

CHAPITRE IX.

DES ENGRAIS MINÉRAUX.

Les engrais d'origine organique laissent, quand on les brûle, des cendres composées de matières terreuses et de sels alcalins. L'action de ces diverses substances sur la végétation est de la dernière évidence ; et il est certain qu'un engrais organique, fût-il le plus riche en principes azotés, le plus facilement assimilable, serait néanmoins incomplet s'il ne renfermait encore les matières minérales que les plantes exigent du sol pour se développer et atteindre leur maturité. Les engrais organiques réputés les plus actifs sont toujours abondamment pourvus de principes inorganiques ; le fumier de ferme en contient plus du quart de son poids, et les eaux d'irrigation renferment constamment des sels en dissolution.

Cependant, les cultures répétées peuvent finir par enlever au sol la plus grande partie des substances minérales utiles. Les sels contenus dans les fumiers sont quelquefois insuffisants : il faut donc, dans certains cas, en pourvoir la terre, soit pour réparer les pertes, soit pour activer des cultures spéciales.

Voici, d'après M. Berthier, la composition de diverses pierres calcaires produisant de la chaux grasse et de la chaux hydraulique (1).

DÉSIGNATION DU CALCAIRE		CHAUX.	MAGNÉSIE.	OXYDE de fer.	ARGILE et quartz.	ACIDE carbonique.	CARBONATE de chaux.	MATIÈRES étrangères.
PIERRES CALCAIRES produisant de la chaux grasse.	Marbre blanc de Car- rare.....	55,4	0,4	»	1,0	45,2	98,1	1,9
	Calcaire du Jura....	54,6	0,9	»	1,5	45,0	96,5	5,5
	Calcaire grossier de Paris.....	55,6	»	»	1,5	42,9	98,5	1,5
	Calcaire d'eau douce de Nemours.....	54,8	0,9	»	1,0	45,5	97,0	5,0
	Calcaire d'eau douce d'Oeningen.....	50,4	1,8	»	6,9	40,9	89,5	10,7
	Calcaire du Jura (Chaulnay).....	50,5	1,4	»	7,8	40,5	89,2	10,8
PIERRES CALC. donnant de la chaux hydraul.	Calcaire du Jura (St- Germain).....	52,4	0,2	»	7,6	59,8	85,8	14,2
	Calcaire de Nismes..	46,7	1,9	»	15,4	58,0	82,5	17,5
	Calcaire de Metz....	45,2	1,6	2,7	15,9	56,8	76,5	23,5

On admet en général qu'un sol dans la composition duquel il n'entre pas une quantité suffisante de matière calcaire ne parvient jamais à acquérir un haut degré de fertilité. C'est surtout l'opinion des cultivateurs anglais, qui appliquent la chaux avec une sorte de prodigalité ; et les grandes améliorations qui sont résultées de son usage à forte dose dans la culture des céréales ne permettent pas de la révoquer en doute. Toutefois, on pense généralement que le chaulage cesse d'être aussi efficace dans les terrains suffisamment calcaires ou qui reposent sur un sous-sol de craie ; cependant, comme la chaux caustique a encore pour effet de réagir sur certains principes du

(1) Berthier, *Traité des Essais par la voie sèche*, t. I, p. 613.

sol, il faut concevoir que, dans quelques cas, le chaulage n'a pas uniquement pour but d'apporter du calcaire. Au reste, la chaux, comme tous les engrais minéraux, ne produit d'effet qu'avec le concours des engrais organiques, et ne saurait aucunement les remplacer.

La constitution géologique d'une contrée semble être, à la première vue, l'induction la plus utile sur la convenance du chaulage. Les sols dérivant des roches plutoniques, dans lesquelles dominent le feldspath, le mica, le quartz, tireront probablement un bénéfice de l'introduction de la chaux. L'analyse directe éclairera sans doute avec plus de certitude encore, car il m'est arrivé de constater l'absence de la chaux dans des terres arables situées dans une région abondante en calcaire tertiaire. Enfin, le moyen recommandé par la prudence est d'entreprendre quelques essais préalables : c'est toujours par la méthode expérimentale qu'il faut procéder en agriculture, quand il s'agit d'introduire dans la pratique des opérations nouvelles. En Angleterre, on donne de 200 à 270 hectolitres de chaux par hectare de terrain argileux. Dans les sols légers, 130 à 170 hectolitres (1). En France, on en met beaucoup moins ; 50 à 60 hectolitres pour la même surface, et un semblable chaulage dure sept à huit ans. Dans les environs de Lille, on ne fait pas un grand usage de la chaux, bien qu'en général le

(1) Sinclair, *Agriculture pratique et raisonnée*, t. I, p. 420.

sol y soit peu calcaire ; mais la chaux est employée dans la proportion de 40 hectolitres par hectare dans le voisinage de Dunkerque, où l'on assure que ses effets persistent pendant dix à douze ans (1).

La dose de chaux introduite dans le sol est d'ailleurs dans un certain rapport avec la durée que l'on attribue à l'action de cet alcali. La proportion adoptée est d'autant plus petite que le chaulage est plus fréquemment renouvelé. Ainsi, près de Dunkerque, on donne tous les dix à douze ans 40 hectolitres de chaux ; dans la Sarthe, suivant M. Puvion, on en met tous les trois ans 8 à 10 hectolitres. On pourrait conclure de là, qu'en moyenne, le sol doit recevoir annuellement 3 hectolitres de chaux par hectare ; mais, comme l'observe cet habile agronome, les cultures n'en prélèvent pas chaque année une telle quantité ; ce qui doit faire présumer qu'au bout d'un certain temps, la terre finira par contenir assez de principes calcaires pour rendre les chaulages moins nécessaires.

De tous les avantages que présente la chaux vive sur les autres amendements calcaires, le plus saillant est sans contredit l'état de division extrême qu'elle acquiert par son extinction. La mouture, opérée par les moyens mécaniques les plus parfaits, ne la transformerait encore qu'en une poudre grossière, en comparaison de la ténuité que lui procure l'action chimique qui détermine sa combinaison avec l'eau ;

(1) Cordier, *Agriculture de la Flandre française*, p. 260.

en outre, cet état de division s'obtient sans aucune dépense de force, sans aucuns frais. Si l'on expose à l'air libre de la chaux vive récemment calcinée, elle se réduit en une poudre blanche extrêmement fine, rappelant l'aspect et la ténuité de la farine ; cette désagrégation est le résultat de son hydratation. La chaux, par son affinité pour l'eau, attire celle qui existe dans l'air à l'état de vapeurs. A cette première action de l'atmosphère en succède une autre : l'air contient toujours dans sa composition quelques dix millièmes de son volume de gaz acide carbonique. La chaux hydratée, en présence de ce gaz acide, forme un carbonate en abandonnant peu à peu de l'eau de constitution. Pour chaque proportion d'acide unie à l'alcali, il y a une proportion d'eau éliminée, et, peu à peu, la totalité de l'hydrate se transforme en carbonate de chaux qui conserve le même degré de division. La transformation est lente ; dans le principe, l'échange de l'eau avec l'acide s'exécute assez rapidement ; mais à mesure qu'il reste moins d'eau dans la masse, l'affinité qui la retient à la chaux semble s'accroître ; aussi faut-il un temps assez prolongé pour que l'échange soit complètement réalisé. Il doit par conséquent arriver assez souvent qu'en incorporant au sol la chaux délitée et carbonatée, on y introduit aussi de la chaux hydratée douée encore d'une certaine causticité ; mais il faut observer qu'une fois introduite et mêlée intimement à la terre, cette chaux doit se carbonater promptement en totalité, parce que le sol et l'eau dont il est imbibé renferment

toujours une assez forte dose d'acide carbonique. En définitive, et bien qu'en agissant dans le principe sur de la chaux caustique, c'est réellement du carbonate de chaux extrêmement divisé que le chaulage porte dans le sol. Il était convenable de bien établir ce fait, parce qu'il simplifie l'explication du chaulage, en tant qu'avec M. Puvis on le considère comme une opération ayant pour objet de donner à la terre le carbonate de chaux qui lui manque. La chaux, introduite dans le sol à l'état caustique, passerait, comme je l'ai fait remarquer, très-rapidement à l'état de carbonate; mais, donnée sous cette forme, elle pourrait sans doute, avant qu'elle fût saturée, réagir sur les matières organisées qui se trouveraient en contact avec elle, les désorganiser, favoriser leur décomposition, en un mot, se comporter à leur égard comme elle le fait avantageusement dans les composts. D'un autre côté, elle agirait défavorablement sur les engrais déjà décomposés.

Le moyen le plus usité pour répartir la chaux dans les terres consiste à la déposer en petits tas éloignés l'un de l'autre de 5 à 6 mètres, ayant chacun un volume de 20 à 30 litres. Lorsqu'elle est déliée, on l'étend aussi également que possible. On est quelquefois dans l'habitude de recouvrir les petits monceaux avec six à huit fois leur volume de terre végétale. L'hydratation s'effectue également; et comme la chaux se gonfle en se délitant, il arrive que la terre se soulève et se crevasse. On s'empresse de boucher les fissures; et, quand la

chaux est réduite en farine, on la mélange intimement avec la terre qui l'abritait avant de l'étendre. Ce moyen exige plus de main-d'œuvre, mais permet une plus exacte répartition. Quelquefois on éteint la chaux directement par immersion, et l'on transporte l'hydrate sur les terres labourées; là, on l'épand à la pelle. D'après la connaissance que nous avons de la composition de l'hydrate de chaux, il est évident que cette méthode a l'inconvénient d'augmenter les frais de transport, d'abord parce qu'au moins un cinquième de la charge est de l'eau, et ensuite parce que le volume est presque doublé par l'extinction.

L'application de la chaux a lieu de diverses manières. Il arrive que l'on chaulé et qu'on fume alternativement, ou bien on exécute les deux opérations simultanément. Enfin, il est des sols assez riches naturellement pour produire par la seule influence de la chaux. Dans tous les cas, la terre doit être bien sèche, et la saison la plus convenable est la fin de l'été. Dans un sol humide ou par un temps pluvieux, la chaux se distribue moins également; elle se pelote en grumeaux, et si elle a encore une certaine causticité, elle peut en la conservant nuire aux racines par son action corrosive. Le chaulage produit d'ailleurs très-peu d'effet dans les terrains très-humides (1). Lorsqu'on donne de la chaux aux pommes de terre ou aux betteraves, on la conduit sur les champs au prin-

(1) Schwertz, *Préceptes d'agriculture pratique*, p. 290.

temps, pour l'incorporer avant le posage des tubercules, ou le repiquage des jeunes plants.

Le point principal auquel on doit s'attacher, c'est d'obtenir une diffusion parfaite dans le sol; après avoir étalé la chaux sur toute la surface du champ, on herse et l'on donne un double labour superficiel. Selon M. Puvis, qui a étudié dans le plus grand détail les chaulages du département de l'Ain, 3,000 hectolitres de chaux, donnés successivement à 32 hectares de terrain dans l'espace de neuf années, ont apporté une amélioration assez prononcée pour doubler le rendement des céréales d'hiver.

Dans diverses contrées, la chaux est préalablement mélangée avec des matières végétales. Ainsi, dans la Sarthe, on la prépare deux ou trois mois avant d'en faire usage pour les terres à froment ou à sarrasin. Lorsqu'il s'agit de chauler des prairies hautes, l'espèce de compost qu'on emploie se fait une année à l'avance.

On mélange un volume de chaux vive avec deux volumes de terreau, en stratifiant alternativement les deux matières de telle sorte que le terreau forme la dernière assise. Au bout de trois à quatre jours, la chaux *fuse*, le tas s'affaisse, il s'ouvre des crevasses d'où s'échappent d'abondantes vapeurs; c'est le moment de *recouper* la masse pour en mêler intimement toutes les parties: si l'on attendait, il se formerait, par l'effet de l'humidité, des grumeaux qui rendraient le mélange difficile. Huit ou dix jours après cette première opération, on en exécute une seconde, et la matière est mise en tas.

La chaux ainsi préparée est portée sur le champ labouré et hersé; on la dépose en petits monticules sur une série de lignes parallèles, entre lesquelles on épand le fumier, qu'on enterre par un labour, après l'avoir mêlé au compost.

Pour chauler une prairie, la chaux vive est associée soit à du fumier, soit à des boues, à du terreau, à du gazon; on répand le mélange à la fin de l'hiver (1).

Dans son mode d'action, la chaux doit être considérée sous deux points de vue: à l'état de chaux caustique, et à l'état de carbonate où elle passe toujours subséquemment.

Dans les mélanges avec des débris de corps organisés, la chaux vive exerce une action immédiate. Ces débris se divisent et se modifient profondément; ils deviennent bien plus vite fertilisants que s'ils étaient introduits en nature dans le sol. Des végétaux à texture ligneuse qui resteraient intacts dans la terre, durant des années, disparaissent promptement s'ils ont été préalablement traités par la chaux. Aussi, depuis bien longtemps on fait usage de cet alcali pour accélérer la décomposition des matières végétales destinées à devenir des engrais, en stratifiant les mauvaises herbes, les feuilles, les écorces avec de la chaux vive.

Une action analogue s'exerce nécessairement dans les terres arables chaulées avec de la chaux récemment éteinte. Sans doute cette chaux étant hydratée, elle n'agit pas aussi énergiquement sur les substances orga-

(1) Pierrart, *Journal d'Agriculture*, 2^e série, t. 2, p. 241.

La pratique a devancé la science dans l'application des engrais ou amendements minéraux. Si l'effet utile qu'ils produisent ne peut être contesté ; si les circonstances dans lesquelles il convient de les administrer, les conditions et les doses sous lesquelles il faut les donner à la terre, ont été de la part des cultivateurs l'objet d'observations longues et attentives, on doit convenir qu'on est encore loin de comprendre bien nettement comment ils agissent : c'est un motif de plus pour les étudier avec persévérance.

Chaux.

En examinant les terrains sous le rapport de leur constitution, nous avons remarqué qu'il en est dans lesquels le principe calcaire manque, ou ne se trouve que dans une proportion insignifiante ; d'autres, au contraire, en sont abondamment pourvus, et l'observation semble prouver que la présence du carbonate de chaux ajouté toujours à leur qualité. La plupart des bonnes terres à froment en contiennent en effet une certaine quantité.

On introduit la chaux dans le sol à l'état de chaux calcinée ou caustique : c'est le chaulage proprement dit. On l'applique aussi à l'état de carbonate plus ou moins argileux, de *marne* : cette application constitue le marnage.

La chaux s'obtient en calcinant la pierre calcaire. L'acide carbonique se dégage par l'action de la chaleur, et il reste de la chaux vive. En opérant avec

précision sur du carbonate de chaux d'une pureté parfaite, en le chauffant, par exemple, dans un creuset de platine porté et maintenu au rouge blanc, on trouve que 100 parties de ce sel donnent :

56,3 de chaux caustique,

en laissant dégager

43,7 d'acide carbonique.

Mais les pierres à chaux sont loin d'avoir toujours cette composition simple ; elles renferment très-souvent de l'argile, du sable, des oxydes métalliques, quelquefois aussi des matières carbonneuses. Enfin, le carbonate de chaux se rencontre fréquemment associé au carbonate de magnésie, et constitue une espèce minérale désignée par le nom de *dolomie*.

La chaux carbonatée est une des roches les plus communes : elle constitue des chaînes de montagnes, et on la trouve dans toutes les formations de la série géologique. Tantôt elle est en masse cristalline, grêlée, à texture saccharoïde, comme dans les terrains les plus anciens. Tantôt, et c'est son état le plus ordinaire, elle est compacte, à cassure unie et mate, comme dans les roches secondaires, occupant alors des bassins très-étendus de l'époque la plus récente : tels sont les gisements de la craie et du calcaire coquillier des environs de Paris.

La substance minérale avec laquelle on peut confondre le calcaire est le sulfate de chaux ; mais il est aisé de distinguer ces deux sels : le carbonate se dissout dans l'acide chlorhydrique, en produi-

sant une effervescence qui se prolonge pendant toute la durée de la dissolution; le sulfate de chaux pur n'est pas effervescent, et si à la première impression de l'acide il se fait un dégagement gazeux dû à l'impureté de la matière, ce dégagement cesse bientôt. Le sulfate de chaux est très-sensiblement soluble, et sa dissolution précipite par l'addition de quelques gouttes d'acide oxalique ou d'un oxalate. Le carbonate de chaux est insoluble. La dureté est très-différente dans les deux sels; aussi, une propriété fort simple, tirée de ce caractère, suffit pour les distinguer: on raye facilement avec l'ongle le sulfate de chaux, tandis que le carbonate ne se laisse pas entamer par le même moyen.

La calcination de la pierre à chaux s'exécute dans des fourneaux de diverses formes, selon la nature du combustible employé. L'intérieur de la chauffe consiste le plus communément en un vide conique, dont le sommet se trouve dans la partie inférieure. Le calcaire est disposé en morceaux dans cet espace; au-dessous de la grille qui le supporte, on entretient un feu de bois, de manière à porter toute la masse à la chaleur rouge. Souvent aussi on stratifie la pierre à chaux avec le combustible: c'est de cette façon que l'on cuit avec la menue houille, avec le lignite.

On estime que pour obtenir un mètre cube de chaux, on consomme un stère de bois de corde, pouvant être remplacé par deux mètres cubes de bonne tourbe, ou par un mètre cube de houille.

La chaux pure est blanche, très-caustique, infusible au feu de forge le plus intense. L'eau en dissout à froid environ $1/630$; elle est moins soluble dans l'eau bouillante, qui n'en prend que $1/1270$. Quand on l'arrose avec de l'eau, en l'éteignant, comme on dit vulgairement, elle l'absorbe, la solidifie, et la température du mélange s'élève à près de 300° ; on obtient ainsi une combinaison d'eau et de chaux, un hydrate. La chaux une fois hydratée est beaucoup moins caustique qu'avant son extinction; elle conserve cependant toutes ses propriétés alcalines.

On distingue dans les arts:

La chaux grasse, dont le volume augmente considérablement quand on l'éteint. On s'en sert pour faire les mortiers destinés aux constructions.

La chaux hydraulique, possédant la précieuse propriété de se solidifier sous l'eau, après quelques jours d'immersion. Cette chaux *foisonne* moins que la précédente, et dégage moins de chaleur pendant son extinction.

Les belles recherches de M. Vicat ont montré que la faculté de durcir par le contact de l'eau dépend de la présence d'une certaine proportion d'argile dans la pierre à chaux. Par la calcination, les éléments de l'argile, la silice et l'alumine, réagissent sur la chaux; il se forme des silicates de chaux et d'alumine avec excès de base. Par l'extinction, ces matières fixent de l'eau de constitution et se solidifient. Comme ces silicates sont insolubles, ils se conservent sans altération sensible, alors même qu'ils

sont submergés. De nombreuses analyses ont prouvé que la chaux est déjà suffisamment hydraulique, quand la pierre avec laquelle on la prépare renferme 0,15 à 0,20 d'argile; une pierre calcaire contenant 0,30 d'argile donne une chaux hydraulique au plus haut degré.

Les chaux maigres, comme les chaux hydrauliques, foisonnent très-peu et ne dégagent presque aucune chaleur quand on les éteint; mais elles présentent cette différence essentielle, qu'elles ne se solidifient passous l'eau : par cette raison, elles ne sont d'aucune utilité. La chaux maigre provient des pierres calcaires dans lesquelles se trouve une forte proportion de carbonate de magnésie (1). On assure que cette chaux magnésienne, portée sur les terres, est nuisible à la végétation; ce fait mériterait toutefois d'être constaté par des expériences directes.

Il n'est pas sans intérêt de connaître la nature de la pierre calcaire, soit qu'on la destine à la fabrication de la chaux, soit qu'on doive la répandre directement sur le sol. M. Berthier indique un moyen d'analyse suffisamment exact pour le but que peut se proposer un cultivateur, en entreprenant ce genre de recherche.

On délaye dans un peu d'eau 10 grammes de la pierre calcaire réduite en poudre et passée au tamis; on ajoute peu à peu, en agitant continuellement, de l'acide acétique, qu'on peut remplacer, au besoin,

(1) Berthier, *Traité des Essais par la voie sèche*, t. I, p. 612.

par les acides nitrique ou chlorhydrique convenablement étendus. On cesse d'introduire de l'acide quand le magma ne fait plus effervescence. On évapore à une douce chaleur, jusqu'à consistance un peu épaisse, afin de se débarrasser de la plus grande partie de l'acide mis en excès. On délaye dans un demi-litre d'eau; on filtre, pour rassembler et laver l'argile, que l'on pèse quand elle est desséchée à l'air; on la calcine au rouge dans un creuset; puis on la pèse de nouveau : la perte qu'elle éprouve par la calcination représente l'eau qui s'y trouvait combinée. Dans la liqueur filtrée on verse de l'eau de chaux tant qu'il forme un précipité; on filtre aussi rapidement que possible, et on lave le dépôt retenu sur le papier avec de l'eau distillée ou de l'eau de pluie (1). Ce précipité est de la magnésie, mêlée aux oxydes de fer et de manganèse, s'il s'en trouve dans la pierre examinée; on calcine au rouge et l'on pèse. Maintenant on prend 5 autres grammes de la pierre calcaire, on les calcine à la chaleur blanche dans un creuset de platine, et l'on détermine le poids du résidu; ce qui manque répond à l'acide carbonique et à l'humidité chassés par l'action du feu. Comme on a opéré seulement sur 5 grammes, pour connaître la quantité de chaux contenu dans le résidu, il ne s'agira plus que de retrancher du double de ce poids celui de l'argile dosé directement.

(1) Dans le plus grand nombre des analyses de cette nature, on peut remplacer l'eau distillée par l'eau de pluie ou l'eau de neige.