

dans un mélange de ces deux gaz, détermine leur union dans les proportions voulues pour constituer de l'eau. Or, en substituant au métal des graines humides, préalablement privées de leur faculté germinative, le même effet est produit, les gaz se combinent, jusqu'à ce que l'un des deux ait complètement disparu. Quand cette combustion de l'hydrogène, provenant de la décomposition des substances organiques, a lieu au sein de l'air atmosphérique qui contient de l'azote, il est possible qu'il y ait production d'une faible quantité d'ammoniaque, en même temps qu'il se produit de l'eau. Et ce n'est sans doute pas aller trop loin, en supposant que des engrais très-peu azotés prélèvent, en fermentant, de l'azote sur l'air atmosphérique; que pendant l'acte même de la végétation, l'hydrogène provenant de l'eau décomposée, ou bien encore celui qui fait partie des huiles essentielles formées par les plantes, peut, en s'oxydant de nouveau, introduire l'azote atmosphérique dans leur constitution.

Les matières organisées mortes, comme le bois, la paille, les feuilles, exposées humides et pendant longtemps à l'action de l'air, finissent par se transformer en une substance brune, presque noire quand elle est mouillée, friable quand elle est sèche, et que l'on désigne communément par le nom de terreau. C'est pour ainsi dire le dernier terme de la décomposition des matières organiques; déjà le terreau semble appartenir au règne minéral, et, quelle que soit la diversité de son origine, il présente assez de caractères

propres pour le considérer comme une substance particulière. A la vérité, l'atmosphère continue à exercer son action sur le terreau; ses éléments combustibles se dissipent en brûlant d'une manière lente, imperceptible, en donnant lieu à de l'eau et à de l'acide carbonique. Mais dans cette décomposition ultérieure, on ne remarque plus les produits fétides de la fermentation putride.

De la sciure de bois humectée, placée pendant quelques semaines dans une atmosphère d'oxygène, forme une certaine quantité d'acide carbonique, et le volume du gaz ne diminue pas sensiblement; à sa surface le bois acquiert une couleur d'un brun foncé. Plusieurs expériences entreprises par de Saussure, prouvent que le bois mort ne fixe point le gaz oxygène de l'atmosphère; il le transforme en acide carbonique, et l'action se passe comme si le carbone de la matière organique éprouvait seul l'effet de l'oxygène: car le volume gazeux reste le même. Cependant la perte éprouvée par le ligneux durant son séjour dans l'air, est plus forte qu'elle ne devrait l'être, si du carbone seul était éliminé; d'où Saussure conclut qu'en même temps que le ligneux abandonne du carbone, il laisse échapper de l'eau de constitution (1).

Comme conséquence de ces observations, la proportion relative de carbone doit augmenter dans le bois humide altéré par l'action de l'atmosphère, puisque par cette action on a constaté que le ligneux

(1) Saussure, *Recherches chimiques*, p. 147.

perd plus en éléments de l'eau qu'il ne perd en carbone. C'est ce que confirment les analyses suivantes :

	Bois de chêne.	Id. pourri.	Id. pourri.
Carbone.....	52,5	53,6	56,2
Hydrogène et oxygène, eau.	47,5	46,4	43,8
	100,0	100,0	100,0

Le bois, en se décomposant sous l'eau, sans être en contact direct avec l'air, subit une modification différente ; il blanchit au lieu de noircir, et le carbone, loin d'augmenter, diminue. Saussure croit que ce genre d'altération tient principalement à la perte des principes solubles et colorants du bois, principes qui renferment plus de carbone que le ligneux lui-même (1) ; de sorte que le ligneux pur, exposé humide à l'action de l'air, donnerait un produit analogue à celui résultant de sa décomposition sous l'eau. La vérité est que les chiffons de lin humecté, que l'on fait pourrir dans les fabriques de papier, donnent un produit blanc et très-peu cohérent. La masse s'échauffe beaucoup et perd environ 20 pour 100 de son poids initial. C'est précisément ce qui arrive au bois altéré par l'action alternative de l'eau et de l'air ; il devient blanc et très-friable. Du bois de chêne parvenu à cet état de décomposition contenait (2) :

(1) Saussure, *Recherches chimiques*, p. 149.

(2) Liebig, *Chimie organique*, introduction, p. 59.

Carbone.....	47,6
Hydrogène.....	6,2
Oxygène.....	44,9
Cendres.....	1,3
	100,0

Comparés à la composition du bois de chêne inaltéré, ces nombres font voir que, pendant sa modification, le bois a perdu du carbone, et que, d'un autre côté, il a gagné de l'hydrogène ; les éléments de l'eau ont dû nécessairement intervenir et se fixer pendant la réaction.

Le ligneux, en pourrissant sous l'eau, n'est pas par cela même complètement à l'abri de l'atmosphère ; l'eau tient toujours de l'air en dissolution, et l'oxygène de cet air réagit certainement comme s'il se trouvait à l'état gazeux.

La chaleur exerce sur tous les phénomènes de décomposition qui se rattachent à la fermentation, à la putréfaction ou à la combustion lente, une influence qu'on n'a certainement pas suffisamment appréciée. Des corps organiques, plongés dans une grande masse d'eau, ne sont pas exposés à des changements de température aussi variés, aussi brusques, que lorsqu'ils sont placés dans l'atmosphère ; leur décomposition est plus lente, plus uniforme ; les produits solubles qu'ils renferment, ou qui sont le résultat de leur altération, sont en grande partie dissous. La température peut amener ainsi de grandes différences dans le résultat final de la décomposition. La tourbe, provenant, comme on sait, de la destruction lente

des plantes submergées, ne semble plus se former dans les lacs des climats chauds; on ne l'a peut-être jamais rencontrée dans les eaux stagnantes des régions équinoxiales; là, le ligneux paraît totalement se dissiper en gaz acide carbonique, et en gaz des marais, source probable de l'insalubrité de ces contrées. On n'observe des lacs à fond tourbeux que sur les plateaux très-élevés des Andes, dans des localités où la température moyenne n'excède pas 8 à 12° c.

Les alcalis, même à petite dose, contribuent puissamment soit à déterminer, soit à accélérer la décomposition de certaines matières organiques; il est plusieurs de ces matières qui n'éprouveraient aucun changement sans leur intervention, quelles que soient d'ailleurs les conditions favorables à la décomposition.

L'emploi des alcalis, comme moyen d'accélérer la destruction des matières organisées, est connu depuis longtemps des agriculteurs. C'est ainsi qu'ils stratifient les fougères, les pailles, les fanes ligneuses avec de la chaux vive pour en faciliter la désagrégation, et par suite la décomposition.

Un caractère propre à toutes les matières végétales en décomposition, et d'autant plus prononcé que le phénomène avance vers sa dernière phase, la production du terreau, c'est l'apparition d'une substance brune, peu soluble dans l'eau, mais se dissolvant aisément dans les alcalis. Cette substance, c'est l'ulmine, que ses propriétés acides ont fait nommer acide ulmique. Elle fait partie du terreau, et Polydore

Boullay l'a constamment retrouvée dans les eaux de fumiers.

Vauquelin découvrit l'ulmine unie à la potasse en 1797, dans les produits de l'exsudation de l'ulcère d'un orme (1). En 1804 (2), Klaproth confirma cette observation. Plus tard, M. Braconnot parvint à préparer artificiellement l'ulmine en traitant le ligneux par un alcali (3). On se procure facilement cette substance, en chauffant dans une bassine d'argent, avec ménagement et en agitant continuellement, un mélange de parties égales de potasse et de sciure de bois légèrement humectée. Il arrive une époque où le ligneux se ramollit et semble se dissoudre subitement; la matière commence alors à se boursoufler; on cesse le feu. Le produit obtenu se dissout dans l'eau presque en totalité. La solution, d'un brun extrêmement foncé, contient comme produit principal de l'ulmine combinée à la potasse, que l'on précipite par l'addition d'une quantité suffisante d'acide sulfurique faible. Après avoir été lavée et desséchée, l'ulmine est noire, fragile, et ressemble au jaïet; encore humide, elle rougit le papier de tournesol; sa dissolution dans la potasse forme avec plusieurs sels, et par voie de double décomposition, des ulmates insolubles. M. Pélégot donne à l'ulmine la composition suivante (4) :

(1) Vauquelin, *Annales de Chimie*, t. XXI, p. 39.

(2) Klaproth, *Gehlen. Journ.*, t. IV, p. 329.

(3) Braconnot, *Annales de Chimie et de Phys.*, t. XLIII, p. 273.

(4) Pélégot, *Annales de Chimie et de Physique*, t. LXXIII, p. 214, 2<sup>e</sup> série.

Carbone.....	72,3
Hydrogène.....	6,2
Oxygène.....	21,5
	100,0

Les fumiers, le bois pourri, le terreau renferment toujours une substance brune dont les propriétés sont à très-peu près semblables à celles de l'ulmine obtenue par l'action des alcalis sur le ligneux.

Cependant il ne semble pas y avoir identité de composition, l'humus extrait du terreau renferme toujours de l'azote, M. Soubeiran l'a trouvé formé de :

Carbone.....	55,3
Hydrogène.....	4,8
Azote.....	2,5
Oxygène.....	37,4
	100,0

Le terreau qui contient cette ulmine en abondance et sous l'état le plus convenable pour favoriser la végétation, doit par cela même être étudié avec attention. Son histoire a d'ailleurs été si habilement tracée par M. de Saussure, que la science actuelle ne pourrait ajouter que peu de chose aux déductions importantes que le célèbre auteur des *Recherches chimiques* a fait ressortir de ses observations.

De Saussure définit le terreau végétal : la substance noire qui recouvre les plantes mortes, après qu'elles ont été exposées pendant longtemps à l'action combinée de l'eau et de l'oxygène (1). Ses expériences

(1) Saussure, *Recherches chimiques*, p. 162.

ont porté sur des terreaux presque purs, c'est-à-dire séparés à l'aide d'un tamis serré des débris végétaux qui y sont toujours mêlés; on les avait recueillis soit sur des rochers élevés, soit dans des troncs d'arbres, où ils n'avaient pu être souillés par des causes étrangères à celle de la décomposition spontanée qui les avait produits. Tous ont paru fertiles, surtout lorsqu'ils étaient préalablement mélangés avec du gravier, point d'appui pour les racines en même temps qu'il permet l'accès de l'air. Il faut cependant en excepter le terreau formé dans l'intérieur des arbres et dans une situation telle, que l'eau des pluies ne trouvait pas d'écoulement; alors les principes extractifs provenant en partie de la plante vivante obstruent les pores du végétal auquel on applique ce terreau comme engrais.

En calcinant comparativement, en vases clos, divers terreaux et des plantes semblables à celles qui les avaient formés, et en recueillant d'une part le charbon, de l'autre les matières volatiles et gazeuses, de Saussure a reconnu qu'ils contiennent, sous le même poids, plus de carbone et d'azote que les végétaux d'où ils dérivent. La plus forte proportion d'azote dans la plante décomposée semble indiquer que, pendant leur altération, les végétaux ne laissent pas dégager cet élément; mais il faut ajouter à cette cause celle qui a son origine dans les dépouilles qu'abandonnent les insectes logés dans l'humus.

L'action des acides faibles sur le terreau se borne à dissoudre les parties métalliques terreuses et alca-

lines. L'alcool agit à peine sur lui, en dissolvant quelques centièmes de matière résineuse. La soude et la potasse le dissolvent presque complètement, en émettant des vapeurs ammoniacales; c'est que l'acide ulmique du terreau est combiné à l'ammoniaque. Les acides précipitent de cette dissolution une poudre brune, combustible, possédant les caractères de l'ulmine. L'ulmine, séparée par cette voie, est loin de répondre au poids de la matière traitée par les alcalis. C'est qu'indépendamment de cette substance, le terreau renferme des substances qui ne sont pas précipitées de la dissolution alcaline.

Un terreau assez riche pour ne donner qu'environ  $\frac{1}{10}$  de cendres, n'a perdu que  $\frac{1}{11}$  de son poids par des traitements réitérés à l'eau bouillante. Épuisé par des lavages à l'eau, puis exposé à l'action humide de l'air, pendant l'espace de trois mois, il a donné, par de nouveaux lavages, de la matière soluble; cet effet s'est constamment reproduit. Ainsi, par l'exposition à l'air du terreau insoluble humide, il se forme une matière extractive soluble. Cette matière extractive n'est point déliquescénte; elle donne de l'ammoniaque à la distillation. La solution aqueuse, rapprochée à la consistance de sirop, est neutre aux réactifs; sa saveur est sensiblement sucrée (1).

On sait que les sels alcalins des sucres végétaux ne manifestent que très-rarement les réactions qui leur sont propres; il faut incinérer la plante pour consta-

(1) Saussure, *Recherches chimiques*, p. 162-174.

ter leur présence. Il en est ainsi des sels engagés dans le terreau.

Le terreau, comme je l'ai déjà fait observer, est le dernier terme de la putréfaction des matières organisées: ses éléments, par leur stabilité, résistent à toute fermentation. De Saussure en a conservé intact pendant un an, dans des récipients pleins d'eau, fermés par du mercure, sans remarquer aucune émission de gaz. Cependant il est hors de doute que sa partie organique ne soit entièrement destructive, quand elle est humide, par l'action de l'air; avec le temps elle se dissipe, et il ne reste plus que les matières fixes, salines et terreuses qui s'y trouvaient. C'est ce que Bénédicte de Saussure avait déjà conclu en observant la terre végétale dans les environs de San-Germano et de Turin (1). 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. J'ajouterai que la nature du climat a une grande influence sur la dissipation des principes fertilisants du sol, et c'est certainement à tort que les Européens blâment les labours superficiels que l'on donne généralement aux terres des pays équinoxiaux. Il y est bien reconnu qu'un trop grand ameublissement du fond est sou-

(1) Saussure, *Voyages dans les Alpes*, § 1319.

vent préjudiciable, même dans les terres irriguées, où par conséquent l'effet défavorable ne saurait être attribué à une dessiccation trop rapide. Quelques renseignements parvenus à l'Académie des sciences, sur la culture des possessions françaises en Afrique, tendraient à faire croire que la même cause produit les mêmes effets en Algérie, et que ce n'est pas sans raison que les Arabes donnent aussi des labours très-superficiels aux terres destinées à produire des céréales.

Le terreau se dissipe en brûlant lentement dans l'air ; au contact de l'oxygène, il donne naissance à de l'acide carbonique ; imbibé d'eau distillée et placé dans des cloches posées sur du mercure, il produit un volume de gaz acide précisément égal à celui de l'oxygène qui a disparu. Ainsi le terreau émet, en présence de l'air, du gaz acide carbonique, et le phénomène se passe encore ici comme si le carbone seul était brûlé. La perte éprouvée est plus forte que celle qui devrait provenir du carbone ; Saussure en conclut qu'en même temps il y a perte des éléments de l'eau (1).

Le fait capital qui ressort des expériences de Saussure, le résultat directement applicable à la théorie des engrais, c'est que le terreau se dissipe lorsqu'il est exposé à l'air, et que pendant la combustion lente qu'il éprouve, il devient une source continue de gaz acide carbonique.

(1) Saussure, *Recherches chimiques*, p. 179.

Pour compléter les notions propres à jeter quelque jour sur la nature des fumiers, il me reste à traiter d'un phénomène important qui s'accomplit dans les conditions favorables à la décomposition, à la putréfaction des matières organiques ; je veux parler de la formation spontanée de l'acide nitrique, de la nitrification. L'acide nitrique résulte de l'union de l'azote avec l'oxygène. L'azote ne se combine pas directement avec l'oxygène ; il faut qu'il y ait au moins intervention de l'eau, et suivant Cavendish, pour opérer cette union, on doit faire passer une série d'étincelles électriques dans un mélange humide des deux gaz. Cependant, en présence de bases terreuses ou alcalines, la réunion de l'azote à l'oxygène paraît être singulièrement favorisée, puisque dans la nature les nitrates se rencontrent avec une certaine abondance ; mais les circonstances qui déterminent leur formation sont encore enveloppées d'une obscurité profonde.

On peut assigner aux nitrates trois origines distinctes :

1° Des terrains, encore mal étudiés, laissent effleurir à leur surface, ou donnent par la lixiviation des quantités immenses de nitre. Telle est la source du salpêtre importé des Indes orientales. En Espagne, selon Proust, la terre de certaines localités des environs de Sarragosse serait une mine inépuisable de nitrate de potasse. J'ai vu près Latacunga, à peu de distance de Quito, sur un sol formé de débris trachy-