

Argile	11,0
Carbonate de chaux...	51,5
Sulfate de chaux.....	26,0
Oxyde de fer.....	11,5
	100,0

De la tourbe du Champ-du-Feu, près de Framont (Vosges), on obtient 3 pour 100 de cendres calcinées dans lesquelles il entre (1) :

Silice.....	40,0
Alumine, oxyde de fer.	30,0
Chaux.....	30,0
	100,0

La tourbe des environs de Haguenau (Bas-Rhin) produit 12,5 pour 100 de cendres calcinées renfermant, d'après l'analyse faite par M. Letellier dans mon laboratoire :

Silice et sable.....	65,5
Alumine.....	16,2
Chaux.....	6,0
Magnésie.....	0,6
Oxyde de fer.....	3,7
Potasse et soude.....	2,3
Acide sulfurique.....	5,4
Chlore.....	0,3
	100,0

Dans la supposition où toute la chaux serait unie à l'acide sulfurique, ce qui n'a certainement pas lieu, cette cendre renfermerait au plus 4,1 pour 100 de sulfate de chaux.

(1) Berthier, *Essai par la voie sèche*, t. I, p. 300.

On peut conclure de ces analyses, que la composition de la cendre de tourbe est fort variable. C'est très-probablement à ces variations qu'il faut attribuer la différence dans l'intensité des effets exercés sur le sol. Généralement, ces cendres suppléent au plâtre avec avantage; mais c'est à la condition cependant qu'elles renferment de la chaux, soit à l'état de sulfate, soit à l'état caustique, ou de carbonate. La cendre de Vassy, par exemple, peut être employée au plâtrage des prairies, puisqu'elle renferme le quart de son poids en sulfate de chaux.

Les bonnes cendres sont blanches et légères; l'hectolitre pèse environ 50 kil. à l'état sec. Schwertz conseille de les conserver à l'abri de l'humidité. C'est là une précaution souvent difficile à réaliser. Cependant, dans l'intérêt des transports, lorsque la distance à parcourir est tant soit peu considérable, il est incontestable qu'il y a avantage à les avoir sèches; il est aussi plus facile de les épandre en cet état, quoique par un vent un peu fort on puisse quelquefois désirer qu'elles soient humides.

Les cendres de tourbes de bonne qualité, c'est-à-dire dans la composition desquelles il entre des proportions convenables de chaux et de sels alcalins, conviennent à toutes les plantes. C'est surtout sur le trèfle que leur effet est vraiment surprenant.

C'est là un fait bien établi en Flandre; mais il faut les avoir employées soi-même pour se former une idée de l'amélioration qu'elles procurent. On ne doit pas craindre d'en donner trop; en hiver, nous por-

« commerce, est extrêmement faible en Angleterre ;
 « si l'on en a tant parlé il y a vingt-cinq ans, c'est
 « qu'on voulait monter l'opinion et se défaire d'un
 « impôt gênant pour les pêcheries et lourd pour la
 « consommation humaine ; on a mis en avant sir
 « John Sinclair, et quelques agronomes éminents de
 « l'époque ; mais une fois le dégrèvement obtenu,
 « on a laissé tomber toute cette effervescence d'opi-
 « nion, toute cette fièvre de promesses, on n'a plus
 « parlé du sel comme engrais et on a cultivé la terre
 « comme auparavant, sans rien changer aux procé-
 « dés. »

J'ajouterai que s'il semble résulter des recherches de M. Lecoq que le sel marin appliqué à la dose de 150 à 300 kil. par hectare favorise la culture de l'orge, du froment, de la luzerne et du lin, Mathieu de Dombasle, M. Puvis, M. Daurier, sont arrivés à une conclusion opposée. Dans leurs expériences, le sel n'a produit aucun effet appréciable.

Le *nitrate de potasse* a été recommandé à plusieurs reprises comme un amendement utile. Dans les procédés suivis pour l'application de ce sel, on voit ajouter de la *suie*, de la terre végétale, ingrédients qui, de leur nature, sont déjà de fort bons engrais, et dont le concours doit faire naître des doutes sur les propriétés extrêmement avantageuses attribuées uniquement au nitre. Les avantages du nitrate de potasse fussent-ils même parfaitement établis, que le prix assez élevé de ce sel s'opposerait probablement à son usage. C'est peut-être pour ce motif que depuis

plusieurs années l'attention des cultivateurs anglais s'est dirigée vers le *nitrate de soude*, que l'on importe de la côte du Pérou ; rendu en Angleterre, ce nitrate revient actuellement (1842) à 50 francs les 100 kil. ; à ce prix, et d'après l'effet utile qu'on croit lui avoir reconnu, il y aurait peut-être profit à l'employer. On a fait avec ce sel des expériences comparatives assez nombreuses, et en admettant leur exactitude, on demeurerait convaincu de son efficacité sur le sol. La dose adoptée a été de 125 kil. de nitrate par hectare.

M. Barclay, après avoir pris connaissance des essais tentés dans son voisinage, en a fait lui-même quelques-uns dont voici le résumé (1).

CULTURE SUR UN HECTARE.

	Sans nitrate.	Avec nitrate.	Différence en faveur du nitrate.
Récolte : Froment...	27 ^{hect.} , 50	31 ^{hect.} , 25	4 ^{hect.} , 75
Paille.....	2465 kilog.	2900 kilog.	435 kilog.

La récolte venue sur le sol qui avait reçu du nitrate de soude ne s'est pas vendue aussi bien que celle provenant du terrain qui ne contenait que du fumier, et, tout compte fait, l'usage du nitrate n'a procuré aucun avantage commercial. Il n'en resterait cependant pas moins établi, par cette expérience, que le nitrate de soude augmente la production de la matière organique végétale.

Plusieurs renseignements recueillis en Angleterre

(1) Ysabeau, *Journal d'Agriculture pratique*, t. IV, p. 489.

par M. de Gourcy, tendent à confirmer l'influence de ce sel sur le développement des plantes. Par son usage, les cultures de froment, de trèfle, de rutabaga, seraient grandement améliorées; ces faits admis, on peut se demander comment agit le nitrate de soude. La constitution chimique des nitrates est telle, qu'on peut concevoir qu'ils se comportent à la fois comme les engrais minéraux et comme les engrais organiques. La question importante à résoudre serait celle de savoir si l'azote du nitrate contribue pour quelque chose à la formation des principes azotés des plantes. Davy, tout en acceptant avec une extrême défiance les résultats de sir Kenelm Digby sur l'efficacité du nitre dans la culture de l'orge, ne répugnait pas cependant à croire que l'azote du nitrate pût concourir à la production de l'albumine et du gluten (1). Nous avons admis, comme très-probable, que l'azote des principes azotés des plantes a sa source dans l'ammoniaque issue des engrais, ou dans l'atmosphère; mais l'opinion qui soutiendrait que l'ammoniaque, née des matières organiques du sol, passe à l'état d'acide nitrique ou de nitrate d'ammoniaque avant de pénétrer dans les organes d'un végétal, s'appuierait à peu près sur les mêmes faits que j'ai rapportés en faveur de la première opinion. M. Kuhlmann assimile même l'action du nitrate de soude à celle de l'ammoniaque, en admettant que, sous l'influence désoxygénante de la fermentation putride, l'acide nitrique des ni-

(1) Davy, *Chimie agricole*, t. II, p. 43.

trates passe à l'état d'ammoniaque avant d'être absorbé par les plantes. Cette vue toute nouvelle aurait en sa faveur ce fait, que le nitrate de soude n'agit qu'autant qu'il rencontre, dans le sol, de la matière organique. Je rappellerai une observation à laquelle j'ai peut-être attaché autrefois trop peu d'importance. Lorsque j'examinai le lait végétal si vénéneux de l'*hura crepitans*, on eut l'occasion d'abandonner à elle-même une assez grande quantité de sève privée du caséum qu'elle renferme. Par l'évaporation spontanée, on obtint de ce liquide une proportion réellement considérable de nitrate de potasse. J'ai, depuis, reconnu plusieurs fois la présence de ce sel dans la sève de différents arbres des régions tropicales.

Il résulte de l'ensemble de ces observations, qu'une matière, pour fertiliser la terre, doit renfermer tous les principes organiques et minéraux nécessaires à la constitution des plantes. Dans ces derniers temps, M. Liebig a cherché à établir que les matières minérales, les sels alcalins, sont les seuls agents efficaces des engrais, en appuyant cette assertion sur des analyses qui indiqueraient dans la terre arable, alors même qu'elle n'est pas fumée, une forte proportion d'ammoniaque; d'où l'on a conclu que le sol contenant toujours une dose plus que suffisante de matériaux azotés, il n'y a pas lieu de lui en fournir. Voici les résultats de ces analyses, faites par M. Krockner (1).

(1) Krockner, *Annalen der Chemie und Pharmacie*, t. LVIII.

	Ammoniaque.
Terre argileuse avant d'être fumée.....	0,00170
— de Hohenheim.....	0,00156
Sous-sol du même terrain.....	0,00104
Terrain argileux portant de l'orge.....	0,00143
Terre de l'Illinois (Amérique) non fumée..	0,00116
Terre sablonneuse inculte.....	0,00096
Marne.....	0,00099

Avant de procéder à l'analyse, les terres avaient été tamisées, puis desséchées dans le vide, opérations qui, pour le dire en passant, ont dû éliminer du carbonate d'ammoniaque. On a dosé cet alcali en calcinant la terre avec un mélange de soude et de chaux. On sait que, par cette méthode, les substances azotées sont transformées en ammoniaque; mais le procédé ne permet pas de décider si cette ammoniaque était toute formée dans la matière examinée. En effet, une terre pourrait fournir à l'analyse une très-forte proportion d'alcali volatil, sans que pour cela on fût en droit d'affirmer qu'elle contient, je ne veux pas dire cet alcali tout constitué, mais même des substances azotées putrescibles, c'est-à-dire efficaces dans la végétation. Ainsi, on extrairait d'un sol abondant en débris tourbeux, d'un schiste bitumineux, de fortes quantités d'ammoniaque, sans que, pour cela, on soit assuré de retirer de semblables terrains des récoltes avantageuses.

Cependant, c'est d'après des dosages d'azote, que M. Liebig trouve qu'un hectare de terre arable, sur une profondeur de 25 centimètres, contient, non pas les éléments de l'ammoniaque, mais 2,000 à 10000

kilog. d'ammoniaque en nature, résultat présenté comme une objection contre la nécessité de l'intervention des engrais azotés. M. Kuhlmann a fait remarquer, avec raison, qu'il y a à cette objection une réponse dans les faits mêmes, et c'est qu'un hectare de terre peut contenir assez d'azote engagé dans des combinaisons stables, pour représenter jusqu'à 10,000 kilog. d'ammoniaque, 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 (1).

Si de ce que la terre renferme les éléments de l'ammoniaque, on en concluait que les substances organiques azotées, par cela même qu'elles fournissent des principes ammoniacaux, sont inutiles comme engrais, on pourrait avec tout autant de raison prononcer contre l'utilité de l'intervention des substances minérales, que l'expérience reconnaît comme très-efficaces dans la végétation. Ainsi, la présence constante des phosphates dans les cendres des végétaux, m'a fait écrire, à une époque déjà éloignée, que si, dans les résultats de leurs analyses des terrains, les chimistes n'avaient pas signalé ce genre de sel, c'est parce qu'ils ne les avaient pas recherchés. De-

(1) Kuhlmann, *Expér. chim.*, p. 81.

Prenant 1^{kilog.}5 pour le poids du décimètre cube de terre arable desséchée, 3 décimètres pour la profondeur de la couche labourée, et 0,0012 pour la proportion d'ammoniaque contenue dans la terre sèche; on trouve que dans le sol labouré d'un hectare, il y aurait 3,750 kilogrammes d'ammoniaque, ou 7,500 kilogr., si l'on porte l'ammoniaque à 0,0024.

puis lors, on a rencontré l'acide phosphorique dans un grand nombre de roches, dans tous les sols.

Je ne doute pas que si M. Krocher se fût appliqué à doser l'acide phosphorique dans les terres dont il a déterminé l'azote, il n'en eût rencontré des proportions très-minimes sans doute, mais qui, multipliées par le poids de la terre labourée d'un hectare, se seraient traduites aussi en milliers de kilogrammes. En voici un exemple :

Un sol crayeux, à peu près stérile sans le secours des engrais, a donné à l'analyse, après dessiccation, 0,0011 de phosphate de chaux. Un décimètre cube de cette terre desséchée a pesé 1 kilog. Un hectare, sur une profondeur de 25 centimètres, contient 2,500,000 décimètres cubes, pesant le même nombre de kilog. ; or, comme dans chaque kilog. de terre, il y a 1 gram. de phosphate, la couche arable renfermait 2 à 3,000 kilog. de ce sel. Cependant, malgré la présence de ce phosphate, le sol est improductif, et, chose remarquable, on le fertilise en lui donnant, pour un hectare, 4 à 500 kil. de noir des raffineries dans lesquels il y a, indépendamment du sang coagulé, tout au plus 150 à 200 kil. de phosphate de chaux.

Les sols les plus stériles ne sont probablement pas entièrement dépourvus de matières minérales utiles aux plantes, et, c'est un fait bien digne d'être signalé, les rares végétaux fixés sur ces terres ingrates parviennent à s'emparer de ces matières qui, en raison de leur faible proportion, échappent aisément à l'analyse.

Des faits que je viens de rapporter découle cette conséquence : c'est qu'il ne suffit pas seulement que les éléments minéraux ou azotés, utiles dans la culture, existent dans un terrain, il faut, en outre, qu'ils y soient dans un état particulier favorable à l'assimilation, comme cela se réalise dans les fumiers. Il est bien évident que de la potasse engagée dans un fedspath, qu'une analyse signalera dans la composition d'un sol arable, ne passera pas dans le végétal ; il ne l'est pas moins, que l'azote, partie constituante de fragments de houille, de lignite, de tourbe, épars dans le même sol, ne contribuera pas au progrès de la végétation, comme le ferait ce même azote transformé en sel ammoniacal. Aussi, les combustibles que j'ai nommés ne sauraient être considérés comme des agents fertilisants ; mais, les produits de leur distillation, comme l'eau ammoniacale des usines où l'on prépare le gaz d'éclairage, agit de la manière la plus active.

L'opinion qui voit dans les sels que contiennent les engrais, les seuls principes véritablement utiles, conduirait à conseiller aux cultivateurs de brûler leurs fumiers, afin de diminuer les transports toujours si embarrassants et si onéreux : je doute que ce conseil soit jamais suivi. Des observations faites avec soin ont d'ailleurs démontré que la matière organique des engrais exerce une action bien prononcée. On a fumé 30 mètres carrés d'un terrain argileux très-peu productif, avec du fumier de ferme : on en a obtenu une récolte d'avoine satisfaisante. Tout à côté, sur

une surface égale, on a répandu les cendres, par conséquent les sels provenant d'une semblable quantité de fumier : en agissant ainsi on n'a pas amélioré le sol d'une manière sensible.

Il est un point sur lequel je crois devoir insister : c'est que, malgré l'utilité incontestable des fumiers, il ne faut pas voir dans leur production, dans leur intervention, la seule voie progressive de l'agriculture. Les perfectionnements apportés dans les façons données à la terre, l'amélioration des qualités physiques du sol, comme un égouttage plus parfait, l'augmentation de la profondeur de la couche arable, contribuent autant, si ce n'est plus, que la profusion des engrais, à l'abondance des récoltes.

CHAPITRE X.

VALEUR, COMPARÉE DES ENGRAIS DÉRIVÉS DES CORPS ORGANISÉS.

J'ai rassemblé, dans un tableau, les données que nous possédons sur la constitution chimique des substances employées comme engrais, dérivant des corps organisés. Dans les colonnes de ce tableau on trouve l'humidité, l'azote, l'acide phosphorique, contenus dans 100 kil. de matière. Il eût été à désirer qu'on y rencontrât les proportions des autres éléments minéraux, comme la potasse, la chaux, la magnésie; car, lorsqu'il s'agit de substituer un engrais à un autre, il conviendrait que la substitution eût lieu pour chacun des principes constituants. Mais il n'y a encore qu'un très-petit nombre d'analyses; et j'ai dû me borner, pour les substances minérales, à présenter, quand cela a été possible, la proportion de l'acide phosphorique; les combinaisons de cet acide, étant avec la matière azotée putrescible, les principaux agents des fumiers. On a ainsi les données nécessaires pour calculer les équivalents des engrais, sous le rapport de l'azote et des phosphates.

tons, quand nous le pouvons, jusqu'à 100 hectolitres de cendres de tourbe, par hectare, sur nos trèfles; on les épand même sur la neige, et on les étale au râteau dans les premiers jours du printemps. Les Hollandais les donnent à plus forte dose encore; à deux reprises, ils en mettent 125 hectolitres par hectare de trèfle (1). En Hollande, au rapport de Sinclair, on se sert aussi de cendres provenant d'une tourbe qui, pendant l'hiver, séjourne sous des eaux saumâtres; par cette circonstance, les cendres sont extrêmement riches en sels alcalins (2).

Cendres de houilles. La houille, comme le combustible précédent, provient des végétaux dont l'altération a été assez profonde pour faire disparaître à peu près toute trace d'organisation. On a trouvé pour la composition des principales variétés de houille (3) :

	Carbone.	Hydrogène.	Oxygène et azote.	Cendres.
Houille grasse dure (Alais) ..	89,3	4,8	4,5	1,4
Houille grasse maréchale (Rive-de-Giers).....	87,5	5,1	5,6	1,8
Houille grasse à longue flamme (Mons).....	84,7	5,3	7,9	2,1
Houille sèche (Blanzy).....	76,5	5,2	16,0	2,3

La proportion d'azote dans les houilles analysées est de 1 à 2 p. 100.

(1) Schwertz, *Principes raisonnés d'agriculture*, p. 137.

(2) Sinclair, *Agriculture pratique et raisonnée*, t. I, p. 447.

(3) Regnault, *Annales de Chimie et de Physique*, t. LXVI, p. 353, 3^e série.

Dans une cendre de houille de Saint-Étienne, de très-bonne qualité, l'analyse a indiqué :

Argile inattaquable par les acides.	62
Alumine.....	5
Chaux.....	6
Magnésie.....	8
Oxyde de manganèse.....	3
Oxyde et sulfure de fer.....	16

100

Les cendres de houille renferment aussi de très-petites quantités de sels alcalins qui échappent ordinairement à l'analyse quand on n'en fait pas l'objet d'une recherche spéciale. Une cendre, examinée dans mon laboratoire, a donné près de 0,01 d'alcali. Ces cendres conviennent particulièrement aux terres argileuses; elles agissent en diminuant la ténacité du sol. En outre, elles y introduisent quelques principes utiles, comme de la chaux et des sels alcalins.

Cendres de varechs. — Sur les côtes, on brûle les varechs, les fucus, pour en obtenir de la soude. Dans la basse Normandie l'incinération a lieu dans des fosses pratiquées sur le rivage. La soude se présente en une masse noire, frittée; comme alcali, elle a assez peu de valeur, et, en raison de son bas prix, il est quelquefois avantageux de l'employer comme engrais. C'est ce qu'on pratique depuis bien longtemps en Bretagne et dans le nord de l'Angleterre.

Malgré l'origine des cendres de varechs, on se tromperait si l'on imaginait que leur application a surtout pour effet de porter de la soude dans le sol.

Les cendres des plantes marines sont riches en potasse, bien que cet alcali n'entre que pour une proportion infime dans l'eau de la mer. C'est ce qui résulte des analyses faites par M. Godechens sur des cendres obtenues des varechs récoltés à l'embouchure de la Clyde, sur la côte occidentale d'Écosse.

	FUCUS DIGITATUS.	FUCUS VESICULOSUS.	FUCUS NODOSUS.	FUCUS SERRATUS.
Potasse.....	20,7	13,0	9,1	4,0
Soude.....	7,7	9,5	14,3	18,7
Chaux.....	10,9	8,4	11,6	14,4
Magnésie.....	6,9	6,1	9,9	10,3
Peroxyde de fer.....	0,6	0,3	0,3	0,3
Chlorure de sodium.	26,2	21,4	18,3	16,6
Iodure de sodium...	3,3	0,3	0,5	1,2
Acide sulfurique....	12,2	24,1	24,2	18,6
Acide phosphorique.	2,4	1,2	1,4	3,9
Silice.....	1,4	1,2	1,1	0,4
Acide carbonique...	8,1	1,2	3,7	8,0
Charbon.....	0,5	13,9	6,6	3,2
	100,9	100,6	100,0	99,6

L'engrais de Noirmoutiers dont l'usage est répandu dans toute la Bretagne, a pour base les cendres de varechs. Dans l'île de Noirmoutiers on mélange les cendres avec du sable, de la terre végétale, des fucus frais, du fumier, des coquillages. On réunit toutes ces matières en tas qu'on arrose de temps à autre avec de l'eau de mer. Après la fermentation, la masse prend l'aspect du terreau. On en donne 80 à 100 hectolitres par hectare; cet engrais convient particulièrement aux prairies hautes. Dans les Côtes-du-Nord,

la cendre de varechs est employée sans être mélangée; elle coûte 2 francs l'hectolitre, prise sur place; on en met 20 à 30 hectolitres par hectare.

Par ce qui précède, on ne saurait douter de l'efficacité de la potasse et de la soude sur la végétation. On retrouve, d'ailleurs, constamment ces bases des plantes.

Les sels jouissant de propriétés alcalines, comme les carbonates, sont, avec les phosphates, ceux dont l'efficacité sur la végétation ne saurait être mise en doute. Du moins les expériences tentées avec les autres substances salines n'ont conduit à aucun résultat définitif.

Le sel marin a été longtemps prôné comme un des agents les plus favorables à la culture et, pendant des années, ses partisans ne voyaient d'autres obstacles à son usages que l'impôt excessif dont il était frappé. Cependant, en France, des agronomes ne sont pas parvenus à mettre en évidence l'utilité du sel pour l'amélioration du sol, et depuis qu'en Angleterre, l'abolition des droits en a fait baisser le prix de 97 p. 100, la consommation agricole du sel marin n'a pas sensiblement augmenté. On peut même dire qu'aujourd'hui son emploi est nul comme engrais (1), malgré la multitude d'essais faits dans ces derniers temps. « Le rôle agricole du sel, disait à la commission d'enquête, un ancien secrétaire d'État du

(1) Milne Edwards, *Rapport sur la production et l'emploi du sel en Angleterre.*