

Odier

CONTRIBUTIONS A LA CONNAISSANCE  
DES PRODUITS DE DÉCOMPOSITION DES SILICATES  
DANS LES TERRAINS ARGILEUX, VOLCANIQUES ET LATÉRITIQUES,

PAR

J. M. VAN BEMMELEN.

I. INTRODUCTION.

De la constitution des produits de décomposition des roches cristallines, qui forment le sol arable, on peut dire que jusqu'en ce moment elle était encore pour ainsi dire inconnue, malgré le grand nombre d'analyses que l'on a faites du sol. Une des raisons principales en est, sans aucun doute, que lors du traitement des terres par les acides (chlorhydrique ou sulfurique) l'acide silicique mis en liberté par les silicates n'a pas été déterminé<sup>1)</sup>. Une seconde raison est celle-ci, qu'on n'a pas examiné ce qui entrait en solution, d'une part quand on extrayait par un alcali, d'autre part dans le traitement par des acides de plus en plus forts. Ce n'est que tout récemment que M. BAUER, et après lui M. SCHLÖSING, ont remarqué qu'il y a des terres où l'alumine existe à l'état libre, ou bien où l'alumine l'emporte sur l'acide silicique dans les silicates de métamorphisme, ainsi qu'on l'observe dans la latérite, une terre que l'on rencontre souvent dans les contrées tropicales et que l'on a même parfois analysée, sans que cette particularité en eût jamais été remarquée<sup>2)</sup>. Il est certain que dans d'autres contrées encore il existe, en

<sup>1)</sup> Les analyses du sol tout entier valaient encore moins pour faire connaître la composition des divers éléments du mélange. Elles avaient d'ailleurs un autre but.

<sup>2)</sup> M. BAUER le premier a découvert, en 1898, dans la latérite des îles Seychelles, la présence d'alumine libre (*Neues Jahrbuch f. Mineral. Geol.* II, 163).

divers endroits, des terrains où les silicates métamorphisés sont beaucoup plus riches en alumine que dans l'argile plastique, une circonstance qui était restée inconnue jadis, parce qu'on avait négligé de déterminer la quantité de silice <sup>1)</sup>.

Et pourtant la détermination en est aisée. Quand on extrait la terre par l'acide chlorhydrique, il ne se dissout qu'une partie de l'acide silicique mis en liberté par le silicate de décomposition, et il s'en dissout d'autant moins que l'acide chlorhydrique est plus concentré. *Les déterminations antérieures de l'acide silicique par l'extraction au moyen d'acide chlorhydrique n'ont donc pas la moindre valeur.* Mais quand, après traitement par l'acide chlorhydrique et même après l'action de l'acide sulfurique concentré, on agite la terre pendant quelques minutes (3 suffisent déjà) avec une lessive diluée de potasse ou de soude, en ayant soin de chauffer légèrement (à  $\pm 50^\circ$ ), l'acide silicique, qui a été mis en liberté mais ne s'est pas dissous, entre en solution. L'hydrosol de  $SiO_2$  se dissout notamment, à cette température, aisément dans une lessive diluée (d'un p. spécif. de 1,04), même quand il est sec et même encore quand il a été calciné. Quand on traite successivement la terre par des solutions d'acide chlorhydrique de diverses concentrations et finalement par l'acide sulfurique concentré, on peut déterminer après chaque opération la composition de la portion dissoute du silicate décomposé; il suffit à cet effet d'effectuer cette courte manipulation avec la lessive diluée après chacun des traitements consécutifs <sup>2)</sup>. Finalement les portions qui ne se sont pas dissoutes doivent être examinées au

Dans des terres de culture de Madagascar et dans des terres françaises, M. SCHLÖSING (1901) a fait voir la prépondérance de l'alumine sur la silice, par l'extraction au moyen d'une solution diluée, mais bouillante, de soude caustique. J'ai converti ses résultats en molécules-grammes. Dans trois terrains il a trouvé:

	7,0	— 4,2	— 2,5	mol. $Al_2O_3$	par mol. $SiO_2$
ou bien	0,14	— 0,24	— 0,4	mol. $SiO_2$	par mol. $Al_2O_3$ .

(*Compt. rend.*, 132, 723).

<sup>2)</sup> Cela va si loin que, comme dit M. BAUER, on a parfois confondu l'alumine libre dans les terres avec du kaolin. Dans le manuel d'agriculture des contrées tropicales de M. WOHLTMANN (1892) il n'y a rien sur l'alumine libre ou pauvre en silice, bien qu'on y trouve plusieurs analyses de latérite; il est vrai que sous ce rapport elles sont loin d'être satisfaisantes.

<sup>3)</sup> Je prends 3 à 5 gr. de terre finement pulvérisée et je les extrais pendant quelque temps au moyen de 50 à 100 cm<sup>3</sup>. d'acide chlorhydrique de diverses

microscope <sup>1)</sup>. Dans les sols argileux plastiques ordinaires la lessive ne dissout que des quantités insignifiantes du silicate, pendant ce court traitement; mais si le silicate de métamorphisme est fortement basique, et déjà de ce chef facilement soluble dans une lessive diluée, une extraction par l'alcali doit précéder celle par l'acide. Dans ce cas, pour dissoudre ce silicate basique, le traitement par l'alcali doit être suffisamment prolongé.

Cette méthode, je l'ai suivie pour la première fois, il y a 16 ans, dans une analyse de terres argileuses provenant d'alluvions modernes de la Hollande et de terres volcaniques de Sumatra et de Java (Indes orientales). Dans les terres argileuses j'ai trouvé que les silicates décomposés contenaient par mol.  $Al^2O^3$  trois à cinq mol.  $SiO^2$ ; mais dans les terrains volcaniques de Déli (Sumatra) le silicate était presque tout

concentrations. Dans la suite les lettres *a*, *b* etc. serviront à indiquer un extrait:

<i>a</i>	au moyen d'acide chlorhydrique (p. spéc. 1,035) à 55° pend. 5 m. à $\frac{1}{2}$ h.
<i>b</i> <sub>1</sub>	" " " " 1,10 " 55° " 5 m. " $\frac{1}{2}$ h.
<i>b</i> <sub>2</sub>	" " " " 1,10 " 100° " $\frac{1}{2}$ h. " 1 h.
<i>c</i> <sub>1</sub>	" " " " 1,2 " l'ébullition pend. 1 h.
<i>c</i> <sub>2</sub>	répétition de <i>c</i> <sub>1</sub>
<i>k</i> <sub>1</sub>	lessive de soude (ou de potasse) (p. spéc. 1,04) " 55° pendant 5 m.
<i>k</i> <sub>2</sub>	" " " " " " l'ébullition pend. $\frac{1}{2}$ h.

Les durées sont indiquées d'une façon précise dans les tableaux.

*s* chauffage avec de l'acide sulfurique concentré (5 à 10 cm<sup>2</sup>.) jusqu'à ce que l'acide était évaporé pour la plus grande partie.

Après chaque traitement par l'acide, le liquide clair est enlevé aussi parfaitement que possible, et la terre agitée pendant 5 minutes avec la lessive diluée (p. spéc. 1,04) à 50°. La silice et la minime quantité d'alumine qui se dissolvent pendant cette manipulation sont déterminées et mises sur le compte de l'extrait acide précédent. Le volume de la petite quantité de liquide qui reste dans la terre après le traitement par la lessive diluée est évalué d'une façon approchée.

Le liquide enlevé est filtré par surcroît de précaution et l'on tient compte de la minime quantité de matière fixe qui reste sur le filtre.

<sup>1)</sup> M. le Prof. SCHROEDER VAN DER KOLK a eu l'obligeance de confier à un de ses élèves, M. J. K. VAN GELDER, aspirant ingénieur des mines, l'examen microscopique de la portion des terres qui n'était pas entrée en solution; cet examen a été exécuté sous sa propre direction, suivant la méthode qu'il a publiée dans son travail intitulé: *Kurze Anleitung zur microscopischen Kristallbestimmung*, Wiesbaden 1898. Cette méthode est basée sur une façon ingénieuse et excessivement précise de détermination de l'indice de réfraction. Je remercie sincèrement M. S. v. D. KOLK et surtout M. VAN GELDER pour leur précieux concours.

entier facilement soluble dans une lessive diluée et fortement basique, au point qu'il ne contenait pas même 1 mol.  $SiO_2$  par  $Al_2O_3$ .

Dans les pages suivantes je me propose de communiquer quelques nouvelles recherches et observations relatives à la composition et au caractère chimique des silicates métamorphiques <sup>1)</sup>. Comme la méthode que je viens de décrire n'a été imitée qu'une seule fois par M. SJOLLEMA et partiellement par M. VAN ROMBURGH, je ne puis donner pour la plupart des terres que quelques analyses personnelles. Elles devront servir pour donner la réponse aux questions suivantes:

Doit-on admettre, dans les silicates décomposés, une proportion simple, suivant des équivalents chimiques, entre les quantités de  $SiO_2$  et  $Al_2O_3$ , ou bien cette proportion est-elle indéterminée? C. à d., y existe-t-il diverses combinaisons chimiques de  $SiO_2$  avec  $Al_2O_3$ , ou bien ces combinaisons sont-elles indéfinies?

Ces combinaisons possèdent-elles une solubilité déterminée dans les acides (chlorhydrique ou sulfurique) et les alcalis?

Existe-t-il des bases alcalines ( $CaO$ ,  $MgO$ ,  $K_2O$ ,  $Na_2O$ ) dans les silicates décomposés?

Jusqu'à quel point l'oxyde de fer est-il présent dans le sol à l'état libre, ou à l'état de combinaison absorptive, ou encore de combinaison chimique?

## II. LE RAPPORT ENTRE $Al_2O_3$ ET $SiO_2$ .

### A. Argile plastique alluviale.

A mes recherches ont servi des terres riches en argile et d'autres pauvres en argile, déposées aux embouchures des fleuves, donc des alluvions ordinaires, originaires de la Hollande, de Java, de Suriname, ainsi que le loess du Limbourg. Le tableau synoptique I fait connaître le rapport (en molécules) entre  $SiO_2$  et  $Al_2O_3$ , tel que je l'ai trouvé dans les divers extraits (*a*, *b*, *c* et *s*) d'après les tableaux I—VII (voir plus loin). La

<sup>1)</sup> Dans la suite je me servirai des notations abréviatives S. D. pour le silicate décomposé et S. n. D. pour le silicate non décomposé. La portion du silicate de décomposition dissoute par l'acide chlorhydrique, je la représenterai par S. D. (chlorh.), et celle dissoute dans l'acide sulfurique par S. D. (sulf.).

quantité pour cent de  $Al^2O^3$  qui s'est dissoute et à laquelle la proportion se rapporte est indiquée dans la quatrième colonne <sup>1)</sup>.

Tableau synoptique I.

Soluble dans l'acide chlorhydrique

	Argiles plastiques	Extraits	% $Al^2O^3$	Rapport $SiO^2:Al^2O^3$ Nombre de mol. $SiO^2$ par mol. $Al^2O^3$
I	Loess Hollande	<i>a et c</i>	4,1	<b>3,7—3,4</b>
II	Argile arénacée „	<i>a „ c</i>	2,6	<b>3,0—4,6</b>
III	„ „ „	<i>a „ c</i>	5,8	? —4,6
IV	„ lourde „	<i>a „ c</i>	6,3 <sup>5</sup>	<b>3,1</b>
V	„ „ Java	<i>c</i>	6,9	<b>3,0</b>
VI	„ „ Suriname	<i>a</i>	1,4 — 2,6	<b>1,3—1,8</b>
		<i>b et c</i>	12,2—11,0	
VI	„ „ „	<i>k<sub>2</sub></i>	2,1	<b>1,6</b>
VII	„ „ „	<i>a</i>		<b>1,2</b>
		<i>b et c</i>		<b>3</b>

Soluble dans l'acide sulfurique.

	Argiles plastiques	Extraits	% $Al^2O^3$
I	Loess Hollande		1,7
II	Argile légère „		3,0
III	„ „ „		5,9
IV	„ lourde „		5,0
V	„ „ Java		4,2
VI	„ „ Suriname		8,8
VII	„ „ „		11,7

<sup>1)</sup> Comme le poids moléculaire de l'alumine est 102, les quantités pour cent sont presque identiques avec les quantités moléculaires multipliées par 100.

On voit clairement, d'après ce tableau, que pour le S. D. soluble dans l'acide chlorhydrique, et pour la partie kaolinique du S. D. soluble dans l'acide sulfurique:

1. Pour S. D. (chlorh.) il n'existe aucun rapport moléculaire simple et constant entre  $SiO_2$  et  $Al_2O_3$ , mais ce rapport varie entre  $\pm 5$  et  $\pm 1$ .

2. Ce rapport est plus élevé dans les argiles arénacées (4—5) que dans les argiles lourdes ( $\pm 3$ ).

3. Dans l'argile de Suriname une petite portion (1—1½ %), celle qui se dissout le plus facilement dans l'acide chlorhydrique et une lessive étendue (extrait  $a$  ou  $k_2$ ), accuse le rapport  $\pm 1—1,5$  <sup>1)</sup>.

4. A l'exception de cette petite portion, le S. D. (chlorh.) de ce même terrain a une composition uniforme, puisque les extraits  $a$ ,  $b$ ,  $c_1$  et  $c_2$  fournissent le même rapport.

5. Dans le S. D. (sulf.) le rapport oscille autour de la valeur 2.

6. Les éléments non décomposés étaient constitués partout par de très petites particules de feldspath potassique ou sodique et de quartz. Ces dernières particules étaient les plus grosses.

L'uniformité de composition de la plus grande partie du S. D. (chlorh.) dans ces alluvions, tant hollandaises que tropicales, a peut-être quelque rapport avec le fait que pour toutes ces terres les particules ont été transportées à de grandes distances du lieu de décomposition primitif et ont été déposées d'après leur poids spécifique. En Hollande les terrains d'alluvions sont constitués par un limon que les fleuves transportent au loin, et l'on peut dire la même chose de l'argile alluviale du Kening (V). La couche argileuse sur laquelle sont établies les plantations de cacao à Suriname a été précipitée par la mer à l'embouchure des fleuves, ainsi que le prouve la présence de Diatomées et de Spongiolithes.

### B. Terrains d'origine volcanique.

#### Padas.

L'espèce de terrain que l'on appelle Padas, que l'on trouve à Java

<sup>1)</sup> Quand des terrains VI et VII une petite quantité seulement de  $Al_2O_3$  a été dissoute par l'acide chlorhydrique étendu ( $a$ ), le rapport est  $\pm 1$  et ce rapport augmente à mesure qu'il s'en est dissous davantage. Quand il s'est dissous environ 3 % d'alumine, le rapport atteint 2,8—3 et il reste à cette hauteur quand il se dissout encore plus de  $Al_2O_3$ .

et est d'origine volcanique, fournit un exemple d'un mélange de S. D. (chlorh.) où le rapport prend diverses valeurs.

Le Padas présente le même caractère que les terrains ferrugineux où les particules sont cimentées par un dépôt d'oxyde de fer (minerai des marais, holl.: ijzeroer)<sup>1)</sup>. Dans le diluvium des Pays-Bas cette formation se présente comme une couche de limonite (oer) à une faible profondeur au-dessous de la surface du terrain sablonneux. A Java on la rencontre aussi en des endroits où le sol est constitué par des masses éruptives des volcans. Le Padas forme un conglomérat fin, parfois tellement dur qu'on doit le casser à la bêche. Le ciment qui lui donne sa consistance et sa dureté consiste en oxyde de fer et en un S. D. (chlorh.) fortement basique. Le Padas *n'est pas plastique* et ne contient que fort peu de substance organique. Des analyses en sont données dans les tableaux VIII à X. Le tableau synoptique II montre clairement que le S. D. (chlorh.) est un mélange, où le rapport  $SiO^2 : Al^2O^3$  varie entre **0,3** et **± 4**.

Tableau synoptique II.

	Dissous dans l'ac. chlorhydr.			Dissous dans l'ac. sulf.		Quantité % non dissoute
	Extrait	% $Al^2O^3$	Nombre de mol. $SiO^2$ pour 1 mol. $Al^2O^3$	% $Al^2O^3$	Nombre de mol. $SiO^2$ pour 1 mol. $Al^2O^3$	
VIII brun	$k_1$ et $k_2$	3,3	<b>1,6</b> <sup>?</sup>	2,0	<b>2,2</b>	41,2
	$a, b, c$	10,7 14,0	<b>3,0—3,8</b>			
IX jaune clair	$k_1$ et $k_2$	5,9	<b>0,3—0,9</b>	0,3		38,5
	$a, b, c$	8,9 14,8	<b>2,5</b> <sup>7</sup>			
X jaune rougâtre	$k_1$ et $k_2$	9,6	<b>0,77</b>	0,9	<b>2,2</b>	20,2
	$a$	7,2	<b>1,8</b>			
	$b, c$	6,5 23,3	<b>2,3</b> <sup>5</sup>			

<sup>1)</sup> Voir mon travail sur les concrétions ferrugineuses des tourbières. Ces *Archives* (2), 4, 19, 1901.

Le S. D. pauvre en  $SiO^2$  est soluble dans un acide dilué et dans l'alcali. La terre brune (VIII) contient la plus petite proportion de S. D. pauvre en  $SiO^2$ , et la terre jaune rougeâtre (X) la plus forte proportion. L'état de décomposition est le plus avancé dans IX <sup>1)</sup>. Dans le S. n. D. nous trouvons à côté d'albite et d'autres feldspaths (le quartz manque) beaucoup de silicates cristallins, basiques, tels que l'augite, l'hypersthène et l'andésite, qui peuvent donner naissance, par décomposition, à une alumine pauvre en  $SiO^2$ . La partie kaolineuse du S. D. est faible, surtout dans le Padas jaune clair.

*Terrains volcaniques de Java et de Sumatra.*

Ils sont d'origine volcanique et sont situés dans le voisinage de volcans encore actifs. Aussi le S. n. D. contient-il beaucoup d'éléments de cendres volcaniques <sup>2)</sup>.

<sup>1)</sup> VIII contient 41 % de matière insoluble dans les acides chlorhydrique et sulfurique, tandis que X n'en contient que 20 %. Dans VIII le rapport varie de 3 à 3,8 dans les extraits *a* à *c*. Dans IX il croît de 0,3 à 0,9 dans les extraits *k* et dans les extraits *a* à *c* il est sensiblement constant. Pour X le rapport commence par être sensiblement constant dans *k* et égal à 0,77; il croît ensuite dans *a* à *c* de 1,8 à 2,3. Dans VIII j'ai trouvé pour le premier extrait *k*<sub>1</sub> (5 min.) le rapport extraordinaire 3,0, alors qu'il ne s'était pourtant dissous que 0,5 %  $Al^2O^3$ . Une deuxième détermination dans 5 gr. de terre donna 2,6. Je me suis demandé s'il se produisait ici par hasard une séparation de  $SiO^2$  soluble. A Java ce phénomène s'observe assez souvent dans les champs de sawah, ainsi que le rapporte M. KRAMERS (*Mededeelingen van het Proefstation Oost-Java*, n° 49, 1893). Quand, après avoir été inondés, ils se crevaissent pendant la période de sécheresse, ils prennent un aspect de moisi; dans les gouttières des plantations de canne à sucre il se forme de très minces incrustations, où l'on reconnaît des substances organiques, du gypse et beaucoup de silice libre. Le sol d'un tel champ donna une solution aqueuse contenant beaucoup de  $SiO^2$  libre à côté de substances organiques et de sels alcalins. Dans une décomposition qui fournit un produit aussi pauvre en  $SiO^2$  que celui contenu dans le Padas (extraits *k*) il ne serait pas étonnant qu'il fût possible de déceler de l'acide silicique soluble. On doit pourtant considérer que, dans ces masses éruptives volcaniques, la décomposition est beaucoup plus active que dans les argiles alluviales ordinaires. Il serait désirable qu'on en fit une étude plus approfondie.

<sup>2)</sup> Feldspath sanidine (avec inclusions gazeuses), augite, hornblende vert-foncé dichroïque de roches éruptives modernes. Grosseur des grains 0,5 à 3 microns, quelques-uns même 1 à 2 mm. Beaucoup de magnétite: 3,2 % dans XI, 4,3 % dans XII et 0,9 % dans XIII.

Tableau synoptique III.

	Extrait	Dissous dans l'acide chlorhydrique		Dissous dans l'acide sulfurique	
		% $Al^2O^3$ dissous	Nombre de mol. $SiO^2$ pour 1 mol. $Al^2O^3$	% $Al^2O^3$ dissous	Nombre de mol. $SiO^2$ pour 1 mol. $Al^2O^3$
XI. A Gondang Legie	c	17,8	<b>2,2</b>	0,2 <sup>3</sup>	<b>3,6</b>
XII. Déli rouge-brun	a, b	12,5	<b>0,9</b>	1,2 <sup>8</sup>	<b>3,2</b>
	c	12,8	<b>2,2</b>		
(somme)		25,3			
XIII. Déli gris	a	2,9	<b>2,1</b>	1,0	<b>4,0</b>
	c	7,9	<b>2,7</b>		
(somme)		10,8			
XXVI. Neuf sols de Java <sup>1)</sup>	a et s			<b>1,5 à 2</b>	

Ces terres contiennent beaucoup de S. D. (chlorh.). Le rapport pour toute la quantité de  $Al^2O^3$  soluble dans l'acide chlorhydrique est de  $\pm 2,2$  à

<sup>1)</sup> Analyses de M.M. VAN ROMBURGH et LOHMANN, faites en 1897 et 1898 dans le laboratoire de Buitenzorg (Java). Ces sols, très fertiles, sont tous d'origine volcanique, et servent à la culture du thé dans l'ouest de Java. La partie non décomposée est faible. Le rapport de  $SiO^2 : Al^2O^3$  n'a pas été déterminé séparément pour la partie soluble dans l'acide chlorhydrique et la partie soluble dans l'acide sulfurique.

Tableau XXVI.

	Insoluble (non décomposé)	$Fe_2O_3$	Rapport mol $SiO^2 : Al^2O^3$
Dans sept sols	6 à 14 %	12 à 16 %	$\pm 2$
Dans deux sols	9 à 14 %	13 <sup>a</sup> à 14 <sup>so</sup> %	$\pm 1,8$
Dans un sol	8 %	13	$\pm 1,5$

Les sols sont riches en oxyde de fer. La partie soluble dans l'acide sulfurique après l'extraction par l'acide chlorhydrique n'est probablement pas considérable et a donc peu d'influence sur le rapport moléculaire entre  $Al^2O^3$  et  $SiO^2$ . On peut donc l'évaluer à  $1,5-2$  (P. VAN ROMBURGH et C. E. J. LOHMANN, Onderzoekingen betreffende op Java gecultiveerde theeën. Batavia 1897 et 1898).

2,7 dans XI et XIII. Mais la partie la plus soluble du S. D. est encore plus basique et plus soluble, surtout pour XII, où la moitié présente, aussi bien dans *a* que dans *b*, le rapport 0,9. Nous devons constater ici que pour XII le rapport 0,9 est constant, puisqu'il est le même dans *a* que dans *b*. La seconde moitié du S. D. (chlorh.) de XII a aussi le rapport 2,2. Nous y reviendrons plus loin (§ III).

Une portion kaolinique avec le rapport  $\pm 2$  fait défaut. Ce qui se dissout dans l'acide sulfurique présente le rapport 3 à 4. La terre XII n'est pas du tout plastique, XI l'est peu, XIII l'est manifestement.

J'attire l'attention sur le fait que le rapport  $\pm 2$  s'observe aussi bien dans le S. D. (chlorh.) de ces terrains-ci que dans le S. D. (sulf.) des terres argileuses ordinaires, sans que nous puissions expliquer leur différence de propriétés.

### C. Terrains latéritiques.

On a toujours considéré cette espèce de terrain comme caractéristique pour les contrées tropicales. Ainsi que je l'ai dit au commencement, on a bien observé antérieurement qu'ils sont la plupart du temps très ferrugineux, mais on n'a pas constaté qu'ils contiennent un S. D. pauvre en  $SiO_2$ . La forte teneur en fer seule a été considérée comme caractéristique pour la latérite. C'est M. BAUER qui a trouvé en 1898 que dans la latérite des îles Seychelles, que M. BRAUER y avait découverte et recueillie, il existe de l'hydrargillite cristalline, qu'il décrit comme un agrégat finement lamellaire de petites tablettes et paillettes assez fortement biréfringentes. En section transversale elles se manifestaient comme de petits cadres très étroits. Une analyse du sol tout entier conduisit à la formule  $Al^2O^3 \cdot 3H^2O$ . La silice était principalement du quartz. Dans les fentes et les cavités de l'agrégat s'était déposé plus ou moins d'oxyde de fer <sup>1)</sup>. M. G. C. DUBOIS aussi a trouvé, dans les latérites primaires et secondaires, à côté d'oxyde de fer, beaucoup d'alumine dans laquelle l'acide silicique était présent en grande partie sous forme de quartz <sup>2)</sup>. Tous deux admettent donc que la latérite a pris naissance par un phénomène de décomposition, par lequel l'acide silicique est enlevé en quantités beaucoup plus grandes qu'il ne correspondrait à la formation

<sup>1)</sup> M. BAUER, Beiträge zur Geologie der Seychellen-Inseln, und besonders zur Kenntniss der Laterite. *Neues Jahrb. f. Mineralogie u. s. w.*, 2, 168, 1898.

<sup>2)</sup> G. C. DUBOIS, Laterit. TSCHERMAK's *Mineral. u. Petrogr. Mitteilungen*, 22, 1—161.

ordinaire d'argile, ou peut même disparaître complètement comme c'est le cas pour la latérite des îles Seychelles. Cette décomposition est donc caractérisée par une tendance à la transformation des silicates en alumine pure.

La composition du S. D. a été donnée pour sept latérites dans le tableau synoptique suivant (voir les analyses dans les tableaux XIV à XX)<sup>1)</sup>.

Tableau synoptique IV.

N <sup>o</sup> .	Extrait	% $Al^2O^3$ dissous	Nombre de mol. $SiO^2$ par mol. $Al^2O^3$	$Fe^2O^3$	% insoluble dans les acides chlorh. et sulf.
XIV plas- tique	$k_2$	8,6	<b>0,3</b>	} 3,8	16,8
	$a$ à $c$	16,4	<b>1,2—1,6</b>		
	$s$	10,9 34,9	<b>1,6</b>		
XV	$k_1, k_2$	1,5 et 5,1	<b>1,4—2,0</b>	} 17,8	10,5
	$b, c_1, c_2$	16,0	<b>1,6—1,4</b>		
	$s$	5,9	<b>1,7<sup>5</sup></b>		
XVI	$k_1, k_2$	11,0	<b>0,3—0,4</b>	} 11,6	28,9
	$b, c$	12,2	<b>1,6</b>		
	$s$	3,3	<b>1,7<sup>7</sup></b>		
XVII	$k_1, k_2$	1,0 et 3,2	<b>1,1—1,7</b>	} 42,9	p. d.
	$b$	7,3	<b>0,7</b>		
	$c, s$	pas déterm.			
XVIII	$k_1, k_2$	18,3	<b>0,2<sup>7</sup></b>	} 35,6	3,1
	$a$ à $c$	12,1	<b>0,6 —1,1</b>		

Provenant des îles Seychelles

XIX	$k_1, a$ à $c$	42,6	<b>0,03—0,1</b>	27	3,3
XX	$a, k_1$	22,6	<b>0,05</b>	} 3 <sup>3</sup>	53,7 quartz
	$b, c$	3,1	<b>0,8—1</b>		

<sup>1)</sup> J'ai fait encore une fois une analyse détaillée de la latérite des îles Seychelles, dans le but de déterminer exactement la quantité de silice combinée,

Ces analyses nous apprennent que la latérite est caractérisée en tout premier lieu par le degré fort avancé de la décomposition, c. à d. par la faible teneur du S. D. en  $SiO_2$ . La présence d'oxyde de fer n'est que d'ordre secondaire et est une conséquence du fait que, dans la plupart des cas, la roche métamorphisée était primitivement riche en silicates ferrifères.

Dans tous les échantillons la proportion de matière non décomposée était faible, sauf dans les cas où il y avait beaucoup de quartz (nos. XVI et XX). La proportion de S. D. aisément soluble est élevée, et le rapport y varie de 0 à  $\pm 1$ . Dans la partie difficilement soluble, la plus petite, ce rapport peut aller jusqu'à 1,6. Il est bien remarquable que la portion transformable par l'acide sulfurique (kaolinique) du S. D. fait défaut (voir nos. XVIII à XX) ou ne présente pas un rapport plus élevé que 1,6, comme dans XIV. Le S. n. D. se compose essentiellement de silicates cristallins basiques, parmi lesquels toutefois le feldspath et le quartz ne font pas complètement défaut (voir les données aux tableaux XIV à XVIII). Il s'agit maintenant de savoir jusqu'à quel point on trouve dans la latérite du trihydrate d'alumine ( $Al_2O_3 \cdot 3H_2O$ ) cristallin à côté d'alumine amorphe silicifère, ou d'une alumine hydratée amorphe, ou d'un mélange des deux. De l'hydrargillite cristalline n'a été constatée microscopiquement que dans XVIII, XIX et XX.

Pour pouvoir répondre à cette question, nous devons comparer les propriétés et la teneur en eau de la terre avec celles de l'hydrate cristallin et de l'hydrogel colloïdal (amorphe) de  $Al_2O_3$ .

De la solution potassique de  $Al_2O_3$  on précipite par l'action de  $CO_2$  un hydrate microcristallin, répondant exactement à la formule  $Al_2O_3 \cdot 3H_2O$ , et qui est indépendant, entre des limites assez larges, de la tension de la vapeur d'eau et de la température. Ce n'est que vers  $170^\circ$  qu'il commence à se dissocier en devenant amorphe <sup>1)</sup>.

L'hydrogel amorphe de  $Al_2O_3$ , au contraire, dépend, au point de vue de sa teneur en eau, d'une manière continue de l'état hygrométri-

---

et de comparer la solubilité de l'alumine avec celle de l'hydrargillite. Je remercie cordialement M. BAUER pour la bienveillance avec laquelle il m'en a fourni quelques échantillons.

<sup>1)</sup> J'en ai donné la preuve il y a longtemps déjà (*Recueil. trav. chim. Pays-Bas*, 7, 76, 1888).

que et de la température <sup>1)</sup>, ainsi que de son passé <sup>2)</sup>. Ce n'est pas une combinaison chimique de  $Al^2O^3$  et de  $H^2O$ , mais un produit d'absorption en proportion indéfinie.

L'hydrargillite cristalline ( $Al^2O^3 \cdot 3 H^2O$ ), telle qu'elle se présente comme minéral <sup>3)</sup> dans la nature, est décrite comme une substance difficilement soluble dans les acides, même à chaud. Elle contient exactement 3 mol. d'eau chimiquement combinées, qu'elle n'abandonne qu'à une température assez élevée. D'après la dernière détermination de M. SCHROEDER VAN DER KOLK, l'indice de réfraction du minéral est 1,57 <sup>4)</sup>. J'ai examiné: 1°. un minéral de Langesund (Norvège) et 2°. un échantillon de Onro Pioto (Brésil), Minas Geraes. Du premier j'ai pu détacher quelques petits cristaux, de minces paillettes, qui se laissaient chauffer pendant quelque temps dans l'acide chlorhydrique sans

	Teneur en eau en mol. par mol. $Al^2O^3$ .		
	Hydrogel séparé d'une solution très étendue	Hydrogel après 6 mois de séjour dans l'eau	Hydrate cristallin sép. par $CO^2$ d'une solut. alc.
Fraîchement préparé			
séché à l'air 15°	6—4,5	4,4	3,0
séché par l'ac. sulf. 15°	2,6	2,9 <sup>s</sup>	3,0
à 100°	2,2	2,9	3,0
140°	1,9	2,7	3,0
160°	1,8	2,6	3,0
180°	—	—	2,7
200°	1,6	—	2,2
250°	1,2	0,9 <sup>s</sup>	—
300°	0,9	—	—

Lorsque l'hydrogel a séjourné dans l'eau pendant 6 mois, il semble s'être transformé, pour la plus grande partie, en une combinaison chimique.

<sup>2)</sup> J'entends par là son mode de préparation, les transformations qu'il a subies dans sa structure par le temps (âge), les changements de température, l'influence de divers agents (l'eau p. ex.); ainsi donc, toute son histoire.

<sup>3)</sup> On le décrit comme un agrégat très finement grenu, à structure lamellaire; les paillettes sont de petites dimensions, et groupées pour la plupart en rosettes ou en sphérolithes. Les paillettes sont faiblement biréfringentes quand la structure est d'apparence feuilletée, elles le sont fort quand la structure paraît fibreuse.

Le diaspre  $Al^2O^3 \cdot H^2O$  est insoluble dans les acides; c'est là un cas particulier de la règle générale qui dit qu'un hydrate inférieur d'un oxyde est beaucoup moins soluble qu'un hydrate plus élevé.

<sup>4)</sup> Ainsi que me l'a écrit M. le Prof. SCHROEDER VAN DER KOLK, qui soumit l'indice de réfraction, sur ma demande, à une nouvelle détermination. Le nombre de ROSENBUSCH, 1,535, est donc trop bas.

se dissoudre notablement. Le deuxième échantillon avait une structure cristalline massive. Réduit en fine poussière, il s'en dissolvait par chauffage durant un quart d'heure:

Dans de l'acide chlorhydrique dilué, puis concentré	Dans une solution diluée de potasse caustique
I. 40 % (pas de $SiO_2$ )	10 % (trace de $SiO_2$ )
II. 70 % ( „ „ )	24 % (3 % „ „ ).

Le minéral n'est donc pas insoluble, ni dans l'acide chlorhydrique, ni dans une solution étendue de potasse, mais la vitesse de dissolution dépend à un haut degré de l'état de division.

Dans une combinaison amorphe (complexe) de  $SiO_2$  et  $Al_2O_3$  dans les terres on peut s'attendre à trouver des propriétés plus ou moins analogues à celles d'un hydrogel mixte, comme il s'en forme quand on fait coaguler un mélange des hydrosols de  $Al_2O_3$  et  $SiO_2$ <sup>1)</sup>; ces propriétés sont: 1°. que la combinaison absorbitive a une teneur en eau indéterminée; 2°. que cette teneur dépend d'une façon continue de  $T$  et  $p$ , de sorte que l'eau est combinée avec une force très variable<sup>2)</sup>; 3°. que la solubilité est une fonction de la composition. Nous avons déjà constaté plus haut que la solubilité dans un acide et une lessive dilués était d'autant plus faible qu'il y avait moins de silice combinée à l'alumine amorphe.

Quand le sol ne contient que de l'hydrargillite, on doit pouvoir y

<sup>1)</sup> A propos des hydrogels mixtes, voir mon 6<sup>me</sup> mémoire dans *Zeitschr. f. anorg. Chem.*, 23, 333, 1900.

<sup>2)</sup> Il était donc important de déterminer les quantités d'eau faiblement et fortement combinées. Les échantillons de latérite et de Padas que j'ai examinés ne contenaient que fort peu de substance organique, de sorte qu'il était permis, sans trop grande erreur, de mettre toute la perte de poids par l'incinération sur le compte de l'eau. Pour les autres terres il était possible de déterminer l'eau retenue avec force (abandonnée à une température supérieure à 100°) en déterminant d'abord la teneur en humus par la méthode que j'ai décrite dans mon travail publié dans *L. V. St.* 37; 283, 1890. Par eau faiblement combinée j'entends celle qui est abandonnée à l'acide sulfurique à 15° et mise en liberté à 100°. Cela veut dire évidemment qu'il y a à divers degrés: la force avec laquelle l'eau est retenue dans les substances colloïdales est d'autant plus grande que la quantité en est plus petite, et inversement elle est d'autant plus faible que la quantité d'eau combinée est plus grande. *Dans les substances cristallines la force de la combinaison est constante.*

reconnaître ce minéral sous le microscope; il faut de plus qu'il n'abandonne pas d'eau à l'acide sulfurique, qu'il résiste à une température de 180° et qu'il contienne exactement 3 mol.  $H^2O$ . Ces diverses conditions sont remplies pour la latérite des îles Seychelles. M. BAUER le premier y a observé l'hydrargillite microscopiquement et en a donné la description (voir plus haut, p. 207, note), et mes analyses confirment que l'alumine y existe presque en totalité sous forme d'hydrargillite avec 3 mol.  $H^2O$ , en supposant que  $Fe^2O^3$  retient environ 1 mol.  $H^2O$  <sup>1)</sup>.

C'est ce qui résulte du calcul suivant:

Latérite dioritique			Latérite granitique		
$Al^2O^3$	$Fe^2O^3$	$H^2O$	$Al^2O^3$	$Fe^2O^3$	$H^2O$
%	42,6	27	%	26	3,8
		0,6 <sup>3</sup> ( $\alpha$ )			0,3 <sup>0</sup> ( $\alpha$ )
		1,4 <sup>5</sup> ( $\beta$ )			0,6 <sup>4</sup> ( $\beta$ )
		0,0 ( $\gamma_1$ )			0,0 ( $\gamma_1$ )
		23,4 ( $\gamma_2$ )			12,9 <sup>5</sup> ( $\gamma_2$ )
Mol.	41,8	17	Mol.	25,5	2,4
		130 ( $\gamma_2$ )			72 ( $\gamma_2$ )
	Moins pour 17 mol. $Fe^3O^2$ 17			Moins pour 2,4 mol. $Fe^2O^3$ 2 <sup>4</sup>	
		Reste 113 m. $H^2O$			Reste 69 <sup>6</sup> m. $H^2O$
	Pour 1 mol. $Al^2O^3$	2,7 mol. $H^2O$		Pour 1 mol. $Al^2O^3$	2,7 <sup>6</sup> mol. $H^2O$

On voit en effet que la quantité d'eau abandonnée à l'acide sulfurique ( $\alpha$ ) et mise en liberté à 100° ( $\beta$ ) est très petite; à 180° ( $\gamma_1$ ) rien n'est éliminé; à une température plus haute encore ( $\gamma_2$ ) l'alumine perd à peu près 3 mol.  $H^2O$  par mol.  $Al^2O^3$ .

L'incertitude entachant la quantité d'eau combinée à l'oxyde de fer, ainsi qu'une faible teneur en substance organique, rendent quelque peu incertain le nombre 2,7 à 2,8. Il est toutefois permis d'admettre la présence d'une petite quantité d'alumine amorphe silicifère, notamment parce que j'ai trouvé 1,3 à 2,3 % de silice combinée et qu'il se perd un peu d'eau avec l'acide sulfurique et à 100°. La latérite granitique contient 3 %  $Al^2O^3$  avec  $\pm$  1 mol.  $SiO^2$  (voir les quatre dernières extractions dans le tableau XX). Je n'admets pas ici la présence d'une certaine quantité de diasprore cristallin, ce que fait pourtant M. BAUER, dans les cas où la teneur en eau ne correspond pas à la quantité d'alumine; en premier lieu parce que nous n'avons encore aucune preuve

<sup>1)</sup> Ceci est d'accord avec les considérations du § IX, relatives à la teneur en eau de l'oxyde de fer dans le sol.

de la formation de diaspore à côté d'hydrargillite, en second lieu parce que le diaspore est insoluble dans les acides, et en troisième lieu parce que M. BAUER ignorait encore qu'il se présente, à côté de l'hydrargillite cristalline, des combinaisons amorphes d'alumine avec des quantités indéterminées de  $SiO_2$  et  $H_2O$ .

Pour ce qui regarde la solubilité de l'hydrargillite contenue dans ces latérites, je mentionnerai qu'en une demi-heure une lessive diluée dissolvait, à  $60^\circ$ , plus de la moitié de toute la quantité contenue dans la matière examinée <sup>1)</sup>.

La solubilité de l'hydrargillite contenue dans les latérites est donc beaucoup plus grande (rapide) que celle du minéral isolé, mais je pense que ce sont les dimensions microscopiques des cristaux qui en sont la cause.

Appliquant le même calcul à la latérite XVIII, où a été reconnue de l'hydrargillite cristalline, nous trouvons:

	$Al_2O_3$	$Fe_2O_3$	$H_2O$
%	30,4	35,6	3,1 ( $\alpha$ ) 0,9 ( $\beta$ ) 0,2 ( $\gamma_1$ ) 14,8 ( $\gamma_2$ )
Mol.	30	22,3	82 ( $\gamma_2$ )
	Moins, pour 22,3 mol. $Fe_2O_3$		22 <sup>3</sup>
			59 <sup>7</sup>
			Rapport 1,9 <sup>8</sup> mol. $H_2O$

Même en supposant l'oxyde de fer anhydre, on n'arrive pas encore au rapport 3. Une partie seulement de l'alumine peut donc être de l'hydrargillite cristalline. D'ailleurs la terre contient aussi  $\pm 8\%$  de silice soluble et une quantité de 4—6 % d'alumine avec le rapport  $\pm 0,8$  à  $\pm 1,1$ . Quand elle était extraite par l'acide chlorhydrique étendu, pour éliminer la plus grande quantité de  $Fe_2O_3$ , elle laissait voir au

<sup>1)</sup> La latérite dioritique contient 42 %  $Al_2O_3$ . La lessive ( $k_2$ ) en dissout 24 %. La latérite granitique contient 26 %  $Al_2O_3$ , dont 7,4 % se dissolvent dans l'acide chlorhydrique ( $\alpha$ ), puis 15,3 % dans une lessive ( $k_1$ ).

microscope un agrégat de fibrilles et de paillettes dont l'indice de réfraction, déterminé par M. VAN GELDER, était compris entre 1,56 et 1,59 (mais plus rapproché de 1,56).

La terre contient donc un mélange de beaucoup d'hydrargillite avec une alumine pauvre en  $SiO^2$  et contenant moins de 3 mol.  $H^2O$ .

La même calcul a donné pour la latérite XVIII, riche en fer, un rapport compris entre 2,5 et 3.

Il est vrai que la forte teneur en fer rend ce calcul assez incertain, puisque la quantité mise sur son compte influe trop fort sur la valeur de ce rapport. Pour la latérite plastique XIV le calcul ne mérite aucune confiance, bien qu'elle contienne peu d'oxyde de fer et beaucoup d'alumine avec 0,3  $SiO^2$  seulement; mais elle contient beaucoup de  $Al^2O^3$  dont le rapport varie de 1,2 à 1,6. Tout ce que l'on peut en conclure, c'est que cette dernière quantité de S. D. ne peut pas contenir plus de 2 mol.  $H^2O$  <sup>1)</sup>. Les autres latérites qui ont été analysées (bien qu'incomplètement) antérieurement, ont accusé une teneur en eau trop faible <sup>2)</sup>.

Les terres de Déli XII et XIII ne contiennent certainement pas d'hydrargillite, puisque les premiers extraits ( $\alpha$ ) donnent les rapports 0,9 et 2,1. Pour les trois espèces de Padas, il n'en pouvait être question que pour l'échantillon jaune clair IX, dont 4 % d'alumine, avec le rapport 0,3, se sont dissous dans le premier extrait.

D'après ces calculs, et quelques-uns de ceux communiqués par MM. BAUER et DUBOIS, je crois pouvoir admettre que les latérites dont

<sup>1)</sup> Le calcul pour XIV est:

Extrait	$Al^2O^3$	Rapport $SiO^2:Al^2O^3$	$Fe^2O^3$	$H^2O$
$k_2$	8,6 %	0,3	3,8 %	2,73 % ( $\alpha$ )
$a$ et $k_1$	7,0 "	1,18		0,5 " ( $\beta$ )
$c$ et $s$	20,3 "	1,63 (const.)		13,4 " ( $\gamma$ )
	35,9 "			
	35,2 mol.			74,8 mol. ( $\gamma$ )

Rapport: 2,06 mol.  $H^2O$ .

<sup>2)</sup> P. ex. la latérite secondaire de l'île des frégates, un grès latérisé (BAUER). Il contient peu de  $Fe^2O^3$  (3,1 %), peu de  $SiO^2$  soluble, et pourtant le calcul ne me donne pour le rapport que 1,66  $H^2O$ . De même pour la latérite de

la teneur en eau est trop faible pour donner une alumine avec 3 mol. d'eau contiennent, à côté d'un peu d'hydrargillite, une alumine amorphe, pauvre en silice, mais pas de diaspore cristallin, ainsi que l'admet M. BAUER.

L'hydrargillite cristalline, absolument dépourvue de silice et tout à fait pure, me semble donc être pas seulement un produit final du métamorphisme, mais encore une dernière transformation d'une substance amorphe en une autre cristalline, accompagnée de la combinaison chimique de 3 mol.  $H^2O$ . Car l'alumine encore silicifère, qui se rencontre à côté de l'hydrargillite, contient moins de 3 mol.  $H^2O$  et est amorphe. On ne peut pas avancer comme un argument contre cette transformation le fait que l'hydrargillite présente, même à son gisement primaire, la structure originelle du silicate dont elle dérive. En effet, ces particules cristallines sont excessivement petites et il se peut donc parfaitement que leur agrégat présente encore la pseudo-structure du silicate. A côté de ces agrégats on rencontre d'ailleurs des cristaux bien conformés. M. BAUER rapporte qu'on en a trouvés dans de petites cavités dans la bauxite <sup>1)</sup>. C'est ainsi que j'ai également observé des cristaux bien développés de vivianite incolore dans des cavités de minerai des marais, accompagnés d'une sidérose ( $FeCO^3$ ) microcristalline <sup>2)</sup>; ces minéraux doivent être considérés comme des produits de transformation ultimes d'accumulations ferrugineuses amorphes. L'oligiste et l'hématite peuvent, en certaines circonstances, se décomposer et absorber de l'eau en donnant naissance à de la limonite; et inversement il y

---

Rangoon (BAUER) 1,6. La latérite superficielle diabasique primaire (DUBOIS) a donné 1,4 en attribuant 1 mol.  $H^2O$  à l'oxyde de fer (56 %), et 2,4 en lui attribuant  $\frac{1}{2}$  mol.  $H^2O$ . La latérite de profondeur diabasique primaire (DUBOIS) a donné, conformément aux mêmes hypothèses, les rapports 1,7 et 2,0<sup>s</sup>  $H^2O$ . La bauxite donne, il est vrai, souvent un nombre voisin de 3 (Giessen, Garbenteich et la carrière Firnewald), mais aussi 2,2 (près de Wochein) et 1,2 (Allauch près de Marseille); j'ai calculé ces nombres d'après les données de M. BAUER (pp. 139 et 142).

Dans ces calculs on doit toutefois considérer que les quantités d'eau données peuvent être un peu trop élevées, parce qu'il n'a pas été déterminé combien d'eau a été éliminée entre 100 et 170°; or cette eau-là n'appartient pas à l'hydrargillite.

<sup>1)</sup> M. LIEBREICH dans la bauxite de Vogelsberg près de Giessen; M. PETERSEN dans la bauxite de Rüdighheim (BAUER, p. 138).

<sup>2)</sup> Les concrétions ferrugineuses des tourbières. Ces *Archives*, (2), 4, 19, 1901.

a des circonstances dans lesquelles la goethite peut perdre de l'eau et se transformer en hématite. Il peut évidemment se présenter des circonstances où l'hydrargillite cristalline perd de nouveau de son eau de cristallisation et passe à l'état de diaspore cristallin ( $Al^2O^3.H^2O$ ). Il me semble toutefois que jusqu'ici on n'a pas donné une seule fois la preuve qu'il s'est formé d'abord du diaspore cristallin et puis de l'hydrargillite cristalline, ou bien qu'ils se sont formés tous deux à la fois, ou encore que le diaspore a donné naissance à de l'hydrargillite. Chaque fois que j'ai trouvé trop peu d'eau pour la formule  $Al^2O^3.3H^2O$ , il se dissolvait encore  $SiO^2$  en même temps que  $Al^2O^3$  et cette alumine pauvre en silice était amorphe. N'est-il donc pas fort probable que la formation d'hydrargillite cristalline aux dépens des produits de décomposition amorphes, dès que tout le  $SiO^2$  en a disparu, est une dernière phase du processus, une transformation cristalline?

Qu'il me soit permis de remarquer que jusqu'ici on n'a pas encore compris en Géologie la nécessité de faire une distinction entre les substances amorphes (colloïdales) et les corps cristallins, au point de vue de leur composition et de leur constitution. Des formules qui ne s'appliquent qu'à des combinaisons cristallines, ainsi qu'à des cristaux mixtes<sup>1)</sup>, et qui ne peuvent s'appliquer qu'à ces corps-là, on les applique encore toujours à des substances analogues, mais dont l'état est amorphe et qui représentent des complexes de composition indéterminée.

### III. CONSÉQUENCES DU § II, A, B, C.

Nous avons donc vu que dans les S. D. on rencontre toute espèce de rapport entre  $SiO^2$  et  $Al^2O^3$ , avec divers restes de bases alcalines.

Pour abrégé, je représenterai par

A	un rapport compris entre	5	et	3 <sup>5</sup>
B	„	„	„	3 <sup>5</sup> „ 2 <sup>5</sup>
C	„	„	„	2 <sup>5</sup> „ 1
D	„	„	„	1 „ 0

<sup>1)</sup> Tels que les silicates où  $Al^2O^3$  est remplacé en partie par  $Fe^2O^3$  et d'autres sesquioxydes isomorphes; ou bien encore  $K^2O$  par  $Na^2O$ ;  $CaO$  par  $MgO$ ,  $FeO$  ou  $MnO$ ;  $SiO^2$  par  $SnO^2$  etc.

pour la partie du S. D. soluble dans l'acide chlorhydrique. J'ai trouvé *A* et *B* dans les terrains d'alluvions, formés de matériaux de décomposition apportés de loin, notamment *A* dans les argiles arénacées, *B* dans les argiles lourdes. *C* et *D* ont été trouvés dans les sols formés de roches volcaniques et éruptives modernes, en général dans des terrains qui ont pris naissance par le métamorphisme de silicates basiques (plagioclase, mica, hornblende etc.). J'ai rencontré des mélanges, en des proportions très variées, de *B* et *C* dans l'argile originaire de Suriname et dans le Padas brun; de *C* et *D* dans le Padas jaune et rouge et dans le sol de Déli; enfin beaucoup de *D* dans les latérites.

En général *D* est plus facilement soluble que *B* et *A*.

La partie du S. D. soluble dans l'acide sulfurique présente aussi divers rapports entre  $Al^2O^3$  et  $SiO^2$ , mais pas autant. Les argiles alluviales ordinaires ont toutes donné des nombres compris entre 2,2 et 2, ainsi que le Padas (dont le S. D. (chlorh.) dans *b* et *c* a donné 3 à 3,8) et la terre (plastique) de Déli XIII. Dans les sols volcaniques et les sols latéritiques non plastiques cette partie est peu importante ou manque même complètement. Elle est pourtant considérable dans la latérite plastique IX, mais elle y a le même rapport que celle soluble dans *c*, savoir 1,6.

*La différence entre les deux parties du S. D. reste encore inexplicable.* Pourquoi la première, avec le rapport  $\pm 5$  à 3 ou 3 à 0 est soluble dans l'acide chlorhydrique, alors que la seconde, avec le rapport 2,2 à 2 (et même 1,6) ne l'est que dans l'acide sulfurique, voilà qui doit sembler étrange. Mais nous ignorons quelle relation il y a entre la composition et la solubilité. Il se pourrait que le S. D. (chlorh.) fût dans un état de décomposition plus avancé, ou du moins dans un autre, que le S. D. (sulf.), ou eût pris naissance aux dépens d'autres silicates, ou encore qu'il se fût formé par d'autres actions métamorphiques. Je crois que nous n'en savons rien encore.

Un rapport très variable de *A* à *D* semble correspondre à un certain degré de décomposition d'un silicate.

Il se présente ici plus d'une question. Le S. D. représente-t-il un seul degré de métamorphisme, ou bien y en a-t-il deux ou plusieurs, provenant de divers lieux et qui se sont rencontrés au même endroit? Dans quel état de décomposition d'un silicate se trouve-t-il? Est-ce un mélange de divers degrés, dont la composition indique que le silicate en voie de décomposition perd continuellement  $SiO^2$  et une base, tandis

que l'on y trouve encore les produits d'états suivants d'une décomposition qui a eu lieu à l'endroit d'origine? Enfin, est-ce un mélange de deux ou plusieurs silicates métamorphisés?

Dans aucun de ces cas le S. D. ne peut être une combinaison chimique ayant une formule chimique déterminée.

Les matériaux dont je dispose en ce moment sont encore trop peu nombreux pour qu'il soit possible de répondre à ces questions d'une manière satisfaisante. Dans tous les cas nous pouvons déjà en conclure :

1. que dans divers terrains on n'a trouvé principalement qu'un seul degré dans le S. D. (chlorh.) et un seul dans le S. D. (sulf.), notamment dans les argiles alluviales ordinaires;
2. que dans les sols volcaniques et latéritiques on peut reconnaître divers degrés, qui peuvent provenir de silicates différents;
3. que le métamorphisme progressif, jusqu'au produit final: l'hydrargillite, s'est manifesté surtout nettement dans les latérites <sup>1)</sup>.

<sup>1)</sup> L'analyse ne peut indiquer un ou plusieurs degrés déterminés de métamorphisme que dans le cas où l'on a trouvé, dans tous les extraits  $a$ ,  $b_1$ ,  $b_2$ ,  $c_1$  et  $c_2$ , ou dans une partie d'entr'eux, le même rapport.

C'est ainsi que l'analyse II (argile de l'Y) a donné pour  $a$  et  $c$  le même nombre 3,1. Dans l'argile de Suriname VI, les extraits  $b$ ,  $c_1$  et  $c_2$  ont fourni le même nombre 2,7; pour VII,  $b$  et  $c$  ont donné 3. Cependant, il se présente dans  $a$  un ou plusieurs degrés de décomposition encore avec moins de  $SiO_2$ , mais il n'y a pas moyen d'établir quel est le degré qui a été mélangé avec celui donnant le nombre 3, car les analyses ont donné 1,3 quand il s'était dissous 1,2% d'alumine, et 1,8 quand il s'en était dissous 2,6%.

Les espèces de Padas accusent un degré de  $B$ :

VIII	.....	3,0 à 3,3	dans $a$ , $b_1$ et $b_2$ ,
IX	.....	2,5	dans $a$ , $b$ et $c$ ,
X	.....	2,3	dans $b_1$ , $b_2$ et $c$ ,

et en outre une portion plus facilement soluble qui peut consister en deux ou plusieurs degrés de  $D$ . Car le Padas X donne 0,77 dans  $k_1$  et  $k_2$ , tandis que  $a$  donne 1,8. Il se peut donc que dans  $a$  il se soit dissous un mélange de 0,77 et 2,3, ou même encore un degré entre ces deux-là. Dans le Padas IX,  $k_1$  contient le degré 0,3 et  $k_2$  le degré 0,9, ou un mélange des degrés 0,3 et 2,5; ainsi donc deux ou trois degrés.

Le terrain de Déli XII indique au moins deux degrés, 0,9 et 2,2.

Les latérites indiquent plusieurs degrés et dans l'argile latéritique XIV se présente, à côté du degré 0, un degré (ou un mélange) 1,2, et une grande proportion d'un degré déterminé 1,6. Il est probable que la latérite XV est

## IV. LES BASES ALCALINES DANS LE S. D.

Quand on a éliminé de la terre les chlorures, les sulfates et les carbonates au moyen d'eau ou d'un acide très étendu (p. ex. de l'acide acétique), l'acide chlorhydrique et ensuite l'acide sulfurique dissolvent encore  $CaO$ ,  $MgO$ ,  $K^2O$  et  $N^2O$  (ainsi que  $MnO$  et  $FeO$  quand ils s'y présentent) provenant des S. D. et des combinaisons humiques. Il s'agit de savoir si ces composés existent dans la terre à l'état de combinaison chimique ou de combinaison indéterminée (absorptive). Le tableau XXI en fait connaître les quantités présentes dans les deux premiers extraits chlorhydrique et sulfurique, les tableaux XXII et XXIII les quantités dans les extraits chlorhydriques suivants, le tout exprimé en mol. pour 1 mol.  $Al^2O^3$ . Le tableau XXIV contient la proportion pour cent dans l'extrait obtenu avec l'acide acétique dilué.

Après que l'eau a enlevé les chlorures et les sulfates, un acide dilué dissout, outre les carbonates, cette quantité-là des bases qui est faiblement combinée dans les substances silicatées colloïdales et dans les substances humiques (voir les tableaux XXIV et les extraits *a*). On peut bien admettre que ces bases-là sont combinées d'une manière absorptive et que ce sont elles surtout qui produisent par substitution les phénomènes du pouvoir absorbant du sol <sup>1)</sup>. La majeure partie de la chaux et même des autres bases est contenue dans ce premier extrait, notamment quand l'alluvion est encore fraîche. Les acides plus forts des extraits *b* et *c* dissolvent les bases fortement combinées dans le S. D., quelle que soit la nature de cette liaison.

La question se pose maintenant de savoir jusqu'à quel point ces bases

---

principalement constituée par un degré unique 1,4 à 1,5; la latérite XVI principalement par deux degrés: 0,3 à 0,4 dans  $k_1$  et  $k_2$  et 1,5 à 1,7 dans *b*, *c* et *s*.

Dans la latérite XVIII nous rencontrons, à côté de beaucoup d'hydrargillite, un mélange de plusieurs degrés (0,9 à 1,8) mais en faible proportion.

De même il se présente, dans la latérite granitique XX, à côté d'hydrargillite, une petite quantité d'une substance qui constitue elle-même un degré, ou est un mélange de plusieurs degrés entre 0 et  $\pm 1$ .

<sup>1)</sup> P. ex. l'absorption de  $K^2O$  aux dépens d'une solution potassique, et l'entrée dans cette solution de quantités équivalentes de  $CaO$ ,  $Na^2O$  ou  $MgO$ . Voir mon 6<sup>me</sup> mémoire: Die Absorption aus Lösungen. *Zeitschr. f. Anorg. Chem.*, 23, 358, 1900.

proviennent du S. D. soluble dans l'acide chlorhydrique et dans l'acide sulfurique, des substances humiques ou du S. n. D.<sup>1)</sup>

Pour ce qui regarde les substances humiques, le Padas et les terrains latéritiques en contiennent fort peu, et l'argile de Suriname pas beaucoup. Quant au S. n. D., la quantité de base, calculée pour 1 mol. de l'alumine dissoute, est trop grande pour pouvoir être mise sur son compte (notamment quand l'acide chlorhydrique a dissous beaucoup de  $Al^2O^3$ ) ainsi que le fait voir le tableau suivant.

Numéro d'ordre du terrain	Mol. $Al^2O^3$ dissoutes	Par mol. $Al^2O^3$			
		Mol. $CaO$	Mol. $MgO$	Mol. $K^2O$	
II	2,53	0,24	0,85	0,16 <sup>5</sup>	} Après soustrac- tion des bases so- lubles dans l'acide acétique.
IV	6,2	0,06	0,50	0,16	
V	6,7	0,2	0,2	0,1	
VII	13,6	0,06	0,14	0,09	

Une autre preuve en est d'ailleurs que la teneur en chaux et en potasse varie souvent peu dans les extraits suivants  $b$ ,  $c$ ,  $c_1$  et  $c_2$ ; cela ne saurait être le cas si les bases provenaient en majeure partie du S. n. D., puisque la force de l'acide chlorhydrique (différente dans  $b$  et  $c$ ) devrait alors faire sentir son influence<sup>2)</sup>. On n'a qu'à comparer entre elles, à ce propos, la teneur en chaux dans  $b_1$ ,  $b_2$  et  $c$  pour les trois espèces de Padas et pour l'argile de Suriname VI (Tabl. XXIII et XXII). Pour VI la teneur en potasse n'augmentait qu'un petit peu.

Là où le degré de métamorphisme est assez avancé, comme pour la portion soluble dans  $a$  du S. D. du Padas IX et X, dans les terrains volcaniques de Malang et Déli et dans les latérites, la proportion de bases alcalines est faible.

Dans le S. D. la magnésie et en particulier la potasse sont seules importantes.

<sup>1)</sup> Il se pourrait qu'une petite fraction du S. n. D., savoir les plus basiques des silicates cristallins, fût attaquée par l'acide chlorhydrique concentré et puis par l'acide sulfurique.

<sup>2)</sup> Le rapport de  $SiO^2$  est  $\pm 2,7$  dans  $b$ ,  $c$  et  $c_1$ .

Le résultat est donc le suivant: 1°. les bases alcalines constituent bien un élément du S. D., mais leur quantité n'est pas assez grande et leur proportion trop variable pour qu'on soit conduit à admettre une combinaison chimique avec une formule du genre de  $(SiO_2)^m \cdot (Al_2O_3)^n \cdot (MO)^o \cdot (H_2O)^p$  <sup>1)</sup>, où  $m$ ,  $n$ ,  $o$ ,  $p$ , représenteraient des nombres entiers et assez simples; 2°. à mesure que le degré de décomposition est plus avancé, la proportion de bases est plus faible.

## V. L'EAU DANS LE S. D.

Des substances poreuses colloïdales absorbent la vapeur d'eau d'une manière qui dépend *continûment* de la tension de vapeur dans l'enceinte et de la température. Tel est aussi le cas pour l'eau qui est absorbée ou émise par un S. D. ou par l'humus, lorsque la tension de vapeur dans l'enceinte augmente ou diminue et que la température s'élève ou s'abaisse <sup>2)</sup>. L'eau qui est *graduellement* éliminée à mesure que la température s'élève est généralement de l'eau d'absorption, même à de hautes températures. On sait notamment que, même sous une pression de plusieurs milliers d'atmosphères, et même à des températures très élevées, les substances colloïdales peuvent encore conserver un peu d'eau. Mais dans certains cas l'élévation de température peut éliminer aussi de l'eau chimiquement combinée, p. ex. quand il existe dans la matière de l'hydrargillite ou de la goethite. Ainsi que je l'ai dit plus haut, l'hydrargillite ne perd son eau de cristallisation qu'au-delà de 180° et la goethite au-dessus de 300°. Voilà pourquoi il est important de déterminer les quantités d'eau que la terre abandonne sous diverses pressions et à diverses températures <sup>2)</sup>, en rapport avec la composition et la quantité du S. D., tant pour la partie soluble dans l'acide chlorhydrique que pour celle soluble dans l'acide sulfurique.

Jusqu'à présent, on n'a pas encore effectué de recherches dans cette direction. Les matériaux dont je dispose moi-même sont encore trop peu nombreux pour me permettre d'en tirer des conclusions générales. Dans le tableau XXIV sont consignées quelques déterminations de la

<sup>1)</sup> Dans cette formule  $MO$  représente une base alcaline:  $CaO, MgO, K_2O$  ou  $Na_2O$ .

<sup>2)</sup> A propos de l'absorption de vapeur d'eau par l'argile plastique, à la température ordinaire mais sous diverses tensions, voir le travail suivant.

quantité d'eau que la terre, séchée à l'air, abandonne, par mol.  $Al^2O^3$  du S. D.,

$\alpha$  à de l'acide sulfurique concentré de  $\pm 15^\circ$

$\beta$  de  $15^\circ$  à  $100^\circ$

$\gamma$  de  $100^\circ$  jusqu'au rouge. <sup>1)</sup>

$\alpha$  est l'eau faiblement retenue,  $\beta$  et  $\gamma$  l'eau fortement combinée, en ce sens que l'eau est d'autant plus fortement combinée qu'elle est abandonnée à une température plus élevée.

Il en résulte déjà ceci :

1. Les argiles ordinaires contiennent beaucoup d'eau faiblement combinée, et  $\pm 2$  mol. d'eau fortement combinée. On ne peut toutefois pas oublier que ces nombres se rapportent à la masse totale, c. à d. que l'alumine dans le S. D. (chlorh.) et celle dans le S. D. (sulf.) ont été prises ensemble.

2. Parmi les sols d'origine volcanique il y en a qui contiennent, par mol.  $Al^2O^3$  du S. D., moins d'eau  $\alpha$  et d'eau  $\beta-\gamma$ .

3. Les latérites contiennent très peu d'eau faiblement combinée ( $\alpha$  et  $\beta$ ), et quand elles contiennent *plus de* 2 mol. d'eau fortement combinée, il est probable que c'est à cause de la présence d'hydrargillite cristalline ( $Al^2O^3 \cdot 3H^2O$ ).

## VI. LA PARTIE LA PLUS SOLUBLE DU SILICATE DE MÉTAMORPHISME.

La portion du S. D. qui se dissout dans des acides étendus est bien la partie colloïdale la plus importante du sol; c'est un mélange de silice, d'alumine, d'oxyde de fer et d'humus, où sont aussi combinés, d'une manière absorbitive, de l'acide phosphorique et une partie considérable de bases alcalines. Elle recouvre les particules du sol, surtout

<sup>1)</sup> Dans le calcul de  $\gamma$ , j'ai mis 1 mol.  $H^2O$  sur le compte de l'oxyde de fer, et j'ai retranché cette quantité de la perte d'eau depuis  $100^\circ$  (ou  $15^\circ$ ) jusqu'au rouge. Afin de juger de l'influence que l'incertitude de cette supposition peut avoir sur les nombres relatifs à  $\gamma$ , j'ai calculé ces mêmes nombres, sans effectuer cette soustraction, et je les ai placés dans la 5<sup>me</sup> colonne. Il en résulte que c'est uniquement pour les terres riches en fer XVII et XVIII que cette incertitude au sujet de l'eau fortement combinée est de quelque importance. Pour l'eau faiblement combinée, l'incertitude n'est grande que pour le Padas jaune clair IX, ainsi qu'on le verra plus loin.

les plus petites, ainsi que M. SCHLÖSING l'a démontré récemment <sup>1)</sup> pour l'oxyde de fer et l'acide phosphorique. Elle contient relativement la plus grande proportion de bases alcalines, ainsi que le prouvent les tableaux XXIV et XXII (extrait *a*). Ce qu'on appelle le pouvoir absorbant du sol leur doit être attribué en tout premier lieu, c. à d. la faculté d'absorber de l'eau, des bases et de l'acide phosphorique et d'enlever, moyennant échange, des bases (spécialement de la potasse) à des solutions salines <sup>2)</sup>. C'est dans cette partie du sol que s'opèrent la plupart des transformations physiques et chimiques, auxquelles appartiennent les phénomènes du métamorphisme chimique que subit le sol par la circulation de la solution qu'il contient, par les eaux pluviales, par les poussières atmosphériques et par les engrais. Je m'abstiendrai toutefois de traiter cette question en détail, parce que je ne désire m'occuper pour le moment que de la composition du S. D. en général (rapport entre  $SiO_2$  et  $Al_2O_3$ ).

#### VII. LA SOLUBILITÉ DU SILICATE DE MÉTAMORPHISME DANS L'ACIDE CHLORHYDRIQUE.

Toutes les analyses prouvent que le S. D. se dissout d'autant plus facilement dans l'acide chlorhydrique, et dans une lessive étendue, qu'il est plus basique et qu'il correspond à un degré de décomposition plus avancé, et est par conséquent plus pauvre en bases alcalines. Voilà comment il se fait que l'on trouve la portion, dont le proportion de  $SiO_2$  est  $\pm I$  ou moins encore, en totalité ou du moins en majeure partie dans les extraits *a* et *k*. Ce n'est que quand le S. D. contient beaucoup d'hydrargillite que cette portion se rencontre aussi dans *c*. Quand la portion la plus basique du S. D. est éliminée et que la portion restante, décomposable par l'acide chlorhydrique S. D. (chlorh.), présente une proportion de  $SiO_2$  plus élevée, cette portion n'est attaquée et dissoute que lentement et en laissant digérer pendant longtemps; cette décomposition s'accélère toutefois par un excès d'acide et encore plus par éléva-

<sup>1)</sup> *Compt. rend.*, 135, 601, 1903.

<sup>2)</sup> Voir à ce propos mes mémoires: *Das Absorptionsvermögen des Bodens; L. V. Stat.* 35, 104—136, 1888. *Die Zusammensetzung der Ackererde, das kolloidale Silikat; L. V. Stat.*, 37, 347—373, 1890. *Die Absorption von Stoffen aus Lösungen; Zeitschr. f. anorg. Chem.*, 23, 358, 1900.

tion de température, mais surtout par une forte concentration de l'acide. Cela est encore vrai quand les portions du S. D. dissoutes dans  $b_1$ ,  $b_2$ ,  $c_1$ ,  $c_2$  et  $c_3$  présentent la même composition, ainsi que cela était le cas pour les nos. II, IV, VI et VII et pour le Padas. Ainsi donc, si dans ce cas la décomposition s'opère lentement et exige une longue digestion, il est probable qu'on n'a pas affaire à un mélange de silicates décomposés de solubilités différentes, mais plutôt à un S. D. difficilement soluble, c. à d. dont la vitesse de dissolution est petite. Afin d'examiner jusqu'à quel point la finesse des particules du sol à une influence sur cette vitesse de dissolution, j'ai fait l'épreuve suivante <sup>1)</sup>, dans laquelle la terre fut divisée en neuf portions par une simple séparation par l'eau (agitations et décantations successives); des trois dernières portions j'ai préparé et analysé les extraits  $a$ ,  $b$ ,  $c_1$  et  $c_2$ .

Ces portions contenaient en fait d'alumine dissoute et de substance insoluble dans l'acide chlorhydrique:

<sup>1)</sup> 5 gr. de terre n°. V (Suriname) furent traités à l'eau (sans être pulvérisés), jusqu'à ce qu'ils fussent régulièrement distribués; puis je les laissai digérer à froid avec un peu d'acide chlorhydrique étendu et dans une lessive, afin de dissoudre le ciment ferrugineux et les substances humiques; puis je les agitai avec des grande masses d'eau dans des cuvettes plates, pas plus profondes que 1 dm. Ce qui s'était déposé après  $\frac{1}{4}$  min.,  $\frac{1}{2}$  m., 1 m., 5 m.,  $\frac{1}{2}$  h., 1 j. et 2 j. fut séché à l'air et puis pesé. Tout ce qui était resté en suspension après 2 à 3 jours fut coagulé par un acide et rassemblé. J'ai obtenu ainsi:

Portion	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Durée	$\frac{1}{4}$ m.	$\frac{1}{2}$ m.	1 m.	5 m.	$\frac{1}{2}$ h.	1 h.	1 j.	2 j.	ensusp.
% de la terre	4	1,9	2,5	8,2	8,8	9,6	29	7°	28°

% de la terre I à VII = 35 %, VII à IX = 64 %.

Les portions VII et IX furent extraites

- $a$   $\frac{1}{2}$  h. avec 25 cm<sup>3</sup>. d'ac. chlorh. (p. spéc. 1,03°) à 55°  
 $b$   $\frac{1}{2}$  h. " 25 " " " " 1,1 " 100°  
 $c_1$  1 h. " 40 " " " " 1,2 " l'ébullition.  
 $c_2$  répétition de  $c_1$ .

J'ai opéré de même avec la portion VIII, mais les quantités d'acide étaient proportionnelles à la masse de VIII, c. à d. un quart des quantités précédentes.

Portions		I à VI	VII	VIII	IX	total VII à IX
Pour 100 p. de terre	$Al^2O^3$ soluble dans l'ac. chlorh.	4%	3,05%	1,35%	5,4%	9,8%
Rapporté à la portion comme unité.	$Al^2O^3$ soluble dans l'ac. chlorh.	$\pm 11\%$ <sup>1)</sup>	10,6%	16,8%	19,8%	
	Partie insoluble de la terre	—	70%	32%	26,5%	

Les quantités de  $Al^2O^3$  dans les divers extraits, la portion étant prise comme unité, étaient

	VII	VIII	IX
<i>a</i>	0,85	1,1	1,3
<i>b</i>	3,4	4,0	4,5
<i>c</i> <sub>1</sub>	3,2	8,5	10,6 <sup>5</sup>
<i>c</i> <sub>2</sub>	3,2	3,2	3,4
Total	10,6 <sup>5</sup>	16,8	19,8 <sup>5</sup>

On voit par là: 1°. que les particules les plus ténues (VII à IX) constituent les  $\frac{2}{3}$  de la masse totale de la terre; 2°. que dans les portions VII à IX aussi la teneur en substance insoluble diminue de 70 à 26,5 %, la portion étant prise comme unité. Puisque la portion la plus fine (IX) qui contient 19,8<sup>5</sup> % d'alumine dans *a* à *c*<sub>2</sub> (la portion étant prise comme unité) se dissout aussi surtout dans *c* (10,6 %), on constate que le S. D. (chlorh.) avec le rapport  $\pm 2,7$  de  $SiO^2$  se dissout le mieux dans l'acide chlorhydrique concentré, à chaud, même pour ce qui regarde les parties les plus fines.

Quand les particules les plus fines sont dissoutes dans *c*<sub>1</sub>, les restants

<sup>1)</sup> Ce nombre a été obtenu en retranchant la quantité d'alumine contenue dans VIII, IX et X de la teneur connue en alumine de la terre et en rapportant ensuite les résultats à 35 %, conformément au poids des portions I à VI. Ce nombre n'est donc pas très précis.

des trois dernières portions (VII à IX) paraissent contenir des quantités égales du S. D. (chlorh.) résiduel (3,2 à 3,4 %  $Al^2O^3$ ), qui peuvent encore être dissoutes par une digestion de longue durée dans de l'acide chlorhydrique concentré et bouillant.

Dans l'extrait *a* se dissout cette partie-là du S. D. (chlorh.) dont le nombre proportionnel de  $SiO^2$  est < 2,5, et qui est donc assez faiblement soluble; il est de nouveau le mieux représenté dans la portion la plus fine IX. S'il se dissout dans les extraits *b* à *c*<sub>2</sub> des parties dont la solubilité est différente, indépendamment du degré de finesse du grain, voilà une question qui ne se laisse pas trancher <sup>1)</sup>.

Cet examen a appris encore une fois que, d'un S. D. de composition déterminée, on dissout davantage <sup>2)</sup> dans le même temps en employant un plus grand volume d'acide, en chauffant et en faisant usage d'un acide plus fort; il est d'ailleurs avantageux de répéter l'extraction avec le même acide. Voilà pourquoi il est de toute nécessité, dans la comparaison de divers terrains entr'eux, d'employer pour des quantités égales de terre des volumes égaux d'acide de même concentration, pendant des temps égaux, et il faut que dans toutes les analyses la concentration de l'acide varie de la même manière.

<sup>1)</sup> Il se pourrait que, malgré une teneur égale en  $SiO^2$ , de petites différences dans la teneur en bases alcalines produisissent une différence dans le degré de décomposition et par conséquent dans la solubilité. Mais les différences dans les teneurs en  $K^2O$ , et même  $MgO$ , sont trop petites pour qu'il soit possible d'en rien conclure.

<sup>2)</sup> MM. SJOLLEMA et KOBUS ont constaté la même chose. M. KOBUS a fait l'analyse de deux terres volcaniques de Java (rés. Pasourouan, plantations de sucre KETEGAN et MARON); il les a délayées dans 2 1/2 fois leur poids d'acide chlorhydrique à 2 %, 4 % et 8 %, les a soumises pendant 2 heures à l'ébullition, puis traitées pendant 24 heures par l'acide chlorhydrique concentré à froid; chaque extraction fut répétée cinq fois. Les 20 extraits ont été analysés ( $Al^2O^3$ ,  $Fe^2O^3$ ,  $MnO$ ,  $CaO$ ,  $MgO$ ,  $K^2O$ ,  $P^2O^5$ ; les déterminations de  $SiO^2$  sont évidemment sans valeur). On peut en conclure qu'en répétant cinq fois l'extraction avec un acide de même force, on n'a pas encore épuisé l'action de cet acide sur la terre. J. D. KOBUS et TH. MARR: Bijdragen tot het Onderzoek van Tropische Gronden. Arch. v. d. Java Suikerindustrie 1902. Meded. v. h. Proefst. Oost-Java.

## . VIII. L'OXYDE DE FER DANS LE SOL.

L'oxyde de fer se rencontre dans le sol sous diverses formes, à un état plus ou moins libre: 1°. A l'état le plus libre, il forme des filons ou est aggloméré en concrétions plus ou moins volumineuses; il est alors aisément soluble. 2°. Il recouvre des particules de sable ou d'argile, et l'on peut admettre qu'il se dissout d'autant plus difficilement dans l'acide chlorhydrique, qu'il exige donc un degré de concentration de cet acide plus fort, ou une durée d'action plus longue, accompagnée de chauffage, que la couche est plus adhérente. En général on peut dire que le  $Fe^2O^3$  du sol se dissout en majeure partie dans les extraits *a* et *b*, et le reste, à une petite quantité près, dans *c*, de sorte qu'après les traitements *a* et *b* la terre a perdu le plus souvent la couleur provenant de l'oxyde de fer. 3°. Il peut constituer un élément du silicate de métamorphisme et se dissoudre en même temps que l'alumine constituant ce dernier. 4°. Enfin, on peut se demander s'il n'existe pas à l'état cristallin.

1. Dans l'extrait *a* on obtient le  $Fe^2O^3$  des filons et des concrétions, ainsi que celui qui recouvre les particules du sol d'une façon peu adhérente ou les agglutine d'une façon peu solide. C'est ce que prouvent les exemples suivants:

VI (Suriname) a une couleur uniforme et ne présente pas la couleur de l'oxyde de fer d'une manière frappante; VII (Sur.) est tout à fait la même espèce de sol, mais d'une couleur rouge jaunâtre.

	VI	VII	Différence
Teneur totale en $Fe^2O^3$	4,1 %	5,1 %	1 %
Quantité dissoute dans <i>a</i>	0,9 %	1,8 %	0,9 %

Après le traitement *a*, la couleur rouge jaunâtre de VII a disparu, et la différence entre la proportion d'oxyde de fer dans VI et celle dans VII (1 %) se retrouve presque complètement dans l'extrait *a*, comme le montre le tableau précédent.

L'analyse a appris aussi que, dans une des trois espèces de Padas IX, l'oxyde de fer n'adhère pas fortement aux particules du sol, tandis que cette adhérence est beaucoup plus forte dans VIII et X.

Padas	jaune IX	brun VIII	rouge X
Teneur totale en $Fe^2O^3$	6,9 %	8,7 %	13,8 %
Dissous dans <i>a</i> (après 10 min.)	5,7	2,3	2
„ „ <i>b</i>	0,9	4,6	8,3
„ „ <i>c</i>	0,05	0,8	1,3 <sup>5</sup>

Le Padas est un terrain dont les particules sont agglutinées par de l'oxyde de fer, et sans aucun doute aussi par un S. D. pauvre en silice, tout comme les terrains ferrugineux (mineral des marais, ijzerero des Pays-Bas), dans les formations sableuses du diluvium <sup>1)</sup>. Le Padas jaune IX n'est pas très dur et se laisse aisément réduire en poudre. Les variétés brune et rouge, au contraire, sont très dures. On vient de voir que de IX 85 % du  $Fe^2O^3$  se dissolvent dans *a*, alors que des autres il ne s'en dissout que 26 et 15 %.

2. Le fait, que l'oxyde de fer des terrains qui en contiennent moins de 5 % et ne présentent pas la coloration rouge adhère assez fortement aux particules argileuses qu'il recouvre, est prouvé par l'analyse des échantillons VI et VII (Suriname). Dans les tableaux suivants j'ai considéré la quantité de  $Al^2O^3$  (2<sup>me</sup> colonne) qui entre en solution dans les extraits *a* à *c*<sub>2</sub> en même temps que  $Fe^2O^3$  (3<sup>me</sup> colonne); j'ai aussi exprimé la quantité d'oxyde de fer en mol. pour 1 mol.  $Al^2O^3$  (4<sup>me</sup> colonne).

<sup>1)</sup> Voir mon mémoire: Concrétions ferrugineuses des tourbières, dans ces Archives, (2), 4, 19, 1901.

Extrait	VI Suriname			VII Suriname		
	% $Al^2O^3$ dissous	% $Fe^2O^3$ dissous	Mol. $Fe^2O^3$ pour 1 mol. $Al^2O^3$	% $Al^2O^3$ dissous	% $Fe^2O^3$ dissous	Mol. $Fe^2O^3$ pour 1 mol. $Al^2O^3$
<i>a</i>	1,4	0,9	<b>0,4</b>	1	1,7 <sup>8</sup>	<b>1,0<sup>8</sup></b>
<i>b</i>	3,0	1,9 <sup>6</sup>	<b>0,4</b>	2	1,5 <sup>4</sup>	<b>0,4<sup>7</sup></b>
<i>c<sub>1</sub></i>	7,0	1,1 <sup>2</sup>	<b>0,1</b>	5	1,5 <sup>5</sup>	<b>0,1<sup>9</sup></b>
<i>c<sub>2</sub></i>	2,2	0,1 <sup>7</sup>	<b>0,0<sup>5</sup></b>	3	0,2	<b>0,0<sup>3</sup></b>
Total	13,6 %	4,1 <sup>5</sup> %		11	5,0 <sup>7</sup>	

Extrait	IV Terrain de l'Y			XIII Sol de Déli		
	% $Al^2O^3$ dissous	% $Fe^2O^3$ dissous	Mol. $Fe^2O^3$ pour 1 mol. $Al^2O^3$	% $Al^2O^3$ dissous	% $Fe^2O^3$ dissous	Mol. $Fe^2O^3$ pour 1 mol. $Al^2O^3$
<i>a</i>	1,9	2,1	<b>0,7</b>	2,9	2,3	<b>0,5</b>
<i>c<sub>1</sub></i>	4,5	2,9	<b>0,4</b>	7,9	2,3	<b>0,1<sup>8</sup></b>
Total	6,4 %	5,0 %		10,8 %	4,6 %	

La deuxième colonne nous fait connaître le degré d'avancement de la décomposition et de la dissolution du S. D. (chlorh.) par l'acide chlorhydrique. Dans l'extrait *c* de VI, où 4,4 % seulement d' $Al^2O^3$  sont dissous, le rapport est **0,4**. Ce rapport s'abaisse jusqu'à **0,1** pendant qu'il se dissout encore 7 % d' $Al^2O^3$  (*c<sub>1</sub>*), et dans *c<sub>2</sub>* il n'est plus que **0,0<sup>5</sup>**. VII se comporte d'une manière analogue <sup>1)</sup>, ainsi que les terres argileuses IV et XIII. Dans les échantillons de Padas aussi le rapport de la quantité de  $Fe^2O^3$  dissoute à celle de  $Al^2O^3$  s'abaisse: de *b<sub>1</sub>* à *b<sub>2</sub>* et de *b<sub>2</sub>* à *c*.

<sup>1)</sup> Voir, à propos de l'extrait *a*, p. 236, les quatre dernières lignes.

Padas	Nombre de mol. $Fe^2O^3$ dissoutes par mol. $Al^2O^3$		
	rouge X	brun VIII	jaune IX
<i>a</i>	<b>0,43</b>	<b>0,37</b>	<b>0,3</b>
<i>b</i> <sub>1</sub> (5 min.)	<b>1,5</b>	<b>0,9</b>	} <b>0,45</b>
<i>b</i> <sub>2</sub> (1/2 h.)	<b>1,28</b>	<b>0,7</b>	
<i>c</i>	<b>0,63</b>	<b>0,22</b>	<b>0,019</b>

Que le rapport pour *a* n'est pas le plus élevé, mais est plus petit que pour *b*<sub>1</sub> et *b*<sub>2</sub> et, dans le cas X, plus petit même que pour *c*, cela provient de ce que le Padas contient beaucoup de S. D. pauvre en silice, qui est aisément soluble, et qui se dissout déjà dans *a*. Une fois que ce S. D. est éliminé, le S. D. (chlorh.) restant donne pour le rapport de  $Fe^2O^3$  la même allure que ci-dessus.

Si l'oxyde de fer tapisse les particules d'argile, il faut que les particules les plus fines contiennent aussi la plus forte proportion d'oxyde de fer, puisqu'elles présentent relativement la plus grande surface. Et en effet, j'ai remarqué depuis longtemps que dans des terres argileuses lourdes c'est le résidu du dépôt qui contient la plus forte proportion de fer. J'ai examiné ce point en détail à propos du terrain argileux de Suriname, qui contient tant de S. D. (chlorh.); j'ai notamment analysé les produits du lavage VII, VIII et IX.

J'ai trouvé:

	$Fe^2O^3$	Quantité % la portion prise = 1.
Dans les portions I—VI = 35 % de la terre	0,94 %	2,7 %
„ la portion VII = 29 % „	} ensemble 65 %	4,0 %
„ „ „ VIII = 7 % „		3,26 %
„ „ „ IX = 23 % „		5,5 %
Total		4,2 %

L'analyse des extraits  $a$  à  $c_2$  donna, la portion étant prise comme unité

Portion	VII	VIII	IX
$a$	0,4 <sup>5</sup>	} 3,5	1,2
$b$	2,3		2,4
$c_1$	0,7	1,7	1,8
$c_2$	0,6	0,8	0,3 <sup>5</sup>
	4,0%	5,5%	5,8%

L'avant-dernier tableau nous apprend que:

La portion la plus fine (IX) contient largement deux fois plus de  $Fe^2O^3$  que les portions I—VI (35 % de la terre), rapidement déposées, qui contiennent 22 % de quartz et silicate insoluble, bien qu'aussi en grains très petits.

Le dernier tableau apprend que:

La portion la plus fine contient aussi relativement la plus grande quantité de  $Fe^2O^3$  facilement soluble (extrait  $a$ ).

L'analyse des portions VII à IX confirme le calcul précédent (p. 237) du rapport entre les quantités d'oxyde de fer et d'alumine, dans les quantités de S. D. (chlorh.) qui entrent successivement en solution <sup>1)</sup>.

<sup>1)</sup> Le rapport moléculaire diminue depuis 0,4 et 0,6 jusqu'à 0,1 et 0,07.

Nombre de mol.  $Fe^2O^3$  par mol.  $Al^2O^3$ .

	Portion VII	Portion VIII	Portion IX
$a$	0,35	} 0,43	0,6
$b_1$	0,4		0,3
$c_1$	0,14	0,1	0,1
$c_2$	0,11	0,08	0,07

D'après le tableau de la page 238 ce rapport s'abaisse de 0,4 à 0,05. L'accord est donc satisfaisant.

3. Il y a lieu de se demander maintenant si une partie de l'oxyde de fer est un élément constitutif du S. D. dissous, et devient donc attaquant par l'acide à mesure que l'alumine se dissout. Il se peut que les portions dissoutes dans  $c_2$  appartiennent à cette catégorie et, dans le cas qui nous occupe, aussi une petite portion de l' $Fe^2O^3$  contenu dans  $b_1$  et  $b_2$ . La quantité dans  $c_2$  est toutefois faible:

	VI (Suriname)	VII (Suriname)	En moyenne	
Mol. $Fe^2O^3$	0,05	0,03	0,04	par mol. $Al^2O^3$

et du même ordre de grandeur que la teneur en  $Fe^2O^3$  du silicate décomposé kaolinique, ainsi que le prouve le tableau suivant:

Nombre de mol.  $Fe^2O^3$  par mol.  $Al^2O^3$  dans le S. D. (sulf.)

Extrait	VII Suriname	II Wie- ringermeer	IV Y	V Java (Kening)	XII Déli	Moyenne
Ac. sulf.	0,03	0,06	0,03	0,03	0,06	0,04

n'oublions pas d'ailleurs qu'un trace en peut provenir du S. n. D.

Par malheur, nous ne disposons pas encore d'une méthode pour distinguer dans une terre l'oxyde de fer simplement, mais fortement adhérent, de celui qui est chimiquement combiné ou qui du moins pénètre le silicate de métamorphisme <sup>1)</sup>.

<sup>1)</sup> M. H. KRAMERS. (*Mededeelingen van het Proefstation Oost-Java*, n°. 34) a proposé en 1893 d'employer dans ce but une solution de citrate d'ammonium, et a appliqué cette méthode à un Padas (de Pegandan, au pied du mont Tengger, résidence Probolinggo). Comme il n'entraîne que peu ou point de  $Fe^2O^3$  en solution, et qu'un hydrogel frais d'oxyde de fer se dissolvait pourtant dans la solution de citrate d'ammonium, même quand il avait été desséché à 100°, M. KRAMERS a conclu que dans ce Padas  $Fe^2O^3$  n'existe pas à l'état libre, mais est combiné avec un acide à l'état de sel insoluble dans l'eau. Mais la méthode

4. L'oxyde de fer peut-il se présenter à l'état cristallin, avec trois ou une mol. d'eau de cristallisation, ou bien comme silicate cristallisé? Voila un point qui n'a pas encore été dûment examiné<sup>1)</sup>. Je rappellerai à ce propos que, à ma connaissance, M. KLOBBIE le premier à découvrir des cristaux microscopiques de silicate ferrique dans le minerai des marais<sup>2)</sup>. Ils formaient des bâtonnets polarisant fortement la lumière, longs de 8 et larges de 3 microns, à extrémités arrondies; leur couleur était faiblement jaunâtre, ils contenaient de l' $Fe^2O^3$  et abandonnaient, sous l'action de l'acide chlorhydrique, un hydrogel de  $SiO^2$ .

M. BAUER décrit l'oxyde de fer de la latérite dioritique en partie comme amorphe (homogène et isotrope), et pour une autre partie comme une accumulation sous forme d'agrégat d'écailles concentriques fibreuses radiées, accusant une faible biréfringence. La question est de savoir si ces agrégats peuvent déjà être considérés comme de l'oxyde ou de l'hydroxyde de fer cristallin<sup>3)</sup>. M. BAUER s'est demandé si dans les latérites

est insuffisante. Il n'est pas du tout démontré, et n'est même pas admissible, que le  $Fe^2O^3$  soit dans les deux cas dans le même état physique et présente donc la même solubilité dans le citrate d'ammonium. L'acide auquel il serait combiné est de l'acide silicique d'après M. KRAMERS.

<sup>1)</sup> Par l'examen microscopique, M. VAN GELDER a cru reconnaître dans le Padas brun VIII, ainsi que dans le Padas rouge X (bien que moins), de l'oxyde de fer cristallin, tandis que le Padas jaune IX ne contenait que de l'oxyde de fer amorphe. Or, les Padas rouge et brun donnaient encore assez bien d'oxyde de fer dans l'extrait c.

	Padas rouge	Padas brun
$Fe^2O^3$	0,8 %	1,35 %
Par mol. $Al^2O^3$	0,63 mol.	0,22 mol.

La possibilité subsiste donc qu'un silicate de fer est combiné au silicate d'aluminium, ce qu'un examen plus détaillé devra éclaircir.

<sup>2)</sup> Ils ont été trouvés dans les concrétions tuberculeuses de grains de sable du diluvium avec du fer spathique microcristallin. Ces rognons se trouvaient dans une couche de sable de 1,25 m., sous une couche de tourbe de 1,5 m., dans le voisinage du village de Sellingen (province de Groningue, Hollande), à la frontière hollando-allemande. (Le minerai des marais sous les hautes tourbières de Sellingen et dans celles de Valthermond; communication faite à l'Académie Royale des Sciences d'Amsterdam, par M. G. REINDERS et par moi-même, dans la séance du 29 déc. 1900).

<sup>3)</sup> Une quantité de minces écailles superposées, comme dans la variété de minerai de fer que les Allemands appellent Glaskopf, qui montrent entre nicols croisés une croix sphérolitique indiquant une structure finement fibro-radiée. (BAUER, pp. 126 et 128).

le  $Fe^2O^3$  se rencontre isomorphiquement mélangé avec de l'hydrargillite; ainsi qu'il pouvait s'y attendre, le résultat d'un examen microscopique était fort douteux. L'agrégat finement pailleté est notamment absolument incolore. Je ferai remarquer qu'un mélange isomorphe n'est possible que pour l'état cristallin. On doit distinguer un mélange isomorphe dans une structure cristalline (cristal mixte) d'un mélange de substances amorphes. Dans les cristaux mixtes on doit considérer les éléments constitutifs comme des matériaux différents dans l'édifice cristallin. Dans les mélanges amorphes ou complexes les éléments constitutifs sont agglutinés dans des rapports quelconques et forment des combinaisons d'absorption.

Jusqu'à présent nous ne connaissons que de l'hydrargillite cristalline ( $Al^2O^3.3H^2O$ ) exempte de  $Fe^2O^3$ , observable au microscope. L'oxyde de fer y est souvent juxtaposé ou accumulé dans des veines et des cavités dans l'hydrargillite. Pour le moment je tiens pour fort peu probable l'existence de cristaux mixtes de  $Al^2O^3.3H^2O$  et  $Fe^2O^3.3H^2O$ . Par contre, il se peut qu'il existe des combinaisons amorphes, hydratées, de  $Fe^2O^3$  avec de l'alumine pauvre en silice.

#### IX. LA TENUEUR EN EAU DE L'OXYDE DE FER.

Combien d'eau l'oxyde de fer libre contient-il dans un sol sec ?

L'hydrogel de  $Fe^2O^3$ , précipité par l'ammonium dans une solution diluée d'un sel de  $Fe^2O^3$ , contient une grande quantité d'eau qui est absorbée et ne répond donc à aucune formule chimique. Le gel, même exprimé, contient encore  $\pm 20$  mol.  $H^2O$  (80 %), et après compression entre deux feuilles de papier à filtrer, 7<sup>5</sup> à 5 mol.  $H^2O$ . Il paraît alors sec, mais, exposé à l'air pendant cinq années, il perd encore de l'eau jusqu'à  $\pm 3,5$  mol. Ce que j'ai dit de l'hydrogel de l'alumine (p. 219), s'applique aussi à celui de l'oxyde de fer. Par l'exposition à de basses tensions de vapeur, il perd de l'eau et se met en équilibre avec cette tension, ainsi, que je l'ai fait voir par de nombreuses déterminations. En même temps il se modifie. Même quand il contient encore  $\pm 5$  mol.  $H^2O$  et qu'on l'abandonne à l'air, ou qu'on le conserve sous l'eau pendant plusieurs années, il se modifie petit à petit et perd sa faculté

d'absorption <sup>1)</sup>, ce qui fait que placé dans l'air, ou dans une enceinte saturée de vapeur d'eau, il ne récupère qu'une partie de l'eau qu'il a perdue <sup>2)</sup>.

Or, si l'hydrogel de  $Fe^2O^3$ , préparé au moyen d'une solution d'un sel de fer, perd tant d'eau au bout de quelque temps, on ne peut pas s'attendre à ce que l'oxyde de fer amorphe contenu dans le sol, produit par la décomposition des roches ou formé par oxydation et déposé par une solution de  $FeO$ , ait une forte teneur en eau (plus de  $\pm 1$  mol.), ou du moins la retienne au-dessus de  $100^\circ$ .

Le tableau suivant fait connaître la quantité de mol. d'eau, par mol. de  $Fe^2O^3$ , que les terrains latéritiques riches en fer abandonnent à l'acide sulfurique et à  $100^\circ$ .

	Latérite XVII très ferrugineuse			Latérite XVIII			Latérite diorit. XIX		
	$Fe^2O^3$	Perte d'eau		$Fe^2O^3$	Perte d'eau		$Fe^2O^3$	Perte d'eau	
		à l'airsec.	à $130^\circ$		à l'airsec.	à $110^\circ$		à l'airsec.	à $110^\circ$
%	42,9	1,20	0,6	35,7	1,6	3,1	27	0,6 <sup>3</sup>	1,4 <sup>3</sup>
Mol.	26,6	7	3,3	22,3	9	17	15,5	3	8
Rapp.	<b>1</b>	<b>0,2<sup>5</sup></b>	<b>0,1<sup>3</sup></b>	<b>1</b>	<b>0,4</b>	<b>0,7<sup>6</sup></b>	<b>1</b>	<b>0,2</b>	<b>0,5<sup>2</sup></b>

Dans la latérite la plus riche en fer le rapport de  $H^2O$  à  $Fe^2O^3$  n'atteint que  $0,2^6 + 0,1^3 = 0,5$  et dans XVIII  $0,4 + 0,7^6 = 1,2$ . Comme la plus grande partie de cette eau, que l'on doit considérer comme eau d'absorption, doit provenir de la partie amorphe du S. D. (notamment dans XVIII), il s'ensuit que dans la latérite l'oxyde de fer ne contient

<sup>1)</sup> Die isotherme des kolloidalen  $Fe_2O_3$  bei  $15^\circ$ ; *Zeitschr. f. anorg. Chem.*, 30, 185, 1899. Der Hydrogel und das kristallinische Hydrat von  $Fe_2O_3$ ; *Journ. f. prakt. Chem.*, 46, 497, 1892. L'hydrogel de  $Fe^2O^3$ ; *Rec. trav. chim. Pays-Bas.*, 7, 106, 1888.

<sup>2)</sup> P. ex. à l'air à l'air sec à  $100^\circ$   
 Fraîchement préparé  $\pm 4,5$  1,6 1,3<sup>7</sup>  
 Après 6 ans 3,4 1,05 0,8<sup>1</sup>  
 Après 16 ans 1,7 0,7<sup>2</sup> 0,5<sup>1</sup>  
 7 ans sous l'eau 4,4 (après avoir été essuyé rapidement avec du papier buvard). 1,1

pas même une demi-mol. de  $H^2O$  faiblement combinée. Puisque de l'oxyde de fer amorphe, tel qu'il se forme aux dépens de l'hydrogel, contient 1,4 mol.  $H^2O$  à l'état frais et à  $100^\circ$  et moins de 1,0  $H^2O$  après la transformation qu'il subit continuellement, on peut admettre qu'en général on doit attribuer à l'oxyde de fer (dans les terres latéritiques et dans beaucoup d'autres encore) une teneur en eau à peine supérieure à 1 mol., et à  $100^\circ$  plutôt moins que plus d'une molécule. Cette conclusion est confirmée par les considérations à la p. 221, puisque, partant de cette hypothèse, nous avons trouvé pour l'hydrargillite cristalline dans les latérites dioritique et granitique une teneur de 3 mol.  $H^2O$ . Bien que j'accorde qu'il y a des terrains où le  $Fe^2O^3$  libre, amorphe, contient plus de 1 mol.  $H^2O$  <sup>1)</sup>, notamment quand on y ajoute l'eau faiblement combinée, les déterminations antérieures de la teneur en eau ne permettent pas de faire des calculs à ce sujet. Je remarquerai uniquement que la limonite contient  $1\frac{1}{2}$  mol.  $H^2O$  et que l'oxyde de fer du Padas jaune clair retient, selon toute probabilité, plus d'eau que les variétés rouge et brune <sup>2)</sup>.

Quand l'oxyde de fer devient cristallin dans certaines circonstances, encore inconnues jusqu'ici, ainsi que nous l'avons déjà observé à propos de l'alumine, il peut combiner chimiquement 1 ou 2 ou même 3 mol.  $H^2O$ . La goethite a pour formule chimique  $Fe^2O^3 \cdot H^2O$ ; elle est stable jusqu'à  $300^\circ$ , comme je l'ai constaté antérieurement.

<sup>1)</sup> L'oxyde de fer du Padas jaune clair (6,7%  $Fe^2O^3$ ) contient probablement plus de 1 mol. d'eau faiblement combinée, qu'il abandonne en partie à l'acide sulfurique à  $15^\circ$ , en partie aussi par chauffage à  $100^\circ$ . Les Padas rouge (14%  $Fe^2O^3$ ) et brun (8,7%  $Fe^2O^3$ ) contiennent plus de  $Fe^2O^3$  que la variété jaune et cependant il perdent beaucoup moins d'eau par l'acide sulfurique et à  $100^\circ$ . Cela s'accorderait avec la manière de voir de M. BAUER, qui est d'avis que la teneur en eau de l' $Fe^2O^3$  du sol peut être très variable, et que ce serait là la cause des colorations jaune et rouge. Malheureusement, pour soumettre cette hypothèse à l'épreuve, de bonnes déterminations de la quantité d'eau font encore défaut. La couleur est aussi influencée par la quantité d'oxyde de fer et par son mélange avec de l'argile; elle doit notamment être une autre quand l'oxyde de fer est accumulé par places que quand cet oxyde tapisse uniformément d'une couche mince les fines particules du sol.

<sup>2)</sup> Jusqu'à quel point la targite, la pyrrhosidérite, la xanthosidérite et la limnite, auxquelles on attribue comme formule chimique 1 mol.  $Fe^2O^3$  avec respectivement  $\frac{1}{2}$ , 1, 2 et 3 mol.  $H^2O$ , sont de véritables combinaisons chimiques cristallines, voilà ce qu'un examen plus approfondi doit encore apprendre.

## X. LA PLASTICITÉ.

Quelle est la cause de la plasticité?

MM. BAUER et DUBOIS prétendent que la *latérite* n'est pas plastique. M. DUBOIS fait pourtant remarquer que l'on connaît des degrés intermédiaires que l'on pourrait appeler argile ou limon. La latérite XIV est plastique.

L'argile alluviale ordinaire est plastique, non seulement dans les climats tempérés, mais même dans les contrées tropicales; elle l'est d'autant plus qu'elle contient plus de S. D. Le rapport est 5 à 2,7  $SiO_2$ .

Le Padas qui contient, à côté d'un S. D. pauvre en silice, une quantité considérable de S. D. (chlorh.) avec le rapport 3 à 2,5  $SiO_2$ , n'est toutefois pas plastique. Les terres latéritiques et la terre de Déli XIII, aussi bien celles qui contiennent beaucoup d'hydrargillite (XVIII à XX) que celles qui contiennent beaucoup de S. D. pauvre en  $SiO_2$  (XV à XVII), ne sont pas plastiques <sup>1)</sup>. Par contre la terre de Déli XIII l'est un peu et contient dans le S. D. une portion kaolineuse. La latérite XIV est très plastique, bien qu'elle contienne dans le S. D. beaucoup de silicate pauvre en silice et aussi beaucoup de S. D. avec le rapport 1,6  $SiO_2$ , dont une grande partie est soluble dans l'acide sulfurique.

Il n'y a donc pas encore moyen d'établir une relation entre la plasticité et la composition du S. D.; tout ce que l'on sait, c'est que l'hydrargillite et le S. D. avec une proportion de silice plus petite que 1 ne sont pas plastiques. La cause de la plasticité nous échappe donc encore.

## XI. LA CONSTITUTION DU SILICATE DE MÉTAMORPHISME.

Comment doit-on se figurer la constitution du S. D.? Ce n'est certainement pas un mélange de combinaisons chimiques  $(SiO_2)^m (Al_2O_3)^n (MO)^o (H_2O)^p$  (où  $m$ ,  $n$ ,  $o$  et  $p$  représentent des nombres entiers et sim-

<sup>1)</sup> M. SCHLÖSING aussi a observé qu'une alumine libre ou pauvre en silice n'est pas plastique.

ples, mais variables d'une combinaison à une autre), qui se formeraient successivement aux dépens du silicate cristallin, pendant que  $m$  et  $o$  diminueraient continuellement et que de l'eau serait absorbée <sup>1)</sup>. En effet cette conception d'un mélange de véritables combinaisons chimiques n'est pas admissible telle quelle sous cette forme. Le S. D. devrait alors se dissoudre, dans divers réactifs, suivant les diverses combinaisons dont la composition est constante.

Il se comporte au contraire comme un mélange complexe de  $SiO_2$ ,  $Al_2O_3$  et de petites quantités de bases alcalines dans des proportions indéterminées. De pareils complexes se présentent souvent, mais nous ne savons pas donner d'explication ni de leur nature ni de leur composition. Pour le moment nous ne pouvons faire autre chose qu'indiquer quels sont les autres phénomènes et les autres états où se rencontrent aussi des mélanges complexes dans des rapports indéterminés, et avec lesquels le processus du métamorphisme et ses produits présentent de l'analogie.

J'indiquerai en premier lieu la dissociation d'un hydrate chimique à haute température, telle que je l'ai observée pour les hydroxydes d'aluminium et de béryllium cristallins. Comme pour les véritables hydrates, leur composition est constante entre certaines limites de température et de tension de vapeur de l'eau. Le premier de ces hydroxydes commence à perdre de l'eau à 170°, le second à 210°, en devenant amorphes. Cette décomposition s'avance graduellement à mesure que la température s'élève, sans qu'il se forme, à une certaine température, un hydrate inférieur déterminé <sup>2)</sup>. Ici la décomposition n'a pas lieu par sauts brusques, comme cela a lieu pour les vrais hydrates <sup>3)</sup>, mais elle est continue. La composition se modifie donc aussi d'une façon continue. Les propriétés de la combinaison *devenue amorphe* sont devenues semblables à celles des hydrogels de  $Al_2O_3$  et  $BeO$ , puisque la récupération de l'eau, tout comme sa perte, dépendent d'une manière *continue* de la

<sup>1)</sup> MO signifie  $CaO$ ,  $MgO$ ,  $K_2O$ ,  $Na_2O$ ,  $FeO$ .

<sup>2)</sup> 3<sup>me</sup> mémoire. Umsetzung der Kristall-Hydrate in amorphe Substanzen. *Zeitschr. f. anorg. Chem.*, 18, 126—128, 1898.

<sup>3)</sup> C. à d. aussi longtemps qu'ils sont de véritables hydrates et ne sont pas encore devenus amorphes. Cela est dûment prouvé pour les hydrates supérieurs de  $Ba(OH)_2$ , pour plusieurs sels etc.

température, de la tension de vapeur de l'eau et des modifications de la substance amorphe <sup>1)</sup>).

En second lieu je parlerai des produits de décomposition par l'eau des sels cristallins, quand il paraît se former, par une perte graduelle d'acide ou de base, non des substances cristallines, mais un complexe indéterminé. C'est ce qui arrive avec des sels de bismuth, d'antimoine et d'autres encore. Dans certaines circonstances ils peuvent reprendre l'état cristallin avec une composition déterminée.

En troisième lieu, on peut se demander jusqu'à quel point les produits indéterminés de la décomposition présentent quelque analogie avec les combinaisons d'absorption (ou avec les solutions solides), dont j'ai déjà maintes fois décrit la nature et les propriétés <sup>2)</sup>. Ces combinaisons prennent naissance p. ex. quand deux ou plusieurs colloïdes à l'état de sol sont mélangés en proportions indéterminées et se gélifient, de manière à former, non des combinaisons chimiques suivant des rapports déterminés, mais des combinaisons d'absorption en des proportions indéterminées (agglutinations), — p. ex. de  $SiO_2$  avec  $Al_2O_3$  ou  $Fe_2O_3$ , ou avec tous les deux, à l'état de gel <sup>3)</sup>. Cette union des gels est de tout autre nature qu'une véritable combinaison chimique  $(SiO_2)^m (Al_2O_3)^n$

<sup>1)</sup> Suivant la modification qu'ils ont subie par le chauffage, et d'autres circonstances encore, ces corps absorbent dans la vapeur d'eau, sous chaque tension de vapeur, une quantité d'eau différente, sans qu'on puisse constater un rapport moléculaire simple. Voir le tableau XVIII dans mon troisième travail sur l'absorption, p. 146. Il est difficile d'admettre qu'en perdant de l'eau sous l'action de la chaleur l'oxyde se polymérise continuellement de plus en plus, de sorte qu'un nombre de molécules d'oxyde de plus en plus grand serait chimiquement combiné à 1 mol.  $H_2O$ , et que l'hydrate chauffé deviendrait un mélange de polymères hydratés qui, par la récupération de l'eau, donneraient des polymères à degré d'hydratation plus élevé.

<sup>2)</sup> Ces propriétés sont: Etat amorphe de la composante absorbante. Pas de rapport conforme aux équivalents entre les composantes.

Une composition dépendante de la structure de la composante amorphe et des transformations qu'elle a subies.

Une composition non homogène, mais dépendante de façon continue de la température et de la quantité, dans la solution, de la substance absorbée (de la pression dans le cas d'un gaz).

Une force de combinaison diminuant — ou augmentant — graduellement à mesure qu'une des composantes augmente — ou diminue.

Voir mes travaux antérieurs et le dernier mémoire, le 6me: Die Absorption von Stoffen aus Lösungen, *Zeitschr. f. anorg. Chem.*, 23, 321—372, 1900.

<sup>3)</sup> *Ibidem*, p. 333—334.

ou  $(SiO_2)^m(Fe_2O_3)^n$  etc., (où  $m$  et  $n$  sont des nombres entiers simples) qui peut prendre une forme cristalline. Il peut encore se former des combinaisons d'absorption entre des colloïdes et des électrolytes, quand des gels enlèvent des acides, des bases, des sels etc. à des solutions. On peut obtenir de cette manière des combinaisons complexes qui contiennent diverses composantes à l'état amorphe (p. ex.  $SiO_2$ ,  $Al_2O_3$ ,  $Fe_2O_3$ ,  $FeO$ ,  $MgO$ ,  $CaO$  etc.), et qui ont absorbé en outre, à l'état d'ions ou de sels, divers électrolytes, notamment en des quantités qui dépendent de la concentration de la solution aux dépens de laquelle ces substances ont été absorbées<sup>5)</sup>.

De pareils complexes se présentent dans la nature, sans aucun doute. J'indiquerai en particulier les bols blanc et rouge. Un examen détaillé des produits de métamorphisme à ce point de vue me paraît du plus haut intérêt, parce qu'il fera mieux connaître leur constitution. Il va de soi que dans la décomposition il peut se former, à côté des produits amorphes, des combinaisons chimiques cristallines. L'hydrargillite en est une preuve, et il y en a encore beaucoup d'autres, comme le fer spathique (sidérose), la vivianite, le silicate ferrique etc.

---

<sup>5)</sup> Dernièrement M. BILTZ a publié des recherches très importantes sur ces combinaisons d'absorption sous les titres: Ueber die gegenseitige Beeinflussung kolloidal gelöster Stoffe (*Ber. deutsch. chem. Ges.*, 37, 1095, 1904); Das Verhalten einiger anorganischen Kolloide zur Faser (*Ibidem.*, p. 1766); Ueber die Einwirkung von  $As_2O_3$  auf frischem Hydrogel von  $Fe_2O_3$  (*Ibidem.*, p. 3138); Ein Versuch zur Deutung der Agglutinierungsvorgänge (*Gött. Nachr.*, 1904, 1). Il y dit que „tous les produits, formés par la réunion de gels ou de sols, entre eux ou avec des cristalloïdes ou des électrolytes, doivent être considérés comme des combinaisons d'absorption, pour autant que ce ne sont pas indubitablement de véritables combinaisons chimiques. La cause de leur formation doit être cherchée en première ligne dans l'état physique des substances colloïdes.” Je suis heureux de voir que M. BILTZ est arrivé dans ses recherches aux mêmes idées que celles que j'ai défendues depuis 1888, car j'ai été le premier à admettre l'existence de combinaisons d'absorption (ou d'adsorption), que j'ai caractérisées et décrites. M. ZACHARIAS considère aussi comme absorbitives les combinaisons de matières colorantes avec des fibres textiles (*Zur Chemie der Textilfasern, Zeitschr. f. Farben- und Textil-Chemie*, 2, Heft 12, 1903), et M. G. GALEOTTI, en se basant sur ses recherches, décrit et caractérise comme combinaisons d'absorption ce qu'on appelle les combinaisons métalliques des matières albuminoïdes (HOPPE SEYLER, *Zeitschr. f. physiol. Chem.* 40, 492, 1904). Voir aussi les articles de MM. VICTOR HENRI et ANDRÉ MELIER: „L'état actuel de nos connaissances sur les colloïdes,” dans la *Revue générale des Sciences* 1904, nos 22, 23 et 24, surtout page 1081.

## XII. LE PROCESSUS DU MÉTAMORPHISME.

Il est suffisamment prouvé par tout ce qui précède qu'il y a divers degrés dans le métamorphisme.

La nouvelle découverte, que ce processus peut donner naissance, dans la latérite, à de l'alumine libre, a suscité la question de savoir quelle en peut être la cause, la composition primitive du silicate, ou le climat, ou les deux facteurs à la fois.

Il semble admissible qu'une décomposition donnant naissance à un S. D. pauvre en silice soit propre à des roches comme le diorite et le diabase, qui contiennent des plagioclases, de la hornblende, du mica etc. C'est réellement de pareilles roches que la latérite est issue, et en même temps s'accorde avec cette manière de voir l'accumulation d'oxyde de fer dans la plupart des latérites et le fait que l'hydrargillite présente encore souvent la structure de la hornblende. Toutefois le fait, que la latérite granitique des îles Seychelles est issue du granite à son gisement primaire, prouverait d'après M. BAUER que des feldspaths normaux peuvent aussi subir une décomposition aboutissant à un hydrate d'alumine cristallin, complètement exempt de silice.

Voilà pourquoi on s'est demandé si 1° le climat des régions tropicales ne serait pas nécessaire pour ce métamorphisme, et 2° si la bauxite, que l'on trouve aussi dans des zones tempérées, ne s'est pas formée à une période reculée, alors qu'il régnait à cet endroit un climat tropical.

Il est à remarquer pourtant que sous les tropiques on rencontre aussi un S. D. avec le rapport  $\pm 3$ , et il n'est pas prouvé que ce S. D. provient partout de granite. En second lieu il n'est pas du tout démontré qu'un S. D. avec un rapport 2 à 0 ne se forme pas dans des zones tempérées.

Au contraire; M. BAUER dit que „dans les derniers temps on a maintes fois trouvé l'hydrargillite dans les produits de décomposition des feldspaths de plus d'une roche, et il est fort probable que cette occurrence n'est pas très rare; mais on a souvent confondu l'hydrargillite avec du kaolin". D'ailleurs, les deux produits de décomposition sont souvent présents l'un à côté de l'autre, ainsi que M. BAUER l'a fait observer pour la bauxite du Vogelsberg: les fragments de bauxite

gisent dans une argile qui provient également de la décomposition d'une roche basaltique. Les deux processus ont donc eu lieu au même endroit. Les recherches précédentes ont appris que non seulement l'hydrargillite, mais encore de l'alumine pauvre en silice, se rencontrent souvent à côté de l'argile ordinaire (BAUER).

On a fait aussi des hypothèses relativement au processus de décomposition qui a donné naissance à la latérite. M. LIEBRICH a émis l'opinion (et M. G. C. DUBOIS en fait aussi mention) que de la pyrite existe dans les roches primitives et donne naissance à la latérite primaire (éluviale). Par l'oxydation de la pyrite il se forme de l'acide sulfurique qui dissout l'alumine et la transporte pour la déposer ailleurs sous forme de concrétions. Ou bien il se forme (suivant M. DUBOIS) aux dépens du silicate un produit plus riche en  $Al^2O^3$ . Ce produit doit alors se transformer en alumine sous l'action d'eau chargée de carbonates alcalins. A cette opinion, M. BAUER oppose le fait que dans la latérite des îles Seychelles l'hydrargillite ne se présente pas en concrétions, mais a conservé la structure primitive du silicate d'où elle est issue. On n'a d'ailleurs constaté aucune des réactions mentionnées.

Le fait que des géologues émettent de pareilles conjectures qui, a proprement parler, sont assez fantaisistes <sup>1)</sup>, prouve bien combien les processus du métamorphisme sont encore peu connus, non seulement pour ce qui regarde la formation de la latérite, mais même pour celle de l'argile. Nous nous en rendons compte le mieux en remarquant que presque toutes les questions sont restées sans réponse.

La décomposition de l'argile alluviale ordinaire s'arrête-t-elle à  $\pm 4$  à  $3$  ou  $\pm 3$  à  $2,5$ ? Ou bien encore ces deux résidus se transforment-ils lentement l'un dans l'autre? En d'autres termes, le processus de décomposition, et par conséquent l'enrichissement en alumine, continuent-ils toujours? Et si tel est le cas, la décomposition actuelle a-t-elle peut-être lieu si lentement que nous ne nous en apercevons pas? Ces rapports sont-ils en quelque sorte des points de repos dans la décomposition des feldspaths normaux, parce que l'argile a été soustraite aux agents auxquels elle était exposée au lieu primitif de formation? Les diorites, les diabases et les anamésites peuvent-ils fournir un S. D. qui perd sa silice beaucoup plus rapidement? Quelle distinction y a-t-il à faire entre

<sup>1)</sup> Il y a bien d'autres processus que l'on pourrait se figurer, et avec tout autant de raison d'être, aussi longtemps que les observations font défaut.

la portion kaolinique du S. D. et celle qui est soluble dans l'acide chlorhydrique? La première partie peut-elle oui ou non passer graduellement dans la seconde? Cette transformation, ou la transformation inverse, s'opère-t-elle encore? Sont-ce des produits de décomposition d'un même feldspath ou de feldspaths différents? Peut-il s'opérer sur les produits de la décomposition des actions métamorphiques qui modifient leur composition? Les argiles et les latérites sont-elles des mélanges de certains degrés de décomposition, ou bien sont-elles constituées, à l'endroit d'origine, par un mélange de produits à transition graduelle?

Comme il est probable qu'un feldspath peut se décomposer aussi bien en un S. D. I et II qu'en un S. D. III et IV, nous devons avouer que nous ne savons encore rien des circonstances et des facteurs qui font que la décomposition peut atteindre des degrés aussi différents, et que nous ignorons également où reste l'énorme quantité de silice mise en liberté par la formation de latérite. Tout ce que nous savons c'est que, comme dit M. DUBOIS, il se manifeste dans le processus de la décomposition une tendance à transformer graduellement le silicate en hydrargillite, et il est probable qu'il peut se former en même temps des dépôts de quartz, et que des silicates secondaires peuvent prendre naissance.

---

Les résultats et les considérations qui précèdent, que je considère comme de très modestes contributions à la connaissance des terrains de métamorphisme et des processus qui leur ont donné naissance, et qui ont suggéré mainte question restée sans réponse, font qu'il serait à mon avis fort désirable qu'on commençât par faire des analyses nombreuses et précises des silicates de métamorphisme, notamment au premier endroit de formation, dans les divers terrains, sous divers climats, et dans divers états de décomposition. Les résultats ainsi obtenus devraient être comparés avec la composition de la roche d'où les produits sont issus. Avec cela une détermination des quantités de silice et de bases alcalines dans les produits de décomposition serait de toute nécessité. Peut-être la méthode que j'ai suivie rendra-t-elle de bons services dans une pareille étude.

---

## APPENDICE.

Tout récemment <sup>1)</sup> M. PAUL ROHLAND s'est occupé de la plasticité des argiles. Comme cause de cette propriété il admet une combinaison particulière de substances colloïdales dissoutes dans la masse porcellanique ou argileuse avec la substance argileuse proprement dite (qui serait à l'état de pureté absolu  $Al^2O^3 \cdot 2(SiO^2) \cdot 2(H^2O)$ ). Comme telles il nomme la silice, l'alumine et des substances organiques. La combinaison particulière, admise par M. ROHLAND, devrait être certainement une agglutination, c. à d. une combinaison d'absorption, et l'élimination de ces matières colloïdes devrait faire disparaître la propriété de la plasticité. Si toutefois de la silice et de l'alumine libre existent en général dans les argiles *plastiques*, et le cas échéant en quantités suffisantes, voilà une question qui n'a pas encore été examinée. D'après ce qui précède les latérites, même quand elles contiennent de l'alumine colloïdale libre ou de l' $Al^2O^3$  pauvre en silice, ne sont généralement pas plastiques. Il me semble plutôt que la plasticité est une propriété du silicate de métamorphisme même, mais que les circonstances dans lesquelles elle se manifeste nous échappent encore complètement.

## TABLEAUX DES ANALYSES.

## 1. Loess.

Tableau I. *Loess.* <sup>1)</sup>

Hollande. *A* près d'Elsloo (prov. de Limbourg) à 3 m de profondeur; *B* sous la couche arable du Zypenberg près de Velp, province de Gueldre.

Extrait	A		B	
	% $Al^2O^3$ dissous	Rapport	% $Al^2O^3$ dissous	Rapport
<i>a</i>	1,8 <sup>a</sup>	3,7	1,2 <sup>a</sup>	3,2
<i>c</i>	2,3	3,4	0,9	3,5
Ac. sulf.	1,7	2,0	0,6	2,5

<sup>1)</sup> Analyse détaillée faite sous ma direction par M. H. W. WOODSTRA, cand. en sc. chim.; *Verh. d. Kon. Akad. v. Wetensch. Amsterdam*, 7, (1900), 2. sect., n° 3.

## 2. Terrains argileux de Hollande, Java, Suriname.

Tableau II. *Argile légère.*<sup>1)</sup>

Hollande. Vase du Wieringermeer, près de la province de Hollandes septentrionale.

Tableau III. *Argile plus lourde.*<sup>2)</sup>

Hollande, province de Groningue, près de Middelstum.

	II		III	
a	( $\frac{1}{2}$ h.) 0,8 <sup>5</sup>	5	(1 h.) 2,6 <sup>7</sup>	4,6
c	1,7 <sup>3</sup>	4,6	3,14 <sup>4</sup>	6,8 (?)
Ac. sulf.	3,0	2,4	5,9	2,2

Tableau IV. *Argile lourde.*<sup>3)</sup>

Hollande. Limon frais du golfe de l'Y avant son assèchement.

Tableau V. *Argile lourde.*<sup>4)</sup>

Java. Terrain cultivé dans le voisinage du fleuve Kening, résidence Rembang.

	IV		V	
a ( $\frac{1}{2}$ h.)	1,8 <sup>6</sup>	3,1 <sup>1</sup>	}	6,9
c	4,4 <sup>9</sup>	3,1 <sup>2</sup>		
Ac. sulf.	5,0	2,2	4,2	3,0 <sup>0</sup>

Tableau VI. *Argile lourde.*Suriname<sup>5)</sup>. Terre nouvellement défrichée. Plantation de cacao Margarethenburg sur les bords de la Nickerie, dans le voisinage de la côte.

Extrait	VI 1. Analyse.		VI 2. Analyse.		
	% Al <sup>2</sup> O <sup>3</sup> dissous	Rapport	Extrait	% Al <sup>2</sup> O <sup>3</sup> dissous	Rapport
a ( $\frac{1}{4}$ h.)	1,4	1,3	a ( $\frac{1}{2}$ h.)	2,6	1,8
b	3,0	2,8	b {	8,0	2,7
c <sub>1</sub>	7,0	2,7			
c <sub>2</sub>	2,2	2,7 <sup>7</sup>	c	3,6	2,8
Ac. sulf.	8,8	2,0	Ac. sulf.	7,9	2,0

<sup>1)</sup> Analyse détaillée dans *L. V.-St.* 37, 250—255, 1889.<sup>2)</sup> Cette analyse est de M. SJOLLEMA; elle a été faite suivant ma méthode.<sup>3)</sup> Analyse détaillée dans *L. V.-St.* 37, 241—249, 1889.<sup>4)</sup> Analyse détaillée dans *L. V.-St.* 37, 274—278, 1889.<sup>5)</sup> Analyses détaillées VI et VII, *Landbouwkundig Tijdschrift* 1903, p. 314—355. Groningue, J. B. WOLTERS.

Tableau VII. *Argile lourde.*

Suriname. Terre cultivée durant de nombreuses années. Plantation de cacao Leliendaal, sur les bords de la Commewyne dans le voisinage de la côte.

Extrait	% $Al^2O^3$ dissous	Rapport
a ( $\frac{1}{2}$ h.)	1,0	<b>1,2<sup>s</sup></b>
b	1,9	<b>3,0</b>
c <sub>1</sub>	4,9	<b>3,2</b>
c <sub>2</sub>	3,1	<b>2,2?</b>
Ac. sulf.	11,7	<b>2,0</b>

## 3. Padas de Java.

Padas non plastique, un conglomérat de fines particules reliées par un ciment. D'origine volcanique.

Tableau VIII.

Java. Résidence Tegal, près de Diati Basang. Couleur brune. Conglomérat de petits fragments, très dur.

Extrait	% $Al^2O^3$ dissous	Rap- port	%						Ensemble %	
			$SiO^2$	$Fe^2O^3$	$CaO$	$MgO$	$K^2O$	$Na^2O$		
$k_1$ (5 min.)	0,5	<b>3,0</b>	0,9 <sup>2</sup>							$SiO^2$ 23,3
$k_2$ (30 " )	2,8	<b>1,3</b>	2,2			0,5 <sup>s</sup>	0,5			$Al^2O^3$ 14,0
$a$ { 5 " }	1,7	<b>3,0</b>	3,1 <sup>o</sup>	2,2 <sup>2</sup>						$Fe^2O^3$ 8,7
$b_1$ { 5 " }	1,4	<b>3,1</b>	2,6 <sup>1</sup>	2,1 <sup>o</sup>						$CaO$ 1,5
$b_2$ { 30 " }	3,2	<b>3,3</b>	6,3 <sup>3</sup>	3,5 <sup>2</sup>		0,8	0,4 <sup>2</sup>			$MgO$ 1,0
c	2,4	<b>3,8</b>	5,4 <sup>o</sup>	0,8 <sup>o</sup>						Alcal. 0,5
Ac. sulf.	2,0	<b>2,2</b>	2,7 <sup>1</sup>	peu	0,1 <sup>s</sup>	0,0 <sup>2</sup>				Insoluble 41,2
Somme: 14,0			23,3	8,7	1,5	1,0	0,2	$\pm 0,3$		Eau { $\alpha$ 6,0 $\beta$ 0,8 $\gamma$ 3,2 } 10,0
			$\alpha$ Cédé à l'acide sulfurique. $\beta$ Perte à 100°. $\gamma$ Perte par incinération.							100,2



## 4. Terrains volcaniques.

Tableau XI.

Java <sup>1)</sup>. Résidence Pasourouan. District Malang.

A. de Gondang Legie, B. de Sirka Anjar, entre les volcans Klout et Semérou.

Extrait	% $Al^2O^3$ dissous	Rap- port	%			Insoluble.
			Humus	Perte incin. $\alpha$	$\beta$ et $\gamma$	
A						
c	17,28	2,2	3,8	6,8	6,3 <sup>s</sup>	Sanidine avec inclusions vitreuses, 3,2 magnésite, plagioclases, hornblende, magnétite. Grosseur des grains: quelques microns à 0,9 mm.
Ac. sulf.	0,25	± 3,6				
B						
c	11,2		3,4	3,7	3,4	56,0

Tableau XII.

Sol d'une forêt vierge <sup>1)</sup>. Sumatra, résidence Déli, près de Médan; portant pour la première fois une plantation de tabac. Haute teneur en humus. *Brun rouge*.

Première analyse.			Deuxième analyse.		
Extrait	% $Al^2O^3$ dissous	Rap- port	Extrait	% $Al^2O^3$ dissous	Rapport
$\alpha$ (30 min.)	1,6	0,9	$k_1$	11,75	0,97 2,1
$\alpha$ , à 100° (30 m.)	6,3 <sup>s</sup>	0,9	$k_2$	12,6	
b	4,5 <sup>e</sup>				
c	12,8 <sup>s</sup>	2,2		24,35	
	25,3				
Ac. sulf.	1,2 <sup>a</sup>	3,2			
Ensemble:	26,6		Insoluble	20,5	Sanidine avec inclusions vitreuses. Plagioclases. Beaucoup de hornblende vert foncé. Un peu d'augite, 4,3% magnétite. Grosseur des grains cristallins: 3 microns à 0,5 mm.
			Humus	5,1	
			Perte incin. $\alpha$	16,2	
			$\beta$ } 12,5 $\gamma$ }	18,7	

<sup>1)</sup> Voir l'analyse détaillée de XI dans *L. V. St.*, 37, 269, 1890; de XII p. 258; de XIII p. 265.

Tableau XIII.

Sol d'une forêt vierge <sup>1)</sup>. Sumatra, près de Médan. Couleur grise.

Extrait	% $Al^2O^3$ dissous	Rapport	%		La substance insoluble
a (30 min.)	2,9	2,1	Humus	32,2	Était comme dans le sol de Déli XII (pas de quartz) 0,9 % magnétite.
c	7,9	2,7	Perte incin. $\alpha$ 7,6	13,9	
	10,8		$\beta$ 6,3		
Ac. sulf.	4,0	2,0	$\gamma$		
	14,8		Insoluble	47,7	

## 5. Terrains latéritiques.

Tableau XIV.

Latérite plastique avec peu de  $Fe^2O^3$ . Suriname, rive élevée de la Nickerie inférieure.

1. L'analyse se rapporte à des portions choisies de la terre, qui ne présentaient pas de veines rouges; la seconde à la terre telle qu'elle était recueillie.

## 1. Analyse.

Extrait	% $Al^2O^3$ dissous	Rapport	%					Ensemble %
			$SiO^2$	$Fe^2O^3$	$CaO$	$MgO$		
$k_2$	8,6 <sup>s</sup>	0,3	1,5 <sup>s</sup>					K <sup>2</sup> O et Na <sup>2</sup> O pas dét.
a (30 min.)	3,9 <sup>s</sup>	1,1 <sup>s</sup>	4,9 <sup>s</sup>	1,3 <sup>s</sup>	0,1 <sup>r</sup>	0,03	$SiO^2$ 26,0	
$k_1$ (5 " )	3,1 <sup>s</sup>		8,9 <sup>r</sup>	2,0 <sup>s</sup>			0,1 <sup>r</sup>	
c	9,3 <sup>s</sup>	1,6 <sup>s</sup>					$Fe^2O^3$ 3,8	
	25,0 <sup>s</sup>						$CaO$ et $MgO$ 0,5	
Ac. sulf.	10,9	1,6 <sup>s</sup>	10,5 <sup>s</sup>	0,4	peu	peu	Insoluble 16,8	
	35,9 <sup>s</sup>		26,8	3,8	±0,4	±0,1	Perte incin. $\alpha$ 2,7	
							$\beta$ 0,5 <sup>s</sup> 16,7	
							$\gamma$ 13,5	
							99,8	

## 2. Analyse.

b	13,6	4,0	6,3	0,2	Ensemble 25 <sup>s</sup> %
					17 " Perte par incin.
					24 " Déposé.
					32 " Resté en suspension après dépôt.
					98 <sup>s</sup> %

Les 16,7% insolubles se composaient de: quartz, oligoclase, sillimanite, disthène, zircon et ilménite (fer titané); de l'hydrargillite cristalline n'a pas été observée.

<sup>1)</sup> Voir l'analyse détaillée de XI dans L. V. St. 37, 269, 1890; de XII p. 258; de XIII p. 265.

Tableaux XV—XVII.

Trois latérites riches en fer, non plastiques, de Suriname.

Tableau XV.

Terre formée par la décomposition d'un diabase ou d'un diorite.  
Au pied des chutes Avenovero. Gisement secondaire.

Extrait	% $Al^2O^3$ dissous	Rapport $SiO^2:Al^2O^3$	%				Ensemble %
			$SiO^2$	$Fe^2O^3$	$CaO$	$MgO$	
$k_1$ (5 min.)	1,5 <sup>1)</sup>	1,4 <sup>4</sup>	1,2 <sup>3</sup>				$SiO^2$ 26,8
$k_2$ (30 " )	5,0 <sup>6)</sup>	2,0	5,9 <sup>4</sup>		0,3 <sup>5</sup>	0,2 <sup>0</sup>	$Al^2O^3$ 27,9
$b$ (30 " )	6,3 <sup>7</sup>	1,5 <sup>7</sup>	5,9 <sup>0</sup>	13,9			$Fe^2O^3$ 17,8
$c_1$ (30 " )	5,2 <sup>0</sup>	1,4 <sup>7</sup>	4,5 <sup>0</sup>	3,0 <sup>5 2)</sup>	0,2	0,1	$CaO$ 0,8
$c_2$ (30 " )	4,0 <sup>2</sup>	1,4	3,2 <sup>0</sup>	0,5	0,2	0,0 <sup>5</sup>	$MgO$ 0,4 <sup>5</sup>
Ac. sulf.	5,7 <sup>8</sup>	1,7 <sup>3</sup>	5,9 <sup>2</sup>	0,3 <sup>5</sup>	0,0 <sup>7</sup>	0,0 <sup>4</sup>	Alcal. Phosph. p. d.
	27,9		26,8 <sup>1</sup>	17,8	0,8	0,4 <sup>5</sup>	Perte incin. $\alpha$ 3,2 $\beta$ 0,0 $\gamma$ 12,4 Insoluble 10,4
							99,7

Tableau XVI.

Terre formée par la décomposition d'un diabase ou d'un diorite.  
Gisement secondaire. Au bord escarpé d'un ruisseau („kreekje”) à la gauche  
de la Blanche Marie.

Extrait	% $Al^2O^3$ dissous	Rapport $SiO^2:Al^2O^3$	%				Ensemble %
			$SiO^2$	$Fe^2O^3$	$CaO$	$MgO$	
$k_1$ (5 min.)	2,6	0,3	0,4 <sup>3</sup>				$SiO^2$ 17,4
$k_2$ (30 " )	8,4	0,4 <sup>4</sup>	2,2 <sup>4</sup>		0,2	0,1	$Al^2O^3$ 26,5
$b$ (30 " )	8,0	1,5 <sup>5</sup>	7,3 <sup>0</sup>	11,1 <sup>2</sup>			$Fe^2O^3$ 11,6
$c$ (30 " )	4,2	1,6	4,0 <sup>0</sup>	0,3 <sup>7</sup>	p. d.	p. d.	$CaO, MgO \pm 0,5$
Ac. sulf.	3,3	1,7 <sup>7</sup>	3,4 <sup>2</sup>	0,0 <sup>5</sup>	p. d.	p. d.	Alcal. Phosph. p. d.
	26,5		17,4 <sup>5</sup>	11,6			Perte incin. $\alpha$ 2,3 $\beta$ 0,0 $\gamma$ 12,3 Insoluble 28,9
							99,5

<sup>2)</sup> Après qu'une première analyse eût fourni uniquement  $k_2$  et eût donné 6,4%  $Al^2O^3$  et le rapport 2,1, j'ai déterminé, dans une quantité de terre deux fois plus grande (5 gr.), d'abord  $k_1$  puis  $k_2$ . J'ai donc obtenu dans le premier extrait  $k_1$  le rapport 1,4, et ce n'est que  $k_2$  qui a donné une plus forte proportion de silice. La somme de  $k_1$  et  $k_2$  donne 1,9<sup>2</sup>.

<sup>3)</sup> Cette quantité d'oxyde de fer provient en majeure partie de l'hémérite, qui se dissout dans l'acide chlorhydrique concentré et bouillant.

Tableau XVII.

Terre très riche en fer, provenant du lit d'un ruisseau au nord de la Blanche Marie.

Extrait	% $Al^2O^3$ dissous	Rapport $SiO^2 : Al^2O^3$	%		Ensemble %
			$SiO^2$	$Fe^2O^3$	
$k_1$ (5 min.)	1,0	1,1 <sup>s</sup>	0,7 <sup>2</sup>		$SiO^2$ 6,6
$k_2$ (30 " )	3,2	1,7	3,1 <sup>7</sup>		$Al^2O^3$ 11,4
$b$ (30 " )	7,2 <sup>a</sup>	0,7	2,6 <sup>a</sup>	42,9	$Fe^2O^3$ 42,9
	—11,4 <sup>s</sup>		—6,6		
c	p. d.				Perte incin $\alpha$ 1,2
Ac. sulf.	p. d.				$\beta$ 0,6
					$\gamma$ 11,1
					$P^2O^5$ Bases alcal. p. d.
					c, A. s. et insol. 26,0
					99,8

Ces latérites proviennent de diabase ou de diorite.

Le S. n. D. contient de la sillimanite, du disthène, du zircon, du fer titané et en outre du feldspath (normal) et du quartz. On n'y a pas trouvé d'hydrargillite. Dans XVII les grains sont fortement cimentés les uns aux autres par la grande quantité d'oxyde de fer. Dans XV la cohérence est beaucoup moindre. Ces latérites ne sont pas plastiques.

Dans XV la grosseur des grains est de 2,5 à 11 microns, quelques-uns seulement atteignent 0,3 mm.; les grains de sillimanite sont généralement les plus gros. La terre XIV, dont  $\frac{1}{2}$  du poids est fourni par les parties les plus lourdes contient des grains de quartz plus gros (jusqu'à 0,5 mm.)

Table VIII.

Latérite avec hydrargillite cristallisée. Suriname. District Nickerie.

De la rive droite de la Fallawatra, dans le voisinage de la cascade Cremer.

## 1. Analyse.

Extrait	% $Al^2O^3$	Rapport	%			
			$SiO^2$	$Fe^2O^3$	CaO	MgO
$k_1$ (5 min.)	3,8 0	0,3	0,7 <sup>s</sup>			
$k_2$ (30 " )	14,5	0,2 <sup>a</sup>	2,1 <sup>7</sup>			
	—18,3					
a (5 " )	4,0	1,1 <sup>s</sup>	2,7 <sup>a</sup>	3,1 <sup>s</sup>	0,22	0,1
b (15 " )	6,0 <sup>s</sup>	0,6	2,0	30,0 <sup>s</sup>	0,25	0,1
c " "	1,9	0,7 <sup>s</sup>	0,8 <sup>s</sup>	2,4 <sup>s</sup>		
	—12,0					
	30,3		8,5	35,6	0,5	0,2

## 2. Analyse.

Extrait	% $Al^2O^3$	Rapport	%	
			$SiO^2$	$Fe^2O^3$
$k_1$ (30 min.)	6,1 <sup>2</sup>	0,1 <sup>2</sup>	0,4 <sup>8</sup>	17,0
$k_1$ (5 " )	6,0	0,3 <sup>2</sup>	1,2 <sup>3</sup>	
$b$ (5 " )	6,4 <sup>2</sup>	0,8 <sup>2</sup>	3,0 <sup>1</sup>	16,0
	18,6			
$k_2$ (30 " )	11,6	0,2 <sup>2</sup>	1,9 <sup>2</sup>	
$c$ " )	0,9 <sup>2</sup>	1,8	1,0 <sup>2</sup>	1,6
	12,6			
	31,2		7,6	34,6

Ensemble %		Insoluble
1. Analyse	2. Analyse	
$SiO^2$	8,5 <sup>2</sup>	7,6
$Al^2O^3$	30,4	31,2
$Fe^2O^3$	35,7	34,6
$CaO$	0,5	± 0,5
$MgO$	0,2	
Silicate	3,1	± 3
Ter titané	3,0	± 4
	6,1	7
Insoluble	3,1	
Perte par incin.	0,9	
$\gamma_1$	0,2	19,2
$\gamma_2$	14,8	
	19,0	
	100,4%	100,1%

Le S. n. D. ne constituait que ± 6,1%, dont la moitié était du fer titané (ilménite).

Le reste se composait de:  
Un petit peu de quartz,  
de la sillimannite,  
du disthène,  
et du zircon.

## Tableaux XIX—XX.

Latérite au gisement primaire. — Iles Seychelles.

Table XIX. Latérite dioritique.

Extrait	% $Al^2O^3$ dissous	Rapport	%				Ensemble %	Analyse de M. BAUER
			$SiO^2$	$Fe^2O^3$	$CaO$	$MgO$		
$k_1$ (30 min.)	23,6	} 0,03 <sup>5</sup>	0,2 <sup>7</sup>				$SiO^2$ 1,2	?
$a$ (30 " )	2,7		0,2 <sup>2</sup>	5,2	0,1		$Al^2O^3$ 42,6	49,9
$b$	7,7	} 0,07 <sup>2</sup>	0,3 <sup>3</sup>	21,1	0,2		$Fe^2O^3$ 27,0	20,1
$k_1$ (5 " )	1,0		0,1 <sup>5</sup>				$CaO, MgO$ 0,5 <sup>5</sup>	
$c$	5,7	} 0,06	0,2 <sup>2</sup>	0,7	0,2		Insoluble 3,3	± 3,9
$k_1$ (5 " )	1,9		0,2 <sup>2</sup>				$\alpha$ 0,6	
						$\beta$ 0,3 <sup>2</sup>	} 25,1	26,0
						$\gamma_1$ 0,0		
						$\gamma_2$ 24,2		
Ac. fluorh.	42,6	} 0,5	1,2 <sup>2</sup>	27,0	0,5	0,01		
	2,6		0,6					
							99,8	99,9%

Tableau XX.  
Latérite granitique.

Extrait	% $Al^2O^3$ dissous	Rapport	%				Ensemble %	Analyse de M. BAUER	
			$SiO^2$	$Fe^2O^3$	$CaO$	$MgO$			
$\alpha$ (20 min.)	7,3 <sup>s</sup>	0,0 <sup>s</sup>	0,6 <sup>s</sup>	0,5 <sup>s</sup>	0,2	Traces	$SiO^2$ 2,3 <sup>s</sup>	?	
$k_1$ (30 " )	15,3 <sup>s</sup>						0,6 <sup>s</sup>	0,5 <sup>s</sup>	0,2
$b$ (20 " )	1,3 <sup>s</sup>	0,8 <sup>s</sup>	1,0 <sup>s</sup>	3,2 <sup>s</sup>	0,07	Traces	$Fe^2O^3$ 3,8 <sup>s</sup>	4,6	
$k_1$ (10 " )	0,8 <sup>s</sup>						Trace	Trace	Trace
$c$	0,8 <sup>s</sup>	1,0	0,5 <sup>s</sup>	Trace	Trace	Traces	Insol. } 53,8	49-50	
$k_1$	0,2 <sup>s</sup>						Quartz } 53,8		
Ac. fluorh.	26,0 traces		2,3 <sup>s</sup>	3,8 <sup>s</sup>	0,3		$\alpha$ 0,3 <sup>s</sup>		
							$\beta$ 0,6 <sup>s</sup>	13,9	
							$\gamma_1$ 0,0		
							$\gamma_2$ 12,9		
								100,1 <sup>s</sup>	100

Ce qui ne s'était pas dissous fut enfermé avec de l'acide fluorhydrique et ne contenait plus que des traces insignifiantes d'alumine et de bases; c'était donc du quartz pur.

Tableau XXI-XXIV. Bases alcalines.

Tableau XXI.

Après élimination de  $NaCl$ ,  $MgCl^2$ ,  $CaSO^4$  par l'eau et après soustraction du carbonate de chaux.

Par mol.  $Al^2O^3$ .

		Dissous par l'ac. chlorh.					Dissous par l'ac. sulf.					
		Quant. % de $Al^2O^3$	Mol. $CaO$	Mol. $MgO$	Mol. $K^2O$	Mol. $Na^2O$	Quant. % de $Al^2O^3$	Mol. $CaO$	Mol. $MgO$	Mol. $K^2O$	Mol. $Na^2O$	
Argile fraîche déposéesous l'eau de mer.	lourde IV	6,5	A <sup>1)</sup> a-c	0,09 0,06	1,3 0,5	0,02 0,16	0,02 0,03	5,0	0,01 <sup>s</sup>	0,04	0,14	0,05 <sup>s</sup>
	arénacée II	2,5	A a-c	0,18 0,24	0,25 0,85	0,06 0,16	0,03 0,1	2,3	0,04	0,11	0,13	0,04
Java V	Argile lourde	6,9	A a-c	0,05 0,22	0,07 0,20	0,01 <sup>s</sup> 0,08	0,02 0,07	4,2	0,05	0,04	0,05	0,08
Suriname VI	Argile lourde	13,5	A a-c	0,06	0,14	0,09	0,01 <sup>s</sup>	8,8	0,00 <sup>s</sup>	0,06	0,17	0,02
Argile volcanique de Java XI.	Gondang Legie	17 <sup>s</sup>	A a-c	0,05 0,25	0,01 <sup>2</sup> 0,13	0,06 0,09	0,00 <sup>s</sup> 0,03					
	Sirka Aniar	11 <sup>s</sup>	A a-c	0,04 0,36	0,01 0,29	0,00 <sup>7</sup> 0,00 <sup>s</sup>	0,00 <sup>s</sup> 0,04					

<sup>1)</sup> A = Acide acétique.

## Tableaux XXII—XXIII.

Bases alcalines dans les extraits successifs.

## Tableau XXII.

Argile de Suriname (VI).

% $Al^2O^3$	Rapport de $SiO^2$ en mol.	Extrait	Par mol. $Al^2O^3$			
			Mol. $CaO$	Mol. $MgO$	Mol. $K^2O$	Mol. $Na^2O$
1,2 <sup>a</sup>	1,3	<i>a</i>	0,33	0,83	0,10	} 0,01 <sup>a</sup>
3,4 <sup>a</sup>	2,7	<i>b</i>	0,05	0,32	0,07 <sup>7</sup>	
4,6 <sup>a</sup>	2,7	<i>c</i> <sub>1</sub>	0,02 <sup>7</sup>	0,14	0,08 <sup>c</sup>	
2,5 <sup>a</sup>	2,7	<i>c</i> <sub>2</sub>	0,02 <sup>a</sup>	0,10	0,09 <sup>a</sup>	
1,8 <sup>a</sup>	2,7	<i>c</i> <sub>3</sub>	0,03 <sup>a</sup>	0,08	0,11 <sup>a</sup>	
8,8 <sup>c</sup>	2,0	Ac. sulf.	0,00 <sup>a</sup>	0,06	0,17	0,02 <sup>a</sup>

## Tableau XXIII.

	Quantité % de $Al^2O^3$		Mol. $CaO$	Mol. $MgO$	Mol. $K^2O$	Mol. $Na^2O$
Déli, Sumatra Couleur rouge XII	1,6	<i>A</i>	0,37	0,08	0,04	} 0,01 <sup>a</sup>
	6,3	<i>a</i>	0,25	0,11	0,06	
	4,5	<i>a</i> <sub>1</sub>	} 0,02	0,03	0,01 <sup>a</sup>	
	13,0	<i>b</i>		0,08	0,00 <sup>a</sup>	
		<i>c</i>	0,01	0,03	0,01 <sup>a</sup>	
Déli, Sumatra Couleur grise XII	2,9	<i>a</i>	0,24	0,17	0,02	0,04
	7,9	<i>c</i>	0,10	0,05	0,02 <sup>a</sup>	1,0
Padas jaune IX	11,9	<i>k</i> <sub>1</sub> , <i>k</i> <sub>2</sub> , <i>a</i>	0,04	0,04		
	1,3	<i>b</i>	0,5	0,2		
	1,6	<i>c</i>	0,4	0,2		
Padas rouge X	16,7	<i>k</i> <sub>1</sub> , <i>k</i> <sub>2</sub> , <i>a</i>	0,04	0,24		
	2,8	<i>b</i> <sub>1</sub>	0,15	0,1		
	2,4	<i>b</i> <sub>2</sub>	0,15	0,15		
	1,3	<i>c</i>	0,17	0,26		
Padas brun VIII	5,0	<i>k</i> <sub>1</sub> , <i>k</i> <sub>2</sub> , <i>a</i>	0,2	0,25		
	4,6	<i>b</i>	} 0,3	0,16		
	2,4	<i>c</i>		0,3		

Tableau XXIV.

Quantité pour cent soluble dans l'acide acétique dilué après élimination et soustraction des carbonates, des chlorures et des sulfates.

		% CaO	% MgO	% K <sup>2</sup> O	% Na <sup>2</sup> O
Argile	IV de l'Y	0,27	0,7	0,10	0,11
	II du Wieringermeer	0,39	0,25	0,14 <sup>s</sup>	0,05
	V Rembang (Kening)	0,23	0,14	0,10	0,07
Volc.	XII Déli	0,33	0,05	0,06 <sup>s</sup>	0,03
	XI { Gondang Legie	0,42	0,08	0,09	0,01 <sup>s</sup>
	{ Sirka Aniar	0,34	0,06	0,12	0,04 <sup>s</sup>

Tableau XXV.

Teneur en eau du S. D. (dans l'hypothèse qu'à 1 mol Fe<sup>2</sup>O<sup>3</sup> dans le sol est combiné ± 1 mol. H<sup>2</sup>O).

		Nombre de mol. H <sup>2</sup> O par mol. Al <sup>2</sup> O <sup>3</sup>				Quand on ne retranche pas l'eau de Fe <sup>2</sup> O <sup>3</sup>
		$\alpha$	$\beta$	$\beta + \gamma$	$\gamma$	
IV	Argile lourde de l'Y fraîche	2,8		2,1 <sup>7</sup>		2,4 <sup>s</sup>
V	" " Java	2,5		2,1 <sup>7</sup>		2,4 <sup>s</sup>
VI	" " Suriname	1,4		1,3 <sup>4</sup>		1,4
II	Argile arénacée du Wier. Meer (fraîche)	2,8		2,0		2,2
XII	Argile volc. de Déli (coul. rouge)	1,3		2,6 <sup>s</sup>		2,8
XIII	" " Déli ( " grise)	2,8		1,7 <sup>s</sup>		2
XI {	A " " Java	2,0		1,9		2,2
	B " " "	1,1		1,4		1,8
IX	Padas de Java (jaune)	±3	±1		1,8	2,2
X	" " (rouge)	2	0,2		1,5	1,9
VIII	" " (brun)	2,5		1,2 <sup>s</sup>		1,6
XIV	Argile latéritique de Suriname (plastique)	0,4 <sup>s</sup>	0,1 <sup>2</sup>		2,1	2,2
XVII	" " de Suriname (riche en fer)	0,6		2,9		5,5
XVIII	" " de Suriname (contenant beaucoup d'hydrargillite et beaucoup de Fe <sup>2</sup> O <sup>3</sup> )	0,3	0,6		2,0	2,8
XX	Argile latéritique des îles Seychelles (granite) (beaucoup d'hydrargillite et de Fe <sup>2</sup> O <sup>3</sup> ).	0,08	0,14		2,7 <sup>s</sup>	2,8
XIX	Argile latéritique des îles Seychelles (diorite) (beaucoup d'hydrargillite).	0,08	0,2		2,7	3,2

## SOMMAIRE.

I. Introduction, p. 207. II. Le rapport entre  $Al^2O^3$  et  $SiO^2$ , p. 210. 4. Argile plastique alluviale, p. 210. B. Terrains d'origine volcanique, p. 212. C. Terrains latéritiques, p. 216. III. Conséquences du § II, p. 225. IV. Les bases alcalines dans le silicate de métamorphisme, p. 228. V. L'eau dans le silicate de métamorphisme, p. 230. VI. La partie la plus soluble du silicate de métamorphisme, p. 231. VII. La solubilité du silicate de métamorphisme dans l'acide chlorhydrique, p. 232. VIII. L'oxyde de fer dans le sol, p. 236. IX. La teneur en eau de l'oxyde de fer, p. 243. X. La plasticité, p. 246. XI. La constitution du silicate de métamorphisme, p. 246. XII. Le processus du métamorphisme, p. 250. Appendice, p. 253. Tableaux des analyses I à XXV, p. 253 à 264.

*Leyde*, le 4 août 1904.

Laboratoire de Chimie inorganique de l'Université.