensable à la production de la *légumine*, sorte d'albumine propre aux légumineuses.

Toutes ces théories, plus ou moins ingénieuses, sont sujettes à bien des objections que nous passerons sous silence. Aucune n'explique pourquoi le sulfate de chaux ne se comporte pas de la même manière avec toutes les plantes, et pourquoi son intervention n'est efficace que sur les sols qui renferment déjà du calcaire.

Ainsi qu'on le voit, il reste encore à découvrir le véritable rôle du plâtre dans la végétation. Peu importe, au reste, l'explication qu'on adopte ; ce qu'il y a d'essentiel pour le cultivateur, c'est de savoir que le plâtrage est une excellente méthode dans les circonstances que nous avons indiquées précédemment.

Acide sulfurique. — Il y a bien des localités où il n'est pas toujours facile de se procurer du plâtre, pour le répandre sur les légumineuses. L'achat et le transport de cette substance sont quelquefois trop coûteux pour qu'on puisse utiliser ses merveilleuses propriétés stimulantes. On peut, dans ce cas, surtout si l'on est à peu de distance de fabriques de produits chimiques, faire usage avec beaucoup d'avantages, de l'acide sulfurique convenablement affaibli ; car il opère les mêmes effets que le plâtre sur les légumineuses fourragères. Pour se rendre compte de ce fait, il suffit de se rappeler qu'il y a toujours plus ou moins de carbonate de chaux dans la plupart des terrains, et que l'acide sulfurique produit, à l'instant même, du sulfate de chaux ou plâtre.

Brard fit, dans le département de la Dordogne, il y a un certain nombre d'années, beaucoup d'essais avec l'acide sulfurique, et tous démontrèrent les bons effets de cet agent. Tout récemment, M. Delord, président du comice agricole de Cazals (Lot), a rappelé l'attention des agriculteurs sur l'emploi de cet acide. Il a fait de nombreuses expériences, dont nous nous bornerons à présenter les conclusions.

L'acide sulfurique, étendu de mille fois son volume d'eau, stimule d'une manière très-active la végétation des plantes fourragères de la famille des légumineuses.

L'emploi de cet acide est moins cher que celui du plâtre, puisqu'avec un litre, qui coûte, en gros, 50 centimes, on peut arroser 1/2 hectare, et qu'il faudrait, sur la même surface, 1 hectolitre 1/2 de plâtre cuit, coûtant 3 fr. 40 c., ou même quantité de plâtre cru, ne coûtant que 2 fr. 70 c.

L'emploi de l'acide sulfurique est plus commode et plus facile que celui du plâtre, car on le répand très-aisément sur les champs peu étendus, au moyen d'un arrosoir ordinaire, et, sur de grandes surfaces, au moyen du tonneau-arrosoir qui sert pour les engrais liquides.

L'eau acidulée a sur le plâtre cet avantage, qu'elle peut être répandue par un temps sec comme par un temps pluvieux, et qu'elle agit toujours avec la même énergie.

Des cendres. — La nature des cendres varie singulièrement suivant la nature des combustibles qui les ont fournies; et, lorsqu'on les applique au sol comme amendement et comme engrais, on s'aperçoit bientôt que leurs effets ne sont pas identiques. Il est donc nécessaire de les distinguer et d'examiner séparément les cendres de bois, de tourbe, de houille, de varechs, et les cendres noires ou pyriteuses.

Cendres de bois. Les cendres de nos foyers domestiques, provenant de la combustion du bois, se composent de substances solubles et insolubles dans l'eau. Voici, en général, leur composition :

MATIÈRES SOLUBLES.	MATIÈRES INSOLUBLES.
Carbonate de potasse.	Carbonates de chaux et de magnésie.
— de soude.	Phosphates de chaux et de magnésie.
Sulfate et phosphate de potasse.	Chaux et magnésie caustiques.
Chlorures de sodium et de potassium.	Silice.
Silicate de potasse.	Oxydes de fer et de manganèse.
— de soude.	Charbon divisé.

Les proportions relatives de ces deux ordres de matières diffèrent suivant les espèces de bois incinérés, comme le montre le tableau suivant :

1000 parties de cendres de bois, indiquées ci-après, contiennent :

	En matières solubles.	En matières insolubles
Sapin	500	500
Tilleul	108	892
Chêne	120	880
Pin	136	864
Hêtre	155	845
Bouleau	160	840
Aune	188	812
Paille de froment	190	810

Parmi les matières solubles, c'est le carbonate de potasse qui prédomine; la soude qui l'accompagne est toujours en proportions minimes. En tout cas, ces carbonates alcalins entrent pour plus de moitié

dans la partie soluble; ils s'élèvent même quelquefois à plus des trois quarts, comme dans les cendres du noisetier et du bouleau.

Parmi les matières insolubles, le carbonate de chaux est celle qui prédomine; il entre souvent pour plus de la moitié du poids des cendres. Une partie de la chaux et de la magnésie est à l'état caustique, et la quantité de chaux caustique est d'autant plus grande que l'incinération a eu lieu à une température plus élevée. Les phosphates terreux, quoique moins abondants, sont aussi en proportions notables. Voici, d'après Berthier, les quantités d'acide phosphorique qu'il a retirées de la partie insoluble de différentes cendres :

Cendres de	Acide phosphorique sur 1000 parties.
Sarment de vigne	78 à 452
Cytise, ou faux ébénier	184
Mûrier	18 à 116
Aune	77 à 110
Charme	88 à 100
Chêne ordinaire	8 à 70
Hêtre	51 à 57
Coudrier	48 à 55
Pin	10 à 50
Sapin du Nord	18 à 44
Bouleau	43
Chêne vert	28
Tilleul	28
Châtaignier	19
Écorce de chêne épuisée (mottes à brûler)	0

Lorsqu'on traite les cendres par l'eau, on dissout toutes les matières solubles et on obtient ce qu'on appelle vulgairement des *lessives*. Que deviennent les eaux de lessives, produites dans nos buanderies de village? On les jette, après qu'on s'en est servi pour *couler* le linge. C'est un grand tort; on devrait les étendre de 7 à 8 fois leur volume d'eau et les répandre ou sur les prairies, ou sur les fumiers et composts. On comprend leur valeur comme engrais, puisqu'elles renferment les sels solubles des cendres.

La production des cendres est bien considérable; car, sur huit millions de feux qu'on compte en France, sept millions au moins sont alimentés exclusivement par le bois. Malheureusement les trois quarts des cendres produites sont perdues ou mal employées, et pourtant elles suffiraient pour appeler la prospérité et la richesse sur de grandes étendues de sol médiocre.

Les Gaulois, qui avaient imaginé de marner les terres, furent aussi les premiers à fumer leurs vignes avec des cendres. Cet usage, au rapport de Pline, était celui de la Gaule narbonnaise. On y poudrait même

de cendres les raisins qui commençaient à mûrir. Tous les agronomes latins ont préconisé l'usage des cendres comme engrais. On retrouve, du reste, la même pratique sur les points les plus éloignés du globe. Ainsi les indigènes de l'Amérique fertilisent leurs champs en y brûlant les tiges et les feuilles du maïs, de même que les Africains des bords du Zaïre répandent sur les terres, pour tout engrais, les cendres d'herbes sèches.

Par suite de leur composition, les cendres constituent un amendement-engrais dont les bons effets se font surtout sentir sur les sols non calcaires, les terrains argileux, compactes, humides et froids. C'est principalement dans les temps humides, dans les contrées montagneuses à sol granitique et siliceux (Vosges, Morvan, etc.), sur les trèfles, le tabac, les plantes oléagineuses, les prairies naturelles, que leur action est puissante. Non-seulement elles facilitent la végétation des bonnes plantes, mais leur emploi constant et suivi pendant quelques années détruit les mauvaises herbes. C'est ainsi qu'on parvient à améliorer les terrains tourbeux et arides, à extirper les joncs et les carex des prés dont le sol est constamment abreuvé d'eau, et qu'on les y remplace par le trèfle et autres plantes de bonne qualité. En Angleterre, on considère les cendres de bois comme convenant particulièrement aux sols graveleux; au printemps, on en donne jusqu'à 35 hectolitres par hectare. La dose moyenne, chez nous, est de 25 hectolitres. L'hectolitre pèse de 46 à 50 kilog.

Dans nos départements du Nord, on estime beaucoup les cendres de paille de fèves, et encore plus celles des tiges d'œillette; ces dernières sont celles qui contiennent le plus de potasse : on les applique souvent aux récoltes de lin et de tabac. Dans les Côtes-du-Nord, on emploie les cendres de bouse et de crottin séchés. On les vend 75 centimes l'hectolitre. — En Allemagne, on brûle quelquefois la paille de seigle sur place; on en enfouit les cendres par un labour superficiel. Cela se fait également dans l'Amérique du Nord. — Dans nos colonies, on applique à la culture de la canne à sucre les cendres provenant des *bagasses*, c'est-à-dire des cannes qui ont été soumises à la pression et dont on s'est ensuite servi comme combustible; ces cendres sont très-riches en silicates alcalins.

Charrée. Généralement on se sert des cendres lessivées, nommées *charrée*, parce qu'elles sont moins chères, et parce qu'étant moins riches en sels solubles, elles n'ont pas une action aussi énergique et ne peuvent brûler les plantes, comme cela arrive souvent avec les cendres vives et récentes.

Davy, Puvis et d'autres agronomes prétendent que les cendres qui ont servi au blanchissage du linge, ou à d'autres usages économiques,

ne retiennent plus de matières salines solubles. C'est une erreur. Théodore de Saussure a démontré que le lessivage ordinaire n'enlève aux cendres qu'une très-petite partie de l'alcali qu'elles contiennent, et qu'on peut en extraire encore une notable quantité, au moyen de l'ébullition longtemps prolongée avec une grande masse d'eau. C'est surtout le silicate de potasse qui résiste à l'action de l'eau, et c'est en raison de cette circonstance que la charrée exerce, pendant si longtemps, des effets marqués sur la végétation, indépendamment de ceux qui doivent être rapportés à la présence des carbonates et phosphates terreux qui s'y trouvent encore en totalité. Dans les cendres lessivées qui sortent des savonneries, il y a, de plus, une assez forte proportion de chaux, en partie carbonatée, qu'on y a ajoutée pour rendre les lessives caustiques.

Voici la composition de quelques charrées, d'après MM. Moride et Bobierre :

	Charrée de Nantes.	Charrée de la Rochelle.	Charrée de la Flotte.
Matières organiques	9,80	6,00	2,90
Sels solubles dans l'eau	1,05	2,00	5,40
Silice	15,60	42,70	30,20
Oxyde de fer, alumine et phosphate de chaux	27,50	12,55	10,90
Carbonate de chaux	47,10	34,80	26.60
Magnésie et perte	1,15	2,15	6,00
	100,00	100,00	100,00

La charrée est très-recherchée dans les départements du Rhône, de la Haute-Saône, de Saône-et-Loire, de la Loire-Inférieure, de la Vendée, de l'Ain, du Jura, de la Sarthe, de l'Indre, du Nord. En Basse-Normandie, on l'emploie aussi beaucoup; M. de Brebisson nous apprend que, dans les environs de Falaise, on la fraude avec un sable calcaire grisâtre.

Voici un aperçu des différents prix des charrées :

1 fr. 50 à 3 fr. l'hectolitre, dans l'Ain, la Haute-Saône, le Jura, Saône-et-Loire;
1 fr. à 1 fr. 50 — dans le Nord, le Pas-le-Calais et le Rhône;
3 fr. à 3 fr. 50 — dans la Loire-Inférieure, Maine-et-Loire et la Vendée.

Pures, elles pèsent de 70 à 75 kilog. l'hectolitre.

La charrée convient à tous les sols, mais surtout aux sols argileux et compactes. Elle est également profitable à toutes les récoltes et peut être employée pendant toutes les saisons, excepté l'hiver. — Ainsi, au printemps, on peut la répandre de bonne heure sur les prés et pâturages, et l'utiliser à la semaille des orges, des avoines, du maïs.

— Dans le cours de l'été, elle féconde les navettes et le sarrasin ; enfin, en automne, on l'emploie pour la semaille des froments et des seigles.

En Allemagne, notamment dans les environs de Marbourg et de la Wettereau (Hesse-Électorale), on attache un si grand prix aux cendres lessivées, qu'on ne recule pas devant les frais de transport, et qu'on va les chercher jusqu'à 32 kilomètres de distance. On les applique à toutes les récoltes ; entre autres aux céréales, qu'elles favorisent surtout par l'abondance des phosphates terreux et du silicate de potasse qu'elles renferment. Sous ce rapport, toutes les cendres n'ont pas la même valeur : celles de chêne ont la moindre, parce qu'elles n'offrent que des traces de phosphates ; celles de hêtre sont les meilleures, attendu que ces sels forment le cinquième de leur poids.

Lors donc qu'on répand 100 kilog. de cendres lessivées de hêtre, on donne au sol une quantité de phosphates égale à celle qui est contenue dans 400 kilogr. de gadoue ; cette quantité est précisément celle qui existe dans 2000 kilogr. de paille de blé, ou dans 1000 kilogr. de graines de cette céréale.

La charrée est l'engrais par excellence pour les prés non arrosés. Son emploi dispense complétement des engrais organiques, car, sous son influence, les plantes tirent de l'atmosphère tout le carbone et l'azote dont elles ont besoin. Un hectare de prairie donne, en moyenne, sans le secours d'aucun engrais organique, 2700 kilogr. de foin fané, dans lesquels il y a : 1062 kilogr. de carbone, $34^{kil},77$ d'azote, et 184 kilogr. de matières minérales. On peut doubler ce rapport par des irrigations convenables ou par l'emploi des cendres.

Si l'on ne remplaçait pas les substances minérales enlevées par le fourrage récolté, la fertilité de la prairie diminuerait progressivement. Le moyen le plus certain et le plus économique de maintenir cette fertilité, c'est d'y répandre de la charrée, car elle renferme les principes minéraux dont le sol a été appauvri, et communique aux plantes la faculté de puiser dans l'air du carbone et de l'azote qui ne coûtent rien à l'agriculteur.

En général, on répand la charrée à la main, ou avec une pelle, lorsqu'elle est bien sèche et lorsque le sol est lui-même peu humide ; on l'enfouit par un hersage très-léger, ou, plus ordinairement encore, on la laisse à nu sur le champ. On aime qu'elle reçoive une pluie peu de temps après avoir été semée ; car, si la sécheresse se prolonge, elle n'agit point.

La dose moyenne, en France, est de 32 hectolitres par hectare. Ce chiffre doit varier en raison de l'humidité du sol et de sa nature. Plus le sol est humide et compacte, plus il faut élever la dose ; il faut la diminuer, au contraire, pour les sols secs et légers.

L'effet de la charrée se prolonge pendant au moins cinq ans. Dans

le Nord, où l'on porte la dose jusqu'à 40 et même 60 hectolitres, l'effet s'en fait sentir pendant dix ans. Dans la Bavière rhénane, on en met jusqu'à 100 hectolitres, dont l'effet dure six à huit ans. Là, on la réserve surtout pour le colza et pour l'orge ; on sème du trèfle dans la céréale après une récolte de racines fumées.

Le plus souvent on emploie la charrée seule et sans fumier ; cependant, dans les pays où l'on en connaît mieux le prix et l'usage, et où on l'applique aux céréales et aux plantes légumières et industrielles, on est resté convaincu que, comme pour la marne et la chaux, l'union avec le fumier double l'action, et que ce mélange accroît singulièrement la fécondité du sol.

Comme dernière preuve de l'efficacité des cendres, et notamment des charrées, nous citerons, d'après Schwertz, le fait suivant. Les terres d'un village du Palatinat avaient été tellement épuisées par une mauvaise culture, que les habitants en étaient arrivés à une ruine complète. Ils avaient de vastes forêts dans le voisinage, le bois était à bas prix : ils se mirent à faire de la potasse ; les cendres lessivées servirent à fumer les terres ; elles produisirent du trèfle en abondance ; avec le trèfle on nourrit du bétail qui lui-même produisit du fumier, et la prospérité revint dans cette commune, regardée dans tout le pays comme en état de faillite et perdue sans ressources.

Cendres de tourbe. En Belgique, en Hollande, en Angleterre, dans le nord de la France et dans toute la vallée de la Somme, aux environs d'Amiens, de Beauvais, etc., on emploie beaucoup les cendres de tourbe pour les fourrages artificiels, le lin, les récoltes de printemps et les prairies non arrosées. C'est surtout sur le trèfle que leur effet est vraiment surprenant. Dans certaines localités du Nord voisines de la Belgique, l'amélioration qu'elles produisent dans les trèfleries est si bien reconnue, qu'on dit proverbialement que celui qui achète des cendres pour sa pièce de trèfle fait un bon marché, et que celui qui n'en achète pas la paye deux fois. Dans l'arrondissement de Douai, on fume chaque année les luzernes avec ces cendres, à la dose de 150 hectolitres.

On les répand, au printemps, sur les prairies naturelles, à la dose de 40 à 50 hectolitres par hectare. En Flandre, on en jette même sur la neige, et on les étale au râteau dès les premiers jours du printemps ; dans l'arrondissement de Dunkerque, on en met 272 hectolitres sur les prairies artificielles. — En Hollande, on en met, à deux reprises, par hectare de trèfle, de 90 à 125 hectolitres ; on les applique aussi avec succès à la culture du houblon ; on a observé qu'elles préservent la plante des insectes.

Les cendres de tourbe réputées les meilleures sont d'un blanc d'ar-

gent et très-légères; on a remarqué que leurs qualités sont en raison inverse de leur pesanteur.

Pour brûler la tourbe, en Allemagne, on a une grille de fer (A, fig. 175) portée sur des pieds, sous laquelle on place du bois; on recouvre la grille de tourbes sèches, et sur ces dernières on met des tourbes humides; on entretient la combustion de manière à la faire durer le plus longtemps possible, parce que l'expérience a démontré que les cendres de tourbe brûlées lentement sont meilleures. Douze tombereaux de tourbe fournissent, en moyenne, un tombereau de cendres.

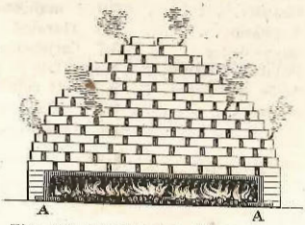

Fig. 175. *Manière de brûler la tourbe pour en avoir les cendres.*

En Picardie, on brûle la tourbe en meules, après l'avoir desséchée. Une meule de 10 à 12 mètres cubes donne habituellement 1 mètre cube ou 10 hectolitres de cendres. A Beauvais, l'hectolitre de ces cendres ne coûte que 75 centimes : il pèse 57 kilogrammes.

En Hollande, on brûle une sorte de tourbe qui a été formée ou qui, du moins, a séjourné longtemps sous les eaux de la mer. Les cendres qu'on en obtient, renfermant beaucoup de sel marin, ont bien plus d'activité que les cendres de tourbe ordinaire, aussi en faut-il quatre fois moins pour produire les mêmes effets. On les connaît sous les noms de *cendres de Hollande, cendres de mer*.

Les tourbes mélangées de marne coquillière, puis brûlées, donnent des cendres d'une prodigieuse activité.

Très-différentes des cendres de bois, elles ne renferment que très-peu de sels solubles, et jamais de phosphates. Ce qui y domine généralement, c'est le carbonate de chaux et la chaux caustique. Du reste, leur composition est loin d'être la même, ainsi qu'on va le voir par le tableau suivant :

COMPOSITION DES CENDRES DE TOURBE :

DE CHÂTEAU-LANDON (19 pour 100 de cendres).		DES ENVIRONS DE TROYES (11 pour 100 de cendres).		DE VASSY (HAUTE-MARNE) (7,2 pour 100 de cendres).	
Chaux caustique et carbonatée. . . .	65,0	Chaux.	25,0	Carbonate de chaux.	51,5
Argile.	7,5	Magnésie.	14,0	Sulfate de chaux. .	26,0
Silice gélatineuse. .	15,0	Alumine et oxyde de fer.	14,0	Argile.	11,0
Alumine.	7,0	Argile et silice. . .	26,0	Oxyde de fer. . . .	11,5
Oxyde de fer. . . .	7,0	Acide carbonique et soufre.	23,0		
Carbonate de potasse.	0,5				
	100,0		100,0		100,0

DE HAGUENAU (12,5 pour 100 de cendres).		DE MONTOIR (16,80 pour 100 de cendres).		DE SAUMUR (11,2 pour 100 de cendres).	
Silice et sable	65,6	Silice	40,85	Silice	32,95
Alumine	16,0	Oxyde de fer et de manganèse	29,40	Oxyde de fer et de manganèse	24,15
Chaux	6,0	Alumine		Alumine	
Magnésie	0,6	Carbonate et sulfate de chaux	16,01	Carbonate et sulfate de chaux	19,25
Oxyde de fer	5,7	Sels solubles dans l'eau	8,98	Sels solubles dans l'eau	5,65
Potasse et soude	2,3	Perte	4,78	Perte	0,12
Acide sulfurique	3,3		100,00		100,00
Chlore	0,3				
	100,0				

DE TEVIN (16,7 pour 100 de cendres).		DU FICHTELGEBIRGE	
Silice	23,95	Silice	36,5
Alumine et oxyde de fer	17,96	Alumine	17,5
Carbonates de chaux et de magnésie	10,18	Oxyde de fer	33,0
Sels solubles dans l'eau	47,90	Carbonate de chaux	2,0
Perte	0,01	Magnésie	3,5
		Sulfate de chaux	4,5
		Chlorure de calcium	0,5
		Charbon	2,7
	100,00		100,0

Ainsi, on le voit, à l'exception des tourbes de Haguenau, de Château-Landon, et de la Loire-Inférieure, dans lesquelles on trouve un peu de potasse dans les sels solubles, les autres en sont complétement dépourvues. Le sulfate de chaux que ces cendres renferment, quelquefois en proportions notables (celles de Vassy, 26 pour 100) explique les bons effets qu'elles exercent sur les prairies artificielles.

L'absence complète des phosphates est un fait d'autant plus singulier, que les plantes qui ont concouru à la formation de la tourbe ont dû en contenir une certaine quantité, alors qu'elles étaient vivantes. MM. Moride et Bobierre ont donné l'explication de cette anomalie apparente, en constatant que du phosphate de chaux, introduit au sein d'un mélange de plantes de tourbières (carex, miriophyllum, potamogeton, chara) abandonnées sous l'eau à la fermentation, devient soluble en totalité sous l'influence de l'acide carbonique et de l'acide acétique, produits immédiats de cette fermentation. On comprend dès lors la disparition des phosphates par suite de l'infiltration constante des eaux au sein des terres tourbeuses.

Cette théorie est tout à fait en harmonie avec ce que MM. Dumas et

Lassaigne nous ont appris sur la facile dissolution des phosphates terreux dans l'eau chargée d'acide carbonique.

L'absence des phosphates dans les tourbes explique pourquoi leurs cendres sont moins avantageuses aux céréales que les cendres de bois.

On associe souvent les cendres de tourbe à la chaux. Avec le fumier, elles forment un excellent compost.

Cendres de houille. En Angleterre, dans les Pays-Bas, en Hollande, dans tout le nord de la France et dans les autres pays où l'on fait usage de houille comme combustible, on emploie beaucoup de cendres de cette substance pour amender les terres froides, humides et argileuses, pour colorer en noir les terres gypseuses et blanches; elles produisent aussi de bons effets sur les terres marécageuses. Leur action se fait surtout sentir sur les pâturages. On les applique avec succès aux pommes de terre, au seigle et au trèfle. On les répand dans la proportion de 40 hectolitres par hectare. Leur effet ne dure qu'un an. On les administre tantôt en couverture, tantôt comme engrais à enfouir.

Ces cendres agissent plutôt comme amendement que comme engrais, car elles ne renferment que fort rarement des substances salines. Voici la composition d'une cendre de houille de Saint-Étienne :

Argile inattaquable par les acides	62
Alumine	5
Chaux	6
Magnésie	8
Oxyde de manganèse	3
— et sulfure de fer	16
	100

La forte proportion d'argile calcinée explique comment les cendres de houille opèrent si bien, en qualité d'amendement, dans les terres argileuses. Elles renferment quelquefois 1 pour 100 d'alcali (potasse ou soude), le plus souvent à l'état de sulfate.

M. Kuhlmann a constaté que le sel ammoniac augmente l'action de cette sorte de cendres sur les prairies naturelles; ce mélange est surtout avantageux dans les années pluvieuses.

On vend, dans les environs de Lille, sous le nom de *cendres fertilisantes*, un mélange de cendres de houille, de bois et de charbon, dans lequel on remarque des parcelles de houille, de coke, de charbon de bois, avec des débris végétaux et des cailloux. Voici la composition de ce mélange, d'après des analyses faites en 1858, par M. J. Girardin :

	I.	II.
Eau	5,75	1,50
Matières organiques et charbon	18,65	10,75
Matières siliceuses et argileuses	52,45	72,45
Sels alcalins	0,45	traces.
Phosphate de chaux	1,58	0,89
Sulfate et carbonate de chaux, Alumine et oxyde de fer, Carbonate de magnésie	23,52	14,71
	100,00	100,00
Azote pour 100	0,318	

Ces *cendres fertilisantes* le sont très-peu, comparées à la charrée; aussi, lorsqu'on les vend pour remplacer celle-ci, c'est une fraude. Elles sont un peu plus actives que les cendres de houille pures.

Cendres de varechs. Les varechs, fucus ou goëmons, qu'on recueille sur toutes les côtes maritimes, sont brûlés, en bien des endroits, pour avoir leurs cendres. On effectue la combustion, sur les côtes de la Basse-Normandie, dans des fosses creusées sur le rivage; et, à mesure que le résidu de l'incinération entre en fusion, il se rassemble en masses noirâtres. C'est ce résidu qu'on vend sous le nom de *soude de varechs;* mais c'est une très-mauvaise soude, qui a peu de valeur. Il est plus profitable de l'employer comme engrais. En Écosse et en Bretagne, on l'utilise depuis longtemps, et son usage, dans ces dernières années, s'est beaucoup étendu.

Voici, d'après M. Godechens, la composition des cendres de plusieurs espèces de varechs recueillies sur la côte occidentale de l'Écosse, à l'embouchure de la Clyde :

	Fucus digitatus.	Fucus vesiculosus.	Fucus nodosus.	Fucus serratus.
Potasse	20,66	13,01	9,15	5,98
Soude	7,65	9,54	14,33	18,67
Chaux	10,94	8,56	11.60	14,44
Magnésie	6,86	6,12	9,91	10,29
Peroxyde de fer	0,57	0,28	0,26	0,50
Chlorure de sodium	26,18	21,45	18,28	16,56
Iodure de sodium	5,34	0,52	0,49	1,18
Acide sulfurique	12,23	24,06	24,20	18,59
Acide phosphorique	2,56	1,16	1,38	3,89
Silice	1,44	1,15	1,09	0,58
Acide carbonique	8,10	1,20	3,74	7,97
Charbon	0 53	15,89	6,65	3,15
	100.86	100,54	101,03	99,57

A l'île de Noirmoutiers, on mélange les cendres de varechs avec de

la terre, du sable, de mauvais sels marins, des varechs frais, du fumier d'étable, des coquillages et toute espèce de débris organiques. On mouille les tas de temps en temps, avec de l'eau salée, et on les remanie à cinq ou six reprises différentes ; le mélange ressemble alors à du terreau. On l'expédie ainsi dans toute la Bretagne, sous le nom d'*engrais de Noirmoutiers*, de *cendres*.

Ce compost s'applique à toutes les cultures, mais particulièrement au sarrazin, aux légumes d'été et aux prés élevés. On le répand, au moment de l'ensemencement, à la dose de 100 hectolitres par hectare.

Sur le littoral des Côtes-du-Nord, on emploie les cendres de varechs seules, à la dose de 25 à 30 hectolitres par hectare. On les achète à raison de 1 fr. 50 c. à 2 fr. l'hectolitre.

Cendres noires ou pyriteuses. Dans les départements composant l'ancienne Picardie (la Somme, l'Aisne, l'Oise), notamment dans les environs de Saint-Quentin, de Soissons, de la Fère, de Laon, de Noyon, et dans quelques parties du département de la Marne, il existe, à la surface ou près de la surface du sol, des couches plus ou moins épaisses de lignites noirs, alumineux et pyriteux, qu'on emploie, en agriculture, sous les noms très-impropres de *cendres noires, terres noires de Picardie, cendres pyriteuses, cendres sulfuriques végétatives*.

Au moment où elles sont extraites de leurs mines, ces prétendues cendres consistent, au point de vue chimique, en une matière terreuse de nature argileuse, mélangée de substances charbonnées et bitumineuses, et d'une proportion plus ou moins forte de sulfure de fer. En voici une analyse faite par M. E. Lefebvre, professeur de chimie au lycée de Saint-Quentin :

Eau	22,2
Matières charbonnées et bitumineuses	22,5
Sulfate de chaux	1,9
Sulfate de fer	traces.
Sulfure de fer	19,4
Terre argileuse	34,0
	100,0

Cette cendre analysée renfermait donc près de 20 pour 100 de sulfure de fer, contenant 10,5 de soufre. Traitée par l'eau, elle n'abandonnait à ce liquide presque aucun principe soluble. Mais, par l'exposition à l'air, le sulfure de fer se modifie ; il éprouve une combustion lente, s'oxyde et passe à l'état de sulfates de fer et d'alumine, ainsi que le montre le résultat suivant, obtenu sur deux cendres de la même mine, essayées l'une au sortir du puits, l'autre après un an d'exposition à l'air :

	Au sortir du puits.	Après un an.
Sulfure de fer.	19,4	12,6
Sulfates de fer et d'alumine.	0,0	14,4

La quantité totale de soufre est la même dans les deux cas, 10,5 pour 100. Mais, dans le premier échantillon, il est uniquement à l'état de sulfure de fer, corps insoluble et inerte; tandis que, dans le second, une portion notable de ce soufre, 4 pour 100 environ, c'est-à-dire les 2/5 de ce que contenait la cendre, est passée à l'état de sulfates solubles.

La combustion spontanée qu'éprouve le sulfure de fer est d'ailleurs attestée par l'échauffement que prend la masse de cendres et qui oblige à la retourner fréquemment, si on ne veut pas la voir prendre feu et brûler d'une combustion vive. Dans ce dernier cas, le soufre, au lieu de se transformer en sulfates solubles, se dissipe sous forme gazeuse, et il reste une masse rougeâtre qui n'a plus aucune des propriétés de la cendre noire. Ce sont alors ce qu'on appelle les *cendres rouges*, qui doivent leur coloration à la quantité considérable d'oxyde de fer qu'elles renferment, et qui provient de la décomposition par la chaleur du sulfate et du sulfure de fer.

Il résulte donc de là que la qualité d'une cendre pyriteuse dépend de deux choses :

1° De la quantité de sulfure de fer qu'elle contient au sortir de la mine, ou, ce qui revient au même, de sa richesse absolue en soufre;

2° De la quantité de soufre qui a, par le contact de l'air, éprouvé la combustion lente et s'est transformée en sels solubles (sulfates de fer et d'alumine).

Mais comme, au point de vue agricole, c'est uniquement par les sels solubles qu'elle contient qu'une cendre pyriteuse opère efficacement, il en résulte encore que la richesse d'une cendre dépend de son âge, c'est-à-dire de la durée de l'exposition à l'air qu'elle a subie depuis son extraction, et que cette augmentation de valeur réelle a pour limite la transformation complète de tout le sulfure en sulfates. Si donc on veut obtenir d'une cendre tout l'effet qu'elle peut produire, il faut l'employer aussi ancienne que possible.

L'efficacité des cendres pyriteuses sur les prairies peut être rapportée à trois causes principales :

1° A leur couleur noire terne, dont nous avons démontré l'heureuse influence comme moyen d'échauffer le sol;

2° Au sulfure de fer qui s'y trouve disséminé en petits grains et dont la combustion lente, sous l'influence de l'air humide, augmente l'échauffement de la terre et l'excitation électrique;

3° Aux sulfates de fer et d'alumine, qui, outre leur propriété de faire périr les mauvaises herbes (mousses, lichens, etc.), comme nous l'avons déjà dit, réagissent sur le carbonate de chaux du sol, et produisent du sulfate de chaux, qui opère si puissamment sur les légumineuses.

C'est donc surtout sur les sols calcaires, ou sur les sols fréquemment chaulés ou marnés, que ces cendres produisent les meilleurs effets.

Généralement on ne les sème qu'en mars, avril, mai et juin, et seulement sur les prairies, les trèfles et les luzernes, à la dose de 10 à 12 hectolitres par hectare. C'est là une double erreur qu'il importe de détruire. Effectivement, c'est presque une dérision que de semer moins de 15 à 20 hectolitres de ces cendres par hectare, et l'on peut même, sans crainte, en mettre de 25 à 30 hectolitres sur les terres marneuses.

Jusqu'ici on s'est borné à les répandre sur certaines plantes seulement : l'expérience faite sur les betteraves, les blés, etc., prouve qu'on peut les employer sur tous les végétaux indistinctement, mais pourtant avec les précautions suivantes :

Avant l'hiver, et immédiatement après le deuxième labour, on doit semer la première moitié de la quantité indiquée ci-dessus ;

1° Pour que les cendres aient le temps de réagir ou de se combiner avec les principes constituants du sol et des engrais ;

2° Pour qu'elles aient le temps de s'approprier et de fixer l'ammoniaque, et puissent ainsi empêcher la volatilisation des parties les plus essentielles du fumier ;

3° Pour que, semées ainsi à l'avance, les cendres, par leur odeur sulfureuse et par l'énergie des sels qu'elles renferment, détruisent ou chassent les souris et les insectes qui font souvent de si grands ravages.

Quant à la seconde moitié des cendres, on la sème en mars, avril, mai et juin, suivant l'opportunité, mais toujours par un temps sec, afin d'éviter que les jeunes pousses souffrent du contact de la cendre, qui s'attacherait infailliblement aux plantes, s'il survenait un peu de gelée, d'humidité ou de rosée. Pour obvier à ce dernier inconvénient, que les semeurs de cendres n'ont pas toujours la précaution ou la possibilité d'éviter, on ferait bien de semer la deuxième moitié en *cendres rouges*, qui, ayant été brûlées, sont beaucoup moins susceptibles d'occasionner des avaries.

Dans tous les cas, il faut alterner l'usage des cendres avec des fumiers abondants, pour assurer la récolte des graines, ou en faire des composts avec le fumier, le terreau. En Picardie, depuis quelques

années, on commence à faire de ces composts; dans le pays, on les appelle vulgairement *pâtés*. Ces mélanges sont formés, sans proportions déterminées, de fumier long plus ou moins avancé, de cendres et de chaux, quelquefois même de terre, que l'on dispose par couches alternées. Ces *pâtés*, ainsi préparés, restent en plein air jusqu'au moment de leur emploi.

Les Flamands et les Hollandais, qui s'approvisionnent d'une très-grande quantité de cendres pyriteuses en Picardie, et qui les préfèrent aux cendres de tourbe, les mélangent avec de la chaux lorsqu'ils les appliquent aux terres labourables. Ils les répandent tous les quatre ans.

Les *cendrières* donnent lieu partout à d'importantes et lucratives exploitations. Voici à quels prix les cendres sont livrées à l'agriculture sur le plateau de chaque cendrière :

Soissons, Verberie, la Fère, Bourg.. . .	50 à 75 c.	l'hectolitre.
Fismes, Béru, Trépail (Marne).	40 à 60	—
Montaigu (Aisne)..	25 à 40	—

C'est donc un des engrais les moins chers. Toutefois, lorsqu'on achète les cendres pyriteuses, il est bon d'avoir égard à leur état d'humidité. La proportion d'eau peut varier, d'après M. Lefebvre, de 16 à 35 pour 100.

Mais, outre que l'humidité a pour effet de diminuer la proportion des principes réellement utiles contenus dans 100 kilogrammes de matières, elle rend la cendre beaucoup moins dense et plus légère; on en jugera par le tableau suivant :

Eau pour 100.	Poids de l'hectolitre.	Eau par hectolitre.	Matière sèche par hectolitre.
16,0	123 kil	19 kil	104 kil
22,2	95	20	75
27,2	89	24	65
26,7	86	23	63
30,5	80	24	56
34,6	76	25	51
35,4	78	27	51

Ainsi, comme on le voit, l'hectolitre de la première cendre renferme 104 kilogr. de matières sèches, tandis que le même volume des dernières n'en contient que 51. Comme la cendre s'achète au volume et non au poids, tandis que l'effet utile est proportionnel au poids et non au volume de la matière, il en résulte qu'en achetant la cendre humide, on paye la matière beaucoup plus cher; ainsi 1 hec

tolitre de la première cendre serait moins cher à 1 fr. qu'un hectolitre de la dernière à 50 cent., sans parler des frais de transport.

Le cultivateur préfère, à tort, les cendres humides, parce qu'elles sont plus noires et plus divisées.

Généralement on se rend compte de la qualité d'une cendre en déterminant sa richesse en principes solubles. Pour cela, on traite un litre de cendres par un litre d'eau, on laisse digérer pendant 24 heures; on filtre ensuite et on cherche le degré aréométrique du liquide. Telle cendre marquera 8°, telle autre 16°, etc. Ce mode d'essai n'est pas d'une rigueur absolue, mais il suffit pour la pratique. Sur 18 échantillons de cendres marchandes provenant de différentes cendrières des environs de Saint-Quentin, M. Lefebvre a trouvé de 6 1/2 à 12 pour 100 de soufre, et des degrés aréométriques variant de 5° à 16° 2.

Le Comice agricole de Saint-Quentin a révélé naguère un fait curieux. L'emploi des cendres pyriteuses, après avoir été jusqu'à l'engouement et s'être augmenté chaque année dans des proportions considérables, a diminué tout à coup d'une manière remarquable, parce qu'on a reconnu que les résultats produits par cet engrais s'affaiblissaient de plus en plus et devenaient même complétement nuls.

Trois causes peuvent avoir concouru à cette inefficacité des cendres pyriteuses :

1° On les a employées trop peu de temps après leur extraction. Il est avéré que, pour obtenir une cendre de qualité supérieure, il faut qu'elle ait au moins deux ans d'extraction. Cela se conçoit, puisqu'elles n'agissent que par les sulfates de fer et d'alumine provenant de la combustion lente du sulfure de fer.

2° Le manque de calcaire dans le terrain sur lequel on répand ces cendres peut encore contribuer à ce qu'elles restent sans effet, puisque ce n'est que parce que les sulfates de fer et d'alumine se changent en sulfate de chaux que les cendres opèrent. Si donc les terres sont argileuses, et si on ne les marne ou chaule pas quelque temps avant d'y répandre les cendres, celles-ci deviennent plutôt nuisibles qu'utiles.

3° Enfin, si, en même temps qu'on emploie les cendres, on ne fume pas abondamment, il est évident qu'on arrivera bien vite, comme avec la marne et la chaux, à épuiser la puissance productive du sol.

C'est bien certainement pour avoir méconnu ces principes et avoir employé les cendres pyriteuses à tort et à travers que les cultivateurs des environs de Saint-Quentin en sont arrivés à ne plus tirer aucun avantage de cet engrais salin. Ce n'est pas la faute de cet engrais, mais du mauvais usage qu'on en a fait.

Pour prouver que l'on emploie des cendres souvent très-peu riches en principes actifs, voici quelques analyses dues à M. Sauvage :

Cendres noires :	De Tarzy.	D'Ennelles.	De Flize.
Pyrites	15,0	1,5	6,0
Matières organiques bitumineuses	3,0	20,0	17,6
Argile et sable	76,0	74,0	40,8
Sulfate de chaux	3,0	2,0	3,4
Carbonate de chaux	2,0	1,0	23,6
Sulfate de fer	1,0	0,9	»
Carbonate de magnésie	»	»	4,8
Peroxyde de fer	»	»	3,8
Acide sulfurique libre	»	0,6	»
	100,0	100,0	100,0

MM. Boussingault et Payen ont trouvé dans une cendre de Picardie 9,02 p. 100 d'eau et 0,65 d'azote (soit 0,71 d'azote à l'état sec).

Voici la composition que M. J. Girardin a trouvée à des cendres noires de Picardie, employées dans le département du Nord :

	I.	II.	III.
Eau	18,8	18,5	17,9
Matières organiques	58,1	40,5	36,5
Sulfate de fer	5,9	6,6	6,2
— d'alumine	4,2	3,1	10,2
Autres matières minérales insolubles	33,0	31,3	29,2
	100,0	100,0	100,0
Azote sur 100	0,2	0,47	0,28

Les *cendres rouges* de Picardie sont, nous l'avons déjà dit, le résultat de la combustion vive des cendres noires. Ordinairement on met ces dernières en tas, en y ajoutant une petite quantité de combustible, et on allume celui-ci. On lessive ensuite pour enlever les sulfates, et c'est le résidu qu'on livre à l'agriculture. En voici la composition :

CENDRES ROUGES DE FLIZE (AISNE), ANALYSÉES PAR M. SAUVAGE.

Eau	5,2
Argile et sable	67,6
Carbonate de chaux	15,0
Sulfate de chaux	7,0
Carbonate de magnésie	6,2
Peroxyde de fer	1,0
	100,0

Voici la composition de cendres rouges vendues dans le département du Nord, analysées par M. J. Girardin :

	I.	II.	III.	IV.
Eau	8,3	9,8	7,8	10,0
Sulfate d'alumine ferrugineux	8,6	8,0	3,0	5,7
Matières argileuses. Sable et oxyde de fer	83,1	82,2	89,2	84,3
	100,0	100,0	100,0	100,0

Les cendres rouges, ne contenant presque plus rien de soluble, sont bien moins actives que les cendres noires : elles opèrent plutôt comme amendement que comme engrais ; elles sont très-bonnes pour les terres fortes, et elles doivent en grande partie leurs propriétés à l'argile brûlée ou calcinée qu'elles contiennent.

Dans le département de la Seine-Inférieure, aux environs de Forges-les-Eaux, où l'on fabrique de la couperose avec des lignites pyriteux analogues à ceux de la Picardie, on fait des terres lessivées un assez grand usage sur les prairies et les herbages humides. Ces terres pyriteuses sont ordinairement mélangées avec un quart de leur poids de cendres de tourbe. M. Dupré, propriétaire de l'exploitation de ces terres, les vend sous le nom impropre de *cendres vitrioliques*, à raison de 1 fr. l'hectolitre.

D'après l'analyse qui en a été faite, en 1842, par MM. Girardin et Bidard, 100 parties de ces terres desséchées contiennent :

Matières solubles dans l'eau	4,53	Matières organiques ou humus soluble	2,74
		Sulfate de protoxyde de fer	1,79
		— de peroxyde de fer	
Matières insolubles dans l'eau	95,47	Sable fin	38,92
		Humus insoluble	49,83
		Sulfure de fer	6,72
		Peroxyde de fer	
			100,00

Non desséchées, ces cendres contiennent 24 p. 100 d'eau d'interposition, et 2,06 d'azote (soit 2,72 d'azote à l'état sec).

Toutes les terres pyriteuses, ainsi que les cendres ordinaires, doivent être répandues très-également sur les prairies. Lorsque, par hasard, on laisse séjourner un dépôt de ces cendres sur l'herbe, ne fût-ce que pendant douze heures, l'herbe est entièrement brûlée, et elle ne reparaît plus dans cet endroit pendant plusieurs années.

La dispersion de toutes ces matières pulvérulentes est un travail

fort pénible pour les semeurs, et souvent il est difficile de trouver des ouvriers disposés à l'exécuter, surtout dans les grandes exploitations. En effet, ces cendres volent dans les yeux, noircissent et détériorent les vêtements, endommagent les ongles et détruisent l'épiderme des mains. M. Bazin, directeur de la ferme-modèle du Ménil-Saint-Firmin, remédie à tous ces inconvénients par le moyen suivant, qui est très-simple.

Un homme conduit dans les prairies un tombereau plein de cendres; un autre ouvrier, monté dans le tombereau, se place sous le vent et sème les cendres avec une pelle de fer pendant que le tombereau s'avance. Un seul homme peut ensemencer de cette manière 10 à 12 hectares dans un jour. Pour que le travail soit régulier, il faut que le vent ne soit pas trop fort, que le charretier conduise ses chevaux très-lentement, que le semeur ait une certaine habileté à manier la pelle.

Dans la ferme du Ménil-Saint-Firmin, on a coutume de semer sur les terres un compost de cendres imprégnées d'urine. Cet engrais est très-puissant, et peut suppléer au fumier; aussi en emploie-t-on une grande quantité.

De la suie. — Au nombre des matières que le voisinage des villes peut fournir à bon marché au cultivateur intelligent, nous devons mentionner la suie de cheminée, qui est un engrais salin des plus actifs pour tous les terrains, surtout pour les terrains graveleux, crayeux et calcaires.

On emploie cette substance dans plusieurs contrées, notamment en Angleterre, dans le département du Nord, en Normandie, comme un agent très-énergique sur les prairies naturelles, sur les céréales, sur les trèfles, sur les colzas. On la répand en couverture sur les trèfles au printemps, sur les céréales semées en automne, et seulement avec la semence même pour les céréales de printemps. En Angleterre, on en met 18 hectolitres par hectare. Un froment jauni reprend, aussitôt qu'on y a répandu de la suie, un beau vert foncé. En Flandre, on l'applique de préférence aux champs dans lesquels on élève le colza à repiquer; on en répand aussi sur le colza, après qu'il a été repiqué, en mars et en avril; aux environs de Lille, on en met 50 hectolitres par hectare. On prétend qu'elle garantit les jeunes pousses des insectes qui les dévorent habituellement. Dans le pays de Liége, on l'emploie aussi au pied des houblons, pour éloigner ou faire périr les insectes qui rongent cette plante au moment des premières pousses.

Il y a deux espèces de suie de bois : l'une, fondue en masses brillantes par la chaleur du foyer; l'autre, pulvérulente, qui se dépose à une plus grande distance. La première est la meilleure. La suie or-

dinaire, mélange inégal de ces deux espèces, vaut rarement plus de 5 fr. l'hectolitre.

La composition de la suie est fort compliquée. Braconnot y a trouvé :

Eau	12,50
Charbon	3,85
Acide ulmique	30,20
Matière azotée	20,00
Principe âcre et amer	0,50
Sels solubles dans l'eau, parmi lesquels beaucoup d'acétates et entre autres de l'acétate d'ammoniaque	10,84
Sels insolubles, notamment sulfate, phosphate et carbonate de chaux	22,11
	100,00

Comme on le voit, la suie est très-riche en substances salines et en matières organiques : ces dernières forment plus de la moitié de son poids. On comprend très-bien qu'elle ait une puissante action. On l'augmenterait encore en la mélangeant avec son volume de cendres de bois, parce que l'alcali des cendres, en saturant l'acide ulmique et en réagissant sur la matière azotée, les rendrait plus solubles dans l'eau.

En Angleterre, c'est la suie de charbon de terre que les agriculteurs emploient. Ils la regardent comme plus substantielle que la suie de bois ou de tourbe. Schwertz est du même avis. M. Boussingault en a donné une excellente raison. La suie s'emploie habituellement au volume et non au poids; comme la suie de houille est plus dense que l'autre, elle contient, sous le même volume, une plus grande quantité de matière. Une seconde raison indiquée par le même savant, c'est qu'à poids égal la suie de houille est plus azotée que celle de bois: en effet :

La suie de houille contient	1,55 p. 100 d'azote.
— de bois	1,15 seulement.

C'est donc bien à tort qu'en France on donne la préférence à la suie de bois.

Dans tous les cas, il faut le concours de la pluie très-peu de temps après l'application de la suie, sans quoi l'effet n'a pas lieu, et devient même quelquefois nuisible aux plantes lorsqu'elles sont encore délicates.

Des sels ammoniacaux. — Puisque, comme nous l'avons indiqué précédemment, le phénomène de la vie chez les plantes est toujours

accompagné d'une absorption d'azote pris à l'atmosphère ou aux engrais enfouis dans le sol, et qu'il semble démontré, à cause de la difficulté qu'il éprouve à entrer en combinaison quand il est libre, que l'azote n'est utilisé qu'autant qu'il se trouve sous forme d'ammoniaque ou d'acide azotique, il est de la dernière évidence que les sels à base d'ammoniaque doivent agir utilement sur la végétation. C'est ce que confirment les expériences de Davy, de Lecoq, de Schattenmann, de Kuhlmann, de Huzard, de Boussingault, de Chatterley, de Pierre, de Marès, etc., dans lesquelles les composés ammoniacaux ont été appliqués directement comme engrais.

Voici les résultats obtenus, par différents expérimentateurs, sur les prairies avec les deux sels ammoniacaux qu'on peut se procurer dans le commerce :

1° AVEC LE SULFATE D'AMMONIAQUE.

Expérimentateurs.	Foin récolté par hectare, sans engrais.	Dose du sel employé.	Foin récolté par hectare.	Différence en faveur de l'engrais.
Fleming.	3500 kil.	125 kil.	4050 kil.	450 kil.
Wilson.	3770	180	4210	440
Macléan.	1980	125	3310	1330
Kuhlmann.	4000	266	5235	1235
Schattenmann.	5100	400	8900	3800

2° AVEC LE CHLORHYDRATE D'AMMONIAQUE.

Macléan.	1980	100	3340	1360
Kuhlmann (1843).	4000	266	5716	1716
— (1844).	7744	200	9388	1644
Schattenmann.	5000	400	8000	3000

On voit nettement que les sels ammoniacaux possèdent une efficacité marquée comme engrais. Mais toutes les expériences démontrent que leur influence ne s'étend pas au delà d'une année, et qu'il faut par conséquent en renouveler l'emploi pour chaque récolte.

Ces sels ne produisent que peu d'effet sur les prairies artificielles; ils activent fortement la végétation des céréales; mais l'accroissement porte plutôt sur la paille que sur le grain.

Au prix actuel de ces sels : 50 fr. les 100 kil. pour le sulfate, et 65 fr. pour le chlorhydrate, il y a encore peu d'avantages pécuniaires à s'en servir. Mais les urines, les eaux des fosses à fumier et les eaux des usines à gaz, étant saturées avec de l'acide sulfurique, ou du sulfate de fer, ou avec de l'acide chlorhydrique, fournissent des eaux ammoniacales à très-bon marché, qui peuvent être utilisées avec beaucoup

de profit et qui se perdent en grande partie aujourd'hui. 5400 litres d'eau ammoniacale du gaz, saturée, font produire par hectare 6300 kil. de foin, là où le sol ne donne naturellement que 4000 kil., et les 2300 de surplus de récolte sont obtenus pour 1 franc, prix des 5400 litres de liquide. C'est donc, comme on le voit, un des engrais les plus économiques. M. Kuhlmann a pu faire, avec ce même liquide, jusqu'à trois et même quatre coupes d'herbes dans une année. Voilà une belle application à réaliser dans les environs d'une ville industrielle.

Mais la condition indispensable pour que le sulfate et le chlorhydrate d'ammoniaque produisent des effets avantageux sur la végétation, c'est la présence dans le sol du carbonate de chaux ; il faut, en effet, qu'il se forme, par la réaction de ce dernier sur les sels ammoniacaux, du carbonate d'ammoniaque, car c'est le seul de ces sels qui puisse être absorbé immédiatement par les spongioles des racines ou par les pores des feuilles. Et faut-il encore que le sol ne soit ni trop sec ni trop humide, que la saison ne soit pas trop pluvieuse.

C'est sans aucun doute à l'influence de l'une ou l'autre de ces circonstances, qui empêchent la transformation du sulfate et du chlorhydrate en carbonate d'ammoniaque, qu'il faut attribuer les insuccès signalés par divers expérimentateurs.

Dans tous les cas, il y a nécessité d'alterner l'emploi des sels ammoniacaux avec des engrais riches en potasse, en chaux, en magnésie, en silice, en phosphates, afin de rendre au sol toutes les matières salines qu'il a cédées aux récoltes, et que les sels ammoniacaux ne peuvent pas fournir, en raison de la simplicité de leur composition. Seuls, ils ne peuvent donc pas satisfaire aux conditions d'une fertilité incessante et durable, et c'est pour ne pas avoir bien compris le véritable rôle de ces sels que plusieurs expérimentateurs ont essuyé des mécomptes en les employant.

Des azotates, ou nitrates. — Tous les nitrates, comme nous l'avons déjà dit, ne sont pas moins favorables à la végétation que les sels ammoniacaux, et c'est parce que les plâtras de démolition contiennent des azotates de chaux, de magnésie et de potasse, qu'ils constituent un des amendements calcaires les plus énergiques, bien supérieur et plus durable que tous les autres.

En Angleterre, où le salpêtre est à bas prix, il est employé avec grand avantage pour le trèfle et les prairies.

La connaissance des riches qualités du salpêtre n'est pas une découverte moderne ; Virgile, dans ses *Géorgiques*, le recommande aux fermiers italiens comme une excellente addition dans les plantations d'oliviers, et pour former des composts capables d'activer la végétation des grains.

Il y a bien longtemps que l'on sait que le grand soleil (*helianthus annuus*) acquiert des proportions tellement gigantesques dans un terrain arrosé de salpêtre, qu'il est très-probable qu'on pourra le cultiver pour l'extraction de l'huile de ses graines.

M. de Gasparin a éprouvé les bons effets du nitre, en le mêlant avec du terreau dont il recouvre les graines de betteraves au moment des semis.

Malheureusement le salpêtre brut, tel qu'il nous arrive de l'Inde, coûtant, avec les droits, 65 francs les 100 kilog., est à un prix trop élevé pour qu'on puisse l'utiliser dans la grande culture. On peut le remplacer par le nitrate de soude ou *salpêtre du Chili*, qui ne coûte que 47 fr. les 100 kilog., et dont les propriétés seraient même supérieures à celles du salpêtre, si l'on s'en rapporte aux expériences de l'anglais Sim.

En Angleterre, on en fait actuellement un usage très-étendu, tant pour les grains que pour les herbages. On le sème à la dose de 125 kil. par hectare. Il faut que le sol renferme, toutefois, une suffisante quantité d'engrais organiques. L'effet de ce sel n'est sensible que sur la première récolte.

Voici le résultat d'expériences comparatives faites sur le blé avec et sans nitrate de soude, par différents agronomes :

Expérimentateurs.	Hectol. de blé récolté sans engrais.	Dose de sel employé.	Hectol. de blé récolté par hectare.	Différence en faveur de l'engrais.
Fleming.	17h 63	180 kil.	18h 66	1h 05
Wilson.	45 »	120	49 50	4 50
Chatterley.	19 32	124	22 53	3 21
Barclay.	27 50	140	31 25	3 75
Hannam.	27 38	172	31 97	4 59

Voici maintenant les résultats obtenus sur les prairies :

Expérimentateur.	Kil. de foin récolté sans engrais.	Dosé de sel employé.	Kil. de foin récolté par hectare.	Différence en faveur de l'engrais.
Turner.	6275 kil.	125 kil.	8100 kil.	1825 kil.
Wilson.	4215	152	5829	1614
Fleming.	4265	185	6609	1344
Macléan.	1980	187	5725	3745
Hannam.	4378	156	5526	1148
Kuhlmann (1843). . . .	4000	265	5727	1727
— (1844). . . .	5820	250	5690	1870
— (1845). . . .	4486	»	4390	96 de perte
— (1846). . . .	5850	200	5585	1355

En comptant le foin à 40 fr. les 1000 kilog. et le nitrate de soude

à 47 fr. les 100 kilog., il y a perte. Le même fait se présente avec le blé, en comptant celui-ci à 18 fr. l'hectolitre. — Ce ne sera que lorsque le prix du sel sera descendu à 40 francs qu'on pourra l'employer avec bénéfice. Il rendra alors de grands services dans les contrées où les engrais sont rares et les voies de communication difficiles.

Johnston cite les avantages d'un mélange de nitrate de soude et de sulfate de soude. A la dose de 170 kilog. à l'hectare, l'effet qu'il produisit sur les pommes de terre fut extraordinaire; les fanes avaient 1m.80 à 2 mètres de haut, et la récolte en racines s'éleva à 76125 kil., c'est-à-dire qu'on obtint en plus 20000 kilog. de tubercules à l'hectare. Le prix de l'engrais salin ne montait qu'à 65 fr. 87 cent., savoir : 46 fr. 75 cent. pour le salpêtre et 19 fr. 12 cent. pour le sulfate de soude. On répandit le sel sur les jeunes plantes quand elles commencèrent à paraître.

Les expériences de M. Kuhlmann ont démontré que les nitrates agissent sur la végétation de la même manière que les sels ammoniacaux, et que les bases de ces sels contribuent à la fertilisation des terres pour une part beaucoup moindre que l'acide azotique, alors surtout qu'il s'agit d'une action immédiate et facile à constater. Cet acide, sous l'influence désoxygénante de la fermentation putride, passe sans aucun doute à l'état d'ammoniaque avant d'être assimilé par les plantes. Ce sont les matières organiques contenues dans le sol qui, en se décomposant, fournissent les principes hydrogénés qui opèrent cette désoxygénation de l'acide azotique et sa conversion en hydrogène azoté. D'après cela, il y a donc nécessité, pour que les nitrates jouent le rôle d'engrais, qu'ils soient associés à des matières organiques ou putrescibles. C'est, en effet, ce qui résulte des observations faites par les agronomes anglais, qui ont constaté que le nitrate de soude ne devient vraiment efficace que lorsqu'il est accompagné des fumiers.

Les agriculteurs pourraient se procurer des terres salpêtrées sans beaucoup de frais, car rien n'est plus facile que de réunir les conditions dans lesquelles les nitrates se produisent spontanément. En effet, l'acide azotique se forme sous l'influence d'un air calme et de l'humidité dans les terres poreuses et alcalines, mêlées de débris organiques : ainsi dans les lieux habités, bas, sombres et humides, dans les écuries, les étables, les caves, les celliers, il y a une production incessante de nitrates de chaux, de magnésie, de potasse et d'ammoniaque; aussi la terre qu'on enlève de ces endroits constitue-t-elle un terreau excessivement actif qu'on devrait ne pas négliger de répandre en couverture à la surface des champs qu'on veut féconder.

Qu'on construise, à l'abri des courants d'air et dans un milieu humide, de petits murs peu épais avec de la terre calcaire poreuse,

contenant peu d'argile, et gâchée avec des charrées et de la paille; qu'on les couvre d'un toit et qu'on les arrose de temps en temps : au bout de l'année, ces matériaux seront très-riches en nitrates et pourront servir, après leur réduction en poudre, à fertiliser les prairies.

Dans le Midi, tous les huit jours, on porte de la terre dans les bergeries ; on arrose légèrement, afin que la poussière n'incommode pas les bestiaux, et, au bout d'un mois, on a plusieurs décimètres d'un excellent terreau qui agit sur tous les sols; si l'on retournait ce terreau sur place, et si ensuite, après quelque temps, on le retirait pour l'employer à faire une nitrière artificielle, on aurait au bout de l'an une véritable mine de salpêtre. Eh bien, partout il est possible d'obtenir le même résultat, et de suppléer ainsi aux nitrates de potasse et de soude du commerce.

Il est des localités où les immondices sont soumises à la nitrification avant d'être employées comme engrais. Dans le département du Nord, les cultivateurs des environs de Bergues transportent dans des bateaux, à plusieurs lieues de distance, les balayures et les boues qu'ils achètent à la ville de Dunkerque, pour les mélanger par lits successifs avec de la marne, de la craie et de la terre Les matières, ainsi stratifiées, restent en place pendant deux ans avant d'être conduites sur les champs. Il est évident que, dans ces conditions, c'est une nitrière que l'on établit; mais elle est mal construite, mal entretenue, et ne devient pas aussi riche en azotates que si elle était plus habilement disposée et soustraite aux lavages continuels des pluies.

Dans les exploitations rurales, quelle que soit leur importance, on réserve un emplacement où sont accumulés les balayures de la cour, du grenier, les boues ramassées sur les chemins, les mauvaises herbes arrachées autour des habitations, les feuilles mortes, la terre relevée des fossés, les gazons provenant du décapage des prés, les gravois fournis par les démolitions, les cendres de toute nature, les fanes de colza, de topinambour, le marc distillé des pommes et des raisins; en un mot, cet emplacement reçoit tout ce qu'on ne porte pas au tas de fumier, et, de temps à autre, on y verse, pour y entretenir une humidité convenable, des eaux ménagères, des urines, du purin, ou même de l'eau à défaut de tout autre liquide.

Au bout d'un an ou deux, on a un *terreau* d'un brun-foncé, assez meuble pour être immédiatement épandu sur les prairies ; il y produit bientôt d'excellents effets, parce qu'il *terre* ou *chausse* en même temps qu'il agit comme un engrais énergique. M. Boussingault le regarde comme l'amendement pulvérulent le plus économique pour fumer en couverture, lorsqu'il ne doit pas être transporté à de grandes distances.

Eh bien, ces centaines de mètres cubes de matières terreuses mélangées à des substances organiques, pour la confection du terreau, constituent de véritables nitrières, qui ne diffèrent en rien, si ce n'est par quelques imperfections de détails dans l'aménagement, des nitrières artificielles créées jadis par le gouvernement pour les besoins de la guerre. Nous avons vu antérieurement que M. Boussingault a trouvé de 1 à 5 gr. 1/2 de nitre par kilogramme de terreau ainsi fabriqué. Il y en aurait davantage si l'on suivait, autant que possible, les prescriptions recommandées pour l'établissement et la conduite d'une nitrière.

Ces prescriptions se réduisent : 1° à ménager l'accès de l'air au centre des matières accumulées par un système de claies, par une répartition uniforme de fascines disposées en strates parallèles ; 2° à y entretenir une humectation constante et convenable, trop d'humidité nuisant autant qu'une trop grande sécheresse ; 3° à ne pas faire prédominer les matières animales dans le mélange, surtout dans les derniers mois de fabrication, car l'expérience a démontré qu'elles détruisent le nitre déjà formé en transformant l'acide azotique en ammoniaque. Les arrosages doivent être faits uniquement avec de l'eau dans les derniers mois où le terreau sera conduit sur les prés ; 4° enfin à abriter l'emplacement par un hangar spacieux entouré de claies pour amortir la violence du vent et atténuer l'intensité du froid.

En suivant ces prescriptions, on arrivera à obtenir des terreaux contenant jusqu'à 10 grammes de nitre par kilogramme, comme cela avait lieu autrefois dans les nitrières de la Touraine.

Une fois établi que les azotates contribuent énergiquement au développement des plantes, il reste à connaître comment ils agissent. Se comportent-ils à la façon des sels alcalins, toujours si efficaces sur la végétation ? Ou bien, en raison de leur composition complexe, agissent-ils à la manière des engrais dérivés des substances animales, comme par exemple, des sels ammoniacaux ?

Cette dernière opinion est celle de Kuhlmann, qui a émis le premier cette idée que l'acide des azotates se transforme en ammoniaque par l'action réductrice des matières organiques en putréfaction. Mais les expériences de M. Boussingault démontrent que cette transformation hypothétique n'est pas nécessaire, car il a constaté une absorption d'azote provenant des azotates alcalins, sans le concours des matières organiques en putréfaction. Les azotates sont donc absorbés en nature par les plantes, et ils paraissent agir sur elles avec autant de promptitude et peut-être avec plus d'énergie que les sels ammoniacaux. Ils opèrent, en effet, doublement, et par leurs bases et par leur acide, dont l'azote est assimilé à la manière de l'azote des sels précédents.

Sel marin, ou chlorure de sodium. — L'emploi du sel en agricul-

ture est bien ancien, surtout en Orient, et cependant jamais substance n'a soulevé autant de controverse parmi les agronomes. Les uns, enthousiastes irréfléchis, veulent qu'on l'applique dans tous les sols et sur toutes les plantes. D'autres, aussi peu sensés et non moins absolus, en rejettent tout à fait l'emploi, et le regardent comme nuisible, ou au moins comme tout à fait inerte. L'erreur est des deux côtés. En science, en industrie, et surtout en agriculture, il n'y a point de principes absolus. Interrogeons les faits, sans nous préoccuper des opinions émises, d'idées préconçues, nous resterons dans le vrai et nous ne craindrons pas de nous égarer.

Il est incontestable que certaines plantes ne peuvent vivre sans sel marin : telles sont celles qui croissent dans la mer et sur ses bords.

Il est incontestable aussi que la plupart des plantes terrestres, mises subitement en présence d'une grande quantité de sel, périssent aussitôt. La mauvaise influence que le sel exerce dans cette circonstance était connue bien longtemps avant qu'il existât aucun ouvrage d'agriculture, car la Bible et les auteurs anciens nous apprennent qu'on semait du sel sur les endroits frappés de réprobation, sur l'emplacement des villes conquises, afin de les rendre à tout jamais stériles.

Mais, si un excès de sel marin est nuisible aux plantes terrestres, en est-il de même d'une petite quantité, d'une proportion sagement calculée suivant la constitution de chaque espèce de plante et suivant la nature du sol? C'est ce qu'il s'agit d'examiner.

Et d'abord, avant tout, les plantes terrestres contiennent-elles habituellement du sel ou ses éléments dans leurs différents organes?

Pour répondre à cette question, consultons l'analyse chimique des cendres des plantes cultivées les plus communes. Voici les renseignements que M. Boussingault nous fournit à cet égard :

Noms des plantes.	Chlore pour 100 kil. de cendres.	Sel marin que ces quantités représentent.	Chlore enlevé par la récolte sur 1 hectare.	Sel marin que ces quantités représentent.
Betteraves champêtres.	5.2 kil.	8.6 kil.	10.4 kil.	17.3 kil.
Paille d'avoine.	4.7	7.7	3.1	5.1
Navets.	2.9	4.8	1.6	2.6
Pommes de terre.	2.7	4.4	3.3	5.5
Trèfle.	2.6	4.3	8.1	13.5
Foin de prairie.	2.6	4.3	6.47	10.7
Topinambours.	1.6	2.6	5.3	8.8
Pois.	1.1	1.8	0.3	0.5
Fèves.	0.7	1.1	0.7	1.1
Paille de froment.	0.6	1.0	1.2	2.0
Grains d'avoine.	0.3	0.8	0.2	0.33
Haricots.	0.4	0.16	0.1	0.16
Grains de blé.	traces.	traces.	»	»

Il résulte de là que les plantes usuelles n'admettent pas dans leurs tissus une bien forte quantité de sel, et que la proportion qu'elles enlèvent au sol dépasse à peine 17 kilogr. pour celle d'entre elles qui en prend le plus. D'un autre côté, il résulte encore des analyses de M. Boussingault que, dans un assolement comme celui qui est adopté dans sa ferme de Bechelbronn, les engrais fournissent au sol un peu plus de chlore et de sodium que les récoltes ne lui en enlèvent.

Il semblerait donc, d'après cela, qu'il n'y a aucune nécessité d'ajouter directement au sol du sel marin, puisque les fumiers et autres engrais habituels contiennent une quantité de sel au moins équivalente à celle dont l'analyse chimique a indiqué la présence dans les récoltes.

Cependant un grand nombre de faits démontrent les bons effets du sel sur les plantes terrestres, lorsqu'il n'est donné qu'en proportions convenables. Tels sont surtout l'abondance et la qualité supérieure de l'herbe dans les prés des bords de la mer et dans les prairies voisines des salines de la Meurthe, du Doubs et du Jura ; l'inépuisable fécondité des *polders* de la Hollande, terrains conquis sur la mer; la puissance, comme engrais, des plantes marines, des fumiers qu'on arrose avec de l'eau de mer, ainsi qu'on le pratique depuis des siècles dans une grande partie de la Bretagne; l'usage des composts de terre, de sel et de chaux, dans les comtés de Chester et de Cornwall en Angleterre ; l'emploi très-favorable comme engrais des résidus des mines de sel en Allemagne et en Pologne ; l'usage immémorial en Provence de répandre du sel au pied des oliviers, et l'efficacité de la même pratique pour tous les arbres fruitiers, etc. Ces faits, personne ne peut les mettre en doute, et il est difficile de ne pas rapporter les résultats obtenus à la présence du sel.

M. Becquerel a fait des observations sur la faculté d'absorption du sel par les plantes dans des terrains près desquels ou sur lesquels sont établies des salines, et ces observations justifient les heureux effets que le sel, bien employé, doit avoir sur la qualité des herbes. Il a constaté que la teneur en sel des plantes fourragères ou autres, cultivées ou croissant naturellement dans divers terrains, est dépendante de la quantité de cet agent qu'elles reçoivent à l'état de solution étendue, et que cette teneur peut aller jusqu'à 22 pour 100 dans les plantes des prés salés, et à 1 et même à 2 pour 100 dans celles des prairies ordinaires, sans que pour cela la végétation en reçoive la moindre atteinte.

Lorsque l'eau salée tombe en pluie fine sur le sol et sur les feuilles, la végétation est dans un état très-prospère ; les plantes prennent alors 1 pour 100 et au delà de sel, sans que la terre en contienne

sensiblement; mais, si cette pluie est abondante et que l'air soit sec, le sel, après la volatilisation de l'eau, agit comme un caustique et détruit les feuilles et les plantes elles-mêmes, si l'état atmosphérique ne change pas. Les mêmes effets sont produits quand, la terre ayant été salée, le sel revient à la surface dans les temps de sécheresse.

Quand le sel est présenté en très-petite quantité à la fois aux plantes, par l'intermédiaire de l'eau, elles peuvent donc en absorber une très-grande quantité, qui, une fois introduite dans les tissus, n'est pas enlevée sensiblement par les eaux pluviales ni par le travail incessant de l'excrétion. Il est digne de remarque qu'une faible proportion de cette substance, appliquée sur les feuilles ou les racines, exerce des effets désastreux, tandis qu'une forte quantité absorbée n'empêche pas les plantes de croître avec force.

L'eau et le sel en petites proportions, voilà donc les éléments qu'il faut employer pour faire produire à la terre des fourrages de qualité supérieure. La meilleure manière d'administrer le sel, comme engrais, consiste, par conséquent, à le faire dissoudre dans l'eau et à répandre cette dissolution faible, sous forme d'arrosement, par un temps humide. Comme moyen plus économique dans la main-d'œuvre, mieux vaudrait peut-être encore mélanger le sel aux fumiers ou le faire entrer dans des composts, ainsi qu'on le pratique pour la chaux.

Il y a surtout ceci à noter, c'est que, sous l'influence de la sécheresse, le sel marin, de même que toutes les autres matières salines minérales, ne donne que des résultats insignifiants ou même produit des effets fâcheux, s'il est employé à doses un peu considérables. Les expériences de M. Kuhlmann mettent ceci hors de doute. Ainsi, en 1846, année remarquable par la sécheresse, sur une récolte de 5825 kilog. de foin, le regain ayant totalement manqué, le sel marin n'est intervenu en moyenne que pour 547 kilog., tandis qu'en 1845, la même quantité de sel marin (200 kilog. par hectare) a augmenté la récolte de foin de 725 kilog., celle du regain de 434 kilog., soit pour la récolte totale de l'année, 1159 kilogr.

Aussi M. Kuhlmann conclut de tous ses essais que le sel marin peut être d'une grande utilité pour activer la fertilité des terrains humides, et qu'il est inutile et peut même nuire à la végétation dans les terrains secs et élevés; d'où il suit que dans tel pays l'agriculture tirera un excellent parti du sel marin, alors que dans tel autre elle n'y trouvera aucun auxiliaire utile.

L'action du sel sur les plantes varie encore suivant l'époque à laquelle il est répandu. Les expériences de M. Becquerel établissent qu'il nuit en général à la germination, et que, suivant les proportions employées, il altère ou détruit les embryons; tandis que, versé en so-

lution sur les jeunes plantes sorties de terre, même à forte dose, il ne produit que des effets avantageux.

Si donc l'on veut employer le sel comme engrais dans les terres destinées à la culture des céréales, il ne faut pas le répandre à l'époque des semailles, mais vers le mois de mars, quand la terre est encore fortement humide, et avant que la végétation se développe avec force. En opérant à cette époque, on évite aussi que les pluies n'entraînent le sel au loin ou dans les parties inférieures du sol, où il ne pourrait plus servir à activer la végétation au printemps. Quant aux prairies, si elles sont humides, il faut répandre le sel à l'époque où la végétation se développe. Si les prés sont secs, il est nécessaire d'attendre la saison des pluies.

Dans les terrains à fond imperméable, il y aurait danger à saler souvent; car la première quantité de sel semé, restant en grande partie dans le sol, peut suffire pendant longtemps. Si le fond, au contraire, est perméable, il est indispensable de recommencer le salage à chaque culture.

Le sel, restant plus ou moins de temps dans le sol, suivant que celui-ci est à fond imperméable ou à fond perméable, et toutes les plantes ne s'accommodant pas au même degré du régime salé, il sera nécessaire, dans le système d'assolement que l'on adoptera, d'éviter d'introduire des plantes légumineuses ou autres qui auraient à souffrir du sel.

Une erreur dans laquelle sont tombés la plupart des expérimentateurs et des personnes qui ont parlé du sel, c'est de croire que l'emploi de cette substance peut suppléer à l'engrais organique, à l'humus du sol, en d'autres termes qu'un sol stérile peut donner d'abondantes récoltes par le seul fait du *salage*.

Il faut bien qu'on le sache, le sel marin, pas plus que le plâtre, la chaux, la marne et les autres matières minérales usitées comme amendement ou engrais, n'apporte aucune amélioration sensible dans un sol médiocrement fumé. Le salage, de même que le plâtrage, le chaulage, le marnage, n'est qu'un moyen d'augmenter les produits, de doubler et même de tripler les récoltes, lorsque toutefois on a rempli les autres conditions d'une bonne culture.

Mais, pour que le sel opère bien, il faut encore que le sol renferme de l'argile et du calcaire. En effet, dans les terrains secs, sablonneux, dans les terres non calcaires et trop compactes, le sel est inerte ou nuisible. Ce n'est que dans les sols argilo-calcaires ou dans les sols argileux souvent marnés ou chaulés qu'il exerce des effets favorables, parce que ce sont eux qui conservent le plus longtemps l'humidité, et parce qu'ils renferment du calcaire au moyen duquel le sel se convertit peu à peu en carbonate de soude.

Personne ne met en doute les heureux effets exercés sur la végétation par les cendres de bois ou par leurs lessives : or les lessives de cendres ne sont que des dissolutions de carbonate de potasse ou de soude.

Il y a longtemps que les chimistes savent, grâce à Clouet, que, si dans du sable humecté avec une dissolution de sel marin, on introduit de la craie en poudre, et qu'on abandonne le mélange au contact de l'air, on voit apparaître des efflorescences de sesquicarbonate de soude.— Cette réaction chimique de nos laboratoires s'effectue très-bien en grand dans plusieurs régions du globe, sur les bords et dans l'intérieur de plusieurs lacs salés de l'Égypte, du pays de Tripoli, de la Hongrie, de la Perse, de l'Arabie, du Thibet, de la Chine, des Indes, du Vénézuela (Amérique méridionale), lacs situés sur des formations calcaires. Quand ces lacs se dessèchent pendant la saison des chaleurs, du sesquicarbonate de soude se montre en efflorescences blanches au fond de leur lit et sur leurs bords. La récolte s'en fait encore en Égypte et dans l'intérieur de l'Afrique, et ce sel arrive à Marseille sous le nom de *natron*.

Il suit donc de ces faits que le sel, dans certaines conditions de chaleur et d'humidité, de porosité et de capillarité du terrain, éprouve, au contact du carbonate de chaux, une décomposition dont les résultats sont du chlorure de calcium et du carbonate de soude, sel qui, comme le carbonate de potasse, favorise activement le développement des plantes. Donc, introduire du sel dans un sol qui réunit les conditions convenables d'humidité, de capillarité, d'aérage, et qui renferme du carbonate de chaux, c'est comme si l'on y ajoutait des cendres neuves ou du carbonate de soude.

On comprend, maintenant, comment le même sel, introduit dans une terre privée de calcaire, peut ne produire aucun effet appréciable sur les cultures.

On remédierait à ce grave inconvénient en associant, pour ce dernier cas, le sel marin à la chaux; en mélangeant, par exemple, deux parties de craie ou de chaux et une de sel, humectant le mélange, le laissant à l'ombre ou couvert de terre pendant trois mois, on arriverait ainsi à transformer le sel en chlorure de calcium et en carbonate de soude, qui agiraient dans toutes les terres, quelle que fût leur composition chimique. Ce mode d'employer le sel serait sans contredit le plus commode au point de vue de la main-d'œuvre; 1000 kilogr. de mélange suffisent par hectare : c'est au printemps, sur les récoltes déjà levées, qu'on le répandrait à la main, absolument comme on sème le plâtre.

Ce compost, auquel on a donné le nom de M. J. Girardin dans les

journaux agricoles, parce que c'est ce chimiste qui l'a conseillé le premier, a été employé avec succès par nombre de cultivateurs normands. — Dans un meeting anglais, au milieu d'une discussion sur le mérite du sel en agriculture, le professeur Way, chimiste de la Société royale d'agriculture d'Angleterre, a dit que son emploi dans les terres très-calcaires produisait un fort bon effet, et qu'il en était de même lorsqu'on mélangeait moitié sel et moitié chaux pour s'en servir sur les terrains non calcaires.

Il y a encore un mode plus facile et qui met à l'abri de tous les inconvénients qui peuvent résulter de l'emploi mal calculé du sel : c'est de l'incorporer dans les fumiers, comme on le faisait dans l'antiquité.

Si le sel, employé en grande quantité, arrête les progrès de la putréfaction des matières organiques, il la hâte, au contraire, lorsqu'il n'est qu'en très-petites proportions. C'est pour cela qu'il est avantageux de le mêler en quantité modérée avec les fumiers d'étables, comme avec les composts formés de terreau et de débris de végétaux, de mauvaises herbes, de racines amassées derrière les herses, de curures de fossés, etc. On le répand par couches entre les lits de fumier, ou, mieux, on le dissout dans le purin, avec lequel on doit toujours arroser ce dernier, afin de le bien humecter et de hâter sa fermentation. Le sel favorise alors la décomposition des pailles et s'incorpore intimement à l'engrais, en se métamorphosant peu à peu en carbonate de soude, ce qui ajoute à l'action du fumier; d'où la nécessité d'une moindre dose de celui-ci, pour produire, à surface égale, les mêmes effets fertilisants : 10 kilogrammes de sel suffisent par mètre cube de fumier.

Dans les exploitations considérables, où il existe un nombreux bétail, la meilleure manière de tirer parti des bons effets du sel comme engrais, c'est de le faire manger par les animaux. Le sel administré passe dans leurs urines et leurs excréments; il enrichit ainsi les engrais, en s'incorporant à leur propre substance.

Employé de cette manière, le sel exerce son action bienfaisante sur les plantes et ne nuit jamais.

Si, dans l'esprit de beaucoup d'agronomes, il reste encore des doutes sur l'augmentation de récolte que l'usage du sel procure, il ne peut y en avoir sur la grande amélioration qu'il apporte dans la qualité des fourrages. Tout le monde a remarqué avec quelle avidité le bétail mange les herbes des prairies voisines de la mer ou des salines. D'un autre côté, la supériorité de la viande provenant des animaux nourris avec les herbes de ces prairies est parfaitement reconnue : on sait en quelle estime sont auprès des gourmets les moutons des prés salés de la Bretagne et de la basse Normandie. Il est évident qu'il y a une rela-

tion intime entre la qualité de la chair des animaux et celle des herbages qui les nourrissent; l'excellence des prés situés dans le voisinage de la mer et des sources salines est une conséquence de la présence du sel dans l'air humide qui les baigne continuellement.

Un cultivateur de la commune de Lindre-Basse, près de Dieuze (Meurthe), auquel M. Becquerel demandait ce que l'on pensait dans le pays de la nature des prés améliorés conquis sur les marais salés de la Seille, lui répondit spontanément : « Oh! le foin qu'ils rapportent est de première qualité; le bétail en est friand et s'en trouve très-bien. »

M. Becquerel ajoute : « Cette réponse d'un homme qui ignorait que ce fourrage renfermât 1 1/2 pour 100 de sel est péremptoire, puisqu'elle prouve l'influence du sel sur les prairies naturelles pour leur faire produire des fourrages de qualité supérieure. Je ferai remarquer que les prairies environnantes, dont les plantes ne sont pas autant salées à beaucoup près, ne donnent pas du fourrage placé aussi haut dans l'estime des cultivateurs, et qu'en général ceux-ci pensent que la présence du sel dans un pré détruit les mousses et les plantes amères; fait qui a déjà été observé en Angleterre, et que j'ai eu moi-même l'occasion de constater dans les environs de Dieuze [1]. »

A ces avantages incontestables que le sel marin amène avec lui, il faut en ajouter un autre qui n'est pas moins précieux : c'est l'action destructive assez énergique qu'il exerce sur les larves des insectes qui, à certaines époques et dans certaines années, font tant de tort aux récoltes et notamment aux céréales. Il est évident que la destruction de ces larves doit avoir pour effet d'augmenter le rendement des produits.

Quant aux doses de sel à répandre sur les terres, soit à l'état de poudre, soit sous forme de dissolution, soit mieux encore à l'état de compost avec de la craie ou de la chaux, ou des débris organiques et de la chaux, il règne encore de l'incertitude.

L'un des premiers expérimentateurs modernes, M. Lecoq, de Clermont-Ferrand, a constaté, en 1852, que les doses les plus productives paraissent être de

150 kil.	par hectare	pour la luzerne;
250	—	pour le froment et le lin;
300	—	pour l'orge et les pommes de terre;

et qu'au delà de ces doses il produirait des effets désastreux.

D'après des expériences qui nous sont communes avec M. Fauchet,

[1] Becquerel, *Mémoire sur les quantités de sel contenu dans les plantes des terrains salifères*, etc.; broch. in-8. 1847, p. 11.

propriétaire-agronome fort instruit de Rouen, ces doses sont beaucoup trop faibles. En opérant le 10 mars, le 27 avril et le 18 mai 1846, sur trois lots de terre, de nature argilo-calcaire, d'humidité moyenne, ne renfermant que des traces de chlorures, ensemencés en blé russe, fait sur trèfle, après avoir reçu une demi-fumure, nous avons constaté les résultats suivants :

1° L'emploi du sel, dans les proportions de 200 à 500 kil. par hectare, a augmenté le produit de la récolte.

2° La dose la plus productive de sel, répandue à l'état solide, a été de 400 kil. par hectare.

3° La dose la plus favorable à la production de la paille a été de 400 à 500 kil. par hectare.

4° La dose la plus favorable à la production du grain a été de 300 à 400 kil. par hectare.

5° L'influence du sel s'est exercée à peu près également sur la paille et sur le grain; mais, en outrepassant la quantité de 400 kil. par hectare, on a développé proportionnellement plus de paille que de grain, et déterminé le versement de la récolte sur des terres ayant déjà reçu une demi-fumure.

6° En comptant le sel à 20 fr. les 100 kilogr., il y a, en l'employant à la dose de 300 à 400 kil. par hectare, un bénéfice variant de 61 à 70 fr. pour le sel répandu en hiver; et de 49 à 94 fr. pour celui répandu au printemps.

7° Employé en dissolution et sous forme d'arrosement au printemps, le sel a produit aussi une augmentation de récolte, tant en paille qu'en grain, et la dose la plus productive a été de 500 kil. par hectare. Le terrain sur lequel on a opéré, dans ce cas, était moins riche que celui des deux premiers lots. Il n'y a point eu versement du blé, ce qui explique comment, dans ce troisième lot, la plus forte dose de sel a procuré les meilleurs résultats. En comptant le sel à 20 fr. les 100 kil., il y a, en l'employant à la dose de 500 kil., un bénéfice net de 35 fr. par hectare[1].

Aujourd'hui que, par suite du dégrèvement des droits qu'il supportait, le sel ne vaut plus que 17 fr. le quintal métrique dans les magasins en gros, les bénéfices seraient plus élevés que ceux indiqués ci-dessus.

S'il reste encore à fixer d'une manière exacte les doses de sel à employer pour chaque nature de récolte et de sol, il y a un point définitivement acquis, c'est l'amélioration de qualité dans les fourrages des

[1] *Expériences faites avec le sel marin sur le blé, en 1846, par MM. du Breuil, Fauchet et Girardin.* — 108e cahier des travaux de la Société centrale d'agriculture du département de la Seine-Inférieure, trimestre de janvier 1848, p. 5.

prés humides; c'est l'augmentation de toutes les autres récoltes dans les sols argilo-calcaires pas trop secs et dans les autres conditions de culture que nous avons signalées.

Le *sel de coussins*, qui provient des déchets de la préparation de la morue et du maquereau, les *sels de cuir*, qui proviennent de l'importation des cuirs verts salés, expédiés de l'Amérique du Sud et particulièrement de Buénos-Ayres, sont bien préférables au sel gris ordinaire, à cause des débris de poissons et des poils dont ils sont mélangés et qui augmentent leur valeur agricole. Dans plusieurs comtés de l'Angleterre, ces sortes de sels sont très-recherchés, et les fermiers du Cheshire leur attribuent l'abondance de leurs récoltes.

Un cultivateur anglais, Fischer Hobbs, emploie depuis longtemps des quantités considérables de ces sels de coussins; il en fait venir de Londres des cargaisons de 40000 à 50000 kil., qu'il partage avec ses voisins. Il en met 125 kil. par hectare avant le dernier labour, et autant avant l'ensemencement du froment. Il a trouvé que cette substance donne surtout de la force à la paille, ce qui empêche le blé de verser. En mêlant une quantité égale de guano au sel de saumure, il a obtenu le même résultat que s'il avait appliqué une bonne fumure pour froment. Il a également éprouvé de forts bons effets de l'emploi de ce sel mélangé au fumier, et de son application aux racines, principalement aux betteraves. Cependant, une fois, en son absence, son régisseur en ayant fait mettre 625 kilog. par hectare, sur des rutabagas, la récolte fut entièrement détruite.

Chez nous, on peut se procurer les *sels de coussins* ou *de saumure* à raison de 2 fr. 50 à 3 fr. les 100 kilogr. dans les grands ports de la marine commerciale, comme Marseille et le Havre. Mais l'administration des douanes impose aux fermiers l'obligation de les dénaturer en présence de ses agents, au moyen de l'un des cinq mélanges suivants :

I.		II.		III.	
Sels impurs.	2	Sels impurs.	4	Sels impurs. . .	4
Matières fécales. . . .	2	Fumier humide. . .	5	Noir des raffine-	
Terre ou fumier, quantité indéterminée.		Terre.	5	ries.	8

IV.		V.	
Sels impurs en poudre fine. . .	1	Sels impurs en poudre fine. .	6,5
Son humide.	1	Tourteau de graines oléagineuses, en poudre et humide.	3,5

Ces deux derniers mélanges sont spécialement imposés à ceux qui veulent faire consommer les sels par leurs animaux domestiques.

Cette dénaturation des sels de coussins a été provoquée par la crainte qu'a l'administration des douanes de voir ces sels détournés de leur emploi agricole pour entrer dans la consommation culinaire ou dans les exploitations manufacturières, notamment dans les fabriques de soude et les verreries. Mais c'est une entrave apportée bien inutilement à l'agriculture, et contre laquelle réclament avec force les Sociétés et les Comices agricoles.

Les sels impurs provenant des salpêtreries impériales sont aussi préférables aux sels ordinaires, parce qu'ils sont accompagnés d'azotates. On les trouve dans le commerce au prix de 3 fr. 25 cent. les 100 kilog.

Nous avons insisté peut-être un peu longuement sur le sel envisagé comme engrais salin. Mais nous avons voulu éclaircir une question qu'on a fort embrouillée dans ces dernières années, et faire éviter les déboires et les déceptions qui ne manquent pas d'arriver toutes les fois qu'on néglige les enseignements d'une bonne théorie.

Des engrais salins phosphatés. L'acide phosphorique est essentiel aux plantes, et certaines d'entre elles en enlèvent au sol une quantité assez considérable. Tout cela a été prouvé antérieurement. Il faut donc, dans une bonne culture, rendre périodiquement au sol de l'acide phosphorique pour compenser celui qu'on exporte avec les graines, les pailles, les racines, les fourrages, etc. On satisfait à cette condition, dans beaucoup de pays, en utilisant les phosphates que le commerce fournit, notamment le phosphate de chaux contenu dans les os, dans le noir des raffineries et dans les nodules ou coprolithes. Examinons donc ces diverses substances.

Os des animaux. Dans toute la Grande-Bretagne, dans le Wurtemberg, dans le duché de Bade, en Auvergne, aux environs de Strasbourg, etc., les os pulvérisés, ou simplement broyés, sont employés comme engrais depuis un assez grand nombre d'années, et les cultivateurs de ces pays leur attribuent une grande puissance fertilisante. Les Anglais ont été chercher des os, pour les besoins de leurs fermiers, dans toutes les parties du monde, jusque dans l'Inde. Le Danemark seul leur en a fourni pour plus d'un million par an. Ils ont exploité les champs de bataille de toute l'Europe, et ont transporté chez eux d'immenses cargaisons d'ossements d'hommes et d'animaux. La ville de Lincoln possède, dans ses environs, de nombreux moulins pour la pulvérisation de ces os. Ce singulier article de commerce a une importance considérable. Il y a tel fermier anglais qui achète, chaque année, pour 15000 à 20000 fr. de cet engrais, et supplée ainsi à l'insuffisance des fumiers ordinaires.

Les os d'hommes et d'autres animaux sont composés ainsi qu'il sui

	Homme.	Bœuf.	Porc.	Poissons.
Cartilage soluble dans l'eau bouillante	55,5	55,5	46,6	47,7
Sous-phosphate de chaux	55,0	57,4	49,0	48,0
Carbonate de chaux	11,5	5,8	1,9	5,5
Phosphate de magnésie	1,2	2,0	2,0	2,2
Sels calcaires	1,2	5,5	0,5	0,6
	100,0	100,0	100,0	100,0

D'après D'Arcet, les os de boucherie frais sont ainsi constitués, terme moyen :

Tissu cellulaire très-azoté	50
Graisse	10
Matières salines, notamment phosphate de chaux	60
	100

L'emploi des os en agriculture n'exige pas d'autre préparation qu'un

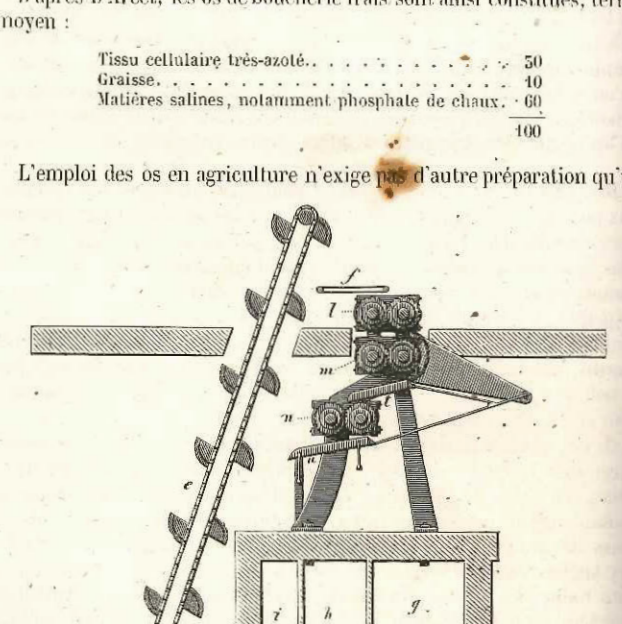

Fig. 176. *Moulin écossais pour broyer les os.*

broiement en poudre grossière. L'on emploie ordinairement, à cet effet, ou des bocards, ou des meules verticales en pierre dure ou en fonte, du

poids de 2000 à 3000 kilog., tournant dans une auge horizontale de forme circulaire, également en pierre dure, à peu près comme les moulins qui servent à broyer les graines oléagineuses. On y emploie aussi des espèces de laminoirs dont les cylindres sont en fonte dure, et armés de dents qui, en tournant en sens contraires, avec des vitesses différentes, pulvérisent assez promptement les os. C'est aux machines de ce genre qu'on a donné la préférence en Écosse et en Angleterre, et la Société des montagnards d'Écosse a accordé, en 1829, un prix à M. James Anderson, de Dundee, pour la construction d'un instrument semblable, mû par une machine à vapeur de la force de 12 chevaux. En voici les figures (fig. 176 et 177) et la description.

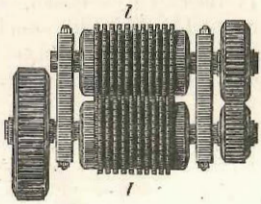

Fig. 177. *Vue, à vol d'oiseau, des cylindres supérieurs.*

Les os qui doivent être broyés sont portés, du sol du moulin, à la partie supérieure de l'appareil, au moyen d'une série d'augets fixés à une chaîne sans fin *e*. Ils tombent de ces augets sur une toile sans fin *f* tendue par des rouleaux, laquelle, par son mouvement, les amène entre deux cylindres en fonte *l*, garnis d'anneaux en fer forgé armés de dents, de manière à présenter des points de déchirement très-serrés. Les os, ainsi broyés en partie, tombent entre deux autres cylindres semblables *m*, mais à anneaux et à dents plus rapprochés. Au-dessous d'eux se trouve un crible *t* mis en mouvement par une manivelle. Il laisse passer les os suffisamment broyés, lesquels sont reçus dans une case pratiquée au-dessous *g*, tandis que les portions plus grossières, qui n'ont pu passer à travers le crible, sont amenées, par le mouvement même, entre une troisième paire de cylindres *n* à anneaux et à dents encore plus serrés que les précédents. Un crible *u*, également placé sous ces derniers cylindres, en retient la poudre la plus grossière, qui est entraînée par le mouvement du crible dans un emplacement *i*, d'où on la sort pour la vendre dans cet état, on la reporter près de la chaîne à augets, et pouvoir ainsi la ramener au haut de l'appareil et la faire repasser entre les cylindres. La poudre qui traverse le second crible tombe, comme la poudre du premier, sur une division *h* faite exprès à l'étage inférieur.

Cette machine broie, par heure, environ 1500 kilog. d'os bruts. Ces os broyés sont divisés, pour la vente, en trois sortes. La première est la plus fine; les plus gros fragments qu'on y trouve peuvent avoir la grosseur d'un pois; elle se vend 11 ou 12 fr. l'hectolitre. La deuxième sorte, moins fine, présente des fragments gros comme des féveroles, et des morceaux longs de 3 à 5 centimètres. Le prix est de 9 à 11 fr. l'hectolitre. La troisième sorte, broyée aussi grossièrement que la deuxième, ne contient que des fragments et point de poudre. Elle se vend de 7 à 9 fr. l'hectolitre. On voit, par ces prix, que les os les mieux broyés sont ceux auxquels on donne la préférence.

Les moulins anglais, dispendieux à établir, ne peuvent évidemment convenir qu'à de grandes exploitations pourvues d'un très-fort moteur, ou à des industriels spéciaux.

A Thiers (Puy-de-Dôme), on emploie, depuis un temps immémorial, une machine bien plus simple et peu coûteuse, pour broyer les os de tout genre, et principalement les résidus de ceux qui servent à la confection des manches de couteaux. En voici les figures (178 et 179).

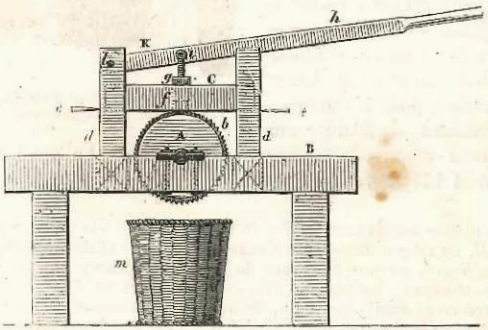

Fig. 178. *Moulin pour broyer les os, employé à Thiers.*

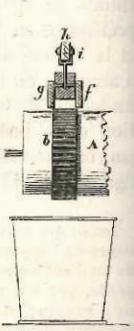

Fig. 179. *Vue, à vol d'oiseau, de la râpe cylindrique.*

Ce moulin se compose d'une roue hydraulique qui fait tourner un arbre de couche A, dont l'extrémité repose, par ses tourillons, sur un dé en pierre, ou sur un sommier en bois B. Cet arbre est entouré, sur une partie de sa longueur, d'une râpe cylindrique en acier *b*, et dont les aspérités sont beaucoup plus fortes que celles des râpes ordinaires, et taillées en hélice. Cette râpe, fixée très-solidement sur l'arbre, a 27 millimètres d'épaisseur sur 216 à 243 millimètres de large; elle est surmontée d'une poutre transversale C, maintenue entre deux jumelles *dd*, de manière à pouvoir être rapprochée ou éloignée à volonté de la circonférence de la râpe, au moyen de deux coins *ee*, ce qui permet de diviser les os en fragments plus ou moins grossiers. Au milieu de la traverse, est pratiqué un trou *f* de 13 1/2 à 16 centimètres en carré environ, et dont l'intérieur est doublé en forte tôle. Dans ce trou entre un tampon *g* de même dimension, aussi revêtu de fer, et suspendu à un grand levier *h*, par un étrier *i*, qui laisse au tampon assez de jeu pour qu'il puisse entrer dans le trou *f*, quelle que soit l'inclinaison que reçoit le levier pendant le travail. L'extrémité K du levier est mobile sur un fort boulon *l* fixé dans l'une des jumelles, de manière que le tampon se trouve juste au-dessus de la boîte *f*. On emplit celle-ci de fragments d'os, concassés préalablement à l'aide d'un marteau, et l'on force le tampon à y entrer, en appuyant sur l'extrémité du levier. Les os ainsi pressés contre la râpe, pendant qu'elle tourne, sont réduits en pulpe analogue à de la grosse sciure de bois, et qui tombe dans une caisse ou un panier *m* placé en dessous. Quand la machine fonctionne bien, la boîte se vide en deux ou trois minutes. Les dents de la râpe s'émoussent plus ou moins promptement,

selon la dureté des os sur lesquels elle agit. On les affute de temps en temps. Les os trop durs sont soigneusement rejetés, comme susceptibles d'endommager l'appareil.

Ce moulin, simple et peu dispendieux, peut être établi partout où l'on a un cours d'eau à sa disposition ; un manége peut y être appliqué. La poudre d'os qu'il fournit est très-recherchée en Auvergne pour l'engrais des terres ; elle contient des morceaux de la grosseur d'un haricot ; elle est grasse au toucher, elle sent le fromage, et donne de l'ammoniaque lorsqu'on la mélange avec de la chaux.

Voici la composition simplifiée de cette poudre, comparée à celle des os entiers et concassés, tels qu'on les rencontre dans le commerce :

	Os entiers.	Os concassés.	Os en poudre.
Eau	14,90	10,00	10,39
Matière organique	37,04	41,88	42,60
Sous-phosphate de chaux	48,06	48,12	47,01
	100,00	100,00	100,00

Dans les petites fermes, on peut se servir, par économie, pour broyer les os, d'un billot (fig. 180) et d'une masse en bois (fig. 182), garnis,

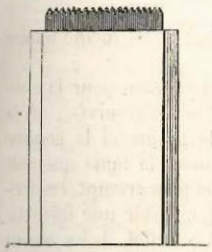

Fig. 180. *Billot à écraser les os.*

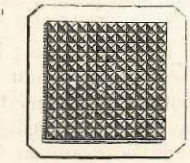

Fig. 181. *Plaque de fer à pointes de diamant qui surmonte le billot,*

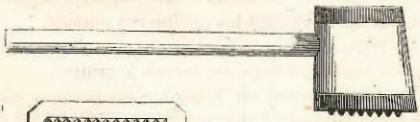

Fig. 182. *Masse pour écraser les os.*

tous deux de plaques de fer taillées en pointes de diamant, comme on le voit par la fig. 181.

Il est beaucoup plus facile de concasser les os fortement desséchés ou chauffés que dans l'état frais. Il convient donc de les enfermer dans un four après la cuisson du pain, et de les écraser tout chauds, au fur et à mesure qu'on les tire du four.

Lorsque la poudre provient d'os assez récents, qui contiennent encore du tissu cellulaire, matière d'autant plus lente à se décomposer qu'elle est dans un état plus complet de dessiccation, on active leur action par une fermentation préalable. Il suffit, pour cela, d'abandonner

cette poudre dans un lieu un peu humide, en gros tas, jusqu'à ce qu'elle exhale une odeur de fromage un peu avancé.

Lorsqu'on veut, au contraire, conserver en magasin pendant un temps assez long une assez grande quantité de poudre d'os, il faut éviter cette fermentation. On y parvient, ainsi que l'a vu M. du Jonchay, en desséchant les os au four, de manière à leur faire perdre 20 pour 100 de leur poids avant de les broyer. Cette opération est alors beaucoup plus facile, ce qui couvre une partie des frais peu considérables de dessiccation.

Lorsqu'on veut se servir des os comme moyen d'amendement pour le sol, par exemple pour rendre un sol argileux plus friable, il n'est besoin que de les concasser grossièrement, et non de les réduire en poudre. On les recouvre par un labour peu profond, et l'on achève soigneusement la couverture avec la herse. De cette manière, les os ne manifestent leur effet, comme engrais, qu'au bout de deux ou trois ans.

La dose à laquelle les os broyés sont généralement employés est de 1200 à 1500 kilog. par hectare. Lorsqu'ils sont bien pulvérisés, la dose peut être diminuée d'un tiers. L'effet se prolonge pendant trois ans sur les terres labourées, et pendant six ans sur les prairies naturelles. M. de Gasparin dit que la durée totale de l'action de cet engrais s'étend jusqu'à dix et même vingt-cinq ans; cependant l'effet n'en est bien sensible que pendant les premières années.

On répand les os au printemps sur les prairies, et en même temps que les semences dans les terres à grains.

En Angleterre et en Écosse, c'est presque uniquement pour la culture des turneps et des navets que la poudre d'os est réservée; on la répand avec la graine et par le même semoir; la graine et la poudre d'os, mélangées, coulent par le même tuyau dans la ligne qui doit recevoir la semence. Pour obtenir des os un effet plus prompt, les fermiers anglais les laissent, avant de les employer, subir une fermentation et un commencement de décomposition. A cet effet, ils les amoncellent en gros tas, et même ils les mêlent avec de la terre humide. Selon que le sol est plus ou moins riche, ils en mettent de 15 à 20 hectolitres par hectare.

Dans la principauté de Nassau, on regarde 600 à 700 kilog. de poudre d'os comme une quantité suffisante pour un hectare.

Les Anglais n'emploient pas les os pour remplacer le fumier, mais conjointement avec ce dernier. Ils ont un système qui, pour des fermiers de sols pauvres, légers, ne peut être trop fortement recommandé : ils achètent des engrais, spécialement des os broyés, exclusivement pour leurs terres en jachère, et ils réservent la plus grande partie de leur fumier d'étable pour leur grain; de sorte que la majeure

partie de leur terre a un bon engrais tous les deux ans. Ce système, d'après M. Tackeray, est généralement suivi de l'autre côté du détroit, comme le meilleur mode d'appliquer l'engrais. Il est certain que, là où a été adopté l'emploi des os, les récoltes sont très-belles, et les exploitations y ont gagné tellement, que la rente des terres s'y est élevée de 25 fr. par hectare de plus que dans les cantons où l'on ne fait pas usage des os.

Dans quelques circonstances, l'effet des os a été à peu près nul, d'où certains agronomes ont conclu qu'ils n'ont pas la valeur qu'on leur attribue habituellement. Mais cette nullité d'action n'est qu'apparente ; elle est due à la substance grasse plus ou moins consistante que les os renferment dans leurs parties celluleuses, et qui ne disparaît que par une température élevée. Cette graisse rend les os presque insensibles à l'action de l'eau, les préserve de la fermentation, et, de plus, en réagissant sur le carbonate de chaux du réseau osseux, elle forme un savon calcaire qui résiste à toutes les influences atmosphériques. On comprend donc que les os parvenus à cet état ne doivent avoir presque aucun effet comme engrais, à moins d'être réduits à un état de ténuité extrême. Cela peut expliquer comment, après un séjour de quatre ans dans la terre, ils n'ont perdu fort souvent que 8 pour 100 de leur poids, tandis que les os frais, dont on a enlevé la graisse par l'eau bouillante, perdent, dans le même espace de temps, 25 à 30 pour 100.

Il y a donc tout avantage à employer de préférence les os dégraissés des fondeurs de suif, d'autant plus qu'il est bien constant que les graisses et les huiles n'exercent aucune influence comme engrais, et sont même nuisibles à la végétation.

L'action fertilisante des os peut être rapportée à deux causes : 1° à la matière organique azotée qui s'y trouve sous forme de tissu cellulaire, et qui, par sa décomposition, fournit des sels ammoniacaux ; 2° et surtout au phosphate de chaux, qui y est si abondant. Celui-ci se dissout peu à peu dans l'eau chargée d'acide carbonique, de carbonate d'ammoniaque, de sel marin et d'azotates, toutes matières que renferment les terres de culture.

Voici les indications fournies par MM. Boussingault et Payen sur la richesse en azote et en acide phosphorique des os du commerce :

	Azote sur 100 de la matière		Acide phosphorique dans 100 de matière sèche.
	à l'état normal.	sèche.	
Os dégraissés, séchés à l'air. . . .	7,02	7,58	24,00
— gras, séchés à l'air, contenant 0,10 de graisse.	6,22	8,89	22,20
— humides, livrés par les fondeurs.	5,31	»	»
Poudre d'os séchée à l'étuve. . . .	»	7,92	24,00

On peut singulièrement accélérer l'action des os, et rendre l'assimilation des phosphates aussi prompte que celle des sels minéraux les plus solubles, en traitant les os par l'acide sulfurique, ainsi que le duc de Richmond, président de la Société royale d'agriculture d'Angleterre, l'a indiqué et pratiqué, le premier, dès 1843. Voici comment on agit : 223 kilogr. d'os broyés sont arrosés de 37 litres d'eau, et, vingt-quatre heures après, on les introduit, par portions, dans un tonneau contenant de 62 à 75 kilogr. d'acide sulfurique concentré. On laisse la désagrégation s'effectuer durant 7 à 8 jours au plus. On délaye alors le magma dans l'eau pour l'employer en arrosage, ou bien on y ajoute assez de noir animal ou de terre pour absorber le liquide et convertir le tout en une espèce de terreau qu'on répand à la manière du plâtre. Les chiffres des matières indiquées ci-dessus correspondent à 1 hectare de surface à fertiliser.

Voici, en quelques mots, la théorie de ce procédé. L'acide sulfurique attaque les os, enlève une partie de la chaux au sous-phosphate, produit ainsi du sulfate ou plâtre excessivement divisé, utile par lui-même à la végétation, et convertit le sel terreux précédent en phosphate acide de chaux très-soluble. Une fois répandu sur le sol, ce dernier se combine instantanément avec les principes basiques qu'il rencontre, et donne naissance à du phosphate neutre de chaux, dans un très-grand état de division, et, par conséquent, très-propre à entrer en dissolution dans l'eau de pluie chargée d'acide carbonique et d'ammoniaque.

L'expérience a pleinement confirmé les prévisions du duc de Richmond. Elle a servi à constater que les os dissous, employés sur le blé comparativement avec le fumier d'écurie et le guano, ont produit 1/5 en plus de récolte, et que cette fumure n'a coûté que 35 francs par hectare.

M. Harmant, en essayant les os désagrégés et dissous, à diverses doses, a reconnu que leur efficacité croit avec la quantité qu'on emploie. Voici les résultats de ses essais sur des turneps :

	Dose d'engrais par hectare.	Récolte en racines.
Os écrasés	14h.55	25,725 kil.
— dissous	1 80	28,600
— id.	5 62	56,965
— id.	7 25	40,685

Disons, pour abréger, que les os traités par l'acide sulfurique, et employés soit à l'état mou, soit desséchés et à l'état pulvérulent, sont désignés dans toute la Grande-Bretagne sous le nom de *superphosphate*.

Voici d'autres expériences non moins convaincantes :

EXPÉRIENCES DU PROFESSEUR WŒLKER SUR LA CULTURE DU NAVET.

	Récolte en navets.
Pas d'engrais.	15,000 kil.
Poudre d'os.	22,000
Poudrette.	25,000
Superphosphate.	54,021

EXPÉRIENCES DE M. LOWEL SUR L'ORGE.

	Terre sans engrais.	Superphosphate seul.	Superphosphate et sels ammoniacaux.
Boisseaux par acre, en 1852. . .	27,1	28,1	58,2
— — en 1853. . .	25,3	33,3	40,0
— — en 1854. . .	35,0	40,2	60,2
— — en 1855. . .	31,0	36,0	47,3

L'influence de l'acide phosphorique et de l'azote est ici tellement manifeste, que les chiffres précédents n'ont pas besoin de commentaires.

C'est en vue d'arriver à une utile association de l'azote et de l'acide phosphorique, c'est aussi pour obtenir la précipitation du phosphate de chaux à l'état gélatineux, que les fabricants anglais, après avoir fait agir l'acide sulfurique sur les os, ajoutent à la masse des sels ammoniacaux, des matières animales, puis des cendres, de la sciure de bois, du poussier de charbon, de la terre sèche et même du noir animal.

Voici la composition des superphosphates vendus en Angleterre :

	Qualité supérieure.	Qualité inférieure.
Eau.	9,66	11,85
Matière organique et sels ammoniacaux. . .	11,50	5,21
Biphosphate de chaux (soluble immédiatement).	14,54	2,58
Sous-phosphate de chaux (insoluble). . . .	15,72	0,06
Sable.	2,85	5,07
Sulfate de chaux hydraté.	36,12	74,98
Sels alcalins.	6,85	0,27
	97,00	100,00

Il est bien évident, par ces analyses, que les os d'équarrissage et de boucherie ne sont pas les seuls éléments de cette industrie des *superphosphates*, dont l'importance s'accroît chaque jour en Angleterre. On y fait entrer les os fossiles, les phosphates de chaux cristallins prove-

nant de la Norvége, les curieux excréments d'animaux antédiluviens, désignés sous le nom de *coprolithes*, les concrétions ou nodules de phosphorite des terrains crétacés, appelés *pseudo-coprolithes*; sans compter bien des matières inertes qu'on y ajoute par fraude.

Outre les récoltes indiquées ci-dessus, on pourrait en citer d'autres, telles que colza, tabac, etc., sur lesquelles le phosphate de chaux a produit des effets remarquables. On a vu des tabacs dont les feuilles ont acquis quelquefois un développement de 90 centimètres de longueur sous l'influence exclusive de cet engrais.

Dans toutes nos campagnes, où il y a une si grande quantité d'os perdus, tant ceux qui proviennent des animaux morts de maladie ou de vieillesse que ceux qui viennent des viandes de boucherie, les fermiers devraient occuper les enfants et les pauvres à ramasser tous ces os, puis à les concasser, pour les répandre ensuite à la surface de leurs terres. Ils les amélioreraient ainsi sans grandes dépenses, et ils trouveraient, de plus, l'avantage de diminuer la dose ordinaire des fumiers. Il est vraiment déplorable de voir laisser chez nous sans emploi des matières dont les peuples voisins tirent un parti si avantageux.

Pour éviter le broyage des os ainsi ramassés dans les campagnes, on peut suivre le procédé suivant, que notre ami Mésaize, ancien président de la Société d'agriculture de Rouen, avait adopté d'après nos indications:

On met les os, tels quels, tremper dans un cuvier avec de l'eau acidulée par l'acide chlorhydrique du commerce (le liquide doit marquer 10° à l'aréomètre), jusqu'à ce qu'ils soient devenus mous et flexibles comme le jonc. L'acide dissout tous les sels terreux qui durcissent les os, et il ne reste plus que le tissu cellulaire. Le liquide, ainsi chargé de tous les sels, sert à arroser les tas de fumier, à désinfecter les urines, à neutraliser les purins. Les fumiers deviennent ainsi plus riches et on peut en diminuer la dose. — Quant au tissu cellulaire des os, après l'avoir lavé à deux ou trois eaux, on le fait entrer dans les chaudières où l'on cuit les racines destinées aux cochons.

Voilà un exemple excellent à imiter. Cette méthode est infiniment peu coûteuse, puisque l'acide chlorhydrique vaut à peine chez nous 5 centimes le litre.

Noir des raffineries. De tous les résidus de fabriques, le noir animal qui a servi au raffinage des sucres est celui qui a reçu le plus d'applications comme engrais. C'est à un raffineur nantais, M. Ferdinand Favre, et à M. Payen, que l'on doit la première idée d'utiliser cette matière en agriculture. Les premiers essais datent de 1819 à 1820; ils démontrèrent l'énergie vigoureuse qu'elle imprime à la végétation, et

bientôt l'emploi du *noir des raffineries* se propagea avec rapidité. Il n'y a pas quarante-cinq ans que les raffineurs payaient pour le transporter loin des habitations, à cause de son odeur infecte; maintenant ils le vendent, avec facilité, au prix exorbitant de 20 à 25 fr. l'hectolitre. Depuis longtemps, la production de Nantes ne suffit plus aux besoins et aux demandes des cultivateurs de l'Ouest. Les départements de Maine-et-Loire, de la Loire-Inférieure, de la Vendée, de la Vienne et des Deux-Sèvres, fécondent une partie de leur sol avec tous les noirs qui sortent des raffineries de France, de Belgique, d'Allemagne, de Russie, d'Angleterre et d'Italie. Cet emploi du noir s'étend aujourd'hui aux cultures de l'Orne, du Calvados et de plusieurs autres départements. La quantité de cette substance, extraite de provenances diverses, et consommée annuellement en France, peut être évaluée à 12 millions de kilog., ou 126,315 hectolitres.

Le charbon animal, avant son emploi dans la décoloration des sucres, se compose de :

Charbon azoté.	10
Sels, et notamment sous-phosphate de chaux. . .	90
	100

Après qu'il a servi au raffinage, il renferme en outre :

Sang de bœuf coagulé. . . . . } dans la proportion de 20 à 25 centièmes.
Sucre. . . . . }
Impuretés contenues dans les cassonades. }

Les noirs qu'on trouve dans le commerce peuvent être classés en trois catégories bien distinctes : les *noirs gros grain*, les *noirs grain*, et les *noirs fins*.

Les noirs gros grains, en fragments irréguliers, d'un volume quelquefois égal à celui d'une petite aveline, proviennent généralement des fabriques de Russie et de l'Amérique du Nord.

Les noirs grains, expédiés par la Suède, quelques villes des bords du Rhin, nos usines du Nord, et principalement l'empire russe, sont connus dans le commerce sous le nom générique de *noirs de Russie*.

Les noirs fins, bien plus chargés de sang que les autres, sont, par conséquent, plus actifs et plus estimés.

Dans chaque classe, il y a autant d'espèces commerciales distinctes que de provenances. MM. Moride et Bobierre ont analysé toutes celles qui viennent à Nantes. Voici un tableau récapitulatif de leurs essais :

PROVENANCES et noms des noirs.	Azote sur 100 de l'engrais sec.	Charbon et matière organique, y compris l'azote, sur 100 de l'engrais sec.	Sels solubles dans l'eau.	Phosphate de chaux.	Carbonates de chaux et de magnésie.	Silice, alumine et oxyde de fer.
Nantes. . . .	2,660	55,2	1,3	32,6	5,3	5,6
Marseille. . .	1,853	17,1	1,8	65,2	11,8	6,1
Bordeaux. . .	1,655	21,5	1,7	65,9	9,9	3,0
Valenciennes.	0,730	9,7	5,3	70,0	11,5	5,5
Dunkerque. .	1,020	11,0	1,3	56,0	8,7	10.0
Lille.	1,010	11,2	1,6	55,0	21,0	10,6
Paris.	1,850	14,5	2.0	67,0	10,9	5,0
Orléans. . . .	1,750	11,7	3,3	63,0	8,9	13,1
Hambourg. .	1,730	20,5	1,7	55,8	5,4	16,6
Russie. . . .	1,085	11,7	1,5	68,7	10,1	7,0
Trieste. . . .	0.98	17,9	1.5	62,1	9,7	9,0
Venise. . . .	1,45	11,0	0,5	75,0	5,5	5,0

Comme on le voit, la composition des noirs de raffinerie est très-variable, et il n'est pas indifférent de les remplacer les uns par les autres. Ce qui surtout les caractérise et leur donne des propriétés si éminemment fertilisantes, c'est, d'une part, la matière organique azotée, et, de l'autre, le phosphate de chaux, dont ils sont si abondamment pourvus et qui devient soluble sous l'influence de l'acide carbonique et des sels ammoniacaux que la matière azotée fournit incessamment par sa décomposition. Ce qu'il y a de remarquable, c'est que 20 à 22 p. 100 de sang sec, contenus dans les bons noirs des raffineries, agissent comme engrais d'une manière plus utile que 400 parties de sang liquide, bien que celles-ci représentent 100 parties de sang sec. La matière organique, réunie au charbon, agit donc six fois plus que lorsqu'elle est employée seule, probablement parce que les deux matières minérales exercent, sur les éléments du sang et sur les produits de sa décomposition, une action de condensation en vertu de laquelle ils modèrent cette décomposition, et n'en cèdent les produits aux plantes que lentement, peu à peu, au fur et à mesure de leurs besoins.

Le sucre qui reste dans le noir est plutôt nuisible qu'utile à la végétation, parce que, dans le commencement de la décomposition, il se produit, aux dépens de ce sucre, de l'alcool et des acides acétique et lactique; aussi est-il préférable de laisser le noir en tas, pendant un ou deux mois, avant de l'employer, pour qu'il éprouve, à l'air, une première fermentation, pendant laquelle les acides produits par le sucre

sont convertis en sels ammoniacaux, à l'aide du carbonate d'ammoniaque qui résulte de la décomposition d'une partie de la matière animale; de sorte qu'après cette conservation du noir en tas, au contact de l'air, la plus grande partie de son azote est convertie en acétate, lactate et carbonate d'ammoniaque, que le charbon retient entre ses pores, et qui contribuent à rendre soluble le phosphate de chaux avec lequel ils passent dans l'intérieur des plantes.

C'est principalement sur les terres froides, humides, argileuses, dans les terrains granitiques, argileux ou siliceux des départements de l'Ouest, dans lesquels les phosphates font défaut, que le noir des raffineries opère le plus efficacement.

Il est surtout très-utile sur les défrichements et convient aux céréales, aux colzas, turneps et autres plantes crucifères. On le répand, d'ailleurs, avec la plus grande facilité et une économie de main-d'œuvre très-importante, car il suffit de le semer après la graine, et de le recouvrir par un coup de herse.

Dans nos départements de l'Ouest, 4 à 5 hectolitres de noir des raffineries, par hectare pour les terres argileuses, 3 ou 4 hectolitres dans les terrains calcaires ou siliceux, sont des doses généralement admises pour la culture des céréales. Un hectolitre par 24 ou 25 ares, semé sur les prairies, au mois de mars, ou sur les trèfles immédiatement après la coupe, produit un excellent effet. On a grand avantage, lorsqu'on l'applique aux grains, à le répandre sur la semence même; mais il faut qu'il soit mélangé avec une quantité double de terre passée à la claie; la répartition se fait alors plus convenablement.

Dans les arrondissements de Dinan et de Loudéac (Côtes-du-Nord), on emploie le noir, à la dose de 8 à 10 hectolitres par hectare, dans les défrichements et pour le sarrasin. Il agit merveilleusement, et la récolte de sarrazin est rarement moindre de 20 à 30 hectolitres. Les cultivateurs de ces localités affirment que son action est plus marquée sur les sols légers que sur les sols argileux.

M. Dubreuil-Chambardel, propriétaire cultivateur au château de Marolles, commune de Genillé (Indre-et-Loire), obtient des effets surprenants en employant le noir ainsi qu'il suit : après l'avoir fait complétement pulvériser, il l'humecte suffisamment pour qu'il puisse se coller, en partie, à la semence, avec laquelle il le mélange le mieux possible; il opère cette mixtion sept ou huit heures au plus avant les semailles, pour éviter que la fermentation du noir ne nuise à la germination du grain; il a ensuite le soin, très-essentiel, de faire passer et repasser le semoir trois ou quatre fois sur le terrain, où il ne serait passé qu'une seule fois s'il n'avait eu à semer que le froment, afin que ce mélange se trouve très-également réparti sur le champ. Il opère

ainsi sur des défrichements de bruyères, en donnant, la première année, 4 hectolitres et demi, et, la seconde, 4 hectolitres de noir. Ses récoltes sont remarquablement belles, surtout celles de seconde année, bien qu'il fasse succéder deux grains d'hiver sur ses défrichements. Il obtient, à la seconde année, de 30 à 35 hectolitres de froment, et des pailles superbes qui pèsent jusqu'à 3000 kilogrammes par hectare.

L'expérience a démontré qu'il ne faut pas abuser du noir sur les défrichements. Si l'on n'alterne pas avec des fumures ordinaires l'emploi de cet agent fertilisateur, on arrive assez vite à épuiser les terres les plus riches en humus. Mais, quand il est employé avec discernement, cet engrais produit d'excellents résultats. Pour en donner une idée, nous citerons quelques chiffres empruntés à l'un de nos praticiens les plus habiles.

Chez M. Rieffel, à Grand-Jouan, on a obtenu en quatre ans, sur des défrichements pratiqués avec les engrais phosphatés, un produit moyen de 50 hectolitres de froment, 25 de colza, 40 d'avoine et 8000 kil. de paille, pouvant s'élever de 1700 à 1800 fr. Les frais de toute nature, d'engrais, de travail, de moissons, résumés sur les lieux, s'élèvent de 700 à 800 fr., en sorte qu'il resterait 1000 fr. de produit net en quatre ans, ou 250 fr. par hectare et par an. Et à la place d'une terre inculte, valant à peine dans le pays 200 fr. l'hectare, on en a une autre défrichée en bon état, et sur laquelle les agriculteurs pensent qu'on pourrait avec avantage continuer encore pendant deux ans la culture au noir d'os. Après ces quatre ans, on fait entrer la terre dans l'assolement général de la ferme, et on la cultive avec les engrais d'étable.

Le noir des raffineries est une des matières commerciales sur lesquelle la fraude s'exerce avec le plus de ténacité. Le charbon de bois, la tourbe, la tourbe carbonisée, la houille, le carbonate de chaux noirci, les schistes, les scories de forge, le terreau, la terre glaise carbonisée, la terre des landes, le sable fin, des résidus de distillerie, de colza, le tan, la sciure de bois, etc., ont été, et sont souvent encore employés pour augmenter le poids et le volume des résidus de raffineries livrés à l'agriculture. Malheureusement, lorsque la fraude est habilement pratiquée, l'aspect des noirs est peu modifié, et l'examen à la loupe ne peut pas toujours suffire pour déceler la présence des corps étrangers. Il faut, dans presque tous les cas, recourir à une analyse chimique assez compliquée, puisqu'il y a nécessité de déterminer la richesse en azote, en phosphate de chaux, en matière organique et en sels solubles dans l'eau. Le cultivateur ne doit donc acheter un noir qu'après essai pratiqué par un chimiste ou un expert vérificateur,

ainsi qu'il en existe à Nantes, à Rennes, à Lille, à Bordeaux, etc.

M. J. Girardin a indiqué, dès 1831, un mode d'essai très-simple et à la portée des cultivateurs intelligents. Il n'est pas d'une précision rigoureuse, mais il est bien suffisant pour la pratique. Voici comment on agit :

On prend 5 gr. de noir à essayer, et 5 gr. d'un noir sur la qualité duquel on n'a aucun doute, et qui sert de terme de comparaison. On les délaye séparément dans une petite quantité d'eau, et on y ajoute, par portions, de l'acide chlorhydrique ordinaire. Lorsque l'effervescence occasionnée par la décomposition du carbonate de chaux est terminée, on s'assure que les liqueurs sont très-acides et on les laisse en digestion pendant douze heures. — A cette époque, on étend d'eau, on jette sur des filtres, et on lave les charbons avec de l'eau bouillante aiguisée d'acide. Les lavages sont continués jusqu'à ce que l'eau acidule cesse de précipiter en blanc par quelques gouttes d'ammoniaque.

On réunit alors toutes les eaux de lavage aux liqueurs principales, et dans chacune des deux dissolutions on verse assez d'ammoniaque pour saturer tout l'acide libre. On recueille les précipités blancs sur des filtres de papier joseph tarés, et on les fait dessécher dans une étuve, après qu'ils ont été parfaitement lavés. Les poids respectifs des filtres, après la dessiccation, indiquent les quantités de phosphate de chaux que chacun de ces noirs renferme, et, par la différence, on peut estimer la proportion de matière étrangère ajoutée au noir suspect.

Cette épreuve, fondée sur ce fait que les matières employées par les fraudeurs ne renferment pas de phosphate de chaux, est très-facile et suffisamment exacte. Moins un noir donne de précipité blanc par l'ammoniaque, plus il renferme de matières inertes.

Le poids de l'hectolitre du noir des raffineries varie de 80 à 100 kilogrammes. Le bon noir de Russie pèse même de 103 à 105 kilogrammes l'hectolitre.

Phosphate de chaux naturel, ou *phosphorite*. Depuis quelques années, plusieurs établissements se sont élevés, notamment à la Villette, près Paris, à Grand-Pré, dans les Ardennes, aux Islettes, dans la Marne, pour exploiter les nodules de phosphate de chaux qu'on rencontre dans la partie supérieure des terrains de sédiment, et pour les livrer à l'agriculture en concurrence avec le noir des raffineries et les os ordinaires, dont les prix deviennent de plus en plus élevés.

Ces nodules sont vendus en poudre ou à l'état de *superphosphate*. A Londres, ils valent 60 à 65 fr. les 1000 kilogr. Ils contiennent, en moyenne, de 25 à 30 p. 100 d'acide phosphorique, ce qui correspond à 52 et 63 p. 100 de phosphate de chaux.

A l'établissement de la Villette, les nodules pulvérisés sont vendus à des prix variables, suivant leur richesse en phosphate de chaux, ainsi qu'on le voit par le tableau suivant :

Richesse en phosphate.	Prix de l'hectolitre.	Poids de l'hectolitre.	Prix des 100 kil.	Prix de revient du phosphate.
32 p. °/₀	4 f. 75	90 kil.	5 f. 28	16 f. 50 les 100 kil.
46	7 50	108	6 95	16 30 —
71	13 00	105	12 40	18 33 —
93	20 00	100	20 00	20 00 —

Ces prix sont beaucoup trop élevés. Des calculs établis par M. Rohart, qui a été très-bien renseigné, prouvent que le prix de revient net des nodules pulvérisés, contenant 50 p. 100 de phosphate pur, ne dépasse pas 6 fr. 72 *net* les 100 kilogr.

« Or, dit cet habile économiste, vouloir livrer à l'agriculture, au prix de 15 à 20 fr. les 100 kil. du phosphate de chaux qui ne revient qu'à 6 fr. 72, c'est une prétention déraisonnable, et nous ne pouvons pas l'appuyer [1]. »

Il paraît à peu près certain que, dans ces nodules, tout l'acide phosphorique n'est pas à l'état de phosphate de chaux ; une partie est combinée à l'oxyde de fer et à l'alumine. M. Delanoüe affirme même que ce qui constitue essentiellement les nodules, c'est un sel double, un phosphate de chaux et de peroxyde de fer, aussi distinct du vrai phosphate de chaux ou du phosphate de fer simple que la dolomie l'est du calcaire ou de la giobertite. — Au point de vue agricole, ceci n'a aucune importance, car le phosphate de fer simple ou le phosphate double de chaux et de fer est tout aussi facilement attaquable que le phosphate de chaux par les agents qui en déterminent la dissolution.

Pour nous conformer à l'usage, nous ramènerons toujours à l'état de sous-phosphate de chaux des os l'acide phosphorique des nodules et des autres engrais.

Voici un tableau qui donne la richesse en acide phosphorique et en phosphate de chaux des phosphorites des diverses localités [2] :

[1] *Guide de la fabrication économique des engrais*, etc. — 1 vol. in-8°. — Paris, 1858. — Page 422.

[2] Denêbain. — *Recherches sur l'emploi agricole des phosphates.* — Thèses de chimie, 1859. — Broch. in-8°, p. 44.

Localités.	Acide phosphorique sur 100.	Phosphate de chaux correspondant sur 100 dans la matière normale.	Phosphate de chaux correspondant sur 100 dans la matière sèche.
Logrosan (Estramadure). . . .	»	81,5	»
Wissant (Pas-de-Calais). . . .	»	57,1	»
La Hêve, près le Havre. . . .	»	57,3	»
Shanklin (Angleterre). . . .	»	52,0	»
Farnham id.	»	60,6	»
Lille, d'après M. Delanoüe. . .	»	52,54	»
— d'après M. Rivot. . . .	18,0	38,7	»
Bouvines (Nord).	3,7	8,0	»
Grand-Pré (Ardennes). . . .	20,9	45,5	47,9
Les Islettes (Marne).	20,2	44,1	45,9
Anderney (Meuse).	13,5	28,9	29,9
Sermaize (Marne).	14,5	31,0	32,3
Froidos (Meuse).	16,4	35,8	36,9
Lavoye (Meuse).	14,4	31,4	32,7
Mognéville (Meuse).	28,5	62,1	64,0
Arcy-Fay (Meuse).	16,4	35,8	37,6
Leniout (Meuse).	18,4	39,7	41,5
Lagrange (Meuse).	15,9	34,5	36,2
Brizeaux (Meuse).	24,2	52,7	54,1

La moyenne de ces analyses donne, pour les nodules, 18,7 p. 100 d'acide phosphorique, ce qui correspond à 40,4 p. 100 de phosphate de chaux ; c'est, en effet, ce qu'on trouve très-habituellement dans le commerce.

La première opinion qui se manifesta, lorsqu'on annonça l'exploitation des phosphorites, fut que ces substances ne pourraient être d'aucun emploi tant qu'on ne les aurait pas attaquées par les acides minéraux. Mais les expériences de laboratoire faites par MM. Bobierre, Dehérain et J. Girardin, ont montré que si la poudre des nodules n'est pas aussi soluble dans l'acide carbonique que les phosphates d'origine animale, cette solubilité est toutefois assez grande pour qu'on puisse les utiliser sans recourir au traitement par les acides minéraux. M. Dehérain a constaté que cette poudre de nodules est bien plus facilement décomposable par les carbonates alcalins que la poudre d'os.

D'un autre côté, M. Bobierre a donné les résultats d'une culture de sarrasin entreprise sur le sol et dans le climat de la Bretagne, dans laquelle il a comparé l'effet produit par du noir animal et par de la poudre de nodules. Les récoltes ont été les mêmes dans les deux cas ; le résultat était toutefois un peu plus favorable avec les phosphates naturels, bien qu'ils ne fussent pas mélangés de matières azotées et que le noir animal en contînt. Si l'on établit la comparaison entre les nodules ani-

malisés et le noir des raffineries, ce qui paraît plus logique, on trouve que les nodules donnent une récolte triple.

Les renseignements qu'a fournis la grande culture sont analogues. Il est à peu près certain, toutefois, que ce n'est que dans les terres de bruyères granitiques, comme celles de la Bretagne, que les nodules produisent des résultats avantageux. Les marchands qui les vendent et qui les préconisent pour toutes les terres, à la dose de 400 kilog. par hectare, pour remplacer le guano et les engrais de toute nature, font œuvre de charlatanisme, et il ne faut pas les croire.

Inutilité des engrais phosphatés du commerce dans certains cas. De même que le sulfate de chaux, ainsi que nous l'avons dit, paraît avoir perdu toute son action sur la végétation dans certains sols, de même aussi les engrais phosphatés dont il vient d'être question ne produisent aucun effet appréciable dans les sols riches, suffisamment calcaires et recevant chaque année des engrais animaux abondants.

Ainsi il est bien constant, par suite des expériences déjà anciennes de MM. Kuhlmann et Demesmay, dans l'arrondissement de Lille, des observations de M. Feneulle, dans l'arrondissement de Cambray, de nos essais dans la Seine-Inférieure, que le noir des raffineries et les engrais analogues restent inertes, impuissants, dans les terres fertiles du Nord et de la Haute-Normandie. M. Corenwinder a vérifié le même fait, au Quesnoy-sur-Deûle (Nord), en 1858, en opérant sur le blé, les betteraves, les carottes, les fèves, les pommes de terre, le sorgho, avec du biphosphate de chaux en dissolution affaiblie ; ce sel n'a pas augmenté le rendement des récoltes, et les graines de betteraves, arrosées de biphosphate, n'étaient pas plus riches en acide phosphorique que celles des betteraves qui n'en avaient pas reçu.

Ainsi les engrais phosphatés qui exercent dans les sols pauvres de la Bretagne et du centre de la France, dans les terres granitiques, argileuses et siliceuses, des effets puissants sur la végétation, n'ont réellement aucune influence dans les terres argilo-calcaires du Nord, de la Haute-Normandie, de l'Alsace, soumises à une culture intensive et recevant par cela même des engrais abondants, des amendements multipliés. C'est que ceux-ci introduisent dans le sol et y maintiennent constamment une quantité d'acide phosphorique supérieure à celle que les récoltes lui enlèvent annuellement. Il est donc parfaitement inutile de lui donner du noir des raffineries, ou des os, ou des nodules de phosphorite, puisque ces additions seraient en pure perte pour le cultivateur.

De l'écobuage. — Parmi les divers moyens que l'on met en usage pour améliorer et enrichir le sol, il en est un que nous devons faire connaître immédiatement après l'étude des amendements et des en-

grais salins, car il produit les deux genres d'effets propres à ces procédés de fertilisation. Nous voulons parler du *brûlis* ou de l'*écobuage*, qui consiste à brûler la croûte superficielle du sol couverte d'herbes ou de plantes ligneuses, et à répandre uniformément sur ce sol les cendres qui proviennent de l'incinération.

L'écobuage est une pratique fort ancienne, puisque Virgile en fait mention. De l'Italie elle passa en France, vers le commencement du dix-septième siècle, et une cinquantaine d'années plus tard en Angleterre. Aujourd'hui le brûlis des terres est usité dans presque toutes les régions de l'Europe.

On écobue les terrains incultes, couverts de bruyères, d'ajoncs, de genêts ou de mauvaises herbes, les vieilles prairies naturelles et artificielles, les pâtures, les marais nouvellement desséchés et surtout les tourbières. On brûle assez souvent les chaumes, et parfois même, dit-on, dans le Lincoln, de la paille, qu'on répand à cet effet à la surface du sol dans la proportion de 1250 kilogrammes par hectare. Aux environs de Bayonne et ailleurs, dans le midi et l'ouest de la France, en Espagne, etc., l'usage de brûler les chaumes s'est continué sans interruption. En Normandie, en Flandre, on a généralement l'habitude de brûler les tiges de colza, après qu'on en a séparé les graines par le battage sur le champ même de la récolte.

Lorsqu'il s'agit d'opérer l'écobuage des terrain en friches ou des

Fig. 183.

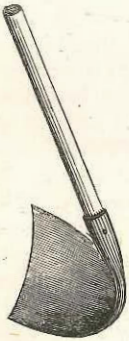

Fig. 184.

Fig. 185.

Fig. 186.

landes, des vieilles prairies, on commence par détacher le gazon en

plaques aussi régulières que possible. Ce travail s'exécute tantôt à bras d'hommes, tantôt à l'aide d'instruments mus par des chevaux.

Dans beaucoup de localités, on emploie une simple bêche acérée et terminée en pointe triangulaire, ou des espèces de houes fort larges qu'on appelle *écobue* et *étrapa* (fig. 183, 184, 185). En Angleterre, on se sert d'une bêche dont le manche est légèrement convexe, et dont un des côtés du fer est parfois relevé en lame tranchante pour couper le gazon latéralement (fig. 186). Après avoir fait pénétrer cette bêche à la profondeur de 27 à 54 millimètres, l'ouvrier la pousse avec force devant lui au moyen de la courbure du manche, et soulève ainsi des espèces de lanières plus ou moins longues qu'il retourne sens dessus dessous. Ailleurs, pour travailler des sols pierreux, on préfère des bêches en trident ou à trois pointes (fig. 187), qui pénètrent plus aisément que des bêches pleines et lèvent aussi bien le gazon.

Fig. 188. *Tranche-gazon.*

Comme cette opération est très-fatigante pour un seul homme, on divise souvent le terrain en planches convenablement espacées, au moyen d'un *tranche-gazon* (fig. 188), et on en soulève ensuite les tranches avec le *lève-gazon* que deux ouvriers font mouvoir; l'un tirant (fig. 189) l'instrument au moyen d'une corde fixée à un anneau implanté vers la base du manche, l'autre le dirigeant, par la manette qui le termine, à peu près à la manière d'une charrue.

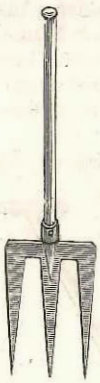

Fig. 187. *Bêche en trident.*

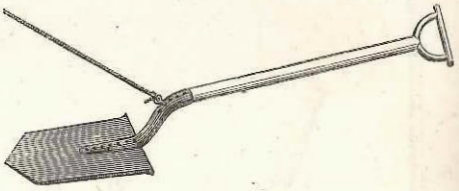

Fig. 189. *Lève-gazon.*

Dans les grandes exploitations et dans les contrées où la pratique de l'écobuage est fréquente, on emploie de préférence la charrue faite de manière à couper et à renverser les tranches de gazon. La seule modification qu'elle présente par rapport à la charrue ordinaire, c'est que

le coutre est remplacé par un disque métallique, tranchant et tournant sur son axe, comme on le voit dans la fig. 190. Mais, avant d'en faire

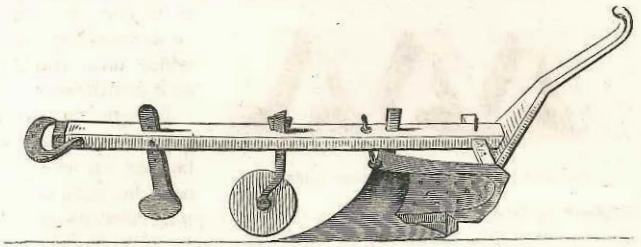

Fig. 190. *Charrue pour couper et renverser le gazon.*

usage, on commence par découper toute la surface du terrain par bandes transversales de même largeur au moyen du *tranche-gazon* imaginé par Rey de Planazu. Cet instrument (fig. 191) se compose

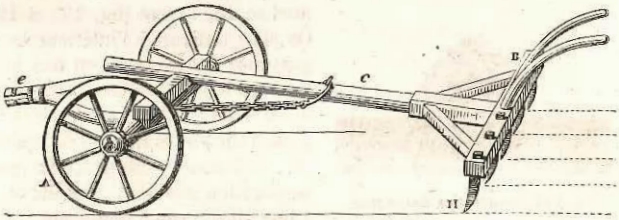

Fig. 191. *Tranche-gazon de Rey de Planazu.*

d'une pièce transversale munie de manches et armée de six coutres équidistants, un peu recourbés en arrière, afin de présenter moins de résistance dans le sol et assez tranchants pour couper le gazon en bandes parallèles de 20 à 30 centimètres de large; à la pièce transversale se trouve adaptée une sorte d'age ou haie qui repose sur l'avant-train d'une charrue.

Lorsque le *tranche-gazon* a fait son office, on trace, au moyen de la charrue, des lignes perpendiculaires aux premières et distantes les unes des autres de 30 centimètres environ. Il en résulte que la charrue renverse les tranches de gazon sous forme de petits quadrilatères de 30 centimètres environ.

On ne donne pas toujours aux plaques de gazon la même épaisseur. Plus elle est considérable, plus il y a chance de déraciner complète-

ment les plantes nuisibles, et plus on obtient de cendres. 16 centimètres sont généralement une épaisseur suffisante. Cependant, si la couche de racines ou de tourbe est très-mince, on se contente de 8 centimètres.

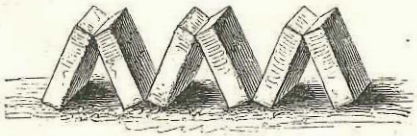

Fig. 192. *Plaques de gazon mises à sécher.*

Lorsque les plaques gazonnées ont été détachées, on les laisse, pour les faire sécher, pendant quelques jours sens dessus dessous, et on les retourne ensuite, afin d'exposer la face enherbée au soleil ; ou, mieux encore, on les dispose deux à deux en arcs-boutants sur le sol, comme dans la fig. 192.

Tantôt on brûle les gazons à la place où l'instrument les a laissés; tantôt, et cela est préférable, on les rassemble en petits tas disposés en forme de fourneaux, en ménageant au centre un vide dans lequel on met un peu de fagots ou autres combustibles, et en ménageant au bas une petite ouverture du côté par lequel souffle le vent (fig. 193 et 194). On place toujours à l'intérieur la face gazonnée des plaques ; on met le feu au moyen de quelques broussailles, et on a soin de placer de nouveaux gazons sur les parties où l'on aperçoit que la flamme s'échappe, afin que la combustion soit bien étouffée; on les laisse ainsi brûler lentement, et, au bout de quelques jours, on répand sur toute la surface du sol les cendres ou plutôt la matière charbonneuse et terreuse qui forme les monceaux.

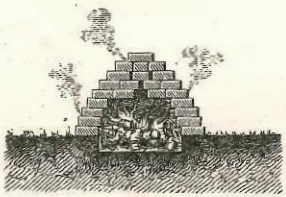

Fig. 193. *Incinération des gazons.*

Pour les tourbes et résidus, on opère de même : seulement on con-

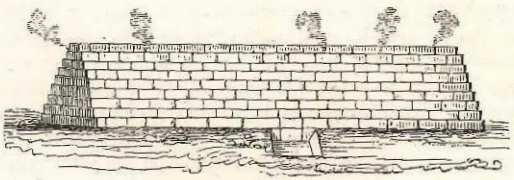

Fig. 194. *Manière d'incinérer les gazons, vue de face.*

struit des monceaux beaucoup plus gros et élevés de 1^{m}. à 1^{m} 32 de

haut sur 1m. 32 à 1m. 64 de large à la base, qu'on dispose absolument comme les charbonnières dans les forêts (fig. 195), en les recouvrant extérieurement d'une couche de terre fine et battue.

Presque toujours on établit les monceaux ou les tas à des distances égales, de manière à employer sur la surface du terrain tous les produits qu'on lui a enlevés. Or, comme la quantité et la nature de ces produits sont esssentiellement variables, il serait aussi difficile, en théorie qu'en pratique, d'indiquer les proportions fixes.

Fig. 195. *Tourbe en incinération.*

Les travaux de découpage du sol peuvent commencer en avril et se continuer jusqu'en juillet : pendant tout ce temps, les herbes et les gazons sèchent facilement. Le moment le plus convenable pour l'incinération est celui qui précède immédiatement l'époque des semailles, car il faut garder le moins longtemps possible les cendres en tas à la surface du champ, dans la crainte que les pluies n'entraînent, au profit exclusif de la partie du sol que recouvrent ces tas, les substances solubles qu'elles contiennent. On les répand donc aussitôt qu'elles sont refroidies, en choisissant un temps humide et calme, afin d'éviter les effets du vent. On les enterre ensuite par un labour superficiel.

On a reconnu l'avantage d'ajouter aux cendres une certaine quantité de chaux. La dose moyenne du mélange est de 100 hectolitres par hectare.

Outre la destruction des plantes parasites nuisibles et des insectes, due à l'effet même de la chaleur, l'écobuage opère une double action sur le sol : il agit physiquement, en diminuant sa consistance, en le rendant friable, poreux, perméable aux gaz et aux vapeurs, plus facilement pénétrable par les racines, et susceptible de s'égoutter plus aisément; il agit aussi chimiquement, en introduisant dans le sol des substances salines et alcalines douées d'un pouvoir fertilisant très-énergique, telles que carbonates, sulfates, phosphates alcalins, etc.; en rendant les parties argileuses facilement attaquables par les agents atmosphériques, l'eau et la chaux, et par conséquent susceptibles de fournir aux plantes les silicates alcalins dont les céréales ont un si grand besoin, et probablement aussi en pénétrant les terres des principes volatils, ammoniacaux ou autres, qui proviennent de la combustion lente des plantes.

Ces effets de l'écobuage indiquent assez sur quelle nature de sol il peut être pratiqué avec succès : ce sont surtout les terres glaiseuses, argilo-marneuses, autrement dit toutes celles qui pèchent par une trop grande ténacité, les marais desséchés, les défrichis, les vieilles prairies, les tourbières où la matière organique surabonde dans un état d'acidité nuisible à la végétation. Quant aux sols légers, sablonneux, naturellement chauds et peu riches en matières organiques, l'écobuage a toujours produit de mauvais résultats, et ce n'est qu'autant qu'on le fait suivre d'abondants engrais qu'il peut y être adopté, mais à de rares intervalles. Il y a cependant quelques terrains légers qui n'en éprouvent aucun dommage, à moins qu'ils ne soient mal cultivés ensuite : ce sont les sols crayeux et même ceux légèrement calcaires. La chaleur, en convertissant une certaine quantité du calcaire en chaux vive, produit, dans ce cas, le même effet qu'un faible chaulage. Si l'on cultive cette terre doucement et qu'on la mette en prairie, elle se couvrira d'un gazon dont la pousse rétablira bientôt la perte de la matière végétale. Les sols crayeux de l'Angleterre sont soumis à une répétition constante de l'écobuage, sans que leur fertilité en ait été visiblement diminuée.

Il faut bien se rappeler que, comme les effets des cendres produites par l'écobuage ne sont pas de longue durée, bien qu'ils soient immédiats, une application de fumier devient indispensable à la troisième année de culture; après quoi le sol ainsi aménagé doit être converti en prairie. Le grand point, toutes les fois que l'on applique des stimulants à un terrain, est de ne pas abuser de la fertilité produite, et de suivre, au contraire, un assolement peu épuisant. Sans cette précaution, on s'expose à n'obtenir que des résultats contraires à ceux que l'on peut espérer.

Il ne faut donc pas imiter ce qui se fait dans trop de localités (Bretagne, Tarn, etc.), où, sur des landes pauvres, sur le penchant des collines arides, après un écobuage et sans le secours d'engrais, on sème une ou deux fois de suite du seigle, de l'avoine ou du sarrasin; puis on laisse le terrain se couvrir de nouveau de bruyères, de genêts ou d'ajoncs, qui devront l'occuper pendant six ou sept ans, et quelquefois plus longtemps encore. Ce mode de faire est tout ce qu'il y a de plus vicieux.

Les plantes qu'il convient surtout de cultiver dans les terres écobuées sont les crucifères, raves, turneps, navets, colza, les pommes de de terre, l'avoine, la plupart des légumineuses fourragères, notamment les vesces et les sainfoins. Lorsque le sol n'est que d'une fertilité moyenne, les Anglais préfèrent les turneps à toute autre récolte, et ils les font manger sur le sol même. Ils obtiennent ainsi, l'année

suivante, une orge ou une avoine toujours fort belle, sur laquelle le trèfle se développe avec une vigueur inusitée. Celui-ci, après un ou deux ans, est retourné avant la dernière coupe, et on écobue de nouveau pour faire place, sans addition d'engrais, à du froment.

Dans le département du Nord, où l'on ne pratique l'écobuage que dans quelques marais tourbeux et sur des coteaux de landes, on obtient les plus belles récoltes de lin, de colza et d'œillette sur les terrains tourbeux récemment écobués; les bons cultivateurs, après cette première récolte, placent une récolte sarclée et fumée, qui précède immédiatement la céréale dans laquelle on sème le trèfle.

Il est de bonne pratique, en général, de n'amener sur une défriche les céréales panaires qu'en deuxième ou troisième récolte.

Le prix de revient du défrichement par l'écobuage des terrains marécageux, tourbeux ou argileux, à part leur dessèchement, qu'il est difficile de pouvoir évaluer, varie en raison du mode employé. Pour donner un aperçu de cette dépense, nous allons indiquer les frais occasionnés par un défrichement, effectué en 1837, sur un sol marécageux situé dans la commune de Roncherolles, près de Forges-les-Eaux (Seine-Inférieure). Ce sol, tourbeux à sa surface, offre, à peu de profondeur, une couche de terre argilo-sableuse.

PRIX DE REVIENT DU DÉFRICHEMENT D'UN TERRAIN MARÉCAGEUX, POUR UN HECTARE.

Écobuage à bras d'hommes.

Enlevage du gazon par plaques carrées de 8 centimètres d'épaisseur, à 2 centimes du mètre carré.	200 fr.	
Ramassage des plaques, dessiccation, incinération, répartition des cendres, à 1 centime du mètre carré.	100	»

Labours, hersage, etc.

100 hectolitres de chaux, à 3 fr. l'hectolitre.	300	
Transport et répartition.	30	
Labour superficiel pour recouvrir les cendres et la chaux.	14	
— ordinaire.	17	
Hersage à la grande herse, 2 dents.	6	
Loyer de la terre pendant un an.	»	
Frais généraux d'exploitation.	20	
Intérêts pendant un an des dépenses ci-dessus, à 5 p. 100.	34	55
Total.	721	55

Produit de ce terrain avant le défrichement. . . 0
— après l'opération. . . . . 60 fr.

Le capital engagé dans cette opération produit donc un intérêt d'environ 8 1/2 pour 100.

De tout ce qui précède, il faut conclure que l'écobuage est un excellent moyen de tirer du sol des récoltes plus abondantes, mais qu'il est dangereux d'en abuser, car le sol écobué est bien vite rendu stérile par une succession peu judicieuse de récoltes épuisantes.

Après l'écobuage, on doit mettre encore bien plus de soins qu'après toute autre méthode de rompre un pré, à adopter un assolement peu épuisant, à rendre promptement de l'engrais au sol, à le remettre en prairie au bout d'un petit nombre d'années, ou, si l'on veut le laisser en culture, à entretenir la fertilité par des engrais abondants.

« Un terrain écobué, dit Mathieu de Dombasle, est comme un cheval très-ardent, dont peut facilement abuser un voiturier malhabile, mais dont on peut tirer d'excellents services au moyen de ménagements convenables. »

Engrais organiques. — Avant d'examiner en particulier les diverses substances végétales ou animales qui peuvent être employées comme engrais, il est quelques considérations générales, tirées de la physique et de la chimie, qu'il est indispensable de connaître sur ces précieux moyens de fertilité.

Les engrais que l'on enfouit dans le sol contiennent des matières solubles et des matières insolubles, et le plus ordinairement ces dernières prédominent de beaucoup. Les premières peuvent immédiatement servir à la nutrition et être assimilées par les plantes ; mais, pour que les matières insolubles puissent remplir le même rôle, il faut absolument qu'elles éprouvent une fermentation qui en dissocie les éléments et qui donne lieu à la production de nouveaux composés solubles ou gazeux. Or c'est toujours ce qui arrive, seulement la décomposition des matières organiques, sous la triple influence de la chaleur, de l'humidité et de l'air, est plus ou moins prompte, suivant leur nature. Les substances animales se désorganisent plus promptement et plus facilement que les substances végétales, et, parmi ces dernières, celles qui sont riches en parties ligneuses résistent plus longtemps que les autres aux changements physiques et chimiques qui doivent les convertir en principes solubles ou gazeux assimilables.

Ainsi, avant de pouvoir servir d'engrais, les plantes arrachées du sol, les débris des animaux morts, doivent subir une fermentation ou une putréfaction qui désorganise les tissus, qui mette en liberté les sucs qu'ils renferment, et fasse passer peu à peu ces tissus par une suite régulière de décompositions et de transformations qui les rendent solubles dans l'eau, ou volatils. Ces phénomènes se produisent d'autant mieux et d'autant plus rapidement que les matières sont réunies en plus grande masse. Voilà pourquoi la paille des céréales, disséminée à la surface du sol, garde fort longtemps son aspect et n'agit

presque aucunement comme engrais, tandis que, entassée en masse considérable, elle s'échauffe bientôt, dégage de la vapeur d'eau et des gaz infects, se colore fortement en noir et se convertit promptement en *terreau*.

Mais il n'est pas indispensable que ces décompositions spontanées précèdent l'enfouissement des matières organiques dans le sol ; elles peuvent s'opérer dans la terre avec plus de profit pour la végétation, car les nombreux principes volatils ou gazeux, et notamment l'acide carbonique et l'ammoniaque, qui prennent toujours naissance dans ce cas, au lieu de se perdre dans l'atmosphère, restent dans le sol et peuvent concourir aussi à la nutrition des plantes.

De la durée de la décomposition des engrais dans la terre dépend surtout leur effet utile. La pratique et la théorie s'accordent sur ce principe, *que les engrais agissent d'autant plus utilement que leur décomposition est le mieux proportionnée aux développements des plantes*. Nous verrons, en traitant des engrais en particulier, qu'il est toujours possible de les modifier de manière à se rapprocher de cette condition, soit en ralentissant la décomposition des engrais trop actifs, soit en accélérant celle des autres.

La qualité et les doses des engrais applicables aux plantes peuvent donc varier entre des limites très-étendues, s'ils cèdent leurs produits gazeux ou solubles en proportions convenables, pour un temps et une superficie donnés.

« C'est ainsi que, toutes choses égales d'ailleurs, un engrais, entièrement décomposable en ses produits solubles et gazeux, dans le cours d'une seule année, pourra produire autant d'effet sur la première récolte qu'une quantité quintuple d'un autre engrais dont la décomposition ultime ne s'achèverait qu'en cinq ans ; mais celle-ci fournira pendant un temps cinq fois plus long les produits utiles, et il y aura compensation.

« La durée des engrais, souvent dépendante de la cohésion et de l'insolubilité de la substance organique, doit donc être prise en sérieuse considération[1]. »

D'après la durée ou la rapidité de leur action, on a distingué depuis longtemps les engrais en *engrais chauds* et *engrais froids*.

Les *engrais chauds* sont ceux dont l'action est rapide, à cause de leur disposition fermentescible et de leur grande solubilité, ou des matières salines qu'ils renferment ; ils ne contiennent pas beaucoup d'eau. Tels sont : le sang, la chair, les cretons, la poudrette, la fiente

[1] Boussingault et Payen, — *Mémoire sur les engrais et leurs valeurs comparées.*— Annales de chimie et de physique, 3e série, t. III, p. 67.

de mouton, le fumier de cheval, la colombine, le guano, les tourteaux de graines, etc.

Les *engrais froids* sont tous ceux dont l'action est lente, soit parce que leur tissu est difficile à décomposer ou à mettre en fermentation, soit parce qu'ils renferment peu de matières salines ou seulement des matières salines insolubles, soit enfin parce qu'ils sont trop délayés dans l'eau. Tels sont : les engrais végétaux, les fumiers des bêtes à cornes, les chiffons et déchets de laine et de soie, les os, les cornes et ergots, les sabots des chevaux, les cheveux, poils et crins, les plumes, les engrais liquides, etc.

Il ne faut pas attacher une trop grande importance à cette distinction, qui n'est pas vraie d'une manière absolue, car l'action et la durée des engrais sont modifiées par bien des causes, notamment par l'état du sol dans lequel on les dépose. Ainsi les matières organiques contenues dans une terre sablonneuse sont bientôt amenées à l'état soluble, parce que cette sorte de terre se laisse aisément pénétrer par les influences atmosphériques, agents de décomposition, tandis que, dans une terre argileuse, elles sont plus longtemps à devenir solubles, parce que la ténacité de l'argile rend l'accès de l'air et de la chaleur plus difficile.

Par la même raison, la solubilité de l'humus est hâtée dans une terre argileuse par les labours et les cultures ameublissantes qui l'ouvrent aux influences atmosphériques ; et, pour la même raison encore, dans une terre sablonneuse, où l'on répète trop souvent les cultures, l'engrais devient trop vite soluble et se volatilise dans l'air avant que les plantes aient accompli leur croissance.

Une légère alcalinité du sol est nécessaire et favorable à l'action des engrais. L'acidité tend sans cesse à dominer dans le sol, car les engrais organiques, en se décomposant, fournissent, comme résultat principal, du terreau ou de l'humus très-riche en acides, toujours nuisibles à la végétation. Cet inconvénient ne se fait pas sentir dans les terres calcaires, dont le carbonate de chaux neutralise les acides au fur et à mesure de leur production; mais, dans les terrains non calcaires, il y a nécessité d'associer aux engrais organiques des amendements ou des engrais alcalins, comme la marne, la chaux, les cendres, afin de rétablir et de maintenir dans le sol l'alcalinité favorable à la végétation.

Les alcalis, d'ailleurs, accélèrent la décomposition qu'éprouvent naturellement les matières organiques en présence de l'air humide et chaud. Cette action spéciale est bien connue des praticiens, qui, depuis fort longtemps, introduisent de la chaux vive dans leurs composts, et arrosent les pailles, les fanes ligneuses, les fougères et autres débris organiques avec des lessives pour hâter leur conversion en terreau.

On voit combien il est important de tenir compte des qualités physiques et chimiques du sol lors de l'application des engrais, et l'on peut dire que la *fécondité du sol* est le résultat de deux forces qui réagissent l'une sur l'autre, mais qui ne peuvent rien l'une sans l'autre, à savoir :

La *richesse du sol*, c'est-à-dire la quantité des engrais naturels ou ajoutés, et la *puissance du sol*, c'est-à-dire la propriété qu'il a naturellement, ou qui lui a été donnée par la culture, de se laisser pénétrer par les influences atmosphériques, la chaleur, l'humidité, l'air, dans les proportions les plus convenables pour que la nourriture des plantes soit toujours élaborée ou rendue soluble au fur et à mesure de leurs besoins, mais jamais au delà de ces besoins.

Ainsi, plus un terrain a de *puissance* et de *richesse*, plus il renferme d'engrais assimilables immédiatement, plus il produit de plantes et de parties végétales ; mais la consommation de l'engrais n'est pas toujours la même.

Un troisième élément auquel il faut encore avoir égard, par conséquent, dans l'emploi de ces précieux agents de production, c'est la nature des plantes qui doivent couvrir le sol, car toutes n'exigent pas la même proportion d'engrais pour acquérir leur plus complet développement.

Il y a des plantes qui, bien qu'empruntant au sol une partie de leur nourriture par leurs racines, s'approprient aussi une grande quantité de substances atmosphériques par leurs feuilles, ces *racines aériennes*, et qui ont, en outre, ce grand avantage, que, lors même qu'elles sont emportées hors du champ, elles y laissent, au moyen de leurs chaumes et de leurs nombreuses racines charnues, autant et quelquefois plus de matières organiques qu'elles n'en ont consommé.

Si on les abondonne sur le sol, ou si on les y enfouit en totalité, celui-ci récupérera les sucs qu'il avait fournis, et gagnera de plus en richesse l'équivalent des principes nutritifs que les plantes avaient tirés de l'atmosphère, principes nutritifs qui permettent d'obtenir, proportionnellement à leur quantité et sans nouvel engrais, d'autres productions.

Les plantes de la famille des légumineuses sont particulièrement dans ce cas favorable pour l'agriculteur. 1000 kilog. de trèfle laissent en terre 796 kilog. de racines supposées sèches, qui renferment 718 kilog. de principes empruntés à l'atmosphère, parmi lesquels l'azote figure pour 15 kilog. Voilà donc une quantité d'azote qui n'a rien coûté au cultivateur, et qui équivaut à 750 kilog. de fumier ordinaire.

On peut partager les plantes en quatre classes, sous le rapport de

leur plus ou moins d'influence sur les sucs nutritifs de la terre :

1° Celles qui *épuisent* beaucoup, c'est-à-dire qui exigent beaucoup d'engrais, occupent quelquefois la terre plus d'une année, et ne rendent absolument rien au sol ; tels sont :

Houblon,	Chanvre,	Pavot ou œillette,
Garance,	Lin,	Les pépinières.
Colza,		

2° Celles qui *épuisent* moins, parce qu'elles n'ont pas tous les effets des précédentes :

Choux,	Pommes de terre,
Navets,	Céréales d'automne,
Betteraves,	— de printemps.

Le froment épuise plus que le seigle;
L'orge épuise comme le seigle;
L'avoine épuise comme le froment, à poids égal.

3° Celles qui *enrichissent* beaucoup. Sont dans ce cas les plantes qui sont en totalité enfouies vertes, ou qui, ayant occupé le sol pendant de longues années, l'ont enrichi par leurs débris et par les substances fertilisantes puisées dans l'atmosphère :

AU PREMIER RANG.

Luzernes et sainfoins bien garnis qui ont duré plusieurs années:
Trèfle bien réussi dont on a enterré une coupe en pleine croissance.

AU DEUXIÈME RANG.

Gazon,	Vesce,	Sarrasin	enfonis.
Lupin,	Navette,	Fève	
Spergule,	Moutarde blanche,	Seigle	

4° Enfin celles qui *enrichissent* moins. Ces plantes sont d'autant moins enrichissantes qu'elles ont moins puisé dans l'atmosphère, qu'elles ont restitué à la terre une moins grande quantité de leurs débris ; que leur végétation aura été moins foliacée, moins vigoureuse, moins serrée, et que l'on en aura enfoui une moins grande quantité. A cette classe appartiennent :

Les légumineuses récoltées, trèfle, pois, vesce, fèves, haricots, etc., encore n'enrichissent-elles qu'autant qu'elles ont été non-seulement vigoureuses, mais épaisses ; ce qui ne s'obtient que sur des champs en bon état.