

lore, peut être considéré comme de la silice pure. Dans les variétés de quartz que les minéralogistes comprennent sous les dénominations de *silex*, de *calcédoine*, d'*agate* et d'*opale*, la silice se trouve associée à différentes substances minérales et quelquefois à de l'eau, comme le montrent les résultats des analyses que je vais rapporter :

SUBSTANCES.	SILICE.	ALUMINE.	CHAUX.	OXYDE DE FER et de MANGAN.	EAU.	ANALYSTES.
Quartz pur.....	99,4	»	»	»	»	Bucholz.
Quartz améthyste..	97,5	0,5	»	0,7	1,5	Rose.
Quartz rouge.....	90,0	traces.	»	9,1	»	Berzelius.
Silex.....	86,4	»	10,0	1,2	»	Vanquelin.
Calcédoine.....	96,1	»	»	0,8	5,1	Beudant.
Cornaline.....	94,0	5,5	»	0,8	»	Bindheim.
Opale de Hongrie.	91,5	»	»	»	8,7	Beudant.
Opale du Mexique.	92,0	»	»	0,5	7,8	Klaproth.

Le carbonate de chaux, comme roche, appartient à toutes les époques de la série géologique. Il constitue souvent des terrains très-étendus. On le voit avec l'aspect grenu, saccharoïde, former des couches puissantes dans les gneiss ou les micaschistes, et on le retrouve dans les dépôts les plus modernes des continents, à l'état plus ou moins mélangé avec de l'argile. Lorsqu'il est entièrement pur, le carbonate de chaux est composé de :

Chaux.....	56,3
Acide carbonique.....	43,7
Sa densité est alors de 2,7 à 2,9	

Il se dissout avec effervescence, sans laisser de résidu, dans l'acide chlorhydrique ou l'acide azotique.

Chauffé à une haute température, son acide se dégage, et il reste de la chaux vive. Le carbonate de chaux est considéré comme insoluble dans l'eau; il s'y dissout néanmoins en quantité très-notable à la faveur du gaz acide carbonique. Lorsqu'une semblable dissolution est exposée à l'air, l'acide se dissipe peu à peu et le carbonate se dépose. C'est à cette dernière circonstance qu'est due la production de ces nombreux dépôts de tufs, de stalactites. Cette propriété que possède le carbonate calcaire, de se dissoudre dans l'eau acidulée par l'acide carbonique, permet d'entrevoir comment les sols peuvent transmettre ce sel aux plantes, par la raison que les eaux qui coulent à la surface du globe ne sont jamais exemptes d'acide carbonique.

Les substances minérales que nous venons d'étudier, prises isolément, formeraient un sol à peu près stérile; cependant, en les mélangeant avec discernement, on pourrait obtenir une terre qui offrirait toutes les conditions de fertilité. Ces conditions dépendent bien moins de la constitution chimique des matériaux du sol, que de leurs propriétés physiques; telles que la faculté d'imbibition, la densité, la couleur, la conductibilité pour la chaleur, etc. C'est bien certainement par l'étude de ces diverses propriétés, qu'on parvient à se faire une idée précise des causes qui déterminent ou qui excluent les qualités que l'on exige des terres cultivables: c'est ce qu'un physicien distingué, Schüller, a parfaitement compris; et son beau travail, qui va nous servir de guide, restera comme un mo-

vide, pour y introduire une quantité connue de la matière pulvérulente, desséchée. On ajoute alors de l'eau et l'on agite, pour faciliter l'imbibition et aider le dégagement des bulles d'air ; on achève de remplir le flacon ; et quand la partie supérieure de l'eau est éclaircie, on pose le bouchon : on essuie le flacon, et l'on procède à la pesée (1).

La différence du poids du flacon plein d'eau, augmenté de celui de la matière, avec le poids du flacon contenant la matière et de l'eau, donne le poids de l'eau déplacée par cette même matière. Ainsi :

Poids du flacon plein d'eau...	60 ^{gr} , 0
Poids de la matière.....	24, 0
Le flacon devrait peser.....	84, 0
Flacon, eau et terre, pèsent...	74, 4
Différence ou eau déplacée....	9, 6

C'est le poids d'un volume d'eau égal à celui de la matière introduite dans le flacon.

On a donc, pour la pesanteur spécifique de la terre, le poids de l'eau étant 1, $\frac{24}{9,6} = 2,5$.

Ce nombre représente le poids spécifique moyen des particules isolées de la poudre sur laquelle on a

(1) Il est impossible de faire sortir tout l'air interposé dans les corps pulvérisés par ce moyen, qui toutefois est suffisamment exact pour l'objet dont il s'agit ici. — Dans des recherches délicates, il faut, après avoir ajouté une certaine quantité d'eau sur la poudre, faire bouillir pendant quelque temps. On fait bouillir aisément l'eau dans des flacons à fond plat et très-épais, en plaçant ces flacons sur un petit bain de sable chauffé à la lampe. On peut aussi extraire les dernières particules d'air, en plaçant le flacon dans le vide.

opéré : mais il ne faudrait pas vouloir déduire de cette densité le poids d'un volume quelconque de terre, d'un mètre cube par exemple ; on arriverait à un chiffre beaucoup trop fort. Le poids d'un volume donné de terre doit être déterminé directement, en la tassant dans un moule d'une capacité connue. Schübler a expérimenté sur des matières sèches et sur des matières humides. Les terres avaient été desséchées dans une étuve, à la température de 40° à 50° centigr. Celles qui étaient humides avaient absorbé toute l'eau qu'elles pouvaient retenir, sans en laisser échapper lorsqu'on les plaçait sur un filtre.

Résultats des expériences sur la densité des terres.

DÉSIGNATION DES TERRES.	PESANTEUR SPÉCIFIQUE, l'eau 1.	POIDS DU LITRE DE TERRE COMPRIMÉE.	
		SÈCHE.	HUMIDE.
		kilog.	kilog.
Sable calcaire.....	2,822	2,085	2,603
Sable siliceux.....	2,753	2,044	2,494
Gypse.....	2,358	1,676	2,350
Argile maigre.....	2,701	1,799	2,386
Argile grasse.....	2,652	1,621	2,194
Argile pure.....	2,591	1,376	2,126
Terre calcaire fine, carbonate de chaux.....	2,468	1,006	1,758
Humus.....	1,235	0,632	1,428
Terre de jardin.....	2,332	1,499	1,744
Terre arable d'Hoffwyl.....	2,401	1,537	2,180
Terre arable du Jura (1)....	2,526	1,731	2,126

(1) A cette liste, Schübler ajoute la magnésie carbonatée ; mais j'ai quelque raison de penser que l'auteur a opéré sur la *magnesia alba*, qui ne répond point du tout au carbonate de magnésie qui se rencontre effectivement dans certains sols. J'ai cru devoir, par conséquent, supprimer toutes les observations qui se rapportent à cette magnésie carbonatée.

On voit par ces résultats : 1° que le sable siliceux, le sable calcaire, sont les plus pesantes des matières minérales de la terre arable; 2° que l'argile est celle qui possède la densité la moins forte; 3° que l'humus ou terreau a une densité beaucoup moindre que celle de l'argile; 4° qu'une terre composée étant généralement d'autant plus pesante qu'elle contient plus de sable, et d'autant plus légère qu'elle renferme plus d'argile, de terre calcaire et d'humus, il est possible de conclure de la densité d'un terrain, la nature des principes qui y dominant.

Imbibition des terres par l'eau. — La faculté que possèdent les sols de retenir l'eau, en s'opposant à une évaporation trop rapide, est extrêmement importante, par l'influence qu'elle exerce sur la fertilité. On mesure comparativement cette propriété de la manière suivante :

On prend 20 grammes de terre; on la dessèche à 40° ou 50°, jusqu'à ce qu'elle ne diminue plus de poids par une dessiccation prolongée. On en fait une pâte très-liquide, que l'on verse sur un filtre de papier gris, préalablement mouillé, et pesé humide. Le vase dans lequel la terre a été délayée, est lavé, et l'eau de lavage réunie avec soin à la matière qui se trouve sur le filtre. Lorsqu'il ne sort plus d'eau du bec de l'entonnoir qui supporte le filtre, on pèse. L'augmentation de poids est due à l'eau retenue par la terre. Ainsi :

Poids de la terre desséchée.....	20,0
Poids du filtre humide.....	5,0
	<hr/>
	25,0
Filtre et terre imbibée.....	35,0
	<hr/>
Eau absorbée.....	10,0

Dans l'expérience que je viens de citer, 100 de terre sèche ont pris 50 d'eau.

Le tableau suivant résume les essais faits sur l'imbibition. Dans les deux dernières colonnes, on trouve exprimées en poids, les quantités d'eau et de matière sèche contenues dans un litre de terre humide.

DÉSIGNATION DES TERRES.	EAU ABSORBÉE par 100 PARTIES de terre.	UN LITRE DE TERRE MOUILLÉE CONTIENT	
		EAU.	TERRE.
		kil.	kil.
Sable siliceux.....	25	0,499	1,995
Gypse (à l'état hydraté).....	27	0,501	1,855
Sable calcaire.....	29	0,582	2,021
Argile maigre.....	40	0,682	1,654
Argile grasse.....	50	0,730	1,464
Argile pure.....	70	0,875	1,251
Terre calcaire fine.....	85	0,808	0,950
Humus.....	190	0,935	0,493
Terre de jardin.....	89	0,821	0,923
Terre arable d'Hoffwyl.....	52	0,745	1,435
Terre arable du Jura.....	48	0,689	1,437

Le sable siliceux ou calcaire, le gypse, ont, comme on peut le voir, le moins d'affinité pour l'eau; l'argile pure en a retenu beaucoup plus. L'adhérence de l'eau à la chaux carbonatée très-divisée mérite d'être remarquée. La terre calcaire fine en a conservé 87 pour 100, plus que l'argile pure; pendant que le

sable calcaire n'en a gardé que 29 pour 100. Ce fait prouve combien l'état de division influe sur les propriétés physiques des sols ; et l'on comprend qu'il ne faut pas négliger, lorsque l'on signale la présence du calcaire dans une terre arable, d'indiquer sous quelle forme et à quel degré de ténuité il s'y trouve.

L'humus est la substance qui s'est montrée la plus avide d'humidité ; l'on conçoit, d'après cela, pourquoi les terres arables riches de ce principe ont toujours une si forte affinité pour l'eau.

Ténacité, cohésion, adhérence des terres. — La ténacité, la consistance du sol, sont des propriétés importantes, que les cultivateurs expriment, en disant d'une terre qu'elle est forte ou légère, selon que, pour la façonner à la culture, ils sont obligés de dépenser plus ou moins de force.

Pour éprouver comparativement les terres, sous le rapport de leur ténacité à l'état sec, M. Schübler moulaît les différentes matières convenablement humectées, en parallépipèdes égaux et semblables. Lorsque ces solides étaient complètement secs, il faisait poser leurs extrémités sur des supports fixes ; et au moyen d'un plateau de balance suspendu exactement au milieu de la longueur des prismes, il les chargeait progressivement de poids, jusqu'à déterminer la rupture. La charge supportée par chaque parallépipède, immédiatement avant sa rupture, exprime sa ténacité.

En façonnant un sol humide, il faut non-seulement surmonter sa force de cohésion, mais encore et prin-

cipalement vaincre son adhérence aux instruments aratoires. Cette considération a engagé M. Schübler à évaluer, toujours d'une manière comparative, la force qu'il est nécessaire de déployer dans le travail des différentes espèces de terrains. Comme les matériaux qui entrent communément dans la construction des instruments aratoires sont le fer et le bois, on s'est borné à déterminer l'adhérence du sol à ces deux substances. Dans les épreuves dont nous allons exposer les résultats, on s'est servi de deux disques, l'un en fer, l'autre en bois de hêtre, présentant une surface égale. Le disque était attaché à l'extrémité du bras d'une balance très-sensible, on le mettait en contact parfait avec la matière humide, et, lorsqu'il adhérait, on chargeait de poids le plateau opposé, jusqu'à ce que l'adhérence fût vaincue. Dans ce genre d'expérience, il est indispensable que les terres soient à un degré constant d'humidité : dans ce but, on les soumettait aux essais, lorsqu'elles étaient à leur maximum d'imbibition.

L'argile pure et sèche a offert la plus grande ténacité. Pour faciliter les comparaisons, on a représenté cette ténacité par 100 ; les ténacités des autres matières ont été rapportées à celles de l'argile. Les parallépipèdes des terres dont on a déterminé la cohésion avaient 45,2 millimètres de longueur, et 13,5 millimètres sur les deux autres dimensions.

Voici les résultats obtenus dans ces deux séries d'expériences :

TABLEAU.

DÉSIGNATION DES TERRES.	TÉNACITÉ de la terre sèche, celle de l'argile étant 100.	TÉNACITÉ exprimée EN POIDS.	COHÉSION	
			à l'état humide; adhérence verticale au fer et au bois, sur un décimètre carré.	
			FER.	BOIS.
		kil.	kil.	kil.
Sable siliceux.....	0	0	0,17	0,19
Sable calcaire.....	0	0	0,19	0,20
Terre calcaire fine..	5,0	0,55	0,65	0,71
Gypse.....	7,3	0,81	0,49	0,53
Humus.....	8,7	0,97	0,40	0,42
Argile maigre.....	57,3	6,36	0,35	0,40
Argile grasse.....	68,8	7,64	0,48	0,52
Terre argileuse.....	83,3	9,25	0,78	0,86
Argile pure.....	100,0	11,10	1,22	0,32
Terre de jardin.....	7,6	0,84	0,29	0,34
Terre d'Hoffwyl....	33,0	3,66	0,26	0,28
Terre du Jura.....	22,0	2,44	0,24	0,27

Schübler admet, d'après ces recherches, qu'un sol desséché est d'un travail très-facile, lorsque sa ténacité ne dépasse pas 10, celle de l'argile pure étant égale à 100, à l'état humide. Les sols se laissent encore façonner avec facilité lorsque l'adhérence sur une surface de 1 décimètre carré est représentée par un poids de 0,15 kilogr. à 0,30 kilogr. Passé ce dernier terme, les difficultés augmentent rapidement; et il faut déjà dépenser une force assez considérable pour la surmonter, quand cette adhérence pour la même surface répond à 0,70 kilogr.

La ténacité d'un sol humide n'est pas en raison directe de la facilité d'imbibition. L'humus et la terre calcaire très-divisée, qui absorbent beaucoup plus d'eau que l'argile, sont cependant moins tenaces. Enfin, l'eau rend les sols sablonneux plus consistants.

Tous les praticiens savent combien les terres labou-

rées humides sont rendues plus meubles par l'effet de la gelée. L'eau, par l'expansion qu'elle éprouve en devenant solide, écarte et désagrège les molécules du sol. Schübler a mesuré par les moyens ci-dessus indiqués l'effet de l'expansion causée par la congélation de l'eau interposée dans les terres. Il a trouvé que la cohésion de l'argile grasse desséchée, qui est égale à 68, descend à 45, lorsque avant sa dessiccation la pâte argileuse a été soumise à la gelée. Par la même cause, la cohésion de la terre arable d'Hoffwyl a éprouvé un changement dans le même sens.

Aptitude du sol à la dessiccation. — La faculté de laisser dissiper dans l'atmosphère l'eau dont elles sont surchargées, est tout aussi essentielle aux bonnes terres, que celle de la retenir dans une juste proportion. Les terrains qui abandonnent avec trop de lenteur l'humidité acquise pendant l'hiver, présentent de graves embarras au cultivateur. Ils sont souvent inabordables au printemps, et occasionnent par conséquent des semailles tardives; de plus, si ces terres s'égouttent difficilement elles ne donnent que des récoltes médiocres. Dans le plan qu'il avait adopté, Schübler ne pouvait pas négliger d'étudier l'aptitude des sols à une dessiccation plus ou moins rapide; c'est ce qu'il a fait, au moyen d'expériences comparatives, exécutées par la méthode suivante :

Un disque métallique, muni d'un rebord et offrant très-peu de profondeur, était suspendu au bras d'une balance. Sur ce disque, on étendait aussi uniformément que possible la terre préalablement amenée à

dèle de l'application des sciences à l'agriculture (1).

Les recherches de Schübler ont porté sur les substances minérales qui se trouvent communément dans les sols, savoir :

- 1° Le sable siliceux ;
- 2° Le sable calcaire ;
- 3° L'argile maigre, renfermant environ 0,40 de sable ;
- 4° L'argile grasse, ne contenant que 0,24 de sable ;
- 5° La terre argileuse, donnant encore 0,11 de sable ;
- 6° L'argile à peu près pure, composée de :

Silice.....	58,0
Alumine.....	36,0
Oxyde de fer.....	05,2

7° Le carbonate de chaux pulvérulent, qui se rencontre sous divers états de ténuité, dans les terres, dans la marne ;

8° L'humus ;

9° Le gypse ;

10° La terre de jardin légère, noire, friable, fertile, contenant pour 100 :

Argile.....	52,4
Sable quartzeux....	36,5
Sable calcaire.....	1,8
Terre calcaire.....	2,0
Humus.....	7,3

11° Terre labourable, prise dans un champ d'Hoffwyl, composée de :

(1) Schübler, *Annales de l'Agriculture française*, t. XL, p. 122, 2^e série.

Argile.....	51,2
Sable siliceux.....	42,7
Sable calcaire.....	0,4
Terre calcaire.....	2,3
Humus.....	3,4

12° Terre labourable, prise dans un vallon situé dans le voisinage du Jura, contenant :

Argile.....	33,3
Sable siliceux.....	63,0
Sable calcaire.....	1,2
Terre calcaire et humus.	1,2
Perte.....	1,3

Ces recherches ont eu pour objet de constater :

1° La pesanteur spécifique ; 2° la faculté de retenir l'eau ; 3° la consistance ; 4° l'aptitude à la dessiccation ; 5° le retrait subi par la dessiccation ; 6° le pouvoir hygrométrique ; 7° l'absorption de l'oxygène de l'air ; 8° la faculté de retenir la chaleur ; 9° l'échauffement par la chaleur solaire.

Pesanteur spécifique des terres. — On peut comparer le poids des terres entre elles, sous un volume donné, à l'état sec et pulvérulent, ou à l'état humide. Enfin on peut se proposer de déterminer la pesanteur spécifique des particules qui les composent. Cette dernière détermination s'obtient facilement par la méthode suivante :

On prend un flacon ordinaire, bouchant à l'émeri. On le pèse bouché et plein d'eau distillée (1). On le

(1) Il est bon de terminer la partie inférieure du bouchon en forme de biseau, pour pouvoir boucher facilement. J'ai quelquefois pratiqué un trait de lime sur la surface cylindrique du bouchon.