



## ETUDES DES ARGILES DU SOCLE PRIMAIRE DU DEPARTEMENT DU PUY-DE-DOME

par J. MOMOT.

### I) ESQUISSE HISTORIQUE GÉOLOGIQUE SOMMAIRE.

Les terrains du socle hercynien d'Auvergne n'ont pas d'individualité propre, prolongeant, en toute continuité, ceux de l'ensemble du Massif Central.

La base de toute la série est constituée par les gneiss et les micaschistes, groupés sous le nom de « Terrain cristallophyllien ». Cette série cristallophyllienne dérive par métamorphisme général d'une épaisse série sédimentaire pélitique. L'âge de ces formations n'est pas entièrement élucidé. On peut regarder, toutefois, ce métamorphisme général comme un phénomène calédonien, et les terrains qu'il affecte comme de très vieilles formations siluriennes, cambriennes et anté-cambriennes.

On trouve de haut en bas une suite de zones superposées, caractérisées par un faciès type, dont le métamorphisme s'est effectué par recristallisation, sans changement important de la constitution chimique (J. JUNG et M. ROQUES 1952) :

- zone des micaschistes supérieurs : schistes chloro-sériciteux ;
- zone des micaschistes inférieurs : micaschistes à biotite ;
- zone des gneiss supérieurs : para-gneiss à deux micas ;
- zone des gneiss inférieurs : para-gneiss à biotite seule.

Seules quelques intercalations de roches d'origines diverses (amphibolites, leptynites, etc.) rompent la monotonie de cette succession.

Cette série cristallophyllienne ancienne, faite principalement de micaschistes, de gneiss et de migmatites, affleure dans la région du Haut-Allier et de l'Allagnon, au sud de la Limagne, et dans les plateaux à l'Ouest de la Sioule. Ces roches cristallophylliennes donnent des produits de décomposition argileux, de nature kaolinique.

A la base des gneiss inférieurs, toute la série a été uniformément affectée par une imprégnation granitique diffuse qui imprime aux roches le faciès de « migmatites ».

Cette migmatisation arverne qui affecte à la base cette série cristallophyllienne est d'âge silurien, d'après des mesures d'âge absolu effectuées sur des zircons, extraits de ces migmatites (360 M.A.). (Le type de ces migmatites est l'anatexite à cordiérite d'Aubusson - Creuse).

En Auvergne, la série cristallophyllienne est antérieure au Carbonifère inférieur (Viséen) et même au Dévonien supérieur dans le Morvan.

Au début du Carbonifère, la mer (phase marine) s'étend dans les synclinaux occupés auparavant par la mer dévonienne. Elle y dépose des sédiments variés, schistes, grès et poudingues, renfermant une faune très riche en Brachiopodes, *Spirifer* (*Spirifer tornacensis*), *Productus*, etc. (Étage Tournaisien). Le Viséen repose en discordance sur les formations précédentes plissées et arasées. Sa coupe comprend de haut en bas :

- a) des tufs anthracifères,
- b) des schistes, grès et poudingues marins.

Les tufs anthracifères sont des tufs volcaniques mi-continentaux, mi-marins, associés tantôt à des couches d'anthracite, parfois à des calcaires à entroques. Les matériaux éruptifs sont toujours acides : tantôt rhyolitiques, tantôt dacitiques, tantôt trachytiques. Ils existent également des coulées interstratifiées. C'est donc, à cette période que s'édifièrent sur une notable partie du Massif Central de grands volcans porphyriques (phase volcanique) qui donnèrent des coulées dont certaines sont intercalées au milieu des sédiments, mais dont beaucoup se trouvent aujourd'hui à l'air libre (Morvan).

Tous les terrains, dont il vient d'être question, sont parfois traversés et métamorphisés par des granites, en donnant également des cornéennes. Ces Granites appartiennent à trois âges principaux. Les premiers sont étroitement liés au terrain cristallophyllien et sont antérieurs aux terrains primaires datés. Les seconds métamorphosent le Dévonien et le Tournaisien (Carbonifère inférieur). Les troisièmes et derniers traversent le Viséen lui-même et sont recouverts en discordance par le Carbonifère supérieur.

Ainsi, l'ensemble des formations géologiques précédentes est envahi par des massifs granitiques d'âges variés, constituant toute la région des monts du Livradois, du Forez et des Bois Noirs, à l'Est de la Limagne, ainsi qu'une grande partie des plateaux de l'Ouest. Ces Massifs granitiques montrent bien souvent des filons kaoliniques.

C'est à la fin du Carbonifère inférieur et durant le Carbonifère moyen (Westphalien) que se produisent les premiers grands mouvements orogéniques qui devaient modifier d'une manière si profonde le relief et toute la géographie du Massif Central de l'époque. Ils se traduisirent sous la forme de plis simples ou de nappes charriées, parfois empilées, nappes analogues à celles que l'on observe dans les chaînes de montagnes récentes comme les Alpes.

Dans l'entourage immédiat de certains massifs granitiques intrusifs du Massif Central se logent fréquemment des minéralisations intéressantes en Wolframite, à laquelle se joint souvent la cassitérite. Parmi les massifs entourés de leur auréole minéralisée, on peut citer un massif à granite alcalin à deux micas (granulite) de la Forêt des Colettes ou des Montmins, non loin d'Ebrevil, à mi-chemin entre Vichy et Montluçon.

*Les gisements des Colettes (Allier)* sont sur la périphérie d'un massif de granite à muscovite de 3 kilomètres de diamètre, contenant de la cassitérite très divisée et du lépidolite ; ce même massif est recoupé de filon de quartz. La masse entière du granite est kaolinisée dans ces gisements sur plusieurs centaines de mètres en tous sens. Il n'y a eu aucun transport, de sorte que l'exploitation porte sur le granite lui-même et donne un kaolin mêlé de quartz et de mica. La séparation du kaolin se fait par courant d'eau et décantation. La cassitérite est récupérée. On obtient en moyenne 200 kilogrammes de kaolin par tonne de roche et 150 grammes de cassitérite. L'origine de la kaolinisation semble hydrothermale, à cause, d'une part, de la situation périphérique des gisements, analogue à celle de filons métallifères (Wolfram) irradiant autour du massif de granite, et, d'autre part, de la profondeur de l'altération. On a vérifié jusqu'à 60 mètres, que la kaolinisation reste aussi prononcée. J. JUNG a noté, de plus, une association de minéraux pneumatolytiques.

La concession des Montmins est située près d'Echassières, sur les plateaux septentrionaux de la Sioule. On y rencontre également l'exemple classique de l'association hypothermale et pneumatolytique du wolfram ( $WO_3FeO$ ) avec un granite stannifère kaolinisé.

Les carrières de kaolin sont très nombreuses dans toute cette région du massif granulitique.

*Analyse Chimique d'une Argile Kaolinique*  
provenant des carrières de la forêt des Colettes  
et de la localité d'Echassières.

SiO <sub>2</sub> .....	50,00 %
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	37,00 %
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	0,80 %
CaO + MgO .....	0,30 %
K <sub>2</sub> O .....	0,80 %
Na <sub>2</sub> O .....	0,60 %
Perte en feu .....	11,00 %

Il n'est pas rare de trouver, en outre, 0,20 % d'oxyde d'étain.

Enfin, les mouvements hercyniens donnèrent naissance à des séries de cuvettes synclinales ou à des dépressions qui furent occupées par des lacs dans lesquels la sédimentation fut très active et suivait, sans doute, l'enfoncement progressif ou saccadé du fond du lac. Les couches de houille se seraient constituées au fond et au bord des bassins marécageux. On assiste également à la continuation des éruptions volcaniques.

*Permien* : Le Permien inférieur ou Autunien possède encore le faciès habituel aux dépôts houillers. Ce n'est que sa flore (*Walchia piniformis*, *Callipteris conferta*) qui permet de tracer avec certitude une limite.

L'Autunien est suivi de la dernière phase de plissement hercynienne, à laquelle sont dues les fractures du type du Sillon houiller.

Le Permien supérieur ou Saxonien est représenté par des grès rouges désertiques, des poudingues et des argiles bigarrées, dont l'épaisseur peut dépasser plusieurs centaines de mètres. En Auvergne, on n'en connaît qu'un petit témoin à Saint-Sauves, près de La Bourboule.

Les formations de Saint-Sauves se présentent en bancs irréguliers formés d'arkoses roses, à grains plus ou moins gros, passant à des conglomérats. Entre ces bancs, se trouvent de minces lits argileux grisâtres. Cette formation permienne dessine une étroite bande N.-S. de quelques kilomètres, bordée à l'Est par le socle granitique des formations volcaniques du Mont-Dore et à l'Ouest par les séries cristallophyl-liennes de Chavanon.

Les arkoses de Saint-Sauves renferment une montmorillonite associée à des feldspaths sodiques.

*Analyse chimique (arkoses de Saint-Sauves) :*

SiO <sub>2</sub> .....	79,3 %
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	12,8 %
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	0,7 %
FeO .....	0,2 %
MgO .....	03, %

CaO .....	0,4 %
Na <sub>2</sub> O .....	4,8 %
K <sub>2</sub> O .....	0,5 %
TiO <sub>2</sub> .....	0,5 %
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> .....	0,1 %
H <sub>2</sub> O .....	1 %

(C. RUPPLI).

Les éruptions volcaniques furent encore très nombreuses durant le Permien. Il faut signaler spécialement les roches lamprophyriques (Basaltes et Labradorites) épanchées sur la bordure Nord du Bassin d'Autun).

Pour reprendre les termes de P. GLANGEAUD, les époques Carbonifères et Permiennes furent pour le Massif Central des époques de grandeur physique et biologique, en même temps que de richesses minérales et végétales. Le Massif présente de grandes fractures, d'âge permo-carbonifère et triasique et des séries de décrochements, jalonnées par de grands filons de quartz, véritables chemins d'ascension des sources minérales de l'époque.

Cette période fut également, pour une grande partie du Massif une période d'édification de grands volcans aux laves les plus variées, dont les sorties furent accompagnées ou suivies d'un cortège d'émanations métallifères et de sources minérales des plus importantes.

On peut dire que les 2/3 des richesses minérales du Massif Central sont un « héritage du Permo-Carbonifère et du Permien ». Ce n'est pas seulement la houille, les schistes bitumineux, mais aussi les filons de plomb, d'étain, d'argent, d'antimoine, d'arsenic, de fer, de zinc, de cuivre, d'or, de tungstène, d'uranium et de ses composés, etc., qui se formèrent à cette époque, en même temps que les filons de quartz, d'améthyste, de fluorine et de la plupart des barytes, etc.

## II) LOCALISATION GÉOGRAPHIQUE DES PRINCIPAUX GISEMENTS D'ARGILES provenant de l'altération de roches cristallines du socle cristallin, cristallophyllien et hercynien.

*Aubusson* (canton de Courpière). Argile blanche kaolinique exploitée entre cette localité et Vodable-Ville. Argiles sableuses également, près de la Sauvetat, commune d'Aubusson.

Terrains : Granite Carbonifère du Livradois.

*Bourg-Lastic* (chef-l. de canton, arrdt de Clermont). Les micaschistes sont fréquemment recouverts d'argiles rougeâtres, et même d'un rouge vif, contenant une assez forte proportion de sesquioxyde de fer.

Terrains : Anatexites, gneiss, embréchites, etc.

*Champeix* (chef-l. de canton, arrdt d'Issoire). Kaolin.

Terrains : Une partie des formations géologiques de cette localité est du granite intrusif carbonifère.

*Clermont-Ferrand*. Près de cette ville, des petits filons de kaolin (Feldspath terreux de BOUILLET), encaissés dans la masse du granite carbonifère du socle cristallin, ont été signalés par BOUILLET au-dessous de Prudelles, du côté de la voie romaine de Villars.

*Combronde* (chef-l. de canton, arrdt de Riom, sur la Saignes). Au nord de Combronde, à la base de la montagne de la Martre, argiles sableuses rouges et vertes.

Terrains : Granite intrusif carbonifère à grains moyens, localement porphyroïdes (type Livradois).

*Menat* (chef-l. de canton, arrdt de Riom). Argile blanche à la Bosse, près de Nadde ou Nades.

Terrains : Socle Antécarbonifère : micaschistes (quartz, micas blanc et noir), gneiss supérieurs (présence de feldspath), gneiss inférieurs (disparition de la muscovite). Au Pont de Menat, microgranite interstratifié dans le gneiss, on peut assimiler son gisement à un laccolithe. A proximité de ce laccolithe microgranitique, on rencontre une série de filons constitués par la stibinè dans un groupe de quartz.

*Montaigut-en-Combraille* (chef-l. de canton, arrdt de Riom). Argiles sableuses recouvrant des gneiss et des micaschistes décomposés, à la Loge.

Terrains : gneiss, granite intrusif, Anatexites, etc.

*Olliergues* (chef-l. de canton, arrdt d'Ambert). Argile rougeâtre.

Terrains : Granite du Livradois.

*Pontaurmur* (chef-l. de canton, arrdt de Riom). Il y a là de très importantes tuileries et carrières d'argile.

Terrains : Granite intrusif s'étant élevé comme à « l'emporte-pièce » au sein de la série cristallophyllienne, anatexites, gneiss, etc.

*Pontgibaud* (chef-l. de canton). Dans les environs, sur les terrains gneissique, à micaschistes, à gneiss à cordièrite, anatexites, etc., argile blanchâtre de nature kaolinique (en particulier à Taravant, à Angle, près de Rochefort-Montagne).

*Saint-Dier* (chef-l. de canton, arrdt de Clermont). Argile rougeâtre.

Terrains : Granite intrusif du Livradois.

*Saint-Genes-Champanelle* (canton sud-ouest de Clermont). Argile kaolinique.

Terrains : Granite carbonifère.

*Saint-Genes-Champespe* (canton de Latour). Argile kaolinique dans le gneiss entre Nadeil et Lusclade.

*Sauxillanges* (chef-l. de canton, arrdt d'Issoire). Quelques formations argileuses blanchâtres reposant sur les micaschistes et gneiss du terrain cristallophyllien de base.

*Sermantison* (canton de Courpière). Argile rougeâtre.

Terrains : Granite intrusif du Livradois et des schistes métamorphiques (série du Culm).

*Teilhede* (canton de Combronde). Argile rougeâtre, ainsi qu'à Prompsat.

Terrains : Granite du Livradois.

*Volvic* (commune de Riom). Sous le château de Tournoël, le kaolin serait en filon et formerait une roche compacte.

Terrains : Granite carbonifère.

III) ETUDES MÉCANIQUES, MINÉRALOGIQUES ET PHYSICO-CHIMIQUES  
des argiles recueillies, ainsi que quelques considérations  
géologiques sur les gisements étudiés.

L'altération, d'une part, de la série cristallophyllienne (micaschistes, gneiss, migmatites, etc.) du socle primaire et, d'autre part, des formations et massifs granitiques d'âges variés (du Dévonien moyen au Westphalien) qui ont envahi certains dépôts dévoniens et viséens, a donné naissance à un certain nombre de placages et atterrissements argileux kaoliniques, plus ou moins disséminés sur ces surfaces cristallines.

— Région d'Aubusson-Courpière.

L'argile kaolinique (fire-clay) de cette région se présente en général sous forme de masses argileuses blanches plus ou moins friables, contenant des grains de quartz et des micas, en particulier de la muscovite.

Le rapport <sup>1</sup> : poids du résidu sec/poids total de l'échantillon est égal à 0,25 environ ; en fait le pourcentage de la fraction « sable » peut varier de 8 à 35 % de sable.

Analyses chimiques.

Argile blanche : Près de la Sauvetat, commune d'Aubusson, canton de Courpière.

SiO <sub>2</sub>	53,3	Silice .....	53
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	30,8	Alumine .....	31,9
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,6	Sesquioxyde de fer...	traces
MnO <sub>2</sub>	0,02	Magnésie .....	traces
MgO	0,3	Eau .....	15,1
CaO	traces		
Na <sub>2</sub> O	0,2		100
K <sub>2</sub> O	0,6	Ce qui conduit à la formule	
TiO <sub>2</sub>	0,2	AlSi <sub>2</sub> + 3H	
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	traces		
H <sub>2</sub> O	14,1	(Ancienne analyse	
	(MOMOT).	F. GONNARD - 1876).	

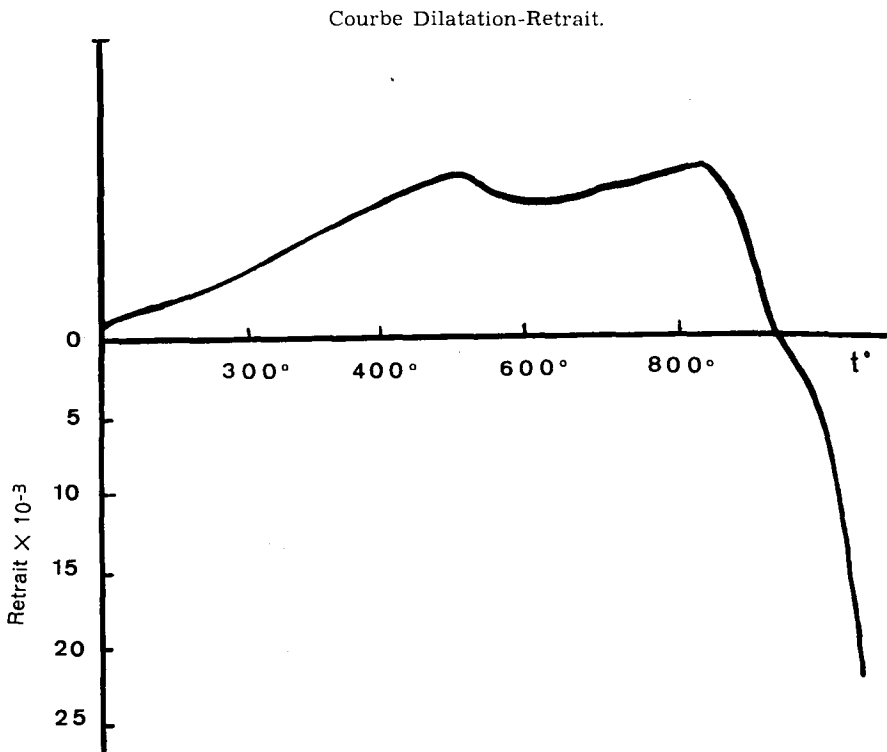
La somme des oxydes<sup>2</sup> : Fe<sup>+++</sup>, Ca<sup>++</sup>, Mg<sup>++</sup>, K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup> est égale à 1,6, ce qui est fort faible.

1. Les échantillons argilo-sableux ont été prélevés en éliminant les éléments figurés dont les dimensions dépassaient 20 mm et pour obtenir le rapport : poids du résidu sec/poids total de l'échantillon, nous avons pris 100 grammes de sédiments argileux comme poids total. Après tamisage au tamis 300, en milieu aqueux, nous avons obtenu sur ce tamis un résidu d'éléments figurés divers qui, après passage à l'étuve à 100°, a donné le poids du résidu sec.

2. J.W. MELLOR (1930) a montré que le point de fusion commençante des « fire-clays » reste supérieur à 1650° tant que la somme des teneurs en oxydes de fer, chaux, magnésie, potasse et soude, ne dépasse pas 5 %. Lorsque la somme des teneurs en oxyde de fer (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) et en éléments alcalins ou alcalino-terreux dépasse la limite indiquée par MELLOR (5 %), ou à la rigueur par COQUAND (8 %), le pouvoir réfractaire diminue rapidement et la roche argileuse passe, soit dans la catégorie des argiles ferrugineuses (anciennes terres bolaires de BERGMANN), soit dans celle des argiles figulines.

*Courbe dilatation-retrait.*

Le mica étouffe les premiers grands retraits de la kaolinite et la substance ne commence à prendre son grand retrait qu'à plus haute température, vers 820°-870°. En général, la courbe monte régulièrement jusque vers 550°, température à laquelle s'amorce ce premier grand retrait de la kaolinite, mais ce dernier est stoppé par la poussée de la muscovite qui caractérise la deuxième fraction de la courbe. Le second grand retrait de la kaolinite s'amorce vers 850°.



La dilatation régulière s'étend jusqu'à 700°, elle croît ensuite brusquement, mais se ralentit à partir de 850°.

*Analyse Roentgenographique.*

Les spectres des radiogrammes exécutés présentent les raies suivantes :

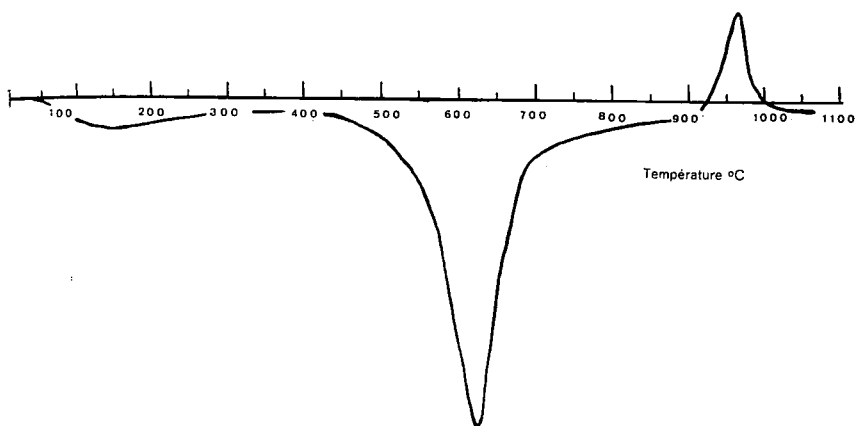
- une raie moyenne correspondant à un écart réticulaire de 7,20 A ;
- une raie floue (écart 2,97 A) ;
- une raie moyenne (écart 3,34 A) ;
- une raie de 4,26 A) ;
- une raie moyenne, d'identité identique aux premières (écart : 2,56 A), suivant des raies faibles et floues (écart : 2,11 A, 198 A, etc.) et bien d'autres.

Ces argiles sont essentiellement constituées par de la kaolinite à laquelle s'ajoute du quartz : les raies intenses à 3,35 Å et 4,26 Å sont, en effet, les équidistances fondamentales de ce minéral.

*Analyse thermique différentielle.*

L'étude de cette courbe est celle de la kaolinite. Le départ d'eau de constitution commence à 430° en donnant lieu à un crochet endothermique avec un maximum vers 550°-600°. La matière se transformerait en métakaolin, selon certains auteurs, en alumine et silice amorphe selon d'autres.

Courbe d'Analyse Thermique Différentielle.



Argile kaolinique de la région d'Aubusson-Courpière.

Un crochet exothermique vers 975° est attribué, suivant les auteurs, soit à la cristallisation de l'alumine amorphe en alumine (COLEGRAVE et RIGBY : 1952), soit à la formation de la mullite (BRADLEY 1948). Il est d'ailleurs probable que ces deux corps se forment simultanément et que la présence d'alumine  $\alpha$  soit même nécessaire à la formation de mullite.

Le premier crochet endothermique, peu marqué, débutant vers 120° et finissant vers 250°, peut correspondre au départ de l'eau hygroscopique de l'argile kaolinique.

— Région de Pontaurmur.

*Etudes granulométriques et morphoscopiques de la fraction « sables » des argiles de la région de Pontaurmur.*

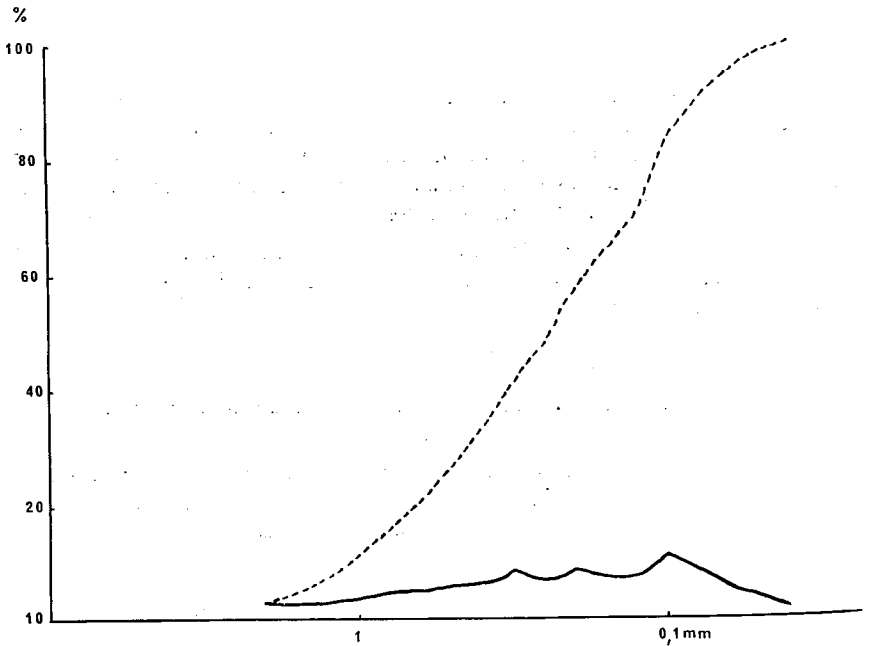
Ces argiles de teinte grisâtre, parfois plus ou moins rougeâtre, montrent un rapport : poids du résidu sec/poids total de l'échantillon qui peut varier de 0,25 à 0,45 ; elles contiennent donc de 25 à 45 % de sable.

*Granulométrie et morphoscopie de la « fraction sable ».*

a) *Etude granulométrique.*

—  $Q_1$  : 0,50 mm.

N° des tamis	Dimensions des mailles en mm	Résidu de tamisage en grs	Pourcentage cumulatif %
34	2	3	3
33	1,60	2	5
32	1,25	3	8
31	1,00	3,5	11,5
30	0,80	5	16,5
29	0,63	4,5	21
28	0,50	6	27
27	0,40	6	33
26	0,315	8,5	41,5
25	0,250	6	47,5
24	0,200	8,5	56,0
23	0,160	7	63
22	0,125	7,4	70
21	0,100	11	81
20	0,080	8	89
19	0,063	5	94
18	0,050	4	98
17	0,040	2	100
		100,4	



Fraction sableuse de l'argile de Pontaurum.

- $Q_2$  : 0,23 mm.
- $Q_3$  : 0,12 mm.
- $Q^{dphi}$  : 1,2.
- $S^o$  : 2,2.

$Q_1$ ,  $Q_2$ ,  $Q_3$ ,  $Q^{dphi}$ ,  $S^o$  sont des indices numériques utilisés dans les calculs granulométriques et qui se définissent de la manière suivante :

- $Q_1$  est le premier quartile ou valeur de l'abscisse dont l'ordonnée est 25 % ;
- $Q_2$  est le second quartile ou valeur de l'abscisse dont l'ordonnée est 50 % ;
- $Q_3$  est le troisième quartile ou valeur de l'abscisse dont l'ordonnée est 75 % ;
- $Q^{dphi}$  de Krumbein : plus  $Q^{dphi}$  est grand, plus le sédiment est mal trié, néterométrique ;
- $S^o$  est le coefficient de mauvais triage « sorting index de Trask »<sup>3</sup>.

b) *Etudes morphoscopiques des grains de quartz.*

- De 2 mm à 0,60 mm, on peut noter :
  - 15 % d'EL<sup>1</sup> ;
  - 85 % de NU.
- De 0,50 mm à 0,20 mm :
  - 6 % d'EL ;
  - 94 % de NU.
- De 0,16 mm à 0,04 mm :
  - 2 % d'EL ;
  - 98 % de NU.

La surface de ces grains de quartz présente parfois un éclat mat, certains grains sont recouverts d'un enduit brunâtre d'oxyde de fer.

*Analyse chimique.*

Argile grisâtre légèrement rougeâtre.

SiO <sub>2</sub>	58,5	Na <sub>2</sub> O	0,3
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	24,1	K <sub>2</sub> O	0,9
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,6	TiO <sub>2</sub>	0,4
MnO <sub>2</sub>	0,2	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,09
MgO	0,6	H <sub>2</sub> O	12,1
CaO	0,1		(MOMOT).

Somme des oxydes : Fe<sup>+++</sup>, Ca<sup>++</sup>, Mg<sup>++</sup>, K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup> : 4,5.

3. Pour plus de détails, voir l'ouvrage d'A. CAILLEUX et J. TRICART, *Initiation à l'étude des sables et des galets*, t. I (texte) ; t. II et III (résultats), C.D.U., 1959.

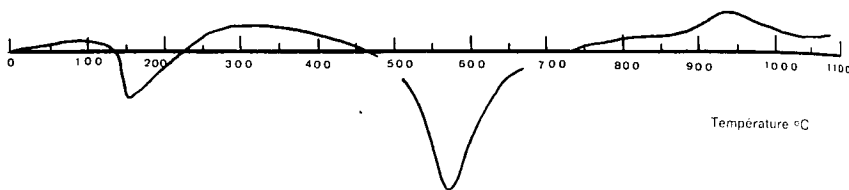
4. Rappelons sommairement que, d'après les travaux d'A. CAILLEUX et de ses Collaborateurs, on peut classer les différents grains de quartz de la fraction « sable » d'après leur degré d'usure en plusieurs catégories :

- *Non usés* (NU) : formes anguleuses, soit mats (NuM), soit luisants ou brillants (NUL).
- *Émoussés* : formes présentant une certaine usure des crêtes : émoussés luisants (EL) : éclat luisant ou brillant ; émoussés mats (EM) : éclat mat.
- *Ronds mats* : formes rondes, gros grains calibrés (RM) (usure éolienne en général).

*Analyse thermique différentielle.*

Le crochet endothermique, largement ouvert, débutant à 500°, atteignant son développement maximum vers 600° pour disparaître à 700° et la dernière inflexion de nature exothermique amorcée à 900° et maxima à 950°, montrent que cette courbe est celle d'une argile kaolique.

Courbe d'Analyse Thermique Différentielle.



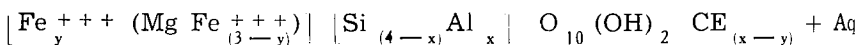
Argile de la Région de Pontaurum.

Le crochet endothermique débutant à 100° peut être un indice possible du complexe kaolino-illitique<sup>5</sup>. (Une réaction endothermique au-dessous de 200° indique la présence d'un minéral contenant de l'eau zéolithique : haylloysite, montmorillonite, illite, etc.). Présence, également possible, d'éléments de la famille des vermiculites. Les vermiculites sont les minéraux d'altération hydrothermale des micas. Elles possèdent la structure de la biotite, mais les déficits de valence dûs aux substitutions sont compensés par des ions Mg<sup>++</sup> et Ca<sup>++</sup> fortement hydratés et échangeables, qui se localisent entre les feuillets successifs et assurent leur liaison. Les vermiculites dioctaédriques correspondent à la formule générale :



où CE est généralement du magnésium qui montre que la compensation des charges électriques nécessitée par la substitution de Al<sup>+++</sup> à Si<sup>++</sup> dans la couche tétraédrique se fait d'abord par insertion d'alumine octaédrique des vides du réseau de l'hydrargilite.

Les vermiculites trioctaédriques sont souvent ferri-ferreuses et correspondent à la formule :



Il existe également des vermiculites alumino-magnésiennes, etc.

Rappelons que l'altération des illites trioctaédriques conduit à la vermiculite.

*Analyse Roentgenographique.*

On a noté les raies suivantes :

5. Le Quatrième Congrès de la Science du sol d'Amsterdam en juillet 1951 a admis que le terme d'illite était un terme général non spécifique qui désignait des argiles micacées ne présentant pas de phénomènes de gonflement et dont le premier ordre de réflexion est de 10 Å. Ainsi, illites, bravaisites, argiles micacées, muscovite (Ch. KIEFER), bentonite ordovicienne, etc. sont des vocables qui ne s'appliquent pas à des espèces nettement définies. Ces minéraux dérivent de l'altération des micas.

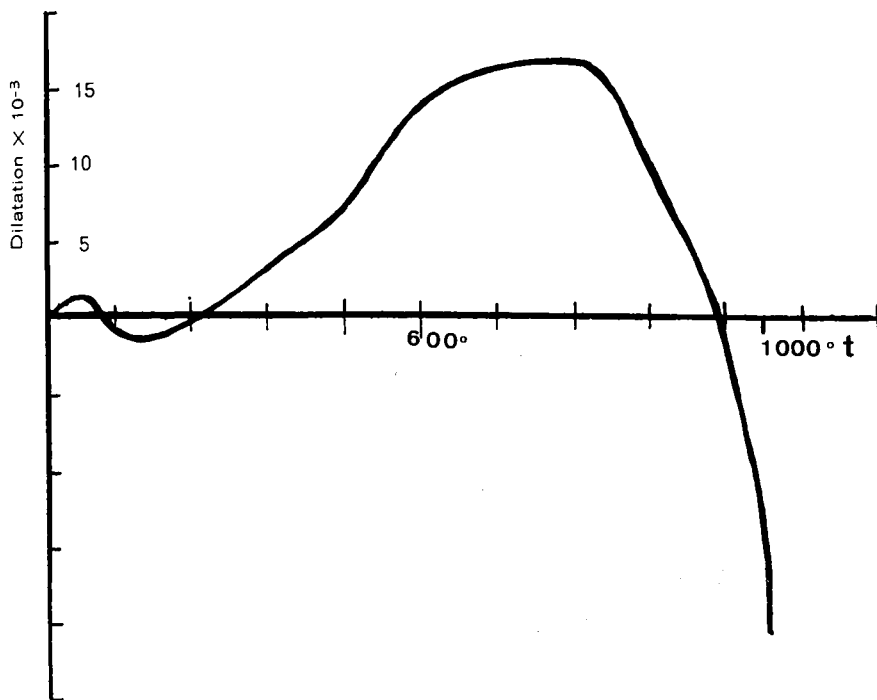
— des raies aux environs de 7,1-7,2 Å et 3,55-3,65 Å : kaolinite, ces raies peuvent être données également par des vermiculites (la vermiculite a une raie de 14 Å) ;

— des raies 10 Å, 4,9-5 Å, 3,33-3,35 Å : présence de matériaux illitiques.

#### *Courbe Dilatation-Retraît.*

La courbe monte régulièrement jusque vers 350°, température à laquelle s'amorce le premier grand retrait de la kaolinite, mais la présence de quartz et d'éléments micacés illitiques étouffe les premières manifestations du retrait de la kaolinite (vers 500°). Nous obtenons alors une courbe de forme arrondie.

Courbe Dilatation-Retraît.



Argile de Pontaugur.

#### BIBLIOGRAPHIE.

- J.B. BOUILLET. — Topographie minéralogique du département du Puy-de-Dôme. Typographie de HUBLER, BAYLE et DUBOS, Editeurs, 1854, Clermont-Ferrand.
- F. GONNARD. — Minéralogie du département du Puy-de-Dôme. — F. SAVY, Editeurs, Paris, 1876.
- Notes minéralogiques sur les environs de Pontgibaud. Extrait des mémoires de l'Académie des Sciences, Belles-Lettres et Arts de Lyon. Volume 26 de la classe des Sciences, 1882.
- M. ROQUES, P. LAPADU, HARGUES. — Itinéraires géologiques en Auvergne. « Ressources minérales ». Le touriste en Auvergne : n° 26.
- KAOLIN DES COLETTES. — Bull. de l'Industrie minérale de St-Etienne. Tome XI, p. 441, 1898.
- Dr Karl BISCHOF. — Les argiles réfractaires. Dunod, Paris, 1906.

- C.A. JOUENNE. — Céramique Générale. Notions de physico-chimie. GAUTHIER-VILLARS. Paris (1960). (Tomes I et II).
- Ch. KIEFER. — Contribution à l'étude de la stabilité et de la classification des minéraux phylliteux (thèse : Ingénieur-Docteur, Paris 1950).
- J.W. MELLOR. — A comprehensive treatise on inorganic and theoretical chemistry, Vol. VI (Silicium et Silicates). Londres (1930).

**DESCRIPTION DU REFLEXE DE CAPTURE  
CHEZ LA LARVE D'AGRION SPLENDENS HARRIS 1782  
(INSECTE, ODONATE, ZYGOPTERE)**

par Louis CAILLÈRE.

INTRODUCTION.

Toutes les larves d'Odonates s'alimentent en capturant des proies au moyen de leur masque qui est une différenciation du labium en un appareil préhensile. La capture est précédée d'une ou de plusieurs phases qui sont essentiellement la conséquence de l'action combinée ou spécifique d'excitations visuelles et tactiles. Chez la larve d'*Agrion splendens* Harris 1782 (famille des *Agrionidae* Tillyard, 1926), il semble que ce soient des excitations tactiles seulement qui permettent le déclenchement du réflexe de capture (CAILLÈRE, 1966). Ces excitations sont perçues par des organes des sens situés sur les pattes et les antennes : la détection des proies est ainsi assurée. Nous nous proposons de décrire les réactions des larves d'*Agrion splendens* à l'excitation de leurs antennes et de leurs tarse. Ainsi examinerons-nous comment s'enchaînent les phases du réflexe de capture que nous avons pu mettre en évidence, et quelles sont les variations possibles de cet enchaînement.

MATÉRIEL ET MÉTHODES.

Nos observations ont été effectuées sur des larves appartenant aux cinq ou six derniers stades larvaires avant la métamorphose. Les larves d'*Agrion splendens* possèdent des antennes très longues (figure 1 A) qui sont constituées chacune de trois régions bien distinctes, le *scape*, le *pédicelle*, et le *fouet*. Le masque, replié sous la tête, comprend trois parties, le *sub-mentum*, le *mentum*, et les lobes latéraux du mentum. Le mentum (figure 1 B), recouvrant les mandibules et les maxilles, est légèrement concave vers le haut, percé d'une ouverture losangique à son extrémité distale. De chaque côté de cette ouverture, est insérée une soie mentonnière. A l'extrémité du mentum et en position latérale, se trouvent les *lobes latéraux* qui peuvent se mouvoir d'arrière en avant par le jeu de muscles situés dans le mentum. Ils sont concaves vers l'arrière, et se terminent par quatre dents acérées dont l'une, la plus longue, est mobile. Ainsi les proies, dès leur capture, sont transpercées et maintenues fermement par ces crochets.

Figure 1. — A, tête et une partie du thorax de la larve d'*Agrion splendens* vues de profil (les pattes ont été sectionnées). I, prothorax. II, mésothorax. f, fouet. l.l., lobe latéral. m, mentum. o, œil. p, pédicelle. p.o., protubérance occipitale. s, scape. s.m., sub-mentum.

B, face ventrale du mentum de la larve d'*Agrion splendens*. c, crochets, l.l., lobe latéral. mu., muscles. o.l., ouverture losangique. s.m., sub-mentum. so.m., soie mentonnière.