

ment par l'acide, en prenant toutefois la précaution de bien laver le sable résidu, avant de le dessécher pour le peser. C'est, au reste, une opération peu utile; le principal est de déterminer les matières sablonneuses. Si l'on avait un intérêt particulier à constater la présence et à évaluer la quantité de carbonates terreux contenus dans une terre, le mieux serait de faire une recherche spéciale, parce que le calcaire très-divisé étant entraîné avec la matière argileuse, le sable obtenu par le lavage ne renferme plus la totalité du carbonate de chaux.

La matière argileuse est loin d'être de l'argile pure; elle contient du sable extrêmement fin, qui a été entraîné avec elle; elle peut aussi, comme je viens de le faire remarquer, se trouver associée à du calcaire très-divisé; et si la terre renfermait de l'humus, les parties les plus déliées de cette substance devraient également s'y rencontrer.

Pour doser l'humus, on a généralement recours à la destruction par le feu. Un poids déterminé de terre sèche est chauffé au rouge dans un creuset; on agite constamment; et lorsqu'on ne remarque plus de ces points scintillants, indices de la combustion du carbone, on laisse refroidir et l'on pèse. Cette méthode a été suivie par Einhoff, Thaer, Davy, etc. On en trouverait difficilement une plus commode, mais il serait tout aussi difficile d'en rencontrer une plus inexacte. Les sols desséchés à la température où les matières organiques, l'humus, le terreau, commencent à s'altérer, retiennent encore une forte propor-

tion d'eau appartenant à l'argile. Cette eau se dégage à la chaleur rouge, pendant la combustion des matières organiques; comme on dose celles-ci par différence, il est évident que la perte en eau s'ajoute à la perte provenant de la destruction de l'humus. C'est certainement à cette cause d'erreur qu'il faut attribuer les fortes proportions d'humus signalées dans les sols examinés par Thaer et Einhoff; et il vaut mieux se borner à indiquer la présence ou l'absence de l'humus, que de le doser d'une manière aussi imparfaite.

Priestley et Arthur Young avaient déjà compris que la détermination du terreau exige une opération plus délicate. Ils recommandaient de calciner les terres en vases clos, et de recueillir les produits gazeux (1). Cette méthode ne présenterait pas un très-grand avantage sur celle que je critique, et l'on serait réduit à juger de la proportion de la matière organique contenue dans les sols, par le volume de gaz combustibles recueillis: volume qui pourrait varier, pour la même nature et la même quantité d'humus, selon l'application de la température.

La seule méthode à suivre, à mon avis, pour doser le terreau d'un sol, ou les détritiques organiques, c'est celle de l'analyse élémentaire. C'est en brûlant une quantité connue de terre bien desséchée, par l'oxyde de cuivre aidé d'un courant d'oxygène, que l'on pourra déterminer le carbone et l'hydrogène.

(1) Thaer, t. II, p. 122.

arrive assez communément que les sols calcaires, par exemple, contiennent du carbonate de magnésie. Si l'on tenait au dosage de cette terre, la méthode que je viens d'indiquer y conduirait aisément. En effet, il suffirait d'évaporer la liqueur au sein de laquelle s'est déposé l'oxalate de chaux, et de calciner ensuite le produit de l'évaporation dans une capsule de platine. Au rouge obscur, le nitrate de magnésie se décomposerait, ainsi que l'oxalate d'ammoniaque ajouté en excès. En reprenant par l'eau le résidu de la calcination, on obtiendrait la magnésie, qu'on n'aurait plus qu'à calciner après l'avoir lavée.

On peut, quand on se contente d'une approximation, déterminer la quantité de calcaire contenue dans une terre végétale, en se bornant à doser l'acide carbonique. On équilibre sur le plateau de la balance une fiole renfermant de l'acide azotique faible. On pèse une certaine quantité de la terre à essayer; et, après l'avoir placée sur une petite feuille de clinquant, on la fait tomber peu à peu dans la liqueur acide. Si la terre renferme des carbonates en proportion notable, il se fait une effervescence. On agite la liqueur avec précaution; et après avoir attendu pendant quelques minutes pour laisser dissiper à l'acide carbonique mêlé à l'air de la fiole, on porte la liqueur acide sur la balance. S'il n'y avait pas eu de dégagement de gaz acide carbonique, il est clair que, pour rétablir l'équilibre, il suffirait de mettre dans le plateau opposé à celui sur lequel se trouve la fiole, un poids égal à celui de la terre: or, ce qui

manque à ce poids représente précisément l'acide carbonique dégagé. En supposant cet acide combiné à la chaux, on en conclura le poids du carbonate calcaire.

Le sulfate de chaux fait quelquefois partie des sols. Pour s'assurer de sa présence et le recueillir avec assez d'exactitude, voici de quelle manière il faut procéder.

La terre bien pulvérisée est d'abord grillée, pendant longtemps, dans un creuset, ou mieux encore dans une capsule de platine, jusqu'à la destruction complète de la matière organique; il est convenable d'opérer sur environ 100 grammes. Après cette opération, la matière est mise en ébullition dans quatre ou cinq fois son poids d'eau distillée; cette ébullition peut se faire dans une casserole de cuivre ou d'argent. On agite, et on remplace l'eau à mesure qu'elle s'évapore; on filtre; on lave la terre; et après avoir réuni toutes les liqueurs, on évapore dans une capsule, jusqu'à ce que le volume du liquide soit réduit à un ou deux décilitres. On ajoute au liquide ainsi concentré, un volume d'alcool égal au sien (1). Si la dissolution contient du sulfate de chaux, ce sel se déposera; il suffira de le recevoir sur un filtre; après l'avoir lavé avec de l'alcool faible, on le pèsera après qu'il aura été desséché et calciné. On voit souvent ce sel se déposer en aiguilles fines et incolores par le refroidissement de la liqueur suffisamment rapprochée.

(1) A défaut d'alcool, on peut employer de l'eau-de-vie; mais alors il faut ajouter 4 volumes d'eau-de-vie pour 1 volume de liquide concentré.

Mais l'intervention de l'alcool est toujours utile, parce que le sulfate de chaux, très-peu soluble dans l'eau, est tout à fait insoluble dans l'alcool faible, qui dissout au contraire certains sels alcalins et terreux qui peuvent l'accompagner dans cette circonstance.

Il peut y avoir un grand intérêt à constater la présence des phosphates dans un sol. Bien que la recherche de l'acide phosphorique demande une certaine habitude de l'analyse chimique, j'indiquerai néanmoins la manière d'arriver à la détermination de cet acide. Il est d'ailleurs à désirer que les agriculteurs ne restent pas absolument étrangers à ce genre de manipulations.

Un très-habile chimiste, M. Malaguti, décrit ainsi la manière de découvrir et de doser l'acide phosphorique des phosphates. Traiter par l'acide nitrique 15 ou 20 grammes de la terre préalablement desséchée et broyée, faire bouillir pendant un quart d'heure, ajouter de l'eau, filtrer et laver les matières restées sur le filtre. Evaporer à siccité, dans une capsule de porcelaine, la liqueur filtrée; sur le résidu obtenu, verser 12 à 15 grammes d'esprit-de-vin, aiguisé de deux ou trois gouttes d'acide nitrique. Séparer cet esprit-de-vin au moyen du filtre, et ajouter au liquide alcoolique quelques gouttes d'une dissolution d'acétate de plomb. Si la terre examinée renferme des phosphates, il se formera un précipité de phosphate de plomb. Le poids de ce phosphate donne celui de l'acide phosphorique. On dose avec assez de facilité l'acide phosphorique, par une méthode dont le principe, dû à M. Berthier,

est fondé, d'une part, sur la forte affinité de cet acide pour le peroxyde de fer, et de l'autre sur l'insolubilité du phosphate de fer dans l'acide acétique affaibli par l'eau. On procède comme il suit :

Faire bouillir, pendant quelques minutes, la terre à examiner avec de l'acide chlorhydrique (muriatique) étendu d'environ son volume d'eau. Après le refroidissement, jeter le mélange sur un filtre, laver le filtre avec de l'eau bouillante. Réunir les liqueurs filtrées pour les évaporer jusqu'à siccité, arroser le résidu avec un peu d'acide chlorhydrique; et, après avoir laissé digérer pendant une demi-heure, jeter sur un filtre et laver. Dans le liquide froid provenant de la filtration et du lavage, ajouter de l'acétate de peroxyde de fer. Si la liqueur contient de l'acide phosphorique, il se formera un précipité de phosphate de peroxyde de fer. On ajoute l'acétate goutte à goutte; et quand la liqueur est éclaircie par le dépôt du phosphate, on essaye si une nouvelle goutte d'acétate n'y occasionne plus de précipité. On introduit le tout, liquide et précipité, dans un vase de la capacité d'un litre environ, qu'on remplit avec de l'eau; et on lave huit à dix fois par décantation.

Le précipité lavé est versé sur un double filtre (1). On laisse égoutter; puis on sèche le tout au bain-marie. Après la dessiccation, on pèse comparativement le

(1) Par double filtre, il faut entendre deux filtres, mis l'un dans l'autre, faits avec le même papier, et ayant le même poids. Le filtre extérieur devient la tare du filtre intérieur, qui porte le phosphate.

filtre intérieur sur lequel a été recueilli le précipité, et le filtre extérieur : la différence représente le poids du phosphate de peroxyde de fer, dans lequel il entre 47,7 pour 100 d'acide phosphorique.

D'après ce qui précède, on voit que l'utilité la moins contestable de l'analyse chimique dans l'étude des sols se réduit à la recherche de quelques principes très-peu abondants, mais dont l'action est certainement utile à la végétation. Quant à la détermination relative des sables et de l'argile, elle repose sur un simple lavage; et un chimiste exercé emploierait mal son temps, en cherchant, à l'aide des moyens analytiques dont la science dispose, la composition élémentaire de ces substances. La partie la plus subtile, entraînée par l'eau, présentera toujours des propriétés analogues à celles de l'argile; le sable, le plus souvent siliceux, rappellera les caractères du quartz, de même que les fragments calcaires qui s'y trouveront mélangés offriront ceux du carbonate de chaux. Il suffit donc, en ce qui concerne la constitution minéralogique des terres labourables, d'exposer très-succinctement les propriétés générales de l'argile, du quartz et du carbonate calcaire, substances qui sont réellement la base de tous les sols cultivés.

L'argile pure, composée de silice, d'alumine et d'eau, ne renferme pas ces matières à l'état de simple mélange. Les recherches de M. Berthier ont parfaitement établi que l'argile est un silicate hydraté d'alumine. Lorsqu'on vient, par exemple, à enlever une partie de l'alumine d'une argile, en la traitant

par un acide puissant, la silice, mise à nue, est susceptible de se dissoudre dans une dissolution alcaline; ce qui n'arriverait pas, si cette silice se trouvait à l'état de sable quartzeux.

Les argiles pures sont blanches, onctueuses. Leurs caractères les plus communs sont de happer à la langue quand elles sont sèches, et d'émettre, par l'insufflation, une odeur bien connue, et qu'on désigne par le nom d'odeur argileuse. Cette propriété de l'argile sèche, de happer, d'adhérer avec force aux corps humides, est une conséquence de son avidité pour l'eau. On sait, en effet, que cette substance, quand elle est mise en contact avec ce liquide, se gonfle d'abord, puis finit par s'y délayer complètement. Lorsqu'on l'humecte convenablement, on peut en former des pâtes liantes et éminemment plastiques. Lorsqu'elles restent exposées à l'air, ces pâtes argileuses subissent un retrait considérable, en abandonnant graduellement leur eau surabondante. Si la dessiccation est trop rapide, la masse se fendille dans tous les sens. C'est à une action de ce genre que sont dues les crevasses, les nombreuses fissures qui sillonnent les terres arables trop argileuses, aux époques des grandes sécheresses.

L'eau de constitution, dans les argiles, s'y trouve retenue par une affinité puissante; elle ne s'en sépare qu'à la chaleur rouge.

L'argile pure a une pesanteur spécifique d'environ 2,5; au reste, cette densité est souvent modifiée par la présence de matières étrangères. Ainsi elle

renferme du sable, des oxydes métalliques, de la pyrite, du carbonate de chaux, de la magnésie, et quelquefois même des substances combustibles, depuis le bitume jusqu'au graphite. Ces mélanges modifient souvent les propriétés que l'on estime le plus dans les argiles, comme la finesse de la pâte, la blancheur, l'infusibilité au feu de forge.

Voici la composition de quelques argiles analysées par M. Berthier :

LOCALITÉS.	SILICE.	ALUMINE.	MAGNÉSIE.	OXYDE DE FER.	EAU.
Forges.....	65,0	24,0	»	traces.	11,0
Devonshire.....	49,6	37,4	»	»	11,2
Le Montet.....	61,6	24,7	»	2,2	10,0
Pantin près Paris..	50,6	10,5	7,2	5,7	26,0

Le quartz est très-abondamment répandu dans la nature; on le rencontre sous des états très-divers : en cristaux transparents, incolores, comme le *crystal de roche*; en sable de différentes grosseurs; enfin, en masses considérables formant de véritables roches, dans les terrains d'une époque ancienne.

Le quartz est la silice des chimistes, qu'ils considèrent comme le résultat de l'oxydation du silicium; selon Berzélius, elle serait composée de 100 de radical et de 108 d'oxygène. A l'état de pureté, c'est une poudre blanche, rude au toucher, et d'une densité égale à 2,7. La silice est infusible au feu le plus

violent qu'il soit possible de produire par les moyens ordinaires; cependant, lorsqu'on la soumet à la chaleur résultant de la combustion d'un mélange de gaz hydrogène et de gaz oxygène, non-seulement elle fond, mais, comme l'a observé M. Gaudin, elle se volatilise.

Dans l'état sous lequel on l'obtient le plus ordinairement, la silice est considérée comme étant insoluble dans l'eau; toutefois, lorsqu'elle est extrêmement divisée, quand, par exemple, elle provient de l'oxydation du sulfure de silicium par son contact avec l'eau, elle est soluble. D'ailleurs, son insolubilité n'est probablement pas aussi absolue qu'on le suppose communément. M. Payen en a trouvé des quantités notables dans l'eau jaillissante du puits artésien de Grenelle et dans celle de la Seine. La silice existe surtout en quantité très-appreciable dans certaines eaux thermales, où la présence d'une matière alcaline favorise sa dissolution. L'eau chaude et jaillissante de Reikum, en Islande, en contient environ 4 millièmes de son poids; et la source thermale de *Las Trincheras*, près *Puerto-Cabello*, dont la température est de 99° centigrades, dépose d'abondantes concrétions siliceuses. Cette eau ne renferme presque autre chose que de la silice, du gaz hydrogène sulfuré, et quelques traces de gaz azote (1).

Le cristal de roche, quand il est limpide et inco-

(1) Boussingault, *Annales de Chimie et de Physique*, t. XXIII, p. 272, 2^e série.

Mais ce qu'il importe, c'est de connaître la richesse en azote des débris organiques du terrain. Une détermination d'azote faite avec soin suffirait; car, de plusieurs sols soumis à l'examen, les plus riches en principes d'origine organique, seront probablement ceux qui fourniront la plus forte proportion d'azote. Cependant l'analyse, il faut le reconnaître, n'indiquera pas nécessairement que cette matière organique doit agir activement sur la végétation.

Il peut être très-utile de constater la présence du carbonate de chaux dans une terre, principalement s'il s'agit de discuter l'opportunité d'un *marnage*. On peut, dans ce but, employer deux moyens: 1° Traiter le sol par l'acide nitrique légèrement affaibli par une addition d'eau. L'effervescence dénotera la présence probable du carbonate de chaux; je dis probable: car si le dégagement de gaz acide carbonique est le caractère générique de ce sel, il n'en n'est pas le caractère spécial, puisque ce dégagement serait occasionné par tout autre carbonate. Il est bon de faire bouillir la liqueur acide sur le sol; on reçoit sur un filtre la partie qui ne s'est pas dissoute, on la lave avec de l'eau distillée bouillante (1). Dans la liqueur filtrée, à laquelle on réunit les eaux du lavage, on verse de l'ammoniaque; s'il se forme un précipité, on le recueille sur un filtre, on le lave, et dans les nou-

(1) A défaut d'eau distillée, on peut se servir d'eau de pluie, et, pour le cas particulier, de toutes les eaux qui ne seront pas précipitées par l'oxalate d'ammoniaque, l'acide oxalique, ou la dissolution de sel d'oseille.

velles liqueurs filtrées on ajoute de l'oxalate d'ammoniaque. S'il y a de la chaux, elle se dépose à l'état d'oxalate; il convient de laisser le dépôt tranquille pendant cinq ou six heures: la liqueur est alors parfaitement éclaircie; et l'on s'assure, par l'addition de quelques gouttes de solution d'oxalate d'ammoniaque, que la totalité de la chaux a été précipitée, car alors la liqueur doit rester limpide. On reçoit l'oxalate de chaux sur un filtre, on le lave et on le sèche. On introduit l'oxalate dans un creuset de platine, et on chauffe au rouge obscur jusqu'à ce que le papier du filtre soit entièrement consumé, jusqu'à ce qu'on n'aperçoive plus de trace de charbon. On retire le creuset du feu; et lorsqu'il est froid, on imbibe la matière qui s'y trouve, avec une solution concentrée de carbonate d'ammoniaque. On dessèche avec précaution pour éviter toute projection, et on chauffe au rouge naissant; on ferme le creuset avec son couvercle, et on le pèse quand il est suffisamment refroidi, afin d'avoir le poids de la matière contenue. Cette matière est du carbonate de chaux (1). 100 de ce carbonate représentent 56,3 de chaux et 43,7 d'acide carbonique.

J'ai dit qu'il pouvait se rencontrer dans un sol arable des carbonates autres que le carbonate calcaire. Il

(1) Quand on opère avec quelque précision, on défalque du carbonate, le poids des cendres du filtre qui a été consumé, après avoir déterminé la quantité de cendre laissée par le papier à filtre. Il faut, par conséquent, peser au centigramme les filtres dont on se sert pendant le cours de l'analyse.