

que cette terre n'est absorbée que pendant la jeunesse de la plante. La potasse, la chaux, sont les bases qui entrent pour une très-forte proportion dans la constitution minérale du trèfle; et un fait qui mérite toute notre attention, c'est que la chaux, assimilée depuis le plâtrage, ne répond aucunement à l'acide sulfurique fixé pendant le même espace de temps. L'excès d'acide et de chaux que présentent les cendres du trèfle plâtré sur celles du trèfle qui ne l'a pas été est pour :

1841, acide sulfurique : 4,8; chaux : 47,2  
1842, — 6,0; — 70,6

En supposant encore que l'acide sulfurique assimilé depuis le plâtrage soit intervenu à l'état de sulfate de chaux, on trouve que :

En 1841, la récolte plâtrée aurait absorbé 8<sup>k</sup>,2 de ce sulfate  
1842, — 10<sup>k</sup>,2 —

Ces quantités sont si minimes, qu'elles sont de nature à faire supposer que le plâtrage surtout fournit à la plante la forte proportion de chaux qu'elle paraît exiger; il équivaudrait alors au chaulage; et en effet, au rapport de Schwertz, en Flandre on remplace le plâtre par la chaux éteinte, par les cendres de bois lessivées, par les cendres de tourbe, et cela avec un avantage décidé (1). S'il est des cendres de tourbe pourvues de sulfate de chaux, il en est aussi qui ne le sont pas. Dans celles que nous employons dans notre

(1) Schwertz, *Culture des plantes fourragères*, p. 72.

culture avec un succès incontestable, l'acide sulfurique y est probablement engagé à l'état de sulfate alcalin.

Ces expériences ont conduit à des résultats si différents de ceux auxquels on s'attendait, que j'ai cru devoir les reprendre en 1849, en recherchant comparativement la chaux et l'acide sulfurique, non plus avant et après le plâtrage, mais dans le trèfle d'une sole plâtrée et dans celui d'une sole voisine qui ne l'avait pas été.

L'incinération du trèfle fané a eu lieu à une température aussi basse que possible, et l'on a brûlé à la fois des tiges et des feuilles, dans le rapport où elles se trouvaient dans la plante. Ce rapport était :

TRÈFLE, 1<sup>re</sup> COUPE.

	Plâtré.	Non plâtré.
Tiges .....	60,2	57,2
Feuilles .....	39,8	42,8
	100,0	100,0

L'analyse a indiqué sur 100 parties :

TRÈFLE, FANÉ 1<sup>re</sup> COUPE.

	Plâtré.	Non plâtré.
Humidité.....	12,67	15,37
CENDRES.		
Dans le trèfle fané.....	9,12	8,90
— privé de toute humidité...	10,44	10,40
ACIDE SULFURIQUE.		
Trèfle privé d'humidité.....	0,162	0,431
— deuxième expérience....	0,144	0,417
CHAUX.		
Trèfle privé d'humidité.....	2,574	1,677
— deuxième expérience....	2,054	»



réagit sur les sulfates de manière à expulser une partie de l'acide sulfurique. Bien qu'il fût présumable que cette expulsion n'avait point lieu, du moins en proportions sensibles, en présence du grand excès de potasse que les cendres de trèfle contiennent toujours, j'ai cru devoir lever tous les doutes à cet égard.

Après avoir déterminé, aussi exactement que possible, la quantité de cendre laissée par la plante fanée, et en avoir dosé l'acide sulfurique, j'ai pris un poids connu du même foin que j'ai brûlé dans un vase de platine, à l'aide d'un mélange de chlorate et de carbonate de potasse. J'ai alors recherché l'acide sulfurique dans le produit de cette combustion.

1000 parties de la plante ont donné directement 3 d'acide sulfurique, et, par l'analyse des cendres, 2,8.

Le trèfle plâtré de première coupe de la récolte de 1849, a fourni pour 100, par l'analyse des cendres, 0,16 d'acide sulfurique. En brûlant la plante, par le concours du nitrate de potasse, on a dosé 0,19 du même acide. La différence ne va pas au delà de 3 dix millièmes. Dans cette expérience comparative, on a opéré sur environ 100 grammes de plante sèche; le sulfate de baryte donnant l'acide sulfurique pesait plus de deux décigrammes. En agissant seulement sur quelques grammes des matières, comme l'ont fait plusieurs opérateurs, on n'obtient plus assez de sulfate de baryte pour compter sur des résultats certains.

Ainsi, des cendres alcalines retiennent le soufre préexistant dans la plante.

Si j'ai insisté sur la faible proportion d'acide sulfu-

rique contenue dans une récolte de trèfle, c'est que je dois encore examiner une troisième théorie du plâtrage que j'ai contribué à propager. Il me serait difficile, toutefois, d'en indiquer l'auteur avec certitude. Au reste, cette théorie se déduit naturellement d'une opinion très-répondue, qui admet dans les légumineuses une proportion de soufre beaucoup plus forte que dans les céréales. Or, comme on a remarqué que le plâtre convient généralement aux cultures dans lesquelles il entre des légumineuses, on se trouvait en quelque sorte autorisé à voir l'origine du soufre dans le sulfate de chaux donné au terrain. Nous étions d'autant plus disposés, M. Dumas et moi, à adopter cette explication du plâtrage, qu'elle rentrait dans les idées qui attribuent aux plantes le rôle de réducteurs (1). Il est d'ailleurs très-vraisemblable que le soufre des principes immédiats des végétaux dérive des sulfates ou de l'hydrogène sulfuré contenu pour quelques traces dans l'atmosphère. Mais les légumineuses renferment-elles réellement plus de soufre que les céréales? Il est permis d'en douter, aujourd'hui qu'une étude attentive des principes azotés des plantes a montré presque une identité de composition pour le gluten, la caséine, la légumine, etc., identité que j'admets pleinement malgré les caractères différentiels signalés par les chimistes. Je trouve, en effet, en examinant les analyses de cendres que j'ai

(1) Dumas et Boussingault, *Statistique des êtres organisés*. Paris, 1844.



exécutées, que le trèfle, les haricots, les fèves, ne contiennent pas sensiblement plus de soufre que le seigle, le froment, l'avoine et la pomme de terre. Il semble donc hors de doute que le soufre exigé par les plantes se rencontre surabondamment dans les terrains amendés avec les engrais ordinaires, comme cela a lieu dans la culture des céréales, des racines et des tubercules.

En résumé, on voit qu'il est à présumer que le plâtre agit utilement sur les prairies artificielles, en portant de la chaux dans le sol; c'est là du moins l'opinion qui s'accorde le mieux avec les faits agricoles et les résultats de l'analyse des cendres des récoltes; je pourrais peut-être ajouter, avec l'analyse des terres arables: car il ressort d'une suite de recherches faites par M. Rigaud de l'Isle, que le plâtre n'a d'action très-prononcée que sur les sols privés d'une dose suffisante de carbonate de chaux (1).

Cependant, certains cultivateurs sont si éloignés de souscrire à ces conditions, qu'ils pensent que le gypse n'a aucun effet dans les sols privés de l'élément calcaire. On voit que, malgré les nombreux travaux que nous possédons, la question théorique du plâtrage est loin d'être résolue, et que de nouvelles recherches sont d'autant plus nécessaires que jusqu'à présent la science s'est bornée à rejeter toutes les explications sans rien mettre à leur place.

(1) Rigaud de l'Isle, *Mémoires de la Société d'Agriculture*, année 1824.

#### Cendres.

*Cendres de bois.*— Les cendres de végétaux contribuent puissamment à l'amélioration du sol; elles renferment, en effet, de la silice, des phosphates, des sulfates, des carbonates terreux et alcalins, sels dérivant des plantes et naturellement aptes à favoriser la végétation. Bien que la cendre de bois soit généralement d'une utilité reconnue, les usages nombreux auxquels l'industrie l'emploie, font que le prix en devient souvent trop élevé pour qu'on la destine à la terre. On la traite ordinairement pour en retirer du carbonate de potasse; les savonniers en obtiennent des lessives alcalines: dans les pays recouverts de forêts, on brûle même les végétaux pour se procurer des cendres, et, par suite, du salin et de la potasse. Les peuples les moins avancés dans la culture, en connaissent l'influence sur le développement des plantes. Les Indiens brûlent les tiges et les feuilles de maïs pour bonifier le terrain; on retrouve la même pratique chez les peuplades de l'Afrique. Sur les bords du Zaïre, selon l'infortuné capitaine Tuckey, on prépare les terres en plaçant de petits tas d'herbes sèches auxquelles on met le feu; dans les cendres, on plante des pois et du maïs: ces cendres sont le seul engrais dont on fasse usage (1). En Angleterre, on en donne, au printemps, jusqu'à 35 hectolitres par hectare (2). En Alsace, on considère les cendres de bois comme l'amendement le plus efficace pour les prairies.

(1) Tuckey, *Expédition pour reconnaître le Zaïre*, t. II, p. 59.

(2) Sinclair, *Agriculture pratique et raisonnée*, t. I, p. 446.



Les cendres lessivées ou charrées provenant des savonneries renferment encore une petite quantité de sels solubles échappés à la lixiviation ; tous des sels insolubles s'y retrouvent, et en outre elles sont mêlées d'une forte proportion de chaux qu'on ajoute pour rendre caustique le carbonate de potasse ; aussi, ces cendres sont-elles fort recherchées : on les répand à la dose de 40 à 60 hectolitres par hectare. Dans les régions boisées où l'on fabrique la potasse, on obtient ce produit en très-grande quantité : on le fait concourir, alternativement avec les engrais organiques, à l'amendement des terres. L'application des cendres se fait de la même manière que lorsqu'il s'agit d'épandre la chaux, avec cette seule différence, que le labour d'incorporation est peu profond et ne se donne qu'après une petite pluie. Il y a des localités où un hectare reçoit jusqu'à 150 hectolitres de cendres lessivées (1).

MM. Moride et Bobierre ont trouvé dans des charrées sèches de diverses provenances :

	De la Flotte.	De la Rochelle.	De Nantes.
Matières organiques.....	2,9	6,0	9,8
Sels alcalins.....	3,4	2,0	1,1
Silice.....	50,2	42,7	13,6
Phosphate de chaux et oxyde de fer.....	10,9	12,4	27,3
Carbonate de chaux.....	26,6	34,8	47,1
Magnésie et perte.....	6,0	2,1	1,1
	100,0	100,0	100,0

(1) Schwertz, *Préceptes de l'Agriculture, pratique* p. 128.

Dans la basse Normandie, où la charrée est fort recherchée, on la paye de 1 fr. 50 à 3 fr. l'hectolitre ; on la falsifie assez souvent avec du sable.

*Cendres de tourbes.* — La tourbe est le résultat de l'altération spontanée des végétaux. Elle se forme dans les eaux stagnantes ; aussi rencontre-t-on des dépôts tourbeux sur le bord des rivières, dans les vallées, sur le fond des anciens lacs, à l'embouchure des fleuves. On trouve ce combustible depuis le niveau de la mer jusque sur les plateaux élevés des Vosges et des Alpes ; il git en bancs horizontaux, divisés par des couches de gravier, d'argile ou de sable. Sa formation est très-récente, comme l'indiquent les atterrissements peu épais qui le recouvrent, les débris d'animaux et les produits de l'industrie humaine qu'on y rencontre fréquemment.

Dans la tourbe, l'état de décomposition auquel sont parvenus les végétaux est souvent très-peu avancé ; rarement l'altération est assez complète pour que les plantes soient méconnaissables. Selon l'origine, on distingue la tourbe ligneuse, la tourbe herbacée. Celle qui est très-compacte, noire, a l'aspect du terreau ; en général elle est légère, spongieuse, d'une couleur brune. En raison de sa porosité, la tourbe, après qu'elle est desséchée, est fort légère ; le mètre cube pèse de 250 à 690 kil. D'après les conditions dans lesquelles ce combustible a été formé, on comprend qu'il doit renfermer les principes élémentaires particuliers aux plantes ; il paraît être le dernier état de la modification du ligneux par les agents atmosphériques



et l'humidité. M. Reiesch y a constaté la présence du tanin.

Une tourbe des environs de Moscou, examinée par M. Hermann, a donné à l'analyse :

Matière carbonacée. } ...	77,5
Détritus de plantes } ...	
Acide ulmique.....	17,0
Extrait d'humus.....	4,0
Ammoniaque.....	0,25
Cendres.....	1,25
	100,0

La composition élémentaire de ce combustible est (1) :

Localités.	Carbone.	Hydrogène.	Oxygène et azote.	Cendres.
Tourbe de Vulcaire.....	57,0	5,6	51,8	5,6
— de Long.....	58,1	5,9	51,4	4,6
— du Champ-du-Feu.....	57,8	6,1	50,8	5,5

La tourbe, comme l'on voit, a une certaine analogie avec le terreau ; elle en diffère cependant par l'absence de matières solubles dans l'eau ; et l'on conçoit, en effet, d'après son origine aqueuse, qu'un principe soluble ne puisse s'y rencontrer en quantité appréciable. Peut-être pourrait-on l'assimiler à la partie insoluble laissée par le terreau après sa lixiviation. Il y aurait même encore cette conformité que la tourbe, comme la substance insoluble du terreau, quand elle est exposée humide au contact de l'air, finit, avec le temps, par former une certaine quantité de principe soluble dont les alcalis hâtent aussi

(1) Regnault, *Annales de Chimie et de Physique*, t. LXV, 2<sup>e</sup> série.

le développement. L'usage que l'on fait de la tourbe comme engrais dans certaines contrées confirmerait cette manière de voir, car l'on sait que les fonds tourbeux bien égouttés et chaulés, ou traités par les cendres alcalines, finissent par se transformer en un sol fertile.

Les cendres de tourbe devraient contenir toutes les substances minérales que l'on retrouve ordinairement dans les cendres des plantes, plus des matières terreuses accidentelles. Il n'en est pas ainsi cependant. On y rencontre bien quelques sels alcalins en très-faible proportion ; M. Berthier y a trouvé quelquefois des traces de carbonate de potasse ; mais aucun analyste, que je sache, n'a signalé la présence des phosphates, et on n'a pas réussi davantage à constater leur présence dans une recherche toute spéciale faite dans mon laboratoire, sur des cendres provenant d'une tourbe de Haguenau, d'une houille de Saint-Étienne, d'un lignite de Venezuela près Portocabello. Ces résultats m'ont beaucoup étonné. Que les eaux intervenues dans la décomposition, la carbonisation des matières végétales, aient enlevé les sels solubles préexistants, cela se conçoit ; mais les phosphates terreux ou métalliques devaient se retrouver, et il est d'autant plus singulier de ne pas en rencontrer dans les cendres de houille, que le minéral de fer des houillères qui accompagne, qui touche, pour ainsi dire, les couches carbonifères, est toujours plus ou moins phosphoré. En ce qui concerne la tourbe, MM. Moride et Bobierre pensent,



en s'appuyant sur des expériences, que le phosphate de chaux des végétaux modifiés a pu être enlevé par des eaux fortement imprégnées d'acide carbonique.

Les cendres de tourbe sont d'un emploi extrêmement avantageux, et leurs bons effets dans presque toutes les cultures expliquent l'empressement des cultivateurs intelligents à se les procurer. L'analyse y indique des substances qui, considérées isolément, sont propres à améliorer le sol. Ainsi, on y rencontre de la chaux en partie carbonatée et dans un très-grand état de division, quelquefois du sulfate de chaux; de l'argile calcinée, dont l'action sur les terres fortes et humides est toujours utile; de la silice en partie gélatineuse et rendue telle par la réaction des alcalis pendant l'incinération; enfin, des sels alcalins: chlorures, sulfates, carbonates, et peut-être, malgré les résultats de l'analyse, des traces de phosphates.

La tourbe des marais de Sceaux, près Châteaulandon (Seine-et-Marne), laisse 19 pour 100 de cendres, composées de (1) :

Chaux caustique et carbonatée..	63,0
Argile.....	7,5
Silice gélatineuse.....	15,0
Alumine.....	7,0
Oxyde de fer.....	9,0
Carbonate de potasse.....	0,5
	<hr/>
	100,0

(1) Berthier, *Essai par la voie sèche*, t. I, p. 297.

La tourbe de Voitsumra, exploitée sur les frontières de Bavière et de Bohême, dans laquelle il y a de nombreux débris d'arbres, renferme 1,7 pour 100 de cendres calcinées, formées, selon M. Fikenschner (1), de :

Silice.....	36,5
Alumine.....	17,3
Oxyde de fer.....	33,0
Chaux.....	2,0
Magnésie.....	3,5
Sulfate de chaux.....	4,5
Chlorure de calcium.....	0,5
Charbon échappé à l'incinération	2,7
	<hr/>
	100,0

La tourbe des environs de Troyes, brune, herbacée, donne 11 pour 100 de cendre; contenant (2) :

Acide carbonique et soufre.	23,0
Chaux.....	23,0
Magnésie.....	14,0
Alumine, oxyde de fer.....	14,0
Argile et silice.....	26,0
	<hr/>
	100,0

La tourbe de Vassy (Marne) est compacte, brune, mêlée de fragments de craie. Par l'incinération, on en retire 7,2 de résidu pour 100, dans lequel il y a (3) :

(1) Berthier, *Essais par la voie sèche*, t. I, p. 298.

(2) Berthier, *Essais par la voie sèche*, t. I, p. 299.

(3) Berthier, *Essai par la voie sèche*, t. I, p. 299.



Ces résultats sont singuliers, on pourrait dire anormaux, puisqu'ils signalent plus d'acide sulfurique et, par conséquent, plus de soufre dans le trèfle non plâtré. On serait porté à croire à une erreur de désignation, si l'analyse ne décelait pas beaucoup plus de chaux dans le trèfle plâtré. J'ajouterai que j'avais étiqueté moi-même les deux bottes de fourrage destinées à ces recherches.

L'excès de fourrage obtenu dans la récolte plâtrée n'explique pas davantage l'anomalie constatée. En effet, d'après la plus value évaluée au quart de la récolte, on a :

	Acide sulfurique.	Chaux.
Dans 400 kilog. de trèfle plâtré.....	612 gramm.	9250 gr.
Dans 300 — non plâtré.	1272	4851

Ce trèfle avait été fauché en juin. J'ai dû, en présence de ces résultats, entreprendre de nouvelles recherches sur la deuxième coupe; dans ce but, j'ai brûlé sur place d'assez fortes quantités de ce fourrage pour me procurer des cendres. L'analyse a constaté dans 100 parties de cendres :

	TRÈFLE.	
	Plâtré.	Non plâtré.
Acide sulfurique..	1,71	1,21
Chaux.....	24,34	20,44

Les deux échantillons de fourrage supposé absolument sec, ont laissé une égale proportion de cendre, 10 pour 100; il en résulte qu'en rapportant la chaux et l'acide au trèfle desséché, on a sur 100 parties :

	TRÈFLE SEC.	
	Plâtré.	Non plâtré.
Acide sulfurique..	0,171	0,121
Chaux.....	2,434	2,044

En adoptant ces nombres comme étant les plus favorables, par leur sens, à l'assimilation directe du gypse par la plante, nous aurons, en prenant les rendements ordinaires par hectare des soles plâtrées et des soles non plâtrées :

	Acide sulfurique. kil.	Chaux. kil.
Récolte plâtrée, 5000 kil. contenant...	8,6	121,7
Id. non plâtrée, 3750.....	4,3	76,7
Différence en plus dans la sole plâtrée.	4,1	45,0

Comme dans la discussion des expériences de 1841 et 1842, nous constatons que l'acide sulfurique en plus de la récolte plâtrée est bien loin d'être suffisant pour constituer un sulfate avec la chaux qu'on peut supposer avoir été introduite par le plâtre.

La cendre de bois, qui est certainement l'amendement le plus favorable au développement des prairies artificielles, renferme en moyenne 1 pour 100 d'acide sulfurique, et quand elle a été lessivée, cette faible quantité doit être bien moindre encore : elle serait nulle si le lessivage était parfait; et, dans tous les cas, il n'y a pas là de sulfate de chaux pour retenir l'ammoniaque des eaux pluviales : il s'y trouve, au contraire, des carbonates alcalins très-propres à expulser l'alcali volatil. Indépendamment des phosphates terreux utiles à toutes plantes, les cendres les-



sivées renferment souvent plus de 80 pour 100 de carbonate de chaux. On voit donc qu'en général les amendements qui surexcitent la végétation du trèfle possèdent constamment l'élément calcaire, soit à l'état de sulfate, soit à l'état de carbonate; et c'est ce même élément qui se montre abondamment, dans les récoltes, uni à des acides organiques, et dépouillé, par conséquent, de la presque totalité de l'acide inorganique avec lequel il était engagé au moment où il a été incorporé dans le sol. Dans la supposition assez vraisemblable où le plâtre agit comme le carbonate calcaire, il faut concevoir qu'une fois en présence des engrais indispensables, le sulfate de chaux se décompose, et que le résultat de cette décomposition est du carbonate de chaux dans un grand état de division, et, par cette raison, facilement absorbable. Cette transformation du sulfate en carbonate de chaux se conçoit d'autant plus facilement, que des analyses récentes admettent le carbonate de potasse au nombre des éléments des terres arables; il est évident que le plâtre sera décomposé aussitôt qu'il se trouvera en contact avec un carbonate alcalin. Enfin, et cette explication s'appuie sur des expériences, il peut arriver que le sulfate de chaux, en présence des matières organiques appartenant au sol, passe par l'effet d'une désoxydation à l'état de sulfure de calcium, sulfure sur lequel l'acide carbonique réagit bientôt, en provoquant une oxydation aux dépens de l'eau. Dans ce cas, il y a élimination du soufre, dégagement d'acides hydrosulfuriques, et production de

carbonate de chaux. Le fait est qu'en introduisant dans de la terre végétale fortement plâtrée une lame d'argent, on la voit noircir beaucoup plus promptement que dans la même terre non plâtrée; et, à l'aide de l'analyse, on constate qu'au bout de quelques mois une partie du sulfate de chaux est changée en carbonate. C'est ainsi seulement que je comprends la disparition de l'acide sulfurique du plâtre; car, si la chaux pénétrait réellement dans le végétal à l'état de sulfate, les cendres devraient être infiniment plus riches en acide sulfurique que ne l'indique l'analyse. Cette même difficulté se reproduit encore dans l'hypothèse de M. Liebig. Si les 61 kilogr. d'ammoniaque prélevés sur l'atmosphère pénétraient dans la plante sous forme de sulfate, il entrerait en même temps 142 kilogr. d'acide sulfurique qu'on devrait aussi retrouver dans les cendres d'une récolte faite sur un hectare. Or, les cendres, l'acide carbonique déduit, que laissent 5,000 kilogr. de trèfle plâtré, pèsent 275 kilogr., contenant, sur 100,  $3 \frac{1}{3}$  d'acide sulfurique. Cette quantité de cendre, si l'acide du sulfate d'ammoniaque se fixait dans la récolte, s'élèverait à 417 kilogr., et la cendre renfermerait alors 70 d'acide sulfurique sur 100.

Avant de formuler cette dernière objection contre les théories admises, j'ai dû nécessairement examiner si les cendres contiennent, à l'état de sulfate, la totalité du soufre préexistant dans la plante incinérée; car il n'était pas impossible qu'à la température à laquelle s'opère l'incinération, la silice