

lieu. Une autre preuve non moins évidente de la fixité, de la solidité de la terre végétale garnie de plantes vivaces est prise dans les travaux agricoles. On connaît, en Espagne, des champs abandonnés depuis un grand nombre de siècles, qui sont recouverts de gazon; les sillons tracés par la charrue sont encore dans un parfait état de conservation.

La conséquence qu'il est permis de tirer de ces faits, c'est que l'*engazonnement* suffit amplement pour retenir la terre végétale sur les pentes les plus abruptes, et qu'il n'est pas indispensable, pour la fixer, d'avoir recours au reboisement.

CHAPITRE VIII.

DES ENGRAIS PROVENANT DES MATIÈRES ORGANISÉES.

Quelles que soient sa constitution et ses propriétés physiques, la terre ne donne des récoltes lucratives qu'autant qu'elle renferme une quantité suffisante de matières organiques, sous un état plus ou moins avancé de décomposition. Il est des sols favorisés dans lesquels cette matière, désignée sous les noms d'*humus* ou de *terreau*, existe naturellement; d'autres, et c'est le plus grand nombre, en sont totalement privés, ou n'en contiennent qu'une proportion insignifiante. Ces sols exigent, pour devenir fertiles, l'intervention des engrais; rien ne saurait y suppléer, ni le travail qui les ameublir, ni le climat qui aide si puissamment leur fécondité, ni les sels ou les alcalis, auxiliaires si utiles de la végétation.

Ce n'est pas qu'une terre entièrement dénuée de débris organiques ne puisse permettre à une plante de naître et de se développer. Nous avons vu précédemment que l'atmosphère, la lumière, la chaleur et l'humidité suffisent à son existence; mais, dans une semblable condition, la végétation est lente, souvent

les substances minérales réparties dans leurs tissus. On y rencontre en effet le carbone, l'azote, l'hydrogène et l'oxygène, réunis aux phosphates, aux sulfates, aux chlorures, etc. Tout engrais, pour être immédiatement efficace, doit présenter cette composition mixte. Les cendres, le plâtre, la chaux, répandus sur un terrain stérile, ne l'amélioreraient pas d'une manière sensible. Des matières organiques azotées qui seraient absolument privées de substances salines et terreuses, ne produiraient probablement pas un meilleur effet; c'est l'association de ces deux ordres de principes, dont les premiers dérivent en définitive de l'atmosphère, et dont les seconds appartiennent à la partie solide du globe, qui constitue l'engrais normal, nécessaire à l'amélioration des cultures.

La matière organique morte, exposée aux influences réunies de la chaleur, de l'humidité et du contact de l'air, éprouve des modifications profondes, et passe, par une suite de transformations, à un état de composition de plus en plus simple. Les tissus, tant qu'ils font partie des êtres animés, se trouvent protégés contre l'action destructive des agents atmosphériques. Cette protection ne s'étend pas au delà de l'existence des plantes et des animaux. La destruction commence avec la mort, si les circonstances accessoires sont suffisamment intenses; alors se réalisent tous les phénomènes de la putréfaction, de la fermentation putride qui engendre, aux dépens des éléments primitifs des êtres organisés, des corps moins

compliqués dans leur constitution, plus stables, et se présentant sous la forme qu'affectent généralement les corps inorganisés de la nature, l'état gazeux et l'état cristallin. Les substances minérales qui se trouvaient engagées dans l'organisme redeviennent libres, et sont ainsi restituées à la terre.

Les matières organisées les plus promptes à s'altérer, sont précisément celles dans lesquelles l'azote entre comme principe constituant. Abandonnées à elles-mêmes, en dissolution ou simplement humectées, ces matières donnent tous les signes caractéristiques de la putréfaction. Il s'en exhale une odeur des plus insupportables, et le résultat de leur décomposition poussée à l'extrême est, en définitive, une production de sels à base d'ammoniaque. L'eau, au milieu de laquelle le phénomène s'accomplit, ne le favorise pas seulement en atténuant la cohésion, en permettant aux molécules de se mouvoir plus librement; elle intervient encore par l'affinité même de chacun de ses principes, pour les éléments de la substance qui subit la fermentation putride. Proust a vu que, pendant l'altération du gluten plongé dans l'eau, il se dégage un mélange de gaz acide carbonique et de gaz hydrogène pur, phénomène qu'il explique par la décomposition du liquide; en même temps il se produit des sels ammoniacaux, parmi lesquels se trouvent de l'acétate et du lactate, dont les acides ont pris naissance au sein même de la fermentation.

Comme un exemple frappant de l'intervention de l'eau, dans le passage de l'azote à l'état d'ammo-

niaque dans un composé quaternaire, on peut choisir la putréfaction de l'urée.

L'urée se rencontre dans l'urine de l'homme et des quadrupèdes; sa composition, suivant M. Dumas, est :

Carbone.....	20,0
Hydrogène.....	6,6
Oxygène.....	26,7
Azote.....	46,7
	<hr/>
	100,0

Les matières animales dissoutes dans l'urine, comme le mucus de la vessie, éprouvent au contact de l'air une modification qui les fait se comporter comme ferment à l'égard de l'urée. Par leur influence, les éléments de l'eau réagissent sur cette matière et la transforment en carbonate d'ammoniaque.

Le carbonate d'ammoniaque est composé de :

Acide carbonique 56,41 contenant	{	Carbone.....	15,39
		Oxygène.....	41,02
Ammoniaque... 43,59 contenant	{	Hydrogène...	7,69
		Azote.....	35,90

100 d'urée produisent par la fermentation 130 de carbonate d'ammoniaque.

	Carbone.	Hydrog.	Oxygène.	Azote.
Avant la fermentation, 100 d'urée contenaient..	20,00	6,60	26,7	46,7
Après la ferm., 150 de carb. d'amm. contiennent	20,00	10,00	53,3	46,7
Différences.....	C. 0, 0.	+H3, 4.	+O26,6	A. 0, 0

Ainsi, pendant sa transformation, l'urée a gagné 3,4 d'hydrogène et 24,6 d'oxygène.

Dans l'eau, l'hydrogène est à l'oxygène :: 1 : 8.

Or, c'est précisément dans ce même rapport que se trouvent l'hydrogène et l'oxygène acquis par l'urée, en passant à l'état de carbonate d'ammoniaque; d'où il résulte que ce sont bien réellement les éléments de l'eau qui ont été fixés.

La putréfaction des substances azotées est loin de présenter toujours des résultats aussi nets; le plus souvent, en se putréfiant, elles passent par une série d'altérations encore très-obscurées, avant de parvenir à la dernière limite, la production des sels ammoniacaux.

Un des caractères les plus saillants, les plus facilement perceptibles, est l'odeur fétide exhalée par les substances animales en voie de décomposition. L'odeur ammoniacale ne domine pas toujours, celle de l'acide hydrosulfurique est souvent très-prononcée; mais ce n'est pas encore là l'émanation la plus repoussante: il se développe aussi des principes nauséabonds, des miasmes d'une fétidité extrême, qui semblent être la matière altérée elle-même, entraînée par les gaz.

Le soufre, comme le phosphore, fait presque toujours partie des corps organisés; toutefois, sa faible proportion serait insuffisante pour répandre l'odeur hépatique si intense que l'on observe fréquemment durant la putréfaction. Cette production d'acide hydrosulfurique tient à ce que les sulfates dissous dans un milieu où se trouvent des matières azotées en décomposition, éprouvent eux-mêmes une véritable réduction, passent à l'état de sulfures, et dégagent

ensuite de l'acide hydrosulfurique par l'action de l'acide carbonique de l'atmosphère, ou par celui qui se forme pendant la putréfaction de la matière organique ; c'est par une action semblable, exercée sur le sulfate de chaux, que M. Henri a expliqué l'origine sulfureuse des eaux d'Enghien, près Paris ; et M. Fontan, dans un intéressant travail sur les eaux minérales, a généralisé cette explication (1).

La cause de la destruction des sulfates placés dans de telles circonstances se comprend aisément. Durant la décomposition des matières organisées, le carbone qui leur appartient forme du gaz acide carbonique, à la fois avec l'oxygène des matières elles-mêmes et avec l'oxygène de l'eau ; il est probable que l'oxygène de l'acide sulfurique concourt également à cette formation, et que le soufre devient libre. L'hydrogène de l'eau décomposée, comme celui de la matière, se trouvant avec le soufre à l'état naissant, s'unissent pour former de l'acide hydrosulfurique, qui réagit aussitôt sur la base du sulfate, en produisant, comme on sait, de l'eau et un sulfure métallique. Ce sulfure, ne pouvant exister en présence du dégagement continu de gaz acide carbonique opéré au sein de la masse en putréfaction, donne pour résultat définitif, un carbonate d'une part, et de l'autre de l'acide hydrosulfurique.

La faculté que possèdent les corps organisés azotés de se décomposer spontanément en présence de l'eau

(1) Fontan, *Annales de Chimie et de Physique*, t. LXXIV, p. 225, 2^e série.

et sous l'influence de la chaleur, paraît dépendre de la tendance qu'a l'azote à s'unir à l'hydrogène pour former de l'ammoniaque. Cette tendance est peut-être la cause déterminante du phénomène de la fermentation, pris dans l'acception la plus générale. Les corps organiques exempts d'azote se décomposent moins facilement, et le genre d'altération qu'ils éprouvent de la part de l'eau et de l'air diffère, à beaucoup d'égards, de la putréfaction des matières azotées. La difficulté que l'on rencontre, lorsqu'il s'agit de faire fermenter des substances végétales, en est une preuve. Cependant les débris végétaux, portés au fumier, renferment tous, sans exception, des principes azotés, souvent, il est vrai, en proportion fort minime ; mais nous savons qu'il n'y a pas d'exemple d'un tissu organique végétal qui en soit complètement privé. Les débris de plantes les plus riches en azote éprouvent certainement le plus promptement et le plus complètement la fermentation putride ; tels sont les choux, les feuilles de betteraves, etc. Les pailles, au contraire, lorsqu'elles sont seules, se décomposent lentement et d'une manière imparfaite : le peu de principe azoté qu'elles renferment, s'altère et réagit sur le ligneux environnant ; mais l'effet s'arrête bientôt et cesse même entièrement si l'on ne fait intervenir des substances riches en azote. Le ligneux des pailles se trouve exactement dans la condition du sucre qui n'a pas reçu la dose de ferment nécessaire pour sa transformation totale en alcool.

La plupart des substances organisées, qu'elles ap-

partiennent à l'un ou à l'autre règne, quand elles sont placées dans certaines conditions, éprouvent de la part de l'oxygène des altérations profondes. Nous devons étudier ces altérations avec d'autant plus de soin que, dans la pratique agricole, on a successivement intérêt à favoriser ou à prévenir les causes qui les font naître, selon qu'il s'agit d'activer la décomposition des débris végétaux pour en faire des engrais, ou de s'entourer de toutes les précautions que la prudence suggère, pour conserver intact le produit des récoltes.

Les substances organisées, humectées et exposées à l'air, sous l'influence d'une température dont je crois, d'après quelques essais, pouvoir fixer le minimum à 9° ou 10°, s'emparent de l'oxygène, l'absorbent en partie, pour former de l'eau avec leur hydrogène, et de l'acide carbonique aux dépens de leur carbone. Lorsque ces matières sont accumulées en assez grande masse, la chaleur produite se dissipant moins rapidement, la température s'élève et favorise la réaction, au point souvent de faire succéder une combustion ardente, un incendie, à la combustion lente qui s'était manifestée d'abord. Ainsi, il n'est pas sans exemple de voir prendre feu au foin rentré trop humide dans le fenil ; et la température toujours élevée des chiffons humides mis dans le *pourrissoir* des papeteries, la production abondante d'acide carbonique qui a lieu dans cette circonstance, montrent que c'est avec raison que l'on assimile ce genre d'action au phénomène de la combustion.

Cette combustion lente n'est pas particulière aux substances organiques azotées, celles qui sont privées d'azote la subissent également. Cette altération de la matière organique, cette combustion opérée à une basse température par l'action de l'air, diffère, dans ses résultats, de la décomposition effectuée au milieu d'une masse liquide; nous avons vu, par exemple, que le gluten, en fermentant sous l'eau, laisse dégager du gaz hydrogène. Or, Bertholet a établi qu'un corps azoté en putréfaction, dont toutes les parties sont en contact avec l'air, n'ajoute jamais de gaz hydrogène ni de gaz azote à l'atmosphère confinée dans laquelle il est placé (1). D'un autre côté, Saussure a montré que les substances organiques qui n'émettent pas de gaz hydrogène pendant leur décomposition spontanée, s'opérant dans un milieu exempt d'oxygène, ne changent point le volume de l'atmosphère dont ce gaz fait partie; ces mêmes substances condensent au contraire de l'oxygène, lorsqu'elles sont arrivées à cette phase de leur altération où elles exhale de l'hydrogène. En poursuivant, avec une persévérante sagacité, l'étude de la putréfaction, de Saussure a découvert la cause de cette condensation. Elle dépend de ce qu'une matière organique en voie de décomposition spontanée se comporte à quelques égards comme l'éponge de platine placée dans un mélange gazeux d'oxygène et d'hydrogène. On sait que le platine, récemment chauffé et introduit

(1) Saussure, *Recherches chimiques*, p. 156.

imparfaite, et l'industrie agricole ne saurait s'exercer sur un sol qui approcherait de ce degré de stérilité absolue.

Les végétaux, considérés dans l'ensemble de leur constitution, contiennent du carbone, de l'eau toute formée ou ses éléments, de l'azote, du phosphore, du soufre, des oxydes métalliques unis aux acides phosphorique et sulfurique, des chlorures, des bases alcalines combinées à des acides végétaux. Plusieurs de ces éléments ne font pas partie de l'atmosphère, et dérivent nécessairement du sol. Les engrais les plus communément employés ne sont d'ailleurs autre chose que les détritiques des plantes, les dépouilles ou les excréments des animaux, renfermant, par le fait même de leur origine, la totalité des principes qui constituent les êtres organisés; et bien qu'il soit très-probable que certaines familles végétales sont plus aptes que d'autres à s'approprier l'azote ou les vapeurs ammoniacales de l'atmosphère, l'expérience prouve, que les débris organiques azotés concourent de la manière la plus efficace à la fertilité du sol. Nous sommes loin aussi de pouvoir affirmer, que le carbone des plantes provient exclusivement de l'acide carbonique atmosphérique. Cet acide, sans aucun doute, en est la principale source, mais il est possible que certains éléments carbonés des fumiers soient assimilés directement.

Les auteurs qui ont traité des engrais en ont généralement formé deux grandes classes : 1° les fumiers d'origine organique, dans lesquels on retrouve

tous les éléments de la matière vivante ; 2° les amendements minéraux, salins ou alcalins, qu'on a particulièrement désignés sous le nom de stimulants, en leur accordant la faculté purement gratuite, de faciliter l'assimilation de la nourriture que les plantes rencontrent dans les fumiers, en stimulant, en excitant leurs organes. Une telle distinction n'est réellement pas fondée, et rien ne montre autant combien nos connaissances sur ce sujet étaient alors peu avancées, que cette tendance qu'ont eue les meilleurs esprits, à rapprocher continuellement la nutrition végétale de l'alimentation des animaux.

Nous nommerons *engrais*, tous les agents dont dispose le cultivateur pour réparer, conserver, augmenter la fécondité du sol. Pour nous, le plâtre, la marne, les cendres, sont des engrais comme le fumier de cheval, le sang, l'urine : tous concourent au but qu'on se propose en les employant, et qui est d'accroître la production végétale. Le meilleur engrais, celui dont l'usage est le plus général, est précisément celui qui, par sa nature complexe, réunit tous les principes fécondants exigés par les cultures ordinaires. Les cultures spéciales peuvent demander des engrais spéciaux ; mais l'engrais normal, comme le fumier de ferme, par exemple, quand il dérive d'une bonne alimentation administrée à des animaux pourvus d'une litière convenable et abondante, offre la totalité des principes nécessaires au développement des végétaux. Un semblable fumier contient à la fois les éléments habituels de l'organisme des plantes, et