

769009

Mars 1959

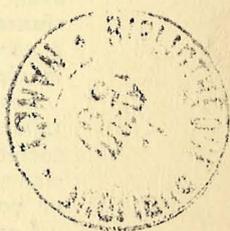
Nouvelle Série - Tome XVIII

Numéro 1

215

cust. 29

**BULLETIN**  
DE LA  
**SOCIÉTÉ DES SCIENCES**  
DE  
**NANCY**  
(FONDÉE EN 1828)



TRIMESTRIEL

Abonnement annuel : 750 fr.



NANCY  
IMPRIMERIE GEORGES THOMAS  
Angle des rues de Solignac et Henri-Lepage  
1959

## AVIS AUX MEMBRES

**COTISATIONS.** — Les cotisations (750 fr.) peuvent être réglées à M. CÉZARD, Jardin Botanique, Nancy. C.C.P. Nancy 45-24.

**SÉANCES.** — Les réunions ont lieu le deuxième jeudi de chaque mois, sauf vacances ou fêtes tombant ce jour, à 17 heures, à l'Institut de Zoologie, rue Sainte-Catherine, Nancy.

**BIBLIOTHÈQUE.** — Une très riche bibliothèque scientifique est mise à la disposition des Membres. Par suite d'un accord entre la Société et la Municipalité, les ouvrages sont en dépôt à la Bibliothèque Municipale, rue Stanislas, Nancy. Les Membres ont droit d'office au prêt des ouvrages, aussi bien ceux appartenant au fonds de la Société qu'au fonds de la Ville.

Sauf en périodes de vacances, la Bibliothèque est ouverte tous les jours. Se renseigner près du Conservateur de la Bibliothèque Municipale.

**BULLETIN.** — Afin d'assurer une parution régulière du Bulletin, les Membres ayant fait une communication sont invités à remettre leur manuscrit en fin de séance au Secrétaire du Bulletin. A défaut, ces manuscrits devront être envoyés à son adresse (141, avenue Carnot, Saint-Max) dans les quinze jours suivant la séance. Passé ce délai, la publication sera ajournée à une date indéterminée.

Les corrections d'auteurs sur les épreuves du Bulletin seront obligatoirement faites dans les huit jours suivant la réception des épreuves, faute de quoi ces corrections seront faites d'office par le Secrétaire, sans qu'il soit admis de réclamations. Les demandes de tirés à part non formulées en tête des manuscrits ne pourront être satisfaites ultérieurement.

Les clichés sont à la charge des auteurs.

Il n'y a pas de limitation de longueur ni du nombre des communications. Toutefois, les publications des travaux originaux restent subordonnées aux possibilités financières de la Société. En cas d'abondance de communications, le Conseil déciderait des modalités d'impression.

Il est précisé une nouvelle fois, en outre, que les observations, théories, opinions, émises par les Auteurs dans les publications de la Société des Sciences de Nancy, n'impliquent pas l'approbation de notre groupement. La responsabilité des écrits incombe à leurs Auteurs seuls.

## AVIS AUX SOCIÉTÉS CORRESPONDANTES

Les Sociétés et Institutions faisant avec la Société des Sciences de Nancy l'échange de leurs publications sont priées de faire connaître dès que possible, éventuellement, si elles ne reçoivent plus ses bulletins. La publication ultérieure de la liste révisée des Sociétés faisant l'échange permettra aux Membres de connaître les revues reçues à la Bibliothèque et aux Correspondants de vérifier s'ils sont bien portés sur les listes d'échanges.

L'envoi des échanges doit être fait à l'adresse : Bibliothèque de la Société des Sciences de Nancy, Bibliothèque Municipale, rue Stanislas, Nancy.

---

**BULLETIN**  
DE LA  
**SOCIÉTÉ DES SCIENCES**

DE  
**NANCY**

(Fondée en 1828)

SIÈGE SOCIAL :

Institut de Zoologie, 30, Rue Sainte-Catherine - NANCY

---

**SOMMAIRE**

---

André MASSON: Contribution à l'étude de l'amélioration des sels de fromagerie. Cas du salage à sec des fromages à pâte molle et à croûte moïsie .....	2
Pierre L. MAUBEUGE: Contribution à la paléogéographie des grès à Voltzia dans l'Est du Bassin de Paris .....	70
André VILLET et François GRAF: Dégénérescence de la glande androgène des Crustacés décapodes parasités par les Rhizocéphales .....	123
R. MOREAUX: Deuxième note relative à la génétique de l'abeille .....	128
Pierre L. MAUBEUGE: Notes géologiques sur l'âge des sables aaléniens de Mamers (Sarthe) .....	132
Table alphabétique des Auteurs, tome XVII, 1958 .....	136

---

**CONTRIBUTION A L'ÉTUDE  
DE L'AMÉLIORATION DES SELS DE FROMAGERIE\***

**Cas du salage à sec  
des fromages à pâte molle et à croûte moisie**

PAR

André MASSON

---

INTRODUCTION

Le sel joue, en fromagerie, un rôle des plus importants. Non seulement il contribue à donner aux divers fromages un goût agréable, mais il intervient directement dans la maturation du caillé en favorisant certaines espèces microbiennes utiles aux dépens d'espèces moins favorables. Par son pouvoir hygroscopique, il contribue à déshydrater le fromage et favorise, par dessiccation de la région superficielle du caillé, la formation de la croûte.

De ces diverses actions, toutes également importantes, la plus délicate est son intervention sur la flore qui recouvre les fromages à moisissure en surface, type Camembert par exemple. Au sortir des moules, on laisse ressuyer les fromages pendant quelques heures sur des tables d'égouttage puis ils sont salés avec du sel fin sec. Or, le degré de ressuyage du fromage va exercer une influence dominante sur la quantité de sel qui sera retenue car il ne faut pas oublier que celle-ci aura sa répercussion sur la flore de la surface, point de départ de la maturation.

Dans les fromages du groupe Camembert, la maturation peut se diviser en trois phases. Au cours de la première qui

\*Thèse de Doctorat d'Université soutenue le 25 janvier 1957 devant la Faculté des Sciences de Nancy.

Mémoire présenté à la séance du 13 mars 1958 de la Société des Sciences de Nancy.

débutent souvent dans le lait avant la mise en présure et se poursuivent dans le gâteau de caillé, le lactose se transforme progressivement en acide lactique sous l'influence des ferments lactiques. Mais ceux-ci ne peuvent résister à des doses trop élevées d'acide et leur activité se ralentirait bientôt si des moisissures n'intervenaient à ce moment pour consommer cet acide lactique. C'est le rôle de l'*Oidium lactis* puis du *Penicillium* qui vont rapidement recouvrir le caillé; c'est la deuxième phase.

Tout le lactose étant ainsi transformé et le *Penicillium* continuant de brûler l'acide lactique, ce dernier disparaît progressivement et la pâte tend vers une réaction neutre. C'est à ce moment que les ferments du rouge apparaissent et que le fromage, devenant onctueux, doit être consommé. Cette période de neutralisation progressive constitue la troisième phase. Or, pour arriver à ce résultat, une association déterminée de l'*Oidium*, du *Penicillium candidum* ou *album* et des ferments du rouge doit être maintenue. Si l'*Oidium* reste seul avec des *Mycodermes*, le fromage coule prématurément « sans fleurir »; on dit qu'il « graisse ». Si le *Penicillium* prend trop de développement et si l'*Oidium* disparaît complètement et trop tôt, le fromage se dessèche et prend un goût amer. Il devient vite alcalin et est moins apprécié.

Or, on sait depuis les travaux de SANSONETTI, que l'*Oidium* ne résiste qu'à 6 % de sel, le *Penicillium* à 20 %. On juge ainsi de l'influence du salage sur les diverses phases de la maturation et, par suite, sur la qualité du produit affiné.

La pratique fromagère conditionne le salage à certains facteurs dont les principaux sont:

- l'humidité du fromage dans sa masse et en surface au moment de l'application du sel;
- la quantité de sel et sa répartition sur le fromage;
- la grosseur du grain de sel;
- la régularité de dimension du grain de sel;
- l'état de déshydratation du grain de sel.

Les producteurs de sel se sont efforcés de mettre à la disposition des fromagers des sels répondant à ces trois dernières conditions et ils ont été amenés, pour obtenir un sel

déshydraté, à ajouter au sel ordinaire des substances qui le rendent non hygroscopique comme le carbonate de magnésie. Malheureusement, l'idée s'est répandue près de quelques fromagers que ce sel carbonaté était à l'origine d'un certain nombre d'accidents de fabrication. C'est ainsi qu'on l'a tenu responsable de l'apparition de moisissures indésirables comme le *Penicillium glaucum* ou encore de défauts de texture comme la solubilisation précoce en surface du caillé.

En effet, comme l'a montré MENDEZ, le pH d'un sel (1) traité au carbonate de magnésie est voisin de 10. Un tel pH est peu compatible avec les exigences physiologiques des souches de *Penicillium candidum* utilisées en fromagerie. Celles-ci sont sélectionnées de façon à se développer d'une façon rapide et intense sur le fromage. L'optimum de croissance de ces souches se situe entre pH 4 et 6,5. Cette zone de pH couvre largement celle qu'un Camembert normalement fabriqué présente au moment de son ensemencement en *Penicillium*. En effet, on constate que le pH d'un Camembert ayant subi une acidification assurant une fabrication correcte est compris entre pH 4,5 et 5,5. Un pH neutre ou alcalin provoque un retard dans le développement du *Penicillium candidum*, permettant ainsi au *Penicillium glaucum*, plus tolérant, de s'implanter et de se substituer progressivement à lui.

Le problème à résoudre est donc le suivant : obtenir un sel à la fois non hygroscopique, offrant une granulométrie correspondant aux techniques de salage ainsi qu'un pouvoir salant aussi constant que possible, et ceci en tenant compte des conditions exigées quant au pH par le *Penicillium candidum*.

Le but de cette étude a été précisément de rechercher parmi les sels commerciaux mis à la disposition de l'Industrie fromagère, ceux qui répondent le mieux à ces conditions.

Nous avons retenu en particulier deux sels : le premier est le sel de flamme dont le procédé industriel de fabrication très moderne a été réalisé récemment en Lorraine et qui a attiré notre attention du fait de ses propriétés physiques,

(1) en solution à 3 %.

chimiques et bactériologiques exceptionnelles; le second est un sel courant traité au carbonate de magnésie dont nous avons au préalable corrigé le pH afin d'obtenir les conditions les plus favorables au développement du *Penicillium candidum*.

## CHAPITRE I

### HISTORIQUE

Peu d'auteurs se sont occupés de l'influence du chlorure de sodium sur les microorganismes des fromages. Otto FERTICK (1908) étudia son action sur les microorganismes du beurre, ceux-là même que nous retrouvons dans les fromages. Otto FERTICK délayait 125 g de beurre dans une certaine quantité de bouillon gélatiné, salé à des doses variables; il coulait en boîte de Pétri et faisait des numérations de colonies. Ces résultats nous sont donnés dans le tableau suivant:

Colonies	Nombre de colonies							
	Pas de sel	Sel : 0,5 %	Sel : 1 %	Sel : 2 %	Sel : 3 %	Sel : 4 %	Sel : 5 %	Sel : 6 %
<i>Oidium lactis</i>	innombrable	630	295	15	3	0	0	0
<i>Mucor mucedo</i>	innombrable	1400	700	120	17	0	0	0
<i>Pen. glaucum</i>	130	40	32	18	7	0	0	0

LANGLAIS (1911) ensemena diverses moisissures sur milieu de Raulin neutre lactosé, caséiné et additionné de NaCl aux doses de 0,5 %, 1, 2, 3, 4, 6, 8, 10, 13, 16, 20, 25 et 30 grammes. Il obtint les résultats suivants sur *Penicillium roqueforti* ensemené en stries sur tube incliné: croissance optima au bout de 5 jours sur milieux salés à 0,5 et 1 %, légère croissance à 6 %.

Avec *Penicillium candidum*, les tubes témoins (non salés) et salés à 0,5, 1 et 2 % sont envahis en 9 ou 10 jours, les tubes à 3, 4 et 6 % sont recouverts d'un épais mycélium blanc en 12 à 14 jours. Sur 8 et 10 %, le développement

est moins rapide et la hauteur des hyphes moins considérable.

Chez l'*Oïdium lactis*, l'envahissement du tube témoin est total le dixième jour, tandis qu'il est des  $\frac{3}{4}$  sur le tube sur le tube salé à 0,5 %, des  $\frac{2}{3}$  sur 1 %, de la moitié sur 2 % et de  $\frac{1}{4}$  sur 3 %. Il n'y a qu'une large colonie étoilée sur 4 % et une petite trace de colonie sur 6 %. A 7 %, pas de croissance.

Enfin, chez le *Mucor racemosus*, toujours sur milieu de Raulin lactosé, l'envahissement des quatre premiers tubes (0 %, 0,5 %, 1 % et 2 %) est complet le cinquième jour, tandis que le mycélium occupe le  $\frac{1}{3}$  de la surface du tube salé à 3 % et la moitié du tube salé à 4 %. Il y a une large colonie dans le tube salé à 6 %; le sixième jour le tube 3 % est complètement envahi, le tube 4 % l'est le huitième et l'envahissement n'est complet dans le tube 6 % qu'au bout de 14 jours, rien au delà.

Un ensemencement sur milieu de Raulin salé à 7 % donne une colonie de peu d'étendue; même au bout de vingt jours les hyphes atteignent seulement le tiers de la hauteur normale.

Ce n'est qu'en 1930 qu'une étude plus complète a paru sur les flores bactérienne et fongique des caillés de lait, grâce au remarquable travail de SANSONETTI.

Cet auteur étudia particulièrement la composition de la flore des fromages normaux et celle des fromages anormaux, ceci par l'étude des variations de pH et leur rapport avec la concentration en NaCl, entraînant par là même sur les fromages des réactions de sens opposés. C'est ainsi qu'il remarqua que d'une façon constante le *Penicillium* ne se développait pas en absence de sel, *Oïdium* et bactéries recouvrant la croûte des fromages.

Quant au pH des fromages, celui des fromages bien salés passait de 4,3 à 6,5 du 1<sup>er</sup> au 12<sup>e</sup> jour de fabrication, tandis que celui des fromages insuffisamment salés passait de 6,4 à 8,5, d'où, dans le premier cas, une réaction acide (pH = 6,5) en fin de salage, et une réaction alcaline (pH 8,5) dans le second cas. Le travail de SANSONETTI est surtout in-

téressant pour son étude du rôle du sel vis-à-vis de la flore fongique.

C'est ainsi que SANSONETTI étudia l'action du sel sur le *Penicillium* et sur l'*Oïdium* en culture sur lait, sur caillé et sur gélose de Sabouraud.

Sur le *Penicillium* en culture sur lait, le sel retarde le développement du *Penicillium*. Dès le 6<sup>e</sup> jour, les cultures s'arrêtent au delà de 6 % de sel. Au bout d'un mois, quelques colonies apparaissent avec 20 % de sel. En culture sur caillé, le 5<sup>e</sup> jour tout le caillé avec 0,5 % de NaCl est couvert de *Penicillium*, avec 4 %, quelques colonies seulement apparaissent. Le 11<sup>e</sup> jour, quelques colonies isolées se forment sur le caillé salé à 8 %. Aucun développement ne se manifeste sur le caillé salé à 10 %.

En culture sur gélose de Sabouraud, le 2<sup>e</sup> jour les cultures couvrent la moitié de la gélose non salée; le développement est réduit avec 2 et 3 % de sel; à peine quelques traînées grisâtres se montrent avec 6 % de sel. Le 3<sup>e</sup> jour, des colonies se forment avec 8 %, 10 %, 12 % NaCl. Avec de plus fortes concentrations, le *Penicillium* se développe péniblement. Après plus d'un mois seulement de culture, le *Penicillium* apparaît sur la gélose salée à 20 %. L'auteur en conclut que le sel retarde le développement du *Penicillium* mais ne l'arrête qu'à de très fortes concentrations (entre 20 et 30 %).

Sur l'*Oïdium* en culture sur caillé (la culture sur lait n'est pas retenue par suite de la difficulté de suivre le développement du mycélium sur ce milieu liquide). Après 48 heures de culture, l'*Oïdium* a envahi presque tout le caillé non salé; les colonies se montrent le 3<sup>e</sup> jour avec 2 % et 4 % de sel. Une seule colonie apparaît le 4<sup>e</sup> jour avec 6 % de sel.

En culture sur gélose de Sabouraud, après 24 heures de culture, la gélose sans sel est entièrement recouverte d'*Oïdium*; le développement est moindre avec 2 % et 3 % de sel, il se réduit à quelques traînées avec 4 % de sel; le 2<sup>e</sup> jour, l'*Oïdium* se développe en milieu salé à 6 %. SANSONETTI termine cette étude en concluant qu'il existe un écart considérable entre l'*Oïdium* et le *Penicillium* au point de vue de leur résistance respective au sel; alors que le *Peni-*

cillium peut encore proliférer avec 20 % de sel, 8 % suffisent pour arrêter la croissance de l'Oïdium.

Nous verrons plus loin, avec l'étude de MENDEZ et la nôtre, que ces limites sont encore plus étroites lorsque l'on cultive ces moisissures sur un milieu à base de lait digéré à la papaine.

Dans une note communiquée à la Société Chimique de France en 1951, JACQUET et NIEDERPRIM ont étudié la composition chimique de sels de différentes origines livrés à l'industrie fromagère. Ils ont constaté des variations de composition considérables.

D'autre part, l'addition d'hydrocarbonate de magnésium destiné à enrober les cristaux de chlorure de sodium pour empêcher leur hygroscopicité, ne peut être homogène. L'existence de substances autres que le NaCl exerce une grande influence sur la texture du caillé de caséine et sur la pousse du *Penicillium candidum* que l'onensemence à sa surface.

Des essais effectués dans cinq usines ont montré que le sel chimiquement pur donnait un caillot très sec, l'addition de carbonate de magnésium produisant au contraire une pâte très coulante. D'autres substances présentent des actions intermédiaires. Il est donc possible, suivant les conditions du moment, de modifier la consistance de la pâte en faisant varier la composition du lait.

L'étude de différentes souches de *Penicillium candidum* a montré qu'il y avait à l'intérieur de l'espèce, de nombreuses variétés aux exigences physiologiques diverses. Les mutations sont en outre très fréquentes. Certaines souches ne pouvant pousser qu'à un pH acide (4 à 6,5).

Le salage des caillés avec un sel rendu alcalinisant par adjonction d'hydrocarbonate de magnésium ou par persistance du carbonate de sodium employé dans sa préparation met ces souches en état d'infériorité, retarde ou empêche leur développement et favorise certains accidents redoutés par les professionnels tels que la pullulation en surface du *Penicillium glaucum*, beaucoup plus tolérant.

Nous en arrivons maintenant à l'étude de MENDEZ (1955) qui est en quelque sorte le premier travail important traitant de la question des sels commerciaux et de leur valeur tech-

nique en industrie fromagère. Cet auteur s'est attaché à délimiter avec précision les zones limites de croissance du *Penicillium candidum* vis-à-vis de la réaction du pH du milieu et de sa concentration en NaCl. Ensuite, il étudia les pH des différents sels en solution ainsi que leur influence sur la croissance du *Penicillium*.

Enfin, dans une dernière partie, MENDEZ traita les différents sels de manière à obtenir un pH compatible avec la croissance du *Penicillium* et étudia l'influence de ces sels traités sur le développement de cette moisissure.

C'est ainsi que MENDEZ détermina une bande d'accroissement normal pour le *Penicillium* s'étendant de pH 3 à pH 8 avec un optimum pour les pH 4 et 5. Quant à la concentration en NaCl, il observe un accroissement normal pour des doses de 1 à 5 % avec un optimum de 3 % ; en outre, il note un retard important (10 jours) pour les doses de 7, 9 et 10 %.

Nous reprendrons plus loin ces données lorsque nous étudierons le rôle du pH et l'action du NaCl vis-à-vis d'une autre moisissure : le *Penicillium glaucum*.

Dans une deuxième partie, MENDEZ étudia le pH des sels commerciaux en solution ainsi que leur influence sur la croissance du *Penicillium candidum*.

De cette étude, il ressort que les pH des sels s'échelonnent de pH 5,5 à pH 10 : 5,5 pour le sel de mer, 9-10 pour les sels traités au carbonate de magnésie, ces derniers sels étant nettement défavorables au bon développement du *Penicillium*, lui causant un retard important (6 jours) dû précisément à ces pH trop alcalins.

MENDEZ termine son étude par la recherche d'une substance capable d'abaisser le pH. Parmi les différents sels minéraux, l'un d'eux fut retenu : le phosphate monocalcique.

Ce sel, employé à des doses variant de 0,03 % à 1,6 %, semblait donner de bons résultats, en particulier avec les sels carbonatés pour lesquels il augmentait la vitesse de croissance du *Penicillium candidum*. Malheureusement, comme nous le verrons dans la suite de notre étude, le phosphate monocalcique devra être abandonné par suite de son action par trop favorisante vis-à-vis du *Penicillium glaucum*.

## CHAPITRE II

### ÉTUDE DU RÔLE ET DU pH ET DE L'ACTION DE NaCl SUR *PENICILLIUM GLAUCUM*, *OIDIUM LACTIS* ET *MUCOR MUCEDO*

Cette partie de notre travail est consacrée à l'étude du rôle du pH et de l'action de NaCl sur les trois principales moisissures responsables des accidents bien connus en fromagerie tels que le « bleu » dû au *Penicillium glaucum*, la « grosse peau » due à l'*Oidium lactis* et le « poil de chat » dû à *Mucor mucedo*.

Le *Penicillium glaucum* est un champignon microscopique, du genre *Penicillium*, de l'ordre des Ascomycètes, famille des Périsporiacées, classé encore dans la famille des Eurotiacées, ordre des Plectascales (1).

Au point de vue de leur appareil végétatif, les Périsporiacées sont des champignons filamenteux, souvent saprophytes, d'autres fois parasites des végétaux et même des animaux. Un grand nombre figure parmi ceux qu'on appelle vulgairement des Moisissures.

La caractéristique de leur thalle est d'être ramifié et cloisonné. En ce qui concerne leurs appareils reproducteurs, on rencontre chez les Périsporiacées des appareils conidiens et des périthèces.

Parmi les espèces importantes du genre *Penicillium*, il convient de citer le *Penicillium camemberti* ou *Penicillium album*, caractérisé par un mycélium d'un beau blanc et des conidies légèrement bleuâtres.

Le *Penicillium caseicolum* ou *Penicillium candidum*, avec mycélium blanc et conidies blanches. Ces deux espèces constituent les moisissures caractéristiques des fromages de Brie et de Camembert (2).

Le *Penicillium roquefortii*: moisissure du Roquefort et du Gorgonzola. C'est un organisme ressemblant beaucoup au *Penicillium glaucum* mais qui est caractérisé par sa faculté

(1) *Penicillium glaucum* = *P. expansum* Link.

(2) *Penicillium candidum* = *P. caseicolum* Bainier = *P. camemberti* var. Rogeri.

*Penicillium album* = *P. camemberti* Thom.

de supporter des concentrations élevées de CO<sub>2</sub> et de vivre avec très peu d'air.

Le *Penicillium casei*, qui se développe sur la croûte du fromage Emmenthal.

Le *Penicillium funiculosum* et le *Penicillium bruneo-violaceum* responsables de l'altération superficielle des fromages à pâte molle par la formation de pigment brun-rose ou violacés.

Le *Penicillium notatum* qui appartient au groupe *glaucum*, produit une substance très bactéricide utilisée en médecine, la pénicilline.

Enfin, le *Penicillium glaucum*, responsable de l'accident de fabrication bien connu sous le nom de « bleu ».

Le *Penicillium glaucum* ne forme que très rarement des périthèces ; il se reproduit grâce à ses appareils conidiens. Ces appareils conidiens ou conidiophores se produisent à l'extrémité d'un filament mycélien et prennent la forme d'un pinceau constitué par le groupement de courtes ramifications nées l'une de l'autre, superposées et couronnées à leur sommet par un verticille de phialides conidifères qui prennent naissance successivement et côte à côte. Ce caractère permet d'ailleurs de différencier le genre *Penicillium* du genre *Aspergillus*.

L'*Oïdium lactis*, classé parmi les *Fungi imperfecti*, famille des *Moniliacées*, possède un thalle cloisonné dont les cloisons sont réparties d'une manière irrégulière, leur nombre diminuant à mesure que l'on se rapproche des extrémités. Cette moisissure se reproduit par des conidies ou oïdies en général cylindriques, de formes cependant variables : rectangulaires, ovales, cubiques, ou même sphériques. Ces oïdies ne sont rien d'autre que des fragments de filaments qui se sont abondamment cloisonnés et chacun des articles nouvellement formés s'est détaché pour donner une oïdie. Ces oïdies peuvent germer directement sans se séparer du mycélium, dans tous les sens en produisant des cellules globuleuses et on obtient dans ce cas des formes levures, très fréquentes chez l'*Oïdium lactis* (1).

(1) *Oidium lactis* Fresenius = *Oospora lactis* Saccardo = *Geotrichum candidum* Link.

Cette moisissure joue un rôle important dans la maturation de nombreux fromages à pâte molle. Elle est tantôt utile, tantôt nuisible et peut occasionner sur le Camembert ou le Brie le défaut connu sous le nom de « graisse » ou de « grosse peau ». Elle a un pouvoir lipolytique élevé, ce qui la rend dangereuse en beurrerie en provoquant le rancissement.

Le *Mucor* classé parmi les Phycomycètes, famille des Mucoracées, possède un mycélium non cloisonné, sans stolons, ni radicules, dont les conidies sont formées à l'intérieur d'un réceptacle spécial: le conidiophore. Les conidiophores simples ou branchés naissent n'importe où sur le mycélium. Il se distingue des autres moisissures par la formation d'un mycélium très épais mais très peu dense. Cultivé en boîte de Pétri, le *Mucor* ne tarde pas à la remplir au complet de ses hyphes.

Un genre voisin, *Rhizopus nigricans* se distingue du *Mucor* par la formation de stolons, des nodules desquels surgissent les conidiophores. Ces deux moisissures sont responsables de la maladie nommée « poil de chat ».

Les essais sur ces trois moisissures ont été réalisés à des pH compris entre 2 et 10 et pour des concentrations en NaCl allant de 1 à 10 %. Ces pH et ces concentrations ont été choisis de façon à rester dans les limites extrêmes des conditions industrielles. En effet, le pH du fromage à l'entrée au hâloir est généralement dans la zone acide (pH 4,5 à 5,5) en raison de l'action des ferments lactiques. Mais sous l'influence de différents facteurs (destruction des ferments lactiques ou arrêt de l'acidification par des antibiotiques ou des substances bactéricides et développement des germes alcalinisants, etc...), le pH peut devenir voisin de la neutralité; ou même alcalin.

Quant à la quantité de sel, elle est dans un salage normal d'environ 3,5 % en poids de fromage humide. Mais comme les fromages sont souvent irrégulièrement salés, soit manuellement, soit dans des saumures plus ou moins bien contrôlées, il est nécessaire d'étudier le développement de *Penicillium glaucum*, *Oidium lactis* et *Mucor mucedo* en présence de pourcentages de sel variant de 1 à 10 %.

## I. — *PENICILLIUM GLAUCUM*

### A. *Technique*

Isolement d'une souche de *Penicillium glaucum*.

Un premier prélèvement de *Penicillium glaucum* fut effectué sur Gruyère, puis inoculé sur un fromage type Camembert fabriqué à cet effet. Un second prélèvement fut effectué à partir de ce Camembert et mis en suspension en eau physiologique stérile. Nous effectuons ensuite des isollements successifs afin d'obtenir une souche pure. Pour ce faire, la suspension est diluée au 1/1.000.000 (— 6); nous prélevons 1 cc de cette solution que nous ensemençons en boîte de Pétri sur milieu au lait digéré à la papaïne gélosé et ajusté à pH 3,5. Nous incubons 4 jours à 30°. Après ce temps, les colonies obtenues sur boîte de Pétri sont à nouveau mises en suspension dans 9 cc d'eau physiologique. Nous diluons au 1/1.00, puis nous ensemençons à nouveau en boîtes de Pétri sur le même milieu. L'incubation a lieu pendant 4 jours à 30°.

Les nouvelles colonies sont mises en suspension en eau physiologique et contrôlées au microscope:

- par examen à l'état frais entre lame et lamelle;
- par examen après coloration au Bleu de méthylène.

Cette vérification ayant prouvé à la pureté de la culture, nous procédons à son ensemencement sur milieu de Czapeck en tube incliné. Il est en effet indispensable d'entretenir la moisissure sur un milieu de composition constante. Le *Penicillium* est repiqué tous les 5 jours et incubé à 20° C.

### B. *Milieux de culture*

#### I. *Eau physiologique*

NaCl . . . . .	9 g
Eau distillée . . . . .	q.s. pour 1.000 cc.

Dissoudre. Filtrer. Répartir à raison de 9 cc par tube. Stériliser à l'autoclave 30 minutes à 120° C.

## 2. Lait digéré à la papaine gélosé

Pour 1 litre de milieu :

Lait écrémé .....	333 cc
Eau distillée .....	666 cc
Papaine titre 100 .....	1 g
Gélose .....	15 g

Porter à l'autoclave 20 minutes à 120° C.

Filtrer sur Chardin. Ajuster à pH 7 à l'aide de soude normale et ajouter 5 cc de lait écrémé.

Répartir ensuite à raison de 100 cc par tube et stériliser 20 minutes à 120° C.

## Milieu de Czapack

Nitrate de sodium .....	3 g
Phosphate monopotassique .	1 g
Chlorure de potassium .....	0,5 g
Sulfate de magnésium .....	0,5 g
Sulfate ferreux .....	0,01 g
Saccharose .....	30 g
Gélose .....	20 g
Eau distillée .....	q.s. pour 1.000 cc

Dissoudre les sels séparément à ébullition modérée dans de l'eau distillée. Mélanger les solutions et chauffer pendant 15 minutes. Dissoudre la gélose dans 500 cc d'eau distillée à l'autoclave et ajouter la solution de sels.

Filtrer le saccharose et mettre en tubes à raison de 10 cc par tube.

Tyndalliser 30 minutes à 100° C pendant 3 jours successifs. Incliner les tubes. Le pH du milieu est d'environ 6,5. Il n'est pas nécessaire de l'ajuster pour l'entretien des souches. S'il est utilisé pour isoler les moisissures, l'amener à pH 4,5. Quand ce milieu est mis sur boîte de Pétri, il suffit de le géloser à 15 g par litre.

## C. — Mode opératoire

Pour étudier l'influence du pH sur la croissance de *Penicillium glaucum*, nous avons utilisé le milieu au lait digéré à la papaine.

*pH du milieu.* — MENDEZ, qui utilisa ce milieu pour l'étude de *Penicillium candidum*, constata qu'il n'est pas possible de régler le pH du milieu avant stérilisation du milieu. En effet, il se produit à chaud une chute de pH pouvant atteindre une valeur de deux unités de pH; en même temps, le milieu change de couleur. Il passe du jaune au brun foncé, coloration d'autant plus intense que le milieu est plus alcalin et que la température est plus élevée. Cette modification du milieu peut être attribuée à diverses modifications d'ordre chimique, intervenant sous l'action de la chaleur. Il y a d'abord interaction entre le lactose, les acides aminés et les polypeptides, puis dégagement d'anhydride carbonique. MAILLARD (1913) a constaté que tous les sucres à fonction réductrice libre (cétonique ou aldéhydrique) agissent sur les acides aminés et les polypeptides. La réaction est d'autant plus rapide que le milieu est plus alcalin.

Dans la zone acide, le phénomène se produit également mais n'est pas instantané. MAILLARD a montré qu'à des pH compris entre 5 et 6, au bout d'un certain temps, le milieu brunissait. Ce phénomène ne se produit pas à froid; à 40° C, il est déjà extrêmement ralenti. Nous ajustons donc le pH à froid.

#### D. — *Technique*

Le milieu a été ajusté aux pH 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10. Nous préparons une solution d'acide chlorhydrique N/5 et une solution de soude N/5. Nous ajoutons à 5 cc de milieu une quantité croissante d'acide chlorhydrique. Nous obtenons ainsi une courbe donnant la quantité d'acide chlorhydrique à ajouter à 5 cc de milieu pour l'amener aux différents pH de la zone acide inférieure à 6,1.

Nous procédons de même avec la soude pour déterminer la quantité à ajouter à 5 cc de milieu pour l'amener aux différents pH supérieurs à 6,1. Nous stérilisons séparément 20 minutes à 118° C le milieu et les solutions d'acide chlorhydrique et de soude. Une heure avant l'ensemencement, nous ajustons à froid les pH en ajoutant stérilement les quantités nécessaires de soude et d'acide chlorhydrique. Nous

préparons pour chaque pH un tube témoin qui est contrôlé avant l'emploi. Ce milieu est gélosé immédiatement avant l'ensemencement.

*Remarque.* — Quand le milieu est enrichi en chlorure de sodium, nous ajoutons celui-ci avant stérilisation du milieu, puis le pH est ajusté comme précédemment.

#### E. — *Méthode d'ensemencement*

L'inoculum est préparé à partir d'une souche pure de *Penicillium glaucum*, cultivé sur milieu de Czapeck gélosé.

Nous versons 10 cc d'eau physiologique stérile dans le tube et nous agitons énergiquement pour mettre en suspension les spores. Nous filtrons sur toile à beurre stérile. Le filtrat est recueilli dans 500 cc d'eau distillée stérile.

Nous contrôlons cette suspension en ensemençant 1 cc d'une dilution au 1/1.000.000 en boîte de Pétri sur milieu au lait digéré à la papaine ajusté à pH 3,5.

Cette suspension nous ayant donné 75.000.000 de spores au centimètre cube, nous la diluons dans 20 fois son volume, de manière à obtenir une suspension de 4 à 5.000.000 de spores, ceci afin de travailler dans les mêmes conditions que pour l'étude sur le *Penicillium candidum* faite par MENDEZ (il est à noter que le nombre de spores ne semble pas avoir d'influence sur les résultats, des essais ayant été faits avec 75.000.000, 4.000.000 et 400.000 spores au cc: nous avons obtenu des résultats identiques).

Nous prenons ensuite 1 cc d'inoculum que nous ensemencions en boîte de Pétri sur chaque milieu. Tous ces milieux, ainsi que les témoins sont en double exemplaire. Naturellement, il est nécessaire de prendre une pipette stérile pour chaque ensemencement et chaque boîte.

L'incubation a lieu à 20° C.

#### F. — *Résultats*

##### 1. *Influence du pH sur la croissance du Penicillium glaucum*

On procède à cinq séries d'essais. Chaque essai comprend l'ensemencement de 20 boîtes de Pétri, 2 boîtes pour chacun

des pH, 2, 4, 5, ...10, et 2 boîtes pour les témoins. Ces cultures sont examinées après 3, 6 et 10 jours.

Nous avons évalué les différences de croissance dans chaque boîte par simple observation à l'œil sur fond noir. Ce mode d'appréciation apparemment subjectif donne en réalité une image très nette du développement de la moisissure et a l'avantage de correspondre au moyen de contrôle utilisé en pratique sur les fromages. Notre barème comprend quatre notations: croissance optimum, croissance normale, rares colonies, absence totale de colonies.

— Croissance optimum: toute la surface du milieu est recouverte de feutrage mycélien.

— Croissance normale: la surface du milieu est envahie de colonies denses mais encore isolées les unes des autres.

→ Rares colonies: la surface du milieu ne porte que quelques colonies disséminées.

Ces résultats sont consignés dans le tableau I.

TABLEAU I  
Croissance du *Penicillium glaucum*  
en fonction du pH

pH	3 <sup>me</sup> jour	6 <sup>me</sup> jour	10 <sup>me</sup> jour
2	-	-	-
3	±	++	++
4	+	++	++
5	+	++	++
6	+	++	++
7	++	++	++
8	+	++	++
9	+	++	++
10	+	++	++

TABLEAU II  
Croissance du *Penicillium glaucum*  
en fonction de la concentration  
en NaCl

NaCl	3 <sup>me</sup> jour	6 <sup>me</sup> jour	10 <sup>me</sup> jour
1 %	++	++	++
2 %	+	++	++
3 %	+	+	++
4 %	±	+	+
5 %	±	±	+
7 %	±	±	+
9 %	±	±	±
10%	±	±	±

++ = Très nombreuses colonies de *Penicillium glaucum*. Développement intense et régulier.

+ = Nombreuses colonies de *Penicillium glaucum*.

± = Rares colonies de *Penicillium glaucum* se développant lentement.

- = Pas de colonies de *Penicillium glaucum*.

L'étude de ces résultats permet de constater les faits suivants :

<i>Penicillium glaucum</i>	<i>Penicillium candidum</i> (d'après MENDEZ)
— Pas de croissance à pH 2 après 3, 6 et 10 jours.	— Pas de croissance à pH 2 après 3, 6 et 10 jours.
— Après 3 jours : croissance normale de pH 3 à pH 10 avec optimum à pH 7.	— Après 3 jours : croissance normale de pH 3 à pH 7.
— Après 6 et 10 jours : croissance optimum pour les pH de 3 à 10.	— Après 6 et 10 jours : croissance normale de pH 3 à pH 8 avec optimum pour pH 4 et pH 5.

On s'aperçoit d'après ces résultats que le *Penicillium candidum* est beaucoup plus sensible à la réaction des pH que le *Penicillium glaucum*, ce dernier s'adaptant à presque toute la gamme des pH acides et alcalins.

## 2. Influence de la concentration en sel sur la croissance du *Penicillium glaucum*

On procède à cinq séries d'essais qui comprennent l'ensemencement de 18 boîtes de Pétri, 2 boîtes pour chacune des concentrations : 1 %, 2 %, 3 %, 4 %, 5 %, 7 %, 9 %, 10 % et 2 boîtes pour les témoins. Le milieu est salé avec du chlorure de sodium pur cristallisé (R.P.) ; son pH est de 6.

Les résultats sont consignés dans le tableau II.

<i>Penicillium glaucum</i>	<i>Penicillium candidum</i> (d'après MENDEZ)
— Croissance optimum à 1 % après 3 jours et 1 et 2 % après 6 jours ; 1 %, 2 % et 3 % après 10 jours.	— Croissance optimum à 3 % après 6 jours.
— Croissance normale jusqu'à 3 % après 3 jours, 4 % après 6 jours ; 7 % après 10 jours.	— Croissance normale de 1 à 5 % après 6 jours et de 1 % à 7 % après 10 jours.

L'étude de ces résultats nous indique une action favorisante du NaCl vis-à-vis du *Penicillium candidum* en milieu salé à 3 %. En effet, nous avons obtenu une croissance optimale du *Penicillium candidum* à 3 % et ceci dès le 6<sup>e</sup> jour. L'optimum n'est obtenu par le *Penicillium glaucum* qu'à partir du 10<sup>e</sup> jour. Après 10 jours, nous avons un retard important à 9 et 10 % de sel, tant pour *Penicillium candidum* que pour *Penicillium glaucum*.

### 3. Influence du pH et du sel à différentes concentrations sur la croissance du *Penicillium glaucum*

On procède à trois séries d'essais dont chacune comprend l'ensemencement de 162 boîtes de Pétri, c'est-à-dire deux boîtes pour chaque pH à différentes concentrations en sel et 2 boîtes pour les témoins.

Les résultats obtenus sont consignés dans les tableaux III, IV et V.

TABLEAU III  
Croissance de *Penicillium glaucum* en fonction du pH  
et de la concentration en NaCl après 3 jours

pH	NaCl							
	1 %	2 %	3 %	4 %	5 %	7 %	9 %	10 %
2	-	-	-	-	-	-	-	-
3	++	++	++	+	+	±	-	-
4	++	++	++	+	+	±	±	±
5	++	++	+	±	±	±	±	±
6	++	++	+	±	±	±	±	±
7	++	++	+	±	±	±	±	±
8	++	+	+	±	±	±	±	±
9	++	+	±	±	±	±	±	-
10	++	+	±	±	±	±	-	-

++ = Très nombreuses colonies de *P. glaucum*. Développement intense et régulier.

+ = Nombreuses colonies de *Penicillium glaucum*.

± = Rares colonies de *Penicillium glaucum* se développant lentement.

- = Pas de colonies de *Penicillium glaucum*.

TABLEAU IV

Croissance du *Penicillium glaucum* en fonction du pH  
et de la concentration en NaCl après 6 jours

pH	NaCl							
	1 %	2 %	3 %	4 %	5 %	7 %	9 %	10 %
2	-	-	-	-	-	-	-	-
3	±	±	±	±	-	-	-	-
4	+	±	±	±	±	-	-	-
5	+	±	±	±	±	-	-	-
6	+	±	±	±	±	-	-	-
7	±	±	±	±	±	-	-	-
8	±	±	±	±	±	-	-	-
9	±	±	±	-	-	-	-	-
10	±	±	-	-	-	-	-	-

TABLEAU V

Croissance de *Penicillium glaucum* en fonction du pH  
et de la concentration en NaCl après 10 jours

pH	NaCl							
	1 %	2 %	3 %	4 %	5 %	7 %	9 %	10 %
2	-	-	-	-	-	-	-	-
3	++	++	++	++	++	±	±	±
4	++	++	++	++	+	±	±	±
5	++	++	++	++	+	±	±	±
6	++	++	+	+	+	±	±	±
7	++	++	+	+	+	±	±	±
8	++	+	+	+	+	±	±	±
9	++	+	+	+	+	±	±	±
10	++	+	+	+	+	±	±	±

++ = Très nombreuses colonies de *Penicillium glaucum*. Développement intense et régulier.

+ = Nombreuses colonies de *Penicillium glaucum*.

± = Rares colonies de *Penicillium glaucum* se développant lentement.

- = Pas de colonies de *Penicillium glaucum*.

D'après ces tableaux, nous constatons que la croissance du *Penicillium glaucum* est nulle à pH 2, quelle que soit la concentration en sel. Au bout de 10 jours, nous avons un développement normal pour les concentrations de 1 % à 5 % de NaCl et pour toute la gamme des pH (de 3 à 10). MENDEZ constatait la même chose avec le *Penicillium candidum*, mais pour les pH de 3 à 8.

### *Conclusions*

De ces essais, il ressort que :

1. La croissance du *Penicillium glaucum* est plus rapide que celle du *Penicillium candidum*.
2. Le *Penicillium glaucum* est moins sensible à la réaction du pH que le *Penicillium candidum*.
3. Le *Penicillium glaucum* serait plus sensible à la concentration en NaCl au début de sa végétation. Tandis que nous avons un optimum pour le *Penicillium candidum* aux pH 4 et 5 et à la dose de 3 % de NaCl, dans les mêmes conditions le *Penicillium glaucum* n'a qu'un optimum à pH 4 et une croissance normale à pH 5.

Cependant, nous pouvons dire que le *Penicillium glaucum* reste dangereux aux différents pH rencontrés en fromagerie, c'est-à-dire de pH 4 à pH 8, et ceci pour des doses en NaCl variant de 1 à 5 %. Au delà de ces pH et de ces doses en NaCl, son développement se voit considérablement ralenti, mais malheureusement ces valeurs ne correspondent plus à une fabrication normale. Rappelons-nous que les pH des fromages dépassent rarement 8 et que la dose de salage dépasse rarement 3,5 %.

## II. — OIDIUM LACTIS ET MUCOR MUCEDO

Nous avons utilisé la même technique pour l'étude de ces moisissures. Cependant, en particulier pour *Oidium lactis*, cette technique s'avéra plus difficile à réaliser. En effet, il nous fallait un nombre assez restreint de spores par centimètre cube (une cinquantaine environ) afin de pouvoir distinguer à l'œil nu s'il y avait ou non un développement de

mycélium. Nous obtînmes cependant des résultats quant au pH. et aux concentrations en NaCl, résultats qui sont consignés dans les tableaux VI, VII, VIII et IX.

TABLEAU VI  
Croissance de l'*Oidium lactis*  
en fonction du pH

pH	3 <sup>me</sup> jour	6 <sup>me</sup> jour	10 <sup>me</sup> jour
2	-	-	-
3	++	++	++
4	++	++	++
5	+	++	++
6	+	++	++
7	+	+	+
8	+	+	+
9	+	+	+
10	+	+	+

TABLEAU VII  
Croissance de l'*Oidium lactis*  
en fonction de la concentration en NaCl

NaCl	3 <sup>me</sup> jour	6 <sup>me</sup> jour	10 <sup>me</sup> jour
1	++	++	++
2	+	+	+
3	±	±	±
4	±	±	±
5	±	±	±
7	-	±	±
9	-	-	-
10	-	-	-

++ = Très nombreuses colonies d'*Oidium lactis*. Développement intense et régulier.

+ = Nombreuses colonies d'*Oidium lactis*.

± = Rares colonies d'*Oidium lactis* se développant lentement.

- = Pas de colonies d'*Oidium lactis*.

TABLEAU VIII  
Croissance de *Mucor mucedo*  
en fonction du pH

pH	3me jour	6me jour	10me jour
2	-	-	-
3	+	++	++
4	++	++	++
5	++	++	++
6	++	++	++
7	+	+	+
8	+	+	+
9	+	+	+
10	+	+	+

TABLEAU IX  
Croissance de *Mucor mucedo*  
en fonction de la concentration en NaCl

NaCl	3me jour	6me jour	10me jour
1	+	++	++
2	±	+	+
3	±	+	+
4	-	±	±
5	-	-	-
7	-	-	-
9	-	-	-
10	-	-	-

- ++ = Très nombreuses colonies de *Mucor mucedo*. Développement intense et régulier.
- + = Nombreuses colonies de *Mucor mucedo*.
- ± = Rares colonies de *Mucor mucedo* se développant lentement.
- = Pas de colonies de *Mucor mucedo*.

Ces résultats nous permettent de constater que l'Oïdium et le Mucor sont très peu sensibles aux variations de pH. Par contre, ils sembleraient bien plus sensibles aux concentrations en NaCl puisque l'on constate leur développement pratiquement stoppé pour des doses supérieures à 2 % dans le cas de l'Oïdium et 3 % dans le cas du Mucor.

Cependant, n'étant pas suffisamment satisfait de ces résultats (certains auteurs d'autre part nous donnant des chiffres contradictoires, le seuil d'Oïdium lactis étant pour LANGLAIS de 6 %, pour FÉTTICK de 4 %, pour SANSONETTI de 3 %, pour GRUINES de 5 %), nous avons repris à notre compte la technique de SANSONETTI que nous avons appliquée à la fois à l'Oïdium et au Mucor.

Les souches pures, isolées à partir de lait cru, sont entretenues sur milieu pour *Penicillium*, milieu employé en lacterie pour cultiver les souches de *Penicillium candidum*. Les

spores sont récoltées puis, après centrifugation et lavages successifs à l'eau distillée, sont mises en suspension dans 9 cc d'eau physiologique stérile. Les essais sont réalisés sur milieu de Sabouraud en tube incliné gélosé.

*Milieu de Sabouraud:*

Glucose . . . . .	20 g
Peptone . . . . .	10 g
Gélose . . . . .	20 g
Eau distillée . . . . .	1.000 cc.

On porte le mélange à ébullition; on filtre et on répartit en tubes. On stérilise à 120° pendant 15 minutes.

La technique consiste à ensemencer en stries les tubes ajustés aux différents pH et aux différentes concentrations en NaCl à l'aide d'une anse de platine.

On constate que sur ce milieu, riche en sucre, l'Oidium, au bout de 2 jours, pousse normalement jusqu'à 5 % de NaCl et à tous les pH de 3 à 10. Nous n'avons aucun développement à pH 2 et aux doses de 9 à 10 %. Nous avons des résultats identiques avec le Muçor.

Les résultats ont été schématisés dans les figures 1 et 2.

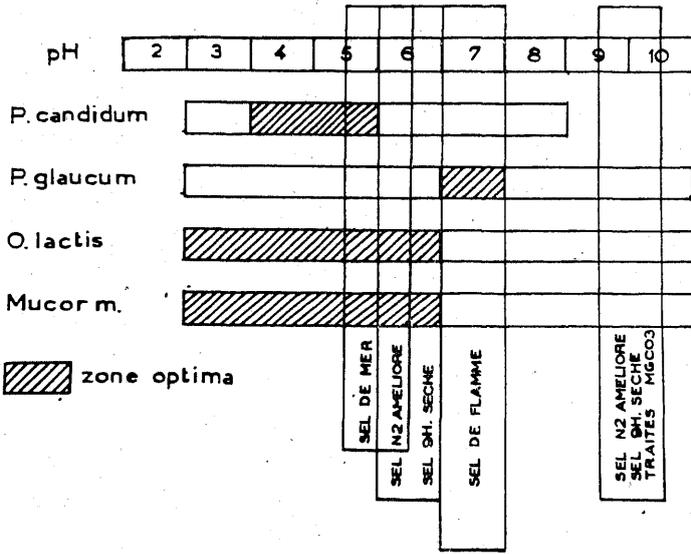


FIG. 1.

Zones de croissance en fonction du pH des sels

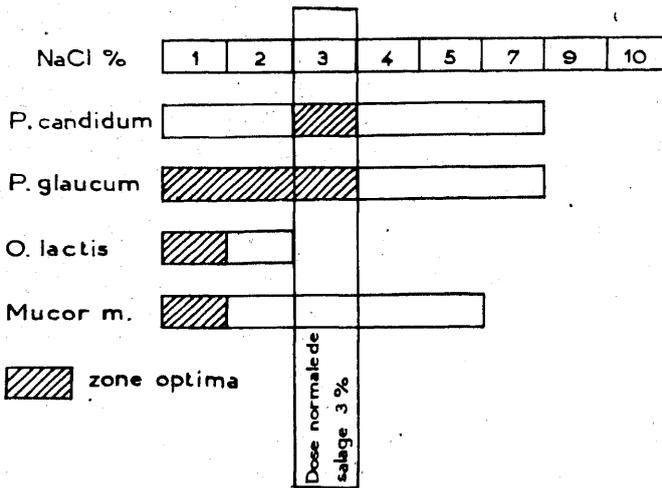


FIG. 2.

Zones de croissance en fonction de la concentration en NaCl

### CHAPITRE III

#### INFLUENCE DES SELS COMMERCIAUX SUR LA CROISSANCE DE *PENICILLIUM GLAUCUM*

Cette étude consiste à comparer le développement du *Penicillium glaucum* en présence des différents sels mis à la disposition de l'industrie fromagère. Rappelons que MENDEZ fit cette étude sur le *Penicillium candidum*. D'autre part, MENDEZ ayant déterminé les pH de ces sels en solution en fonction de leur concentration (de 1 à 6 %), nous nous bornerons à les énumérer en indiquant leur pH respectif en solution à 3 %, cette concentration étant celle des conditions de nos expériences.

Sels commerciaux utilisés :

- S<sub>1</sub> — Sel n° 2 amélioré traité par le carbonate de magnésium; granulométrie: 95 % des grains ont un diamètre compris entre 0,2 et 0,4 mm; pH = 9,5.
- S<sub>2</sub> — Sel n° 2 amélioré non traité. Granulométrie: 90 % des grains ont un diamètre compris entre 0,2 et 0,4 mm; pH = 6,1.
- S<sub>3</sub> — Sel 9 heures séché traité par le carbonate de magnésium. Granulométrie: diamètre des grains compris entre 0,4 et 1,2 avec un peu de farine (moins de 1 %); pH = 9,6.
- S<sub>4</sub> — Sel 9 heures séché non traité. Granulométrie: diamètre des grains compris entre 0,4 et 1,2 avec un peu de farine (moins de 1 %); pH = 6,3.
- S<sub>5</sub> — Sel de flamme. Granulométrie: 95 % des grains ont un diamètre compris entre 0,2 et 0,4 mm; pH = 7.
- S<sub>6</sub> — Sel de mer. Granulométrie: diamètre des grains compris entre 0,6 et 0,75 mm; pH = 5,6.

Nous donnerons à la fin de cette étude un aperçu sur l'origine et la fabrication de ces différents sels commerciaux.

Pour apprécier et comparer le développement du *Penicillium glaucum* en présence des différents sels, nous avons utilisé la méthode consistant à peser la récolte de moisissure.

Cette méthode, employée par NIELSEN et HARTELIUS (1940) pour les levures, reprise par MENDEZ pour *Penicillium candidum*, nous a donné des résultats très satisfaisants.

#### A. Méthode d'étude

La méthode par pesée directe des récoltes est d'une exactitude beaucoup plus grande que celle de la numération sur plaques. Le principal reproche qu'on puisse lui faire est sa longueur étant donné qu'il est nécessaire de dessécher la moisissure à l'étuve.

En revanche, elle est extrêmement simple et apporte des renseignements très précis.

D'une façon générale, nous avons suivi la technique de NIELSEN et HARTELIUS et les quelques modifications que nous avons apportées sont dues au fait que travaillant sur des moisissures, leurs caractéristiques de culture diffèrent de celles des levures.

#### B. Milieu de culture

Nous avons utilisé le milieu de culture de NIELSEN et HARTELIUS. C'est un milieu synthétique très complet, renfermant les facteurs de croissance les plus importants pour la pousse des moisissures et des levures. Nous l'avons préparé avec des produits chimiquement purs et de l'eau distillée.

#### Composition:

Sulfate de magnésium . . . .	0,5 g
Phosphate monopotassique	0,5 g
Sulfate d'ammonium . . . . .	4,0 g
Sulfate ferreux à 1 % . . . . .	5 cc
Saccharose . . . . .	50 g

Ce milieu de base est additionné de 10 cc d'une solution contenant par litre:

Chlorure de Cadmium.....	0,01 g
Chlorure de Barym .....	0,002 g
Chlorure de Strontium ...	2,5 g
Bichlorure de Mercure ...	0,01 g
Chlorure de Calcium .....	2 g
Chlorure de Bismuth .....	0,02 g
Chlorure de Zinc .....	0,50 g
Chlorure de Cuivre .....	0,10 g
Chlorure de Manganèse ..	0,20 g
Chlorure de Glucinium ...	2 g <sup>e</sup>

Dissoudre tout d'abord les sels du milieu de base dans 200 ou 300 cc d'eau distillée. Après dissolution complète, ajouter le saccharose et les 10 cc de la solution de chlorures. Compléter à 1.000 cc avec de l'eau distillée.

Tyndalliser à 100° pendant 45 minutes, 3 jours de suite. Lors du premier chauffage, si le milieu devient trouble, filtrer avant de continuer la tyndallisation.

Le pH du milieu ainsi obtenu est de 4.

### C. — *Ensemencement*

L'ensemencement de ce milieu est fait avec une suspension de *Penicilium glaucum* obtenue à partir d'une souche pure cultivée en tube incliné sur milieu de Czapeck.

Nous ensemençons 500 cc du milieu de NIELSEN et HARTLIUX à partir de 1 cc de filtrat. Le nombre des spores est contrôlé par dilution au 1/1.000.000<sup>e</sup>; nous obtenons en moyenne 5.000.000 de spores au centimètre cube. Il faut remarquer que ce nombre a relativement peu d'importance ici, mais par contre il est indispensable, pour pouvoir comparer entre eux les différents essais faits à partir d'un même filtrat, d'avoir une suspension dans laquelle les spores sont réparties d'une façon parfaitement homogène. Il est donc nécessaire d'agiter convenablement le milieu ensemencé avant chaque répartition en Erlenmeyer.

Après avoir ensemencé avec 0,2 % de filtrat, le milieu est réparti dans des Erlenmeyers de 150 cc à raison de 30 cc par fiole. La répartition est faite à l'aide d'un mesureur au-

tomatique de 10 cc du type couramment employé dans les laboratoires de contrôle laitier pour l'acide sulfurique. Cet appareil et les Erlenmeyers ont été préalablement stérilisés au four Pasteur à 160° pendant 3 heures. De façon à maintenir bien homogène le milieu déjà ensemencé, on agite avant de remplir chaque Erlenmeyer.

Nous mettons ensuite dans chacun des Erlenmeyers 3 cc d'une solution stérile de sel à 30 % de façon à ce que la concentration en sel du milieu soit de 3 %.

Aux fioles témoins, nous ajoutons 3 cc d'eau stérile, de façon à opérer sur le même volume que celui des milieux salés. Dès l'ensemencement, les Erlenmeyers sont incubés à la température de 20° C.

#### D. — Récolte et pesée du *Penicillium*

Après 3, 6 et 10 jours de culture, on procède à la récolte et à la pesée de la moisissure.

Nous filtrons la culture au travers d'un creuset filtrant, de porosité n° 4. Toutes nos manipulations sont réalisées avec des creusets filtrants « Pyrex » n° 172.114.

Ceux-ci, avant chaque filtration, sont lavés avec une solution d'acide nitrique à 5 % pendant 10 minutes à ébullition. Ils sont abondamment rincés à l'eau distillée puis séchés à l'étuve à 105° C jusqu'à poids constant.

Ils sont ensuite mis au dessiccateur au chlorure de Calcium. Immédiatement avant filtration le creuset est pesé.

Après avoir agité convenablement le milieu et la culture de façon à éviter que le mycélium ne forme pas une masse gênant la filtration, nous procédons à celle-ci.

Il est nécessaire de rendre constante la vitesse de filtration et d'éviter d'opérer trop rapidement, de façon à éviter le passage des spores au travers du filtre. Nous avons travaillé avec une trompe à eau de laboratoire, ce qui ne permet pas un réglage très aisé de la vitesse de filtration. Néanmoins, nous avons pu réaliser chacune de nos filtrations pendant 40 secondes environ et en utilisant toujours la même pression d'eau. Lorsque le milieu est filtré et que toute la moisissure est recueillie sur le filtre, nous lavons celui-ci cinq ou six fois, de même que l'Erlenmeyer, avec de l'eau distillée.

Le creuset portant la moisissure est mis à l'étuve à sécher à 105° C jusqu'à poids constant. Le temps de séchage varie évidemment avec la quantité de matière sèche, mais au cours de nos différentes analyses, il n'a jamais dépassé 4 heures.

Avant chaque pesée, le creuset est mis, envue de son refroidissement, au dessiccateur au chlorure de calcium.

### Résultats

Les résultats de ces essais sont consignés dans les tableaux X et XI.

TABLEAU X

Croissance du *Penicillium glaucum*  
en présence de sels commerciaux

Essais	Cultures	3me jour Poids (mg)	6me jour Poids (mg)	10me jour Poids (mg)
1er essai	Témoin	64	126	120
	Sel pur	32	73	60
	S1	12	99	105
	S2	36	59	63
	S3	23	100	113
	S4	38	76	78
	S5	48	86	68
2me essai	S6	53	90	69
	Témoin	52	140	145
	Sel pur	65	70	64
	S1	8	59	103
	S2	51	69	66
	S3	9	88	120
	S4	47	90	81
3me essai	S5	43	93	92
	S6	67	50	78
	Témoin	13	146	135
	Sel pur	11	67	67
	S1	17	79	111
	S2	8	65	73
	S3	13	104	107
4me essai	S4	6	85	76
	S5	13	99	70
	S6	10	82	73
	Témoin	44	134	126
	Sel pur	41	72	73
	S1	19	83	100
	S2	27	81	65
S3	S3	22	108	98
	S4	39	89	75
	S5	41	86	71
	S6	32	75	68

S1 = Sel n° 2 amélioré traité au MgCO<sub>3</sub>

S2 = Sel n° 2 amélioré

S3 = Sel 9 heures séché traité au MgCO<sub>3</sub>

S4 = Sel 9 heures séché

S5 = Sel de mer

S6 = Sel de flamme.

TABLEAU XI  
Poids moyen des récoltes

Cultures	3 <sup>me</sup> jour (mg)	6 <sup>me</sup> jour (mg)	10 <sup>me</sup> jour (mg)
Témoin	43,2	136,5	131,5
Sel pur	37,2	70,5	66
S1	14	80	104,7
S2	30,5	68,5	66,7
S3	16,7	100	109,5
S4	33	85	77,5
S5	36,2	91	75,2
S6	40,5	74,2	72

S1 = Sel. n° 2 amélioré traité au MgCO<sub>3</sub>

S2 = Sel n° 2 amélioré

S3 = Sel 9 heures séché traité au MgCO<sub>3</sub>

S4 = Sel 9 heures séché

S5 = Sel de mer

S6 = Sel de flamme.

Ces résultats nous permettent de constater les faits suivants:

1. Le NaCl pur exerce une action défavorable sur la croissance de *Penicillium glaucum*. Nous avons toujours un poids supérieur de mycélium avec le milieu témoin non salé. C'est la réaction inverse qui se produit avec le *Penicillium candidum* (MENDEZ).

2. Nous constatons un retard dans la croissance du *Penicillium glaucum* avec les deux sels commerciaux traités au MgCO<sub>3</sub>, retard qui s'exerce jusqu'au 3<sup>e</sup> jour de croissance, mais qui s'annule au 6<sup>e</sup> jour pour être finalement largement dépassé au 10<sup>e</sup> jour puisque nous avons ici des poids de mycélium supérieurs à ceux des autres sels commerciaux non traités au MgCO<sub>3</sub>. Ce retard en début de végétation peut s'expliquer par le dégagement d'anhydride carbonique qui, d'après GOLDING (1937) empêche le développement du Peni-

cillium glaucum lorsque le CO<sub>2</sub> se trouve en forte concentration.

3. Pour les sels non carbonatés ainsi que pour les témoins, la croissance semble être stoppée au 6<sup>e</sup> jour; en effet, nous avons au 10<sup>e</sup> jour des poids semblables à ceux du 6<sup>e</sup> jour et même quelque peu inférieurs. Nous pensons expliquer ceci par le fait suivant: le milieu contient 4 0/00 de SO<sub>4</sub> (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>.

Ce sel est dissocié en SO<sub>4</sub> -- + 2NH<sub>3</sub> + 2H +

D'après LUTZ, NH<sub>3</sub> est assimilé par le *Penicillium glaucum*, l'ion SO<sub>4</sub> acidifie le milieu. Le pH du milieu témoin est de pH = 4,2 avant ensemencement; 2,8 après 3 jours de culture; 2,3 après 6 jours et 2 après 10 jours. La perte de poids est due à la mort de portions de mycélium qui subissent des phénomènes de lyse, phénomènes qui ne semblent pas se produire en présence de MgCO<sub>3</sub>, ce dernier devant neutraliser le milieu au fur et à mesure de son acidification.

## CHAPITRE IV

### RECHERCHE

#### DES POSSIBILITÉS D'AMÉLIORATION

MENDEZ, dans son étude sur *Penicillium candidum*, préconisa l'emploi de phosphate monocalcique comme substance susceptible d'abaisser le pH des sels commerciaux. Il obtint d'assez bons résultats. Nous avons repris ces sels traités en étudiant leur comportement vis-à-vis de *Penicillium glaucum*.

Les sels sont donc additionnés de (PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> H<sub>4</sub> Ca dans les proportions suivantes:

Sel de flamme .....	0,08 %	pH = 5
Sel de mer .....	0,03 %	pH = 5
Sel n° 2 amélioré non traité .....	0,03 %	pH = 4,9
Sel 9 heures séché non traité .....	0,03 %	pH = 5
Sel n° 2 amélioré traité .....	1,6 %	pH = 5
Sel 9 heures séché traité .....	1,6 %	pH = 4,95

Les essais furent répétés quatre fois; les résultats sont consignés dans les tableaux XII et XIII.

TABLEAU XII

Croissance du *Penicillium glaucum* en présence des sels commerciaux traités par le phosphate monocalcique

Essais	Cultures	3me jour (poids mg)	6me jour (poids mg)	10me jour (poids mg)
1er essai	Témoin	17	130	132
	Sel pur	16	70	80
	S1	13	211	124
	S2	13	72	75
	S3	30	177	120
	S4	40	84	80
	S5	14	105	87
	S6	35	112	95
2me essai	Témoin	19	129	129
	Sel pur	17	75	57
	S1	27	123	190
	S2	16	78	67
	S3	21	224	152
	S4	32	76	65
	S5	20	81	83
	S6	18	93	62
3me essai	Témoin	27	144	144
	Sel pur	15	71	70
	S1	20	146	139
	S2	17	74	84
	S3		167	117
	S4	18	105	81
	S5	14	104	80
	S6	16	109	79
4me essai	Témoin	46	135	146
	Sel pur	41	66	66
	S1	99	144	118
	S2	37	68	64
	S3	43	155	160
	S4	48	103	80
	S5	31	84	71
	S6	39	99	76

S1 = Sel n° 2 amélioré traité au MgCO<sub>3</sub>  
 S2 = Sel n° 2 amélioré  
 S3 = Sel 9 heures séché traité au MgCO<sub>3</sub>  
 S4 = Sel 9 heures séché  
 S5 = Sel de mer  
 S6 = Sel de flamme.

TABLEAU XIII

Poids moyen des récoltes

Cultures	3me jour	6me jour	10me. jour
Témoin	27,2	134,5	137,7
Sel pur	22,2	70,5	68,2
S1	39,7	156	142,7
S2	20,7	73	72,5
S3	31,3	180,7	137,2
S4	34,5	92	76,5
S5	19,7	93,5	80,2
S6	26,5	103,2	78

S1 = Sel n° 2 amélioré traité au MgCO<sub>3</sub>

S2 = Sel n° 2 amélioré

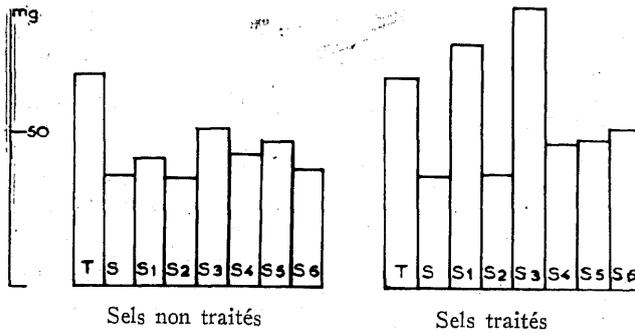
S3 = Sel 9 heures séché traité au MgCO<sub>3</sub>

S4 = Sel 9 heures séché

S5 = Sel de mer

S6 = Sel de flamme.

La figure 3 permet de comparer les sels traités et non traités.



T = Témoin

S = NaCl

S1 = Sel n° 2 amélioré traité au MgCO<sub>3</sub>

S2 = Sel n° 2 amélioré

S3 = Sel 9 heures séché traité au MgCO<sub>3</sub>

S4 = Sel 9 heures séché

S5 = Sel de mer

S6 = Sel de flamme.

FIG. 3.

Sels traités au  $[PO_4]_3H_4Ca$

Poids moyens des récoltes de *Penicillium glaucum* 6<sup>e</sup> jour

Dans le tableau des poids moyens des récoltes, on se rend compte de façon très frappante de ce que représente l'addition de  $(\text{PO}_4)_2 \text{H}_4 \text{Ca}$  dans les divers sels commerciaux et en particulier dans les sels traités au  $\text{MgCO}_3$ . En effet, nous avons pour ces sels carbonatés des poids de mycélium supérieurs à ceux des témoins et ceci dès le 6<sup>e</sup> jour de croissance. On risque donc de favoriser une attaque de bleu dans un hâloir si par malheur quelques spores de *Penicillium glaucum* s'y trouvent.

Le phosphate monocalcique étant à rejeter, il nous a fallu rechercher une autre substance capable de jouer le même rôle. Rappelons que cette substance doit respecter un certain nombre de conditions, à savoir : ne pas être toxique pour l'homme, ni susceptible de former, avec le sel ou le fromage, des composés nocifs. Elle ne doit pas non plus être toxique ou antiseptique à l'égard du *Penicillium candidum*. Elle doit être soluble dans l'eau, de façon à pouvoir être facilement incorporée au sel lors de sa fabrication ou immédiatement après. Elle ne doit pas être hygroscopique, afin que le sel ne prenne pas l'humidité. Elle doit, à dose très faible, abaisser le pH. Elle doit être pure et de qualité constante et, enfin, son prix doit être le moins élevé possible.

Nous avons étudié une série de sels organiques et minéraux en solution et nous avons pris leur pH :

*Parmi les sels organiques :*

1. *Le lactate de Calcium.*

Il nous fallait 100 % de lactate pour abaisser le  $\text{pH} = 10,1$  du sel n° 2 traité au  $\text{MgCO}_3$  en solution à 3 % au  $\text{pH} = 9$ .

2. *Acétate de Soude.*

3. *Acétate d'Ammonium.*

4. *Tartrate de Soude.*

5. *Citrate d'Ammonium.*

Aucun de ces sels organiques ne fut retenu ; étant peu acides, on doit, pour obtenir un abaissement efficace du pH, les utiliser à forte dose.

*Parmi les sels minéraux:*

1. *Chlorure de Ca.*

Ce sel n'est pas retenu, étant très hygroscopique.

2. *Citrate de Potassium.*

*Parmi les acides organiques et minéraux:*

1. *Acide tartrique.*

2. *Acide citrique.*

3. *Acide borique.*

Finalement, nous avons retenu l'acide citrique qui semble nous donner de bons résultats.

En effet, avec le Sel n° 2 amélioré traité au  $MgCO_3$  en solution à 3 %, nous avons un pH égal à 9,5.

Si nous ajoutons 1 % d'acide citrique, nous obtenons un pH 5,95; avec 2 % d'acide citrique, le pH est de 4,65.

Une partie de cet acide réagit sur  $MgCO_3$ , la partie résiduaire ayant pour effet d'acidifier le milieu.

L'acide citrique présente les avantages de ne pas être très hygroscopique; il est très soluble dans l'eau, assez stable, d'un prix de revient peu élevé et non toxique. D'autre part, étant déjà autorisé par la Législation des Fraudes pour la fabrication des fromages fondus, son adjonction au sel ne devrait souffrir aucune difficulté de la part des Pouvoirs publics.

#### ESSAIS PRÉLIMINAIRES

Avant d'entreprendre une étude statistique des résultats de l'emploi de l'acide citrique en ajout aux différents sels, nous avons procédé à une série d'essais préliminaires. Deux sels, en particulier le sel n° 2 amélioré traité au  $MgCO_3$  et le sel de flamme furent étudiés, ceci avec *Penicillium candidum* et *Penicillium glaucum*. Ces essais sont répétés trois fois par série et chaque série deux fois. Nous avons employé la méthode par pesée directe des mycéliums dans chaque cas. Les moyennes de ces essais sont consignés dans les tableaux suivants,

- 1 — Sel n° 2 amélioré traité au  $MgCO_3$  + 2 % d'acide citrique (pH du mélange en solution à 3 % = 4,65).  
+ *Penicillium candidum*.

1ère série	Après 3 jours:	Après 6 jours:	Après 10 jours:
Témoins	15,5 mg	299,3 mg	351 mg
Sel n° 2	23,16	200	303
Sel n° 2 carbo- naté + 2 % d'acide citrique:	31,83	231,3	330
2me série	Après 3 jours:	Après 6 jours:	Après 10 jours:
Témoins	11,3 mg	154,3	328
Sel n° 2	13,6	101,3	278,5
Sel n° 2 + 2 % d'acide citrique:	12,6	159,3	283,6

N. B. — Les résultats ci-dessus représentent la moyenne de trois répétitions.

- 1 — Sel de flamme n° 2 + 0,1 % d'acide citrique (pH du mélange en solution à 3 % = 4,75).  
+ *Penicillium candidum*.

1ère série	Après 3 jours:	Après 6 jours:	Après 10 jours:
Témoins	6,66 mg	85 mg	323,3 mg
Sel de flamme n° 2	5	124,6	276,3
Sel de flamme n° 2 + 0,1 % d'acide citrique:	9,16	119,6	259
2me série	Après 3 jours:	Après 6 jours:	Après 10 jours:
Témoins	37,66 mg	309,66 mg	329,3 mg
Sel de flamme n° 2	38	214	314,5
Sel de flamme n° 2 + 0,1 % d'acide citrique:	30	200,3	280,6

3 — Sel n° 2 amélioré traité au  $MgCO_3$  + 2% d'acide citrique (pH = 4,65).  
+ *Penicillium glaucum*.

1ère série	Après 3 jours:	Après 6 jours:	Après 10 jours:
Témoins	15 mg	114 mg	119,3 mg
Sel n° 2	8	56	98
Sel n° 2 + 2 % d'acide citrique:	11	78,6	91
2me série	Après 3 jours:	Après 6 jours:	Après 10 jours:
Témoins	14,6 mg	100 mg	94,6 mg
Sel n° 2	8,3	92,3	98,6
Sel n° 2 + 2 % d'acide citrique:	19	63,3	58

4 — Sel de flamme n° 2 + 0,1 % d'acide citrique (pH = 4,75).  
+ *Penicillium glaucum*.

1ère série	Après 3 jours:	Après 6 jours:	Après 10 jours:
Témoins	40,3 mg	120 mg	108,6 mg
Sel de flamme n° 2	62	63,6	65,3
Sel de flamme + 0,1 % d'acide citrique:	48	49	46,6
2me série	Après 3 jours:	Après 6 jours:	Après 10 jours:
Témoins	16,33 mg	112,66 mg	108 mg
Sel de flamme n° 2	23,66	68	61
Sel de flamme n° 2 + 0,1 % d'acide citrique:	22,66	44,33	46

De ces premiers résultats, nous avons pu tirer des conclusions qui nous ont permis d'orienter notre travail dans certaines directions, à savoir :

— L'adjonction d'acide citrique à raison de 2 % semble favoriser le développement de *Penicillium candidum*, et ceci dès le 3<sup>e</sup> jour de culture.

Cette adjonction d'acide citrique ne favorise pas le développement du *Penicillium glaucum* (au contraire, il semblerait que l'acide citrique ait une action inhibitrice vis-à-vis de cette moisissure).

— Action inhibitrice de l'acide citrique en ajout au sel de flamme à la dose de 0,1 % vis-à-vis du *Penicillium candidum* (et du *Penicillium glaucum*). Nous avons ici des poids supérieurs en employant le sel de flamme pur (sans adjonction d'acide citrique).

Une série d'essais sur le *Penicillium candidum* avec le sel de flamme + 0,15 % d'acide citrique nous donna les résultats suivants (le pH du mélange en solution était de 4,4 %) :

Série	Après 3 jours:	Après 6 jours:	Après 10 jours:
Témoins	5,33 mg	119,3 mg	288,6 mg
Sel de flamme	9	187,3	237,6
Sel de flamme + 0,15 % d'acide citrique	7,5	127,3	250,6

Nous pensons que l'acide citrique, étant une substance d'excrétion, a un rôle inhibiteur sur le développement des moisissures. D'après LUTZ, cette toxicité est due au passage de la forme non ionisée des acides bibasiques (acide oxalique) au travers des ultra-pores de la membranes fongique.

L'intérêt de l'acide citrique est donc de l'employer en présence de  $MgCO_3$ ; ces deux corps réagissent en donnant du  $CO_2$  et du citrate de Mg. L'acide citrique disparaît en grande partie. L'avantage est donc d'obtenir, en incorporant ces deux corps, un sel qui, à sec, reste anhydre par la présence de  $MgCO_3$  et qui, en solution (c'est-à-dire au contact du fro-

mage) voit son pH s'abaisser par suite de la destruction du carbonate d'une part, et de l'excès d'acide citrique d'autre part.

#### ETUDE STATISTIQUE

Fort de ces premiers résultats, nous avons entrepris l'étude statistique des cultures de *Penicillium candidum* en présence de trois sels: sel carbonaté traité à l'acide citrique, sel non traité à l'acide citrique et sel de flamme.

Un premier grand essai fut de mettre en parallèle le sel n° 2 traité à 1 % de  $MgCO_3$  avec le sel n° 2 traité à 1 % de  $MgCO_3$  + 2 % d'acide citrique.

Nous avons fait 30 répétitions pour chacune des séries (à savoir 90 erlenmeyers se répartissant en 30 témoins et 30 erlens pour chacun des deux sels).

Ces 90 erlens sont ensemencés en volume avec une suspension de *Penicillium candidum* sur milieu de NIELSEN et HARTELIUS.

L'incubation a lieu pendant 6 jours à 20° C.

Au bout de ces 6 jours, les cultures sont formolées à raison de 5 % d'une solution de formol à 40 %.

Les cultures sont pesées après dessiccation à l'étuve à 105°.

Ensuite, un deuxième essai nous amena à comparer le sel n° 2 carbonaté + 2 % d'acide citrique avec le sel de flamme pur, en employant la même méthode d'étude que précédemment.

Les résultats sont consignés dans les tableaux XIV et XV.

TABLEAU XIV

Poids en mg des récoltes  
de *Penicillium candidum*

Témoins	Sel n° 2 carbo- naté	Sel n° 2 car- bonaté + 2 % ac. citrique
55	28	66
71	32	76
6	38	74
148	51	55
47	26	64
63	35	73
92	25	75
104	44	88
46	31	100
84	32	89
107	27	55
61	19	76
65	29	68
60	33	82
55	17	64
62	31	81
55	30	92
88	31	14
78	36	80
92	35	100
85	32	69
33	27	50
9	33	101
47	54	89
89	49	79
72	56	79
59	65	95
60	17	80
39	47	75
23	38	68

TABLEAU XV

Poids en mg des récoltes  
de *Penicillium candidum*

Témoins	Sel n° 2 car- bonaté + 2 % ac. citrique	Sel de flamme
47	I04	I27
56	I05	I25
31	I27	II9
57	I08	I25
53	II3	I24
67	III	II4
28	I00	II8
33	II4	I03
25	I06	I31
26	I04	II4
46	99	I26
52	II6	I22
40	I05	III
52	I27	II2
21	I35	II2
26	I02	I26
51	I28	II8
16	I09	95
28	II4	96
26	I02	I20
29	99	86
28	II4	II4
17	II0	II2
22	II9	I24
20	I29	I03
31	98	I27
41	II3	I29
40	95	I22
23	90	I35
43	I23	97

### *Calcul statistique des résultats*

#### *1<sup>er</sup> essai:*

Nous avons entrepris le calcul statistique de ces résultats dans le but de savoir si les moyennes de ces séries de mesures étaient différentes, autrement dit si la différence des moyennes était significativement différente de 0. Pour ce faire, nous avons employé la méthode préconisée par L'HERITIER (1949).

Si nous appelons  $m_a$  la moyenne de la série de mesures des témoins (a)

$m_b$  la moyenne de la série de mesures du sel n° 2 carbonaté (b)

$m_c$  la moyenne de la série de mesures du sel n° 2 carbonaté + 2 % d'acide citrique (c)

Nous avons à étudier les différences de moyennes suivantes:  $m_a - m_b$ ,  $m_c - m_a$ ,  $m_c - m_b$ .

Un premier calcul consiste à déterminer les moyennes de a, b, c.

Nous avons établi un tableau pour chacun des trois moyennes de séries de mesures a, b, c.

Dans ces tableaux, nous avons 6 colonnes:

— Dans la première, nous divisons nos mesures en séries de 10, de 1 à 150 mg.

— Dans la 2<sup>e</sup> colonne (f) contient les fréquences.

— Dans la 3<sup>e</sup> (x) les écarts par rapport à la moyenne arbitraire encore appelée moyenne de travail.

— Dans la 4<sup>e</sup> (fx) le produit des écarts par les fréquences.

— Dans la 5<sup>e</sup> (fx<sup>2</sup>) le produit des fréquences par les écarts au carré.

— Dans la 6<sup>e</sup> (f/fx<sup>2</sup>) le produit de fx<sup>2</sup> par les fréquences.

Ce tableau nous permet de calculer, d'une part la déviation standard et, d'autre part, le coefficient de variation.

TABLEAU I

*Témoins*

x	f	x	fx	fx <sup>2</sup>	f(x <sup>2</sup> )
1-10	2	-6	-12	72	144
11-20	0	-5			
21-30	1	-4	-4	16	16
31-40	2	-3	-6	18	36
41-50	3	-2	-6	12	36
51-60	6	-1	-6	6	36
61-70	4	0	-34		
71-80	3	1	3	3	9
81-90	4	2	8	16	64
91-100	2	3	6	18	36
101-110	2	4	8	32	64
111-120	0	5			
121-130	0	6			
131-140	0	7			
141-150	1	8	8	64	64
	30		33	257	505

$$S^2 = \frac{257 - (-1)^2}{30} = \frac{256}{30}$$

$$S = \sqrt{8,5}$$

$$S^2 = \frac{256}{30}$$

$$S = 2,9 \times 10 = \pm 29$$

(déviation standard)

$$S^2 = 8,5$$

$$\text{Le coefficient de variation} = \frac{100}{m} = \frac{2900}{65} = 44,6$$

La moyenne arbitraire = 61 — 70

La moyenne réelle = 65

### TABLEAU II

*Sel n° 2 carbonaté.*

Moyenne réelle = 34,9

Déviatiou standard = ± 10

Coefficient de variatiou = 29,4

### TABLEAU III

*Sel n° 2 carbonaté + 2 % d'acide citrique*

Un tableau du même genre nous donne :

Moyenne réelle = 75,29

Déviatiou standard = + 16

Coefficient de variatiou = 21,3

D'après ces résultats, nous pouvons déjà remarquer le rôle régulateur du NaCl en comparant les différents coefficients de variatiou : 44,6 pour le témoins non salés ; 29,4 et 21,3 pour les milieux salés.

Il nous reste maintenant à étudier si les différences entre ces moyennes sont significatives.

1<sup>er</sup> cas : mc - ma (sel carbonaté + 2 % d'acide citrique - témoins).

Différence des moyennes : 75 — 65 = 10.

$$S^2 = \frac{505 + 195}{n_1 + n_2 - 2} = \frac{700}{58} = 12$$

$$S = \sqrt{12} = 3,47$$

L'estimée de l'erreur type de la différence mc - ma = 10 entre les deux moyennes est :

$$S \sqrt{\frac{n_1 + n_2}{n_1 n_2}} = 3,47 \sqrt{\frac{60}{30 \times 30}} = 0,867$$

Il y a 58 degrés de liberté; la différence dépassant largement deux fois son erreur type est hautement significative; les limites de confiance sont égales à  $10 \pm 2 \times 0,867$ , soit à 8,26 et 11,73.

2<sup>e</sup> cas: ma - mb. (témoins - sel carbonaté).

Différence des moyennes:  $65 - 34 = 31$ .

$$S^2 = \frac{505 + 133}{58} = \frac{638}{58} = 11$$

$$S = \sqrt{11} = 3,34$$

L'estimée de l'erreur type de la différence ma - mb = 31 entre les deux moyennes:

$$3,34 \sqrt{\frac{30 \times 30}{60}} = 0,835$$

Ici encore la différence dépasse deux fois son erreur type, les limites de confiance sont égales à  $31 \pm 2 \times 0,835$ , soit à 29,33 et 32,67.

3<sup>e</sup> cas: mc - mb (sel carbonaté + 2 % d'acide citrique - sel carbonaté).

Différence des moyennes:  $75 - 34 = 41$ .

$$S^2 = \frac{195 + 133}{58} = 5,65$$

$$S = \sqrt{5,65} = 2,38$$

L'estimée de l'erreur type de la différence mc - mb = 41 entre les deux moyennes est:

$$2,38 \sqrt{\frac{60}{30 \times 30}} = 0,595$$

La différence est encore significative.

Les limites de confiance sont égales à  $41 \pm 2 \times 0,595$ , soit à 39,81 et 42,19.

2° *ssai*:

Dans ce second essai, nous avons mis en parallèle le sel n° 2 carbonaté + 2 % d'acide citrique, avec le sel de flamme brut (non traité).

Nous avons ici: a pour les témoins, b pour le sel n° 2 + acide citrique, c pour le sel de flamme.

Nous avons à envisager: ma - mb

ma - mb

mb - mc

1<sup>er</sup> cas: ma - mb (témoin - sel n° 2 + acide citrique).

Différence des moyennes: 109 — 36 = 73.

$$S^2 = \frac{329 + 204}{n_1 + n_2 - 2} = \frac{533}{58} = 9,1$$

$$S = \sqrt{9} = 3$$

L'estimée de l'erreur type de la différence ma - mb = 73 entre les deux moyennes est:

$$S \sqrt{\frac{n_1 + n_2}{n_1 n_2}} = 3 \sqrt{\frac{60}{30 \times 30}} = 0,75$$

Il y a 58 degrés de liberté, la différence dépassant très largement deux fois son erreur type, est significative.

Nous pouvons en fixer les limites de confiance à  $73 \pm 2 \times 0,75 = 71,5$  et  $74,5$ .

2° cas: ma - mc (témoin - sel de flamme).

Différence des moyennes: 116 — 36 = 80.

$$S^2 = \frac{329 + 205}{n_1 + n_2 - 2} = \frac{534}{58} = 9,2$$

$$S = \sqrt{9} = 3$$

L'estimée de l'erreur type de la différence ma - mc = 80 entre les deux moyennes est:

$$S \sqrt{\frac{n_1 + n_2}{n_1 n_2}} = 3 \sqrt{\frac{60}{30 \times 30}} = 0,75$$

Ici encore, la différence dépasse largement deux fois son erreur type. La différence est significative.

Les limites de confiance sont:  $80 \pm 2 \times 0,75 = 78,5$  et  $81,5$ .

3° cas: mb - mc (sel n° 2 + acide citrique - sel de flamme).  
Différence des moyennes:  $116 - 109 = 7$ .

$$S^2 = \frac{204 + 205}{n_1 + n_2 - 2} = \frac{409}{58} = 7$$

$$S = \sqrt{7} = 2,64$$

L'estimée de l'erreur type de la différence mb - mc = 7 entre les deux moyennes est:

$$S \sqrt{\frac{n_1 + n_2}{n_1 n_2}} = 2,64 \sqrt{\frac{60}{30 \times 30}} = 0,66$$

La différence dépassant deux fois son erreur type est significative.

Les limites de confiance sont:  $7 \pm 2 \times 0,66 = 5,68$  et  $8,32$ .

#### INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS

Nous venons de voir que les différences de moyennes entre les différentes séries sont hautement significatives. Nous pouvons en conclure avec certitude que dans le maximum des cas (c'est-à-dire des répétitions ce maximum: 95 %) nous aurons des poids supérieurs de mycélium pour le sel traité à l'acide citrique et le sel de flamme et des poids inférieurs pour le sel traité au  $MgCO_3$ .

Cette augmentation de poids est cependant variable; en effet dans notre premier essai, nous avons une augmentation de 15 % en poids pour le sel + acide citrique par rapport au témoin, tandis que dans le deuxième essai, nous avons une augmentation beaucoup plus importante puisqu'elle est de 200 %.

En outre, nous pouvons penser que la valeur biologique du sel de flamme vis-à-vis du *Penicillium candidum* est sen-

siblement la même (avec une légère augmentation de poids) que celle du sel traité à l'acide citrique. D'autre part, il n'est pas inutile de souligner encore une fois l'action inhibitrice du sel traité au  $MgCO_3$  sur le *Penicillium candidum*, action qui se traduit par une baisse de poids sensible (40 % par rapport au témoin).

On entrevoit l'action désastreuse d'un tel sel sur un fromage qui serait peu acide au départ.

Fort de ces résultats, il eut été cependant prématuré d'en tirer une application immédiate sans avoir fait un contrôle de ces sels vis-à-vis du *Penicillium glaucum*.

Nous avons donc entrepris un troisième essai dans lequel se trouvent réunis les trois sels étudiés.

Ici, nous avons fait 20 répétitions.

Les résultats sont consignés dans le tableau XVI.

TABLEAU XVI

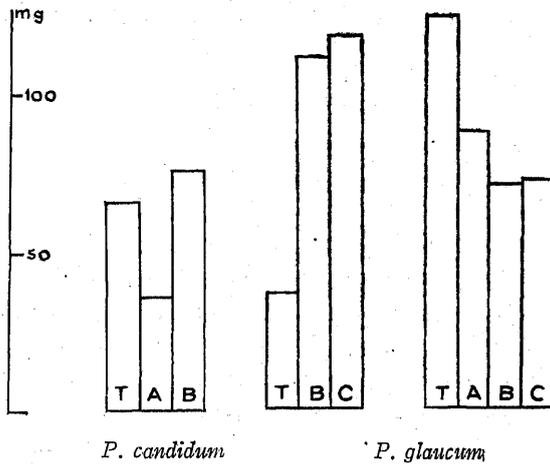
Poids en mg des récoltes  
de *Penicillium glaucum*

Témoins	Sel carbonaté	Sel carbonaté + 2 % d'acide citrique	Sel de flamme
149	94	68	65
118	75	70	74
115	83	72	67
115	89	68	69
120	83	74	67
125	84	71	71
125	93	70	70
114	83	68	68
131	79	70	69
128	86	67	70
121	90	77	67
116	82	62	74
120	78	67	69
129	78	63	79
127	80	69	82
122	94	79	70
121	96	75	71
119	99	68	71
118	91	69	69
119	88	71	71

Nous avons obtenu les moyennes suivantes :

Témoin = 122,6 mg  
Sel carbonaté = 86,25  
Sel carbonaté + acide citrique = 69,9 mg  
Sel de flamme = 70,6 mg

La figure 4 résume les résultats obtenus.



T = Témoin  
A = Sel n° 2 1 %  $MgCO_3$   
B = Sel n° 2 1 %  $MgCO_3$  2 % Ac. citrique.  
C = Sel de flamme

FIG. 4.

Action du sel traité à l'acide citrique sur la croissance de *P. candidum* et *P. glaucum*  
Comparaison avec sel de flamme

Ici, nous obtenons le phénomène inverse de celui qui se présente avec le *Penicillium candidum*.

En effet, nous avons des poids supérieurs pour le sel carbonaté et des poids inférieurs pour le sel additionné d'acide citrique et le sel de flamme. Ce résultat est très satisfaisant pour le but de notre travail qui est de rechercher un sel favorable au *Penicillium candidum* sans l'être pour autant au *Penicillium glaucum*. Cependant, il serait intéressant de rechercher quelle est la cause exacte de ce phénomène d'inhibition de la part de ces deux sels. Dans le cas du sel addi-

tionné d'acide citrique, il se produit un dégagement de CO<sub>2</sub> que l'on sait toxique pour le *Penicillium glaucum* (GOLDING, 1938).

Le sel de flamme ne produit pas de gaz, mais, par contre, il contient une proportion de SO<sub>4</sub> Ca de 1 à 3 %, proportion qui, comme nous le verrons plus loin lorsque nous étudierons ce sel en détail, joue très certainement un rôle dans le développement du *Penicillium candidum*, influence sans doute aussi le développement de *Penicillium glaucum*.

## CHAPITRE V

### ESSAIS INDUSTRIELS

Nous avons procédé à une série d'essais de salage de fromages type Camembert de façon à vérifier si les résultats trouvés au laboratoire pouvaient être confirmés dans la pratique industrielle.

Une première série d'essais fut réalisée à l'Ecole de Laiterie. Nous avons mis en parallèle deux types de sel: le sel n° 2 amélioré traité au carbonate de magnésium précédemment étudié par MENDEZ et le sel de flamme. Nous avons fait les observations suivantes: appréciation de la pousse du *Penicillium candidum*, mesure du pH, appréciation de la pénétration des sels dans les fromages.

#### I. — MÉTHODE DE TRAVAIL

Deux séries de 24 fromages à 45 % de matière grasse dans l'extrait sec furent successivement fabriqués par deux élèves de l'Ecole. En effet, une première série salée avec du sel de flamme nous révéla à l'analyse des doses trop importantes de chlorure (= 5 à 6 % de NaCl, la dose normale étant aux environs de 3 %), ce qui nous amena à répéter cet essai en tenant compte de la haute densité du sel de flamme, c'est-à-dire en diminuant de près de moitié la dose de sel utilisée.

Ces Camemberts furent fabriqués dans l'usine expérimen-

tale de l'École de Laiterie de Nancy selon le processus normal. Immédiatement après démoulage, une face et le talon du fromage sont salés puisensemencés par pulvérisation d'une suspension de *Penicillium candidum*. Quatre heures après, la deuxième face est salée etensemencée. Les fromages restent au saloir à 15° pendant 24 heures. Ils sont ensuite mis au hâloir à 11° C et à 80-85° d'hygrométrie. La seule difficulté rencontrée ici est de répartir uniformément l'ensemencement du *Penicillium*; pour cela, on procède par pulvérisation et par mélange au sel d'une certaine quantité de *Penicillium* en poudre.

Après 3, 7, 10, 14, 20 et 25 jours de salage, on dose les chlorures et on mesure le pH sur 4 fromages pris au hasard, en surface et dans la masse, c'est-à-dire sur la pâte prise à 2 millimètres environ sous la croûte.

### *Préparation des échantillons en vue d'analyses*

#### *Croûte*

Nous avons prélevé toute la croûte du fromage, c'est-à-dire celle des deux faces et du talon sur 2 mm environ d'épaisseur. Cette opération est réalisée à l'aide d'un rasoir à dissection, de façon à obtenir des coupures nettes. Le tout est rassemblé dans un mortier de porcelaine et bien homogénéisé à l'aide d'un pilon.

#### *Pâte*

Après prélèvement de la croûte, on coupe le reste du fromage en deux parties égales. L'une d'elle est placée dans le mortier et homogénéisée au pilon.

#### *1. Dosage des chlorures*

Pour doser les chlorures, nous avons employé la méthode officielle des chimistes américains.

Peser 3 g de fromage bien homogénéisés et les mettre ensuite dans un erlenmeyer de 300 cc. Ajouter 25 cc d'une solution de nitrate d'argent N/10 et 50 à 60 cc d'eau distillée.

Mettre ensuite 10 cc d'acide nitrique ( $D = 1,2$ ); porter à ébullition et au moment où celle-ci commence, ajouter en trois fois 15 cc d'une solution à 5 % de permanganate de potassium. Chaque nouvelle affusion se fait après décoloration complète de la précédente.

Après refroidissement, filtrer sur filtre plissé dans un ballon jaugé de 200 cc. Rincer à l'aide d'eau distillée et compléter à 200.

Mettre dans un bécher de 250 cc, 100 cc de filtrat. Ajouter 2 cc d'une solution d'alun de fer et doser par le sulfocyanure de potassium en solution N/10 le nitrate d'argent en excès. Le poids de chlorure, exprimé en chlorure de sodium, est donné par la formule:

$$P = (12,5 - n) 0,39$$

P correspond au nombre de grammes de chlorure de sodium contenus dans 100 g de fromage;  $n$  = nombre de cc de sulfocyanure utilisés.

## 2. Mesure du pH

Prendre 1 g environ de fromage bien homogénéisé et le mettre dans 10 cc d'eau distillée. Bien mélanger puis filtrer. La mesure du pH se fait sur le filtrat. On peut aussi utiliser l'électrode de pénétration ADSUL qui donne directement la valeur du pH de la pâte du fromage. Les différentes mesures ont été effectuées sur un pH-mètre à lecture directe ADSUL. Avant chaque essai, les électrodes sont nettoyés avec la solution suivante:

Alcool éthylique . . . . .	60 cc
Ether éthylique . . . . .	40 cc
Ammoniaque . . . . .	0,5 cc

Puis elles sont rincées à l'eau distillée.

## II. — RÉSULTATS

### A. Croissance du *Penicillium candidum*

La moisissure pousse plus rapidement sur les fromages salés avec le sel de flamme.

Après 7 jours de maturation, quelques colonies éparses de *Penicillium candidum* apparaissent dans le cas des fromages salés en présence de carbonate de magnésium alors qu'avec ceux salés sans carbonate de magnésium, c'est-à-dire avec le sel de flamme, il y a déjà un feutrage très net. Après 10 jours, les fromages sans carbonate sont entièrement recouverts de moisissure, alors que les autres présentent encore quelques zones où le *Penicillium* est peu développé.

Le feutrage s'épaissit fortement au bout de 14 jours sur les fromages salés avec le sel de flamme. A ce moment, il y a lieu de les plancher ou bien de les emballer (1).

### B. Sel

Le sel de flamme, par suite de sa forte densité due à l'élimination presque totale de son eau de constitution, a un pouvoir salant doublé par rapport à celui des autres sels. Ceci nous a été confirmé dans la pratique lors du premier essai de salage où nous avons trouvé des taux de chlorure variant de 4 à 6 %.

Lors du second essai, toutes les précautions furent prises de manière à obtenir un pourcentage plus conforme à la normale, c'est-à-dire voisin de 3 %.

Les résultats de ces essais sont consignés dans le tableau XVII.

(1) Outre les essais effectués à l'Ecole de Laiterie, un autre essai fut réalisé chez un industriel fromager de la région de Nancy. Trois lots de sel lui furent fournis à savoir : un lot n° 1 = Sel renfermant du  $MgCO_3$ ; un lot n° 2 = Sel carbonaté + 1, % d'acide citrique fabriqué par les soins de SOCOSEL; un lot n° 3 = Sel de flamme. Il lui avait été demandé d'effectuer des essais de salage avec ces différents sels sur des fromages titrant 45 et 55 % de matière grasse. Résultats : *Penicillium candidum* se développe 24 h plus tôt avec le sel de flamme et le sel traité à l'acide citrique. Difficulté de saler au tamis avec le sel de flamme.

TABLEAU XVII  
Teneur en sel  
de fromages salés avec sel de flamme n° 2

Nombre de jours	NaCl (g/100 g)				pH			
	Croûte		Pâte		Croûte		Pâte	
	1er essai	2me essai	1er essai	2me essai	1er essai	2me essai	1er essai	2me essai
3	5,34	3,58	5,53	3,47	-	4,45	-	4,10
	6,20	2,96	6,66	2,16	-	4,35	-	4,00
	4,21	3,70	3,90	2,76	4,60	4,40	4,30	4,00
	4,75	2,16	4,48	3,08	4,50	4,40	4,30	4,00
7	4,84	3,12	4,75	3,27	4,90	6,00	4,30	4,30
	4,21	2,96	4,25	2,96	5,20	5,75	4,40	4,35
	4,75	2,34	4,71	2,69	4,85	6,25	4,30	4,25
	4,36	2,76	4,29	2,88	4,85	5,70	4,20	4,35
10	4,60	3,08	4,83	3,62	5,60	6,00	4,50	4,30
	5,30	2,73	5,10	3,08	5,20	5,90	4,40	4,30
	3,97	2,76	4,17	3,15	5,70	6,00	4,25	4,40
	-	2,76	-	2,96	-	6,00	-	4,40
14	6,27	2,61	6,27	3,39	5,85	6,40	4,65	4,45
	4,95	3,43	5,69	4,05	6,15	6,35	4,85	4,60
	6,70	2,84	6,16	2,75	5,60	6,45	4,50	4,35
	5,61	2,53	5,92	2,76	6,10	6,40	4,70	4,40
20	5,42	2,88	4,91	3,35	5,80	7,15	4,40	5,30
	7,64	3,31	7,64	3,35	5,60	7,00	4,60	5,85
	8,19	3,00	6,74	3,60	5,80	7,05	4,70	5,50
	7,44	2,92	6,98	3,47	5,80	7,20	4,70	5,85
25	6,07	3,51	6,74	4,01	5,90	7,40	4,80	6,10
	6,12	2,96	6,27	3,19	6,10	7,30	4,80	5,70
	6,16	3,34	6,43	3,43	6,05	7,55	4,70	6,70
	5,77	3,15	6,00	3,70	5,90	7,75	4,65	6,05

Nous avons recherché quel était le coefficient de pénétra-  
 tion du NaCl, c'est-à-dire le rapport:  $\frac{\% \text{ du sel dans la pâte}}{\% \text{ du sel dans la croûte}}$   
 Ceci nous a donné les chiffres suivants:

Durée	Sel de flamme	Sel n° 2 amélioré + MgCO <sub>3</sub>
3 jours	0,91	1
7 jours	1,05	0,93
10 jours	1,13	0,89
14 jours	1,13	0,95
20 jours	1,13	0,95
25 jours	1,10	0,91

Nous observons une différence assez nette entre les deux sels. Avec le sel de flamme, la croûte se trouve plus salée dès les premiers jours, tandis que par la suite la pâte est plus salée que la croûte. Par contre, avec le sel carbonaté, c'est le phénomène inverse qui se produit, la croûte et la pâte sont également salés jusqu'au 3<sup>e</sup> jour alors qu'ensuite la croûte reste plus salée que la pâte, les jours suivants.

Il semblerait d'après cette constatation que le sel carbonaté pénétrerait moins bien que le sel de flamme dans la masse du fromage.

### C. pH

Nous avons déterminé le pH des fromages (fig. 5 et 6).

La variation du pH des fromages salés avec le sel de flamme est normale; cependant, il est à noter que lorsque la dose de sel est trop forte (= 6 %), le pH ne dépasse pas la valeur de 6. La neutralisation et l'alcalinisation ne se produisent pas entièrement et nous risquons un arrêt de maturation. Ceci s'est produit au cours de notre premier essai où nous avons noté en outre l'absence de *Bacterium linens*, conséquence sans doute de l'excès de sel.

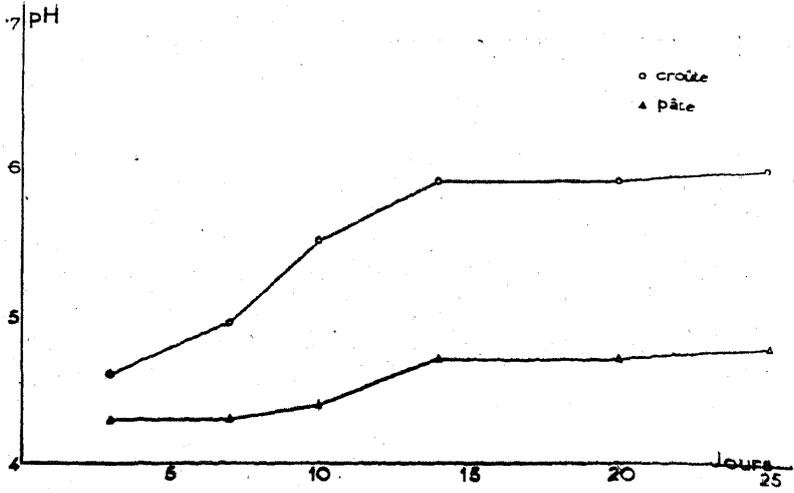


FIG. 5.

Variation du pH des fromages salés au Sel de flamme  
Dose 4 à 6 %

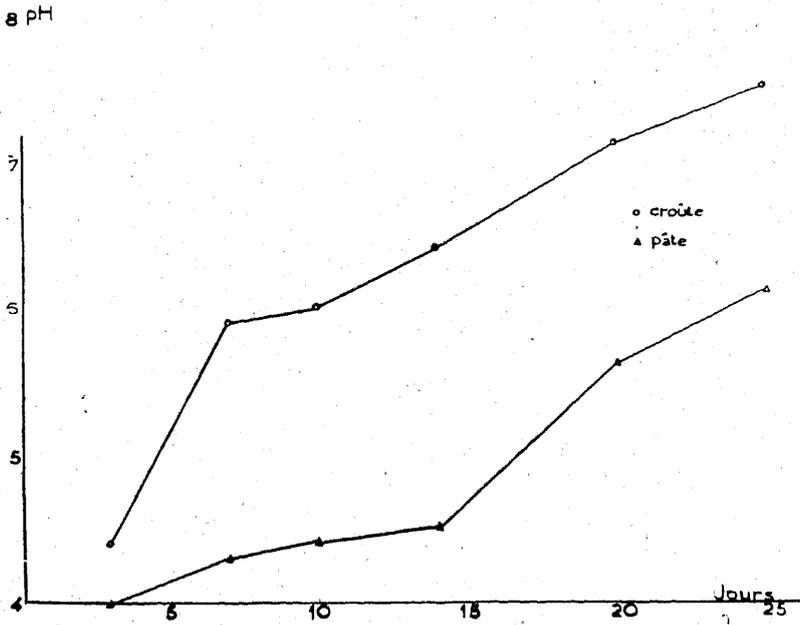


FIG. 6.

Variation du pH des fromages salés au Sel de flamme  
Dose 3 %

Le pH de la croûte est toujours moins acide que celui de la pâte, du début à la fin de la maturation. En conclusion, il ne semble pas que les sels, quelle que soit leur nature, aient une grande influence sur l'évolution du pH des fromages type Camembert. MENDEZ, comparant les sels carbonatés et les sels non carbonatés, avait constaté des résultats semblables avec toutefois un pH légèrement moins acide dans le cas des fromages traités au sel carbonaté.

#### D. *Essais d'hygroscopicité*

Le comportement du sel au cours du stockage dépend de l'hygroscopicité. C'est ainsi qu'un sel peut aussi bien s'agglomérer, fondre ou, au contraire, rester sec et coulant. C'est afin d'obtenir un sel sec et coulant que l'on a ajouté au sel de petites quantités (1 %) de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  ou de  $\text{MgCO}_3$ .

Pour déterminer l'hygroscopicité de nos sels, nous avons utilisé la méthode employée par Hugo FREDHOLM pour l'étude des sels scandinaves.

##### 1. *Détermination de l'hygroscopicité*

On sèche environ 5 g de sel pendant 2 heures à  $150^\circ \text{C}$  dans une coupe plate en porcelaine d'un diamètre de 6 cm (le résidu sec de la détermination de la teneur en eau peut être directement utilisé). Cette coupe est placée dans un exsiccateur dans lequel on envoie une solution saturée d'acétate de sodium assurant une humidité d'air relative et constante de 76 % à  $20^\circ \text{C}$ . L'exsiccateur fermé par un couvercle est enfermé ensuite dans une armoire chauffante à  $20^\circ \text{C} \pm 1^\circ$ . La coupe est retirée au bout de 3 jours et 3 nuits et rapidement pesée. L'augmentation de poids est calculée en % d'après l'essai fait à sec et on retranche 0,12 % pour tenir compte de l'hygroscopicité du sel de cuisine pur.

##### 2. *Résultats*

Le tableau ci-dessous indique les résultats obtenus avec trois sels.

Augmentation du poids en %

Sel	Après 1 jour	Après 2 jours	Après 3 jours	Après 4 jours	Après 5 jours	Après 7 jours
Sel carbonaté	1,8	3,3	4,7	6,4	7,8	11,3
Sel carbonaté + 1,5 % d'acide citrique	2,6	4,3	5,9	7,8	9,2	12,8
Sel de flamme	1,6	3,3	4,8	6,8	8,3	12,1

On remarque qu'il y a peu de différence entre le sel carbonaté et le sel de flamme quant à leur hygroscopicité.

## CHAPITRE VI

### CONCLUSIONS GÉNÉRALES

#### AVANTAGES DU SEL DE FLAMME

Je voudrais terminer cette étude en insistant sur les propriétés avantageuses que le sel de flamme présente pour son utilisation en industrie fromagère.

Comme nous l'avons vu plus haut, le sel de flamme est un sel qui, par suite de son traitement thermique (850°) peut être considéré comme *bactériologiquement pur*.

Cette pureté bactériologique représente le facteur principal de la réussite d'une maturation normale. En effet, d'après Ph. DE FLERS, 90 % des « accidents » survenant aux fromages sont dus aux dépôts de produits contenus dans le sel, ces produits pouvant contenir des micro-organismes: le sel de mer en particulier, renferme un microbe dit de la « morve rouge », moisissure gluante se développant principalement en été, qui serait dû à la présence des impuretés du sel. A cet effet, le sel gemme présente moins d'inconvénients que le sel de mer dans le domaine de la formation des moisissures.

Au point de vue chimique, nous avons vu que le pH du sel de flamme est situé entre 5,5 et 8,5. Le pH varie suivant la teneur du sel en SO<sub>4</sub> Ca.

Le sel de flamme contient très peu de Mg: 2 à 10 mg pour 100 g, mais suivant le raffinage, il peut contenir de 1 à 3 % de SO<sub>4</sub> Ca (1).

La composition d'un échantillon de sel gemme pris à Varangéville, lieu d'extraction du minerai servant à produire le sel de flamme, donne la composition suivante:

Na Cl .....	93,836
Mg Cl <sub>2</sub> .....	0,093
Ca Cl <sub>2</sub> .....	0,048
<hr/>	
: SO <sub>4</sub> Ca .....	3,070 :
<hr/>	
Matières insolubles .....	2,740
Eau . . . . .	0,200

Ayant remarqué, lors de nos essais sur le sel de flamme, que nous obtenions des poids légèrement supérieurs de mycélium avec le *Penicillium candidum*, nous avons pensé que ceci était peut-être dû à la présence de SO<sub>4</sub> Ca, bien que le SO<sub>4</sub> Ca augmente le pH d'une part et, que d'autre part, l'ion Calcium ne soit pas considéré comme un élément activant la croissance de *Penicillium candidum*.

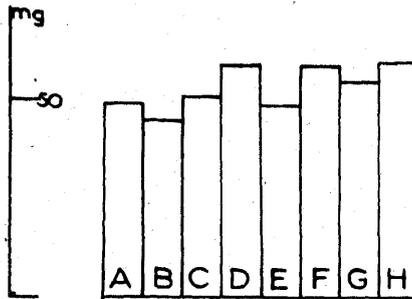
Nous avons donc réalisé un essai ayant pour but de vérifier cette hypothèse. De plus, les conclusions de cet essai pouvaient amener l'industrie salinière à modifier la teneur en SO<sub>4</sub> Ca du sel de flamme.

Nous avons effectué cet essai sur du NaCl pur RP et sur du sel de flamme contenant primitivement 1 % de SO<sub>4</sub> Ca auxquels nous avons ajouté des doses croissantes de SO<sub>4</sub> Ca. Les résultats sont indiqués dans le tableau XVIII et la figure 7.

(1) Composition du sel de flamme (pour 100 g): Cl = 59,76; SO<sub>3</sub> = 0,980; SO<sub>4</sub>Ca = 2,048; Ca = 0,472; Mg = traces indosables.

TABLEAU XVIII

Dose de SO <sub>4</sub> Ca (1 à 3 %) NaCl RP et sel de flamme	pH des sels en solution à 3 %	Poids de mycélium (en mg)
A = témoins		48,3 m
B = NaCl pur RP	5,5 - 6,5	44,1
C = NaCl pur RP + 1 % de SO <sub>4</sub> Ca	6,2 - 6,6	50,5
D = Sel de flamme pur (contenant 1 % de SO <sub>4</sub> Ca)	7,5 - 8,5	58,7
E = NaCl pur RP + 2 % de SO <sub>4</sub> Ca	7,1	48,3
F = Sel de flamme + 1 % de SO <sub>4</sub> Ca	7,8 - 8,5	58,7
G = NaCl pur + 3 % de SO <sub>4</sub> Ca	6,2 - 6,5	55
H = sel de flamme + 2 % de SO <sub>4</sub> Ca	7,5 - 8,6	59,1



- A = Témoin
- B = NaCl R.P. pur
- C = NaCl R.P. 1 % SO<sub>4</sub>Ca
- D = Sel de flamme 1 % SO<sub>4</sub>Ca
- E = NaCl R.P. 2 % SO<sub>4</sub>Ca
- F = Sel de flamme 2 % SO<sub>4</sub>Ca
- G = NaCl R.P. 3 % SO<sub>4</sub>Ca
- H = Sel de flamme 3 % SO<sub>4</sub>Ca

FIG. 7.

Action du SO<sub>4</sub>Ca sur la croissance du *Penicillium candidum*

Il semble donc que l'augmentation de poids varie dans le même sens que la teneur en  $\text{SO}_4 \text{ Ca}$  (de 1 à 3 %).

Un autre avantage du sel de flamme réside dans sa densité: du fait de son traitement à haute température, le sel de flamme perd au maximum son eau de constitution, eau qu'il ne récupère pas ou très peu lors de sa cristallisation. Nous avons donc affaire à un sel de forte densité et, lors de nos essais de salage, nous avons vu qu'il fallait diminuer de moitié en poids la dose de sel nécessaire pour obtenir dans le fromage le pourcentage habituel.

D'autre part, nous avons vu que le sel de flamme avait une hygroscopicité très voisine de celle du sel traité au  $\text{MgCO}_3$ .

#### SEL TRAITÉ A L'ACIDE CITRIQUE

Nous avons ici un sel carbonaté traité en outre par l'acide citrique. L'avantage de ce sel est de présenter à la fois les caractères d'un sel non hygroscopique par suite de son ajout de  $\text{MgCO}_3$  et, par ailleurs, de posséder un pH compatible avec la biologie du *Penicillium candidum*. Ce pH favorable obtenu par simple réaction de l'acide citrique sur le  $\text{MgCO}_3$  fait disparaître ce dernier, et le pH originel du  $\text{NaCl}$  réapparaît. L'avantage de cette réaction réside dans le fait qu'elle se produit très rapidement en milieu aqueux, milieu présenté par le fromage lors de son salage. En milieu sec, cette réaction ne semble pas se produire. Cependant, il y aurait lieu d'étudier les modalités de cette stabilisation dans le temps, à différentes hygroscopicités et à différentes températures, ceci afin de déterminer l'aptitude au stockage d'un tel sel. Nous avons essayé d'étudier le comportement de ce sel à différentes températures.

D'après quelques observations, nous constatons que le sel traité à l'acide citrique voit son pH passer de 6,5 à 7,5-8 après séjour d'une heure à  $100^\circ$  et de 6,5 à 7,5 après un séjour d'une heure à  $60^\circ$ .

D'autre part, si l'on prend le pH de ce sel après 3 mois de stockage dans un local assez humide (85 %) et à la température de  $22-24^\circ$ , on s'aperçoit que ce pH n'a pas changé; il est toujours de 6,5.

Nous constatons dans le premier cas la décomposition de l'acide citrique, triacide qui, sous l'influence de la chaleur, se déshydrate et de décarboxyle en donnant les acides itaconique et citraconique, diacides.

La réaction de ces acides sur le  $MgCO_3$  ne se produit pas et nous retrouvons le pH originel des sels carbonatés.

En conclusion, que faut-il penser des résultats de cette étude?

Dans ce travail, nous nous sommes efforcé de modifier le pH des sels de fromagerie dans le but de favoriser la croissance de *Penicillium candidum*, sans pour autant favoriser celle du *Penicillium glaucum*.

Nous avons obtenu dans ce sens des résultats satisfaisants en traitant les sels carbonatés par l'acide citrique. Cependant, nous avons obtenu des résultats semblables en utilisant directement le sel de flamme dont le pH de 7-8 était, à première vue, incompatible avec un bon développement du *Penicillium candidum*. Nous avons attribué ces résultats apparemment contradictoires à la présence de  $SO_4 Ca$  dans le sel de flamme. Il y aurait lieu, à notre avis, de poursuivre les recherches dans ce sens, c'est-à-dire rechercher jusqu'à quel point l'action du  $SO_4 Ca$  est valable, ce qui nous permettrait à ce moment d'envisager la substitution de l'acide citrique et, peut-être, du  $MgCO_3$  par le  $SO_4 Ca$ .

A la lumière de ces faits, nous est-il encore permis de penser que le pH doit être considéré comme le principal facteur conditionnant le développement du *Penicillium candidum* lorsque ce dernier pousse sur un fromage?

En effet, si nous prenons le pH en surface de fromages peu acides (pH = 5,8) salés avec des sels à pH différents, nous obtenons les résultats suivants :

- Sel à pH = 6  
(Sel carbonaté traité à l'acide citrique  
ou sel de mer) ..... pH du fromage = 5,5
- Sel à pH = 9  
(Sels carbonatés) ..... pH du fromage = 5,6
- Sel à pH = 7-8  
(Sel de flamme) ..... pH du fromage = 5,4

Nous constatons une faible variation du pH des fromages due au pouvoir tampon de ceux-ci, variation qui se traduit dans le sens favorable: celui de l'acidité. Cette variation est encoée atténuée lorsqu'il s'agit de fromages d'acidité normale (pH = 4,5).

Comment expliquer cependant le retard constaté sur les fromages salés avec les sels carbonatés?

Dans un article récent (1), JACQUET, Professeur à l'Université de Caen, émet l'hypothèse de l'existence de « micro-zones » résultant de l'action de l'acide lactique sur le carbonate de magnésie, c'est-à-dire de zones désacidifiées tendant à la neutralité. Il nous paraît assez difficile de concevoir avec précision l'existence dans l'espace et dans le temps de telles microzones. Cependant, cette hyposthèse serait à considérer de plus près, sachant que la magnésie forme, avec la caséine, un caséinate de MgO (pH = 7), lequel se solubilise en présence de NaCl pour donner *Mg Cl<sub>2</sub>* et du caséinate de soude solubles (solubilisation qui a pour effet de donner une texture coulante au caillé).

D'autre part, ayant réalisé un essai d'ensemencement de *Penicillium candidum* en boîtes de Pétri sur milieu au lait digéré à la papaïne (pH = 7,35) contenant respectivement des doses de MgCO<sub>3</sub> égales à 0,01 %, 0,05 % (0,03 % étant la dose moyenne de MgCO<sub>3</sub> contenue dans un fromage salé à 3 % de sel carbonaté à 1 %), nous avons obtenu les résultats suivants:

- Témoin pH = 7,35 ..... Croissance normale
- 0,01 % pH = 7,6 ..... Croissance très retardataire  
(seule la moitié des spores  
semble avoir germé)
- 0,05 % pH = 8 ..... Croissance très retardataire  
(seule la moitié des spores  
semble avoir germé)

Faut-il attribuer ce retard à la variabilité de 25/100° d'unité de pH dans le sens de l'alcalinité, ou bien à la présence d'ions Mg ++ dans le milieu? Dans ce dernier cas,

(1) Action du pH sur la croissance des moisissures utilisées dans la fabrication du Camembert. L'industrie laitière, octobre 1956.

nous allons à l'encontre de l'affirmation de JACQUET s'appuyant sur les travaux de RAULIN, BERTRAND et JAVILLIER, qui reconnaît un rôle utile aux ions  $Mg^{++}$ . Pour répondre à cette affirmation, il nous semble utile de préciser que la nature du sel n'est pas indifférente; en effet, RAULIN constate une augmentation de poids de ses récoltes grâce à l'addition à son milieu de *sulfate* de magnésie. D'autre part, JAVILLIER, réalisant une expérience avec un milieu contenant des quantités variées de *chlorure* de Mg, constata que ce sel restait sans effet sur le rendement. Au contraire, si l'on remplace le chlorure par du sulfate, le poids de la récolte est plus de cinq fois supérieur à celui du témoin. Ceci nous donne à penser que le  $Mg^{++}$  sous forme de chlorure ne joue aucun rôle utile au développement des *Penicillia*. Que penser du  $Mg^{++}$  sous forme de carbonate si toutefois cette forme demeure au sein d'un fromage?

Nous constatons d'autre part que le carbonate de Magnésium utilisé par RAULIN dans la composition de son milieu de culture pour l'étude d'*Aspergillus niger* est depuis longtemps déjà remplacé par le sulfate de Mg dans la composition de milieux plus récents fréquemment employés pour la culture des moisissures (entre autres le milieu de CZAPECK et le milieu de NIELSEN et HARTELIUS employés pour nos cultures de *Penicillium*).

Rappelons enfin le rôle inhibiteur du  $CO_2$  démontré par GOLDING travaillant sur *Penicillium roqueforti*.

Parvenu à la fin de notre travail, nous constatons que de multiples problèmes restent à résoudre. Le fromage, produit extrêmement complexe en raison de sa composition et des transformations de nature microbienne et enzymatique auxquelles il est continuellement soumis, est d'une étude longue et difficile. Nous nous sommes surtout attaché, pour notre part, à la recherche de solutions susceptibles d'application immédiate pour l'Industrie.

Puissent nos résultats se justifier sur le plan technique et commercial: ce serait notre meilleure récompense.

BIBLIOGRAPHIE

1905. ARTHAUD-BERTET. — Sur l'Oidium lactis et la maturation des crèmes et des fromages. *C. R. A. Sc.*
1900. BAUVERIE. — Etude sur le polymorphisme des Champignons. Influence du milieu. Paris.
1923. BOURGE (Ph.). — Les Penicilliums. *La Cellule*, **33**.
1933. CAPELLE (D.). — Action des solutions de  $SO_4Cu$  et  $SO_4Ca$  sur le développement de *Rhizopus nigricans* et de *Penicillium glaucum*. Thèse, Nancy.
1929. CÉSBRON (R.). — Influence de la réaction du milieu sur la germination des spores de quelques Mucorinées. Thèse Pharm., Paris.
1952. CHAMBERS (E.-G.). — Statistical Calculation for Beginers. Cambridge.
1940. CHEVALIER (R.), GUITONNEAU (G.). — Nouvelles techniques de préparation d'un milieu à base de lait digéré. Extrait *Ann. Technol. agric.*
1927. COUPIN. — Influence du Calcium sur le *Penicillium glaucum*. *C. R. A. Sc.*
- CRUISSELS (J.). — Nature et rôle de la production salinière française.
1952. DOS-SANTOS (I.), ROSELL (J.). — Methodos analíticos de Laboratorio lactologico. Editorial Labor.
1923. DUTHOIT. — De l'action sur différents microbes du  $NaCl$  9°/oo. *C. R. Soc. Biol.*, **89**.
1934. GOLDING (N.-S.). — Facteurs agissant sur la croissance de *Penicillium roqueforti* dans le fromage. *Iowa State Coll. J. Sc., Le Lait*, n° 158.
1938. GOLDING (N.-S.). — Les exigences en gaz des Moisissures. *Le Lait*, **18**.
1899. GUEGUEN (P.-P.). — Recherches sur les organismes mycéliens des solutions pharmaceutiques. Etudes biologiques sur le *Penicillium glaucum*. Thèse Pharm., Paris.
1900. GUILLERMOND (A.). — Etude sur le développement et la structure de l'Oidium lactis. *Rev. gén. Bota.*
1902. GUILLERMOND (A.). — Recherches cytologiques sur les levures et quelques moisissures à formes levures. Thèse, Paris.
1940. HARTELIUS (V.), NIELSEN (N.). — Zur Methodik der Wüchsstoff- Untersuchung mittel hefe. *C.R. Lab. Carlsberg, sér. Physiol.*, **23**, n° 5-6.
1947. HAUDUROY (P.). — Microbiologie générale et Technique microbiologique. Masson et Cie.
1945. ISMAIL MOHAMMED AYOUB. — Etude chimique des altérations du Cantal et du Bleu d'Auvergne. Thèse Pharma., Strasbourg.
1951. JACQUET (J.), NIEDERPRIM (P.). — Influence des impuretés du sel sur la fabrication du Camembert. *Bull. Soc. Chim. France*.
1938. JORGENSEN (H.). — Théorie, mesure et applications du pH. Dunod, Paris.
1942. LABOREY (F.). — Etudes expérimentales sur les courbes de poids d'*Aspergillus niger* en fonction de la composition du milieu nutritif. Fontenay-aux-Roses.
1911. LANGLAIS (M.-L.). — Contribution à l'étude de la flore fromagère. Thèse Pharma., Paris.
1895. LÉGER (M.). — Recherches sur la structure des Mucorinées. Thèse.
1949. L'HERITIER (Ph.). — Les méthodes statistiques dans l'expérimentation. C.N.R.S.
1924. LOUBIÈRE (A.). — Recherches sur quelques Mucédinées caséicoles. Thèse Sc. nat., Paris.
1942. LUTZ (L.-J.). — Traité de Cryptogamie. Masson et Cie. Paris.
1913. MAILLARD (M.-L.). — Action de la glycérine et des sucres sur les acides aminés et polypeptides. Thèse Pharma., Paris.
1931. MANCEAU (P.). — Influence de l'hydroquinone et de la phloroglucine sur le *Penicillium glaucum*. *C. R. Soc. Biol.*
1950. MAUBRUGE (L.). — Le Bassin salifère lorrain. Thèse, Strasbourg.

1905. MAZE (P.). — Sur *Oidium lactis* et la maturation de la crème et des fromages. *C. R. Ac. Sc.*
- 19105-1910. MAZE (P.). — Les Microbes dans l'Industrie fromagère. I - Les Moisissures. Technique fromagère, Théorie et Pratique. *Ann. Ins. Pasteur.*
1924. MENDELEEF. — Influence des ions Ca et des autres ions métalliques sur la croissance « in vitro ». *C. R. Soc. Biol.*
1955. MENDEZ (R.). — Etude de l'action du sel sur le développement du *Penicillium candidum*. *D.E.S. Biol., Nancy.*
1921. MOLLIARD (M.). — Influence du NaCl sur le développement du *Sterigmatocystis nigra*. *C.R. Ac. Sc., 172.*
1953. MOREAU (F.). — Les Champignons. *Encycl. mycol.*
1911. RAYBAUD. — Influence du milieu sur les Mucorinées. Thèse, Paris.
1915. ROBERT. — Recherches sur le rôle physiologique du Calcium chez les végétaux. Thèse, Paris.
1911. RUFZ de LAVISON (J.). — Recherches sur la pénétration des sels dans le protoplasme et sur la nature de leur action toxique. Extrait *Ann. Sc. nat. Botanique, 9<sup>e</sup> sér., 14.*
1930. SANSONETTI (F.). — Sur les flores microbiennes et fongiques du caillé du lait. *Le Lait, 10, n° 96-100.*
1904. STEFANOWSKA. — Sur la loi de variation de poids de *Penicillium glaucum* es fonction de l'âge. *C. R. Ac. Sc.*
1949. STOCKER (J.). — Le sel. Presses universitaires de France.
1927. TATTEVIN (L.). — Le sel et les microbes. Thèse Pharma., Nancy.
1875. VAN THIEGEHEM, LEMONNIER. — Recherches sur les Mucorinées. *Ann. Sc. nat.*
1886. VUILLEMIN. — Etudes biologiques sur les Champignons. *Bull. Soc. Sc., Nancy.*

## APPENDICE

### ORIGINE DES SELS COMMERCIAUX

#### *Procédés français de production*

Pour produire le sel, on utilise en France trois procédés:

1. — Un procédé agricole, consistant à cultiver le sel en provoquant l'évaporation de l'eau de mer sous l'action des facteurs naturels: soleil et vent. Les établissements qui pratiquent cette culture sont les salins ou marais salants. Le sel obtenu est le « sel marin ».

2. — Un procédé industriel, consistant à évaporer sous l'action d'une chaleur artificielle, des eaux saturées extraites du sous-sol. L'opération est conduite, soit à la pression atmosphérique dans des appareils classiques appelés poêles, soit sous un certain vide dans des appareils (Triple Effet). Les établissements qui procèdent à ce raffinage sont les « salines ignigènes ». Le sel obtenu est le « sel raffiné » ou « sel ignigène ».

3. — Un procédé minier et industriel, consistant à extraire en blocs qui pourront être ensuite broyés et traités, le sel gemme contenu dans le sous-sol. Cette extraction est effectuée dans les mines de sel gemme. L'un des traitements particuliers du sel gemme consiste à le fondre en vue d'en séparer les impuretés par densité.

Le produit obtenu est le « sel de flamme ».

Les principaux centres producteurs de sel en France sont, pour le sel de mer la côte méditerranéenne avec 700.000 tonnes par an, l'Ouest avec 40.000 tonnes.

Le sel ignigène et le sel gemme proviennent de Lorraine avec 350.000 tonnes, la Franche-Comté avec 60.000 tonnes et le Sud-Ouest avec 40.000 tonnes.

#### *Fabrication*

Le sel provient du sel de mer ou du sel ignigène.

Ce sel ignigène est obtenu à partir des saumures de sondage et du minerai de sel gemme. Par sondage, il existe quatre procédés qui donnent des sels gros: 6 h, 9 h, 12 h, 24 h.

La saumure est envoyée sur des poêles rectangulaires de 200 m<sup>2</sup> de surface chauffées par des foyers mécaniques recouvertes d'un manteau, chauffées à 90°. Le sel cristallise en surface. Les sels retirés des poêles, soit après 6 h (= sel 6 h séché), 9 h, 12 h, ou 24 h, sont stockés, égouttés, séchés, à 250°-300°, traités au MgCO<sub>3</sub> et conditionnés.

Le sel 9 h contient des impuretés: SO<sub>4</sub> Mg, SO<sub>4</sub> Na<sub>2</sub>.

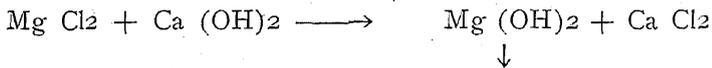
Les sels fins sont obtenus dans des poêles de 7 à 8 mètres de diamètre à la température d'ébullition de la saumure (108°). La saumure est agitée constamment, les cristaux de sel sont extraits dès leur formation.

L'évaporation peut être aussi effectuée dans des appareils modernes: triple-effet, et par thermo-compression (Escher-Wyss).

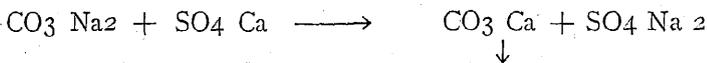
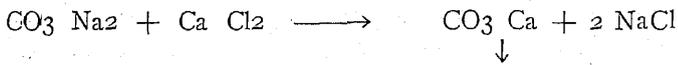
#### *Épuration des sels*

La purification se fait par essorage à l'eau douce, ce qui élimine le sulfate de Mg.

Une addition de chaux précipite les sels de magnésium sous forme de magnésie:



Une addition de carbonate de soude précipite les sels de calcium sous forme de carbonate de chaux.



Le sel épuré contient 99,8 à 99 % de chlorure de sodium et 0,2 à 1 % de sulfate de soude.

### *Sel de flamme*

Le sel de flamme est obtenu par fusion du sel gemme à 800° dans des fours rotatifs.

Les impuretés se séparent du sel par densité dans le lit de fusion. Le Mg est sublimé, le SO<sub>4</sub> Ca reste.

Les silicates à l'état pâteux se décantent et on coule la partie supérieure contenant du SO<sub>4</sub> Ca dans des lingotières. On retrouve dans le sel de flamme cristallisé de la chaux ayant servi au collage des sels de fer (elle reste dans le sel à l'état de Ca O) ainsi que du carbonate de soude et du sulfate de chaux (1 à 3 %).

Cette installation peut produire de 1.200 à 1.500 tonnes de sel de flamme par mois.

L'avantage de ce procédé est son rendement thermique. Alors que pour produire un kilogramme de sel on consomme dans une poêle rectangulaire 2.660 calories, dans un appareil à triple effet 1.500 calories, par contre, pour obtenir un kg de sel de flamme, il faut moins de 1.000 calories.

Ce procédé, inventé en France, n'est jusqu'à présent utilisé qu'en France où il n'existe qu'une seule installation.

PRODUITS CHIMIQUES AUTORISÉS DANS L'INDUSTRIE DU LAIT  
(sous certaines conditions)

*Désinfection du matériel:* Carbonates alcalins,  
Hypochlorite,  
Formol,  
Eau oxygénée.

Aucune trace d'antiseptique ne doit rester après rinçage.

*Eau:* Traitements habituels (javellisation, etc...).

*Lait:* Rien.

*Crème:* Alginate de soude: 0,5 % dans crème stérilisée avec mention sur étiquette.

*Beurres:* Acide borique 0,50 %. Beurre sans qualificatif (lettre du 5-5-1942).

Salpêtre et (en addition au sel utilisé

Sucre (art. 18, D. 23-3-1934.

Sel: libre jusqu'à 1 %; demi-sel de 1 à 5 %; salé de 5 à 10 %.

Bicarbonate de soude, à faire disparaître après lavage:  
Beurre rénové.

*Fromages:* Sels dissolvants et émulsionnants (acide tartrique - acide citrique - Cir. 113).

Rouge organol }  
Soudan IV } pour la croûte  
Paraffine }

Chlorure de Calcium

Nitrate de potassium

Carbonate de chaux

Carbonate de magnésie

Bicarbonate de soude mélangé au sel de saupoudrage

Cultures de ferments

Cultures de moisissures

Matières colorantes végétales

Aromates

Epices.

*Présure:* Sel }  
Acide salicylique } minimum pour conservation.  
Acide borique }

CONTRIBUTION A LA PALÉOGÉOGRAPHIE  
DES GRÈS A VOLTZIA  
DANS L'EST DU BASSIN DE PARIS\*

PAR

Pierre L. MAUBEUGE

---

Si l'on consulte les ouvrages classiques de géologie on constate qu'en Allemagne, la série des grès du Trias se termine par les formations gréseuse du « Röth » admises par tous les Auteurs comme l'équivalent stratigraphique des « Grès à *Voltzia* » du fossé rhénan et de la Lorraine. Ce « Röth » est une formation laguno-marine (dépôts de gypses et dolomies), mais où les influences marines sont très accusées et généralisées; c'est l'annonce des faciès marins du « Calcaire coquillier » du Trias.

En ce qui concerne le mode de dépôt des « Grès à *Voltzia* », un ouvrage classique comme le traité de GIGNOUX (4<sup>e</sup> édition) conclut que « les faciès ne sont plus ici franchement marins, comme dans le Röth de l'Allemagne centrale; car nous sommes loins du domaine d'influence des mers germaniques du Trias moyen... Toute cette série des grès à *Voltzia* est en effet laguno-lacustre; les couches fossilifères se sont déposées dans de petits cours d'eau qui devaient divaguer dans des plaines marécageuses, alimentés lors des rares pluies par des eaux douces continentales, et, pendant de longues périodes de sécheresse, par des apports des lagunes saumâtres, paysage composable à celui des plaines côtières actuelles de la Tunisie. Enfin, les lacs ou lagunes se sont étendus partout, déposant les « argiles-limites » (Grenzletten) par lesquelles se termine le Trias inférieur. En effet, les premières faunes franchement marines n'apparaissent que dans les bancs dolomitiques par lesquels débute le

\*Note présentée à la séance du 13 novembre 1958.

Muschelkalk inférieur ou Wellenkalk ». Ces conclusions sont établies surtout sur l'utilisation des résultats des notes préliminaires de L. GRAUVOGEL, notes que l'on verra ci-après.

Or, si l'on se donne la peine de dépouiller et de synthétiser les données de la littérature déjà publiée, on constate qu'un certain nombre de conclusions paléogéographiques sensiblement différentes a déjà été bien établi; pourtant ces travaux sont régulièrement passés sous silence on ne sait trop pourquoi. Enfin, sur la base d'observations personnelles poursuivies depuis une quinzaine d'années, bien que je n'aie jamais rien publié sur le Trias inférieur, je puis apporter des conclusions qui modifient sensiblement un schéma en passe de devenir classique. Par contre, je trouve ainsi confirmation d'une partie des conclusions des Auteurs négligés, appartenant essentiellement à l'école germanique.

On trouve ici le double exposé, d'analyse bibliographique, suivi de mes observations personnelles.

En 1837, HOGARD donne une liste déjà importante concernant la flore des Grès bigarrés; il cite aussi une riche faune de Lamellibranches, dont l'horizon n'a manifestement pas été distingué à sa place véritable, dans les « Grès coquilliers ».

Vraisemblablement, le premier travail de détail sur les formations nous intéressant est la monographie stratigraphique sur les belles carrières de Soultz-les-Bains, de VOLTZ, en plein massif vosgien, sur le versant alsacien (parue en 1836). Ces carrières d'ailleurs toujours visibles, si elles offrent une coupe très fraîche jusqu'au « Calcaire coquillier » inférieur, ne permettent plus les belles récoltes paléontologiques de jadis, étant abandonnées.. HERMAN VON MEYER donne parallèlement une petite monographie des ossements découverts dans ces formations gréseuses. Quelques points intéressants sont à relever dans le travail de VOLTZ. D'une part, il précise que le « Grès bigarré moyen », c'est-à-dire le « Grès à *Voltzia* » proprement dit, d'après ses explications, « n'offre plus guère de coquillages »; mais c'est là que se présentent les plantes fossiles et les Crustacés (p. 3). Plus loin (p. 7); il déclare d'autre part que, à

Soultz-les-Bains ont été trouvés dans le « Grès à *Voltzia* » (son « Grès bigarré moyen »): une mâchoire décrite par H. VON MEYER: *Odontosaurus Voltzi* H. v. M.; deux plaques de Sauriens ou Sauroïdes. Enfin (p. 7 et 8), VOLTZ expose bien qu'il a été trouvé des *Pecten discites* SCHL. et, uniquement dans les schistes argileux, des Myes. Cet Auteur précise encore que, à Soultz, il a été trouvé une seule fois des rares ossements au passage des Grès à *Voltzia* aux Grès bigarrés proprement dits (p. 3).

En 1844, SCHIMPER et MOUGEOT donnent une monumentale monographie paléontologique de la flore des « Grès à *Voltzia* », dans le massif vosgien. Il est clair qu'il s'agit d'une flore continentale. Les plus belles pièces sont récoltées dans les lits de schiste argileux des carrières alors activement exploitées. Quelques formes, sur lesquelles il serait bon de revenir un jour, sont classées comme des fructifications alors qu'elles devraient au moins être considérées comme des *Problematica*. On voit même déjà apparaître des pièces qui seront considérées comme des pontes de Poissons par des Auteurs plus récents (*Palaeoxyris* notamment).

Dès le début des études sur ces formations on voit donc signaler des formes terrestres et marines, les flores seules étant continentales, avec des Vertébrés plus ou moins côtiers.

BRONGNIART, dans son Histoire des Végétaux fossiles, décrit scientifiquement les plantes des Grès triasiques.

W.-P. SCHIMPER, en 1850, dans des notes fragmentaires, décrit et figure des formes fort intéressantes. Une Limule est trouvée dans les carrières de Grès bigarré près de Wasselonne (qui sont probablement celles aujourd'hui inaccessibles: carrières de la Papeterie). Cette belle pièce est une nouvelle espèce: *Limulites bronni* SCHIMPER. Des petits Phyllopodes: *Apudites antiquus* SCHIMPER, trouvés dans les feuillettes argileux des « Grès à *Voltzia* », avec des *Estheria alberti* VOLTZ (sous le nom de *Posidonomya minuta*, vraisemblablement), sont également figurés. Ces petites formes étaient connues depuis 1839 dans les Carrières de Soultz-les-Bains, d'où proviennent les types figurés. Enfin, une autre pièce pose un singulier problème. Toujours à Soultz-

les-Bains a été trouvé « dans une des assises supérieures qui renferment des empreintes de plantes et de *Natica gaillardoti* » un bien mauvais moule interne de Céphalopode unique à ce jour dans l'Est de la France. Ce *Hungarites?* paraît bel et bien avoir été trouvé dans le « Grès à *Voltzia* » proprement dit, et non dans les termes de base du « Calcaire coquillier ».

Ce même travail rapporte une curieuse trace de patte de Tortue (?) mal fossilisée, griffue, à 5 doigts inégaux. Des traces de gouttes de pluie sont également fossilisées sur la plaque. La pièce provient d'une carrière de Grès bigarré dans la vallée du Jaegerthal (Bas-Rhin); il est précisé qu'il s'agit d'un morceau de grès bigarré rouge. Or, il faut convenir que cette pièce, comme le signale G. DUBOIS (p. 101), serait le seul fossile provenant des Grès des Vosges proprement dits, et non des Grès bigarrés, « Grès à *Voltzia* » inclus. Je n'ai malheureusement pas pu examiner cette pièce, ignorant si elle existe encore, d'ailleurs. En lisant attentivement SCHIMPER, on voit qu'il y a ambiguïté et que le niveau stratigraphique peut être précisément au sommet des Grès du Trias et non dans le « Grès des Vosges ». Certes, le Jaegerthal, étant situé au N-E de Niederbronn, il n'y a là seulement que des « Grès des Vosges »; mais un peu à l'Est on trouve les « Grès à *Voltzia* »; et la localisation est assez imprécise. La réserve s'impose donc quant au niveau exact.

Dès 1858 aussi, on voit citer pour la première fois des pistes animales dans nos formations. DAUBRÉE décrit et figure dans les carrières de Saint-Valbert près de Luxeuil (Haute-Saône), aujourd'hui inabordables, deux magnifiques pièces. Il les rapporte comme des traces de pattes de *Chirotherium*, insistant sur le fait que les granulations de la peau ont laissé leur empreinte. Bien que le niveau stratigraphique ne soit pas précisé avec toute la rigueur voulue il est clair que les pièces ont été trouvées au contact du grès et de lits argileux, soit dans la masse même du « Grès à *Voltzia* », soit plus vraisemblablement vers sa partie supérieure. Ces crocodiliens me paraissent attribuables sans aucune difficulté au *Chirotherium barthi* KAUP. En se référant aux figures de SOERGEL (1925, textfig.), la Pl. I de DAUBRÉE

correspond à une patte antérieure; la Pl. 2, représente une pièce magnifique, attribuable à la patte postérieure. Des griffures, traces d'ongles, sont bien visibles sur les deux dalles. Il est hors de doute que l'on a affaire là à un fond fossile, dans une zone littorale, émergée.

Une remarque intéressante est formulée par DAUBRÉE, relativement aux conditions de fossilisation des « Grès à *Voltzia* », et par conséquent de leur mode de dépôt éventuel. Pour cet auteur la rareté d'ossements de Vertébrés dans des niveaux où leurs traces sont pourtant décelables, s'explique par le fait que « les réactions qui ont produit les teintes rouges si ordinaires dans le terrain du Grès bigarré des deux hémisphères, paraissent avoir eu pour résultat habituel de dissoudre ou de décomposer le carbonate de chaux qui pouvait s'y trouver. C'est ainsi que dans les rares localités des contrées rhénanes où ce terrain renferme des indices de Mollusques, les tests ont en général disparu: il n'en reste que des moules. Si l'on trouve quelques débris d'ossements comme à Soultz-les-Bains, c'est tout à fait accidentellement, et dans certaines couches qui ne sont pas colorées en rouge vif ». DAUBRÉE termine en insistant sur le caractère exceptionnel des conditions pouvant permettre l'enfouissement et la fossilisation des Vertébrés par ailleurs terrestres.

Voici donc déjà posé le principe de l'existence de fossiles marins, dont les coquilles ne sont qu'exceptionnellement fossilisées; et le problème est encore plus évident pour des restes osseux.

En 1858 ETALLON décrit et figure des Crustacés fossiles trouvés dans les feuillets argileux des « Grès à *Voltzia* » du Mont Marrot près de Breuche-les-Luxeuil, Haute-Saône, dans l'aire sédimentaire lorraine.

Des travaux plutôt axés sur la stratigraphie pure, ne s'arrêtant pas à la paléogéographie et à l'analyse paléontologique, sont néanmoins très importants car ils posent les fondements de la stratigraphie des grès triasiques. Il s'agit de notes assez rapprochées dans le temps, émanant surtout des Auteurs allemands: LEPSIUS (1875), BENECKE (1877, puis 1886). En 1905 BENECKE reviendra sur les divisions

des « Grès bigarrés » dans le Haardt, zone septentrionale des Vosges. Toutefois dès 1864, Ch.-E. WEISS avait esquissé une analyse de la paléobotanique des « Grès à *Voltzia* » pour la région s'étendant entre la Sarre inférieure et le Rhin.

En 1883, BRACONNIER, dans des descriptions assez sommaires prend nettement position sur les conditions de dépôt du Grès bigarré (« Grès bigarrés » sens strict et « Grès à *Voltzia* »). Pour lui (p. 110) « le Grès bigarré se distingue du Grès vosgien par la finesse de ses grains de quartz, l'abondance du ciment argileux, les grains feldspathiques en décomposition et le mica; il s'y ajoute l'absence de graviers et galets ». Il contient des traces souvent extrêmement nombreuses de fossiles marins; par conséquent, il a été déposé sous la mer. Son nom lui vient du mélange varié de couleurs que présentent la plupart de ses assises en un point donné. Plus loin (p. 115) BRACONNIER ajoute que la présence de dolomie dans les bancs supérieurs est une preuve que, lors du dépôt de ces bancs, « le sol du département faisait partie d'un golfe ne communiquant avec la mer que par une étroite ouverture »; le détail est discutable. Mais la coupe synthétique des environs de Cirey-sur-Vezouse, en plein dans les Grès bigarrés proprement dits, à leur base, il cite une lumachelle à « *Venus nuda* »; il est possible, et vraisemblable, puisque les détails de localisation ne sont pas donnés, que cette observation de Lamellibranches marins ait été faite dans les « Grès à *Voltzia* », d'autant que la suite de la coupe cite des schistes verts et la flore de ce niveau. Plus loin, BRACONNIER cite encore que l'on trouve « assez souvent des empreintes de fossiles, tels que la *Trigonia vulgaris* (pour *Myophoria*) et la *Natica gaillardoti*, et des trémies de sel gemme ». Faute de précisions il est possible que ces trouvailles concernent aussi bien les « Grès à *Voltzia* » que les « Grès de Ruaux » considérés comme la base du « Calcaire coquillier ».

BLEICHER, dans son Guide du Géologue en Lorraine, n'apportera que des données générales, signalant des affleurements à visiter. Certains de ceux-ci sont d'ailleurs déjà cités dans le vénérable ouvrage de HOGARD (1837), aux descriptions lithologiques précises, à la Paléontologie un peu som-

maire (notons cependant que, p. 225, HOGARD signale déjà dans la région du Val-d'Ajol, près d'Aydoilles, des coquilles en plein dans le « Grès à *Voltzia* ». C'est probablement BLEICHER qui, le premier a employé le terme de grès bigarré fossilifère de Ruaux, lequel allait passer dans la littérature comme terme lithologique, sous le nom de « Grès de Ruaux ». Citant les horizons de grès dolomitiques fossilifères qui couronnent le « Grès à *Voltzia* », BLEICHER est tenté de les synchroniser (région de Badonviller) avec le niveau de Ruaux; il avoue toutefois être incapable d'affirmer avec preuves à l'appui qu'il s'agit déjà des « Grès coquilliers » (« *Muschelsandstein* ») de la base du « Calcaire coquillier » des Auteurs allemands.

Pendant ce temps, des monographies allemandes ont en effet vu le jour concernant la région vosgienne et les confins lorrains.

Mais c'est un travail généralement négligé, de LIÉTARD, qui en 1888 va poser certains problèmes et apparemment les résoudre, et il convient de lui rendre le mérite qui lui est dû.

LIÉTARD déclare n'avoir rencontré nulle part, à la base des « Grès bigarrés » les couches à « *Venus nuda* » (?) signalée près de Cirey par BRACONNIER. On vient de voir déjà que penser de cette citation de faune. Il rappelle que BENECKE, après WEISS, a proposé de ranger le « Grès coquillier » dans le « *Wellenkalk* ». « Le Grès bigarré est incontestablement un dépôt marin, c'est là un fait admis depuis longtemps, que toutes les observations possibles prouvent avec la plus grande évidence ». On ne peut être plus affirmatif. Mais, à juste titre, LIÉTARD s'étonne, alors que les plantes sont si bien conservées, qu'il n'y a pas de trace de fossiles marins: ils ne se sont pas fossilisés, ou bien il n'y en avait pas, conclut-il. C'est d'ailleurs étrange dans ce dernier cas, si la série est marine comme il le pense!

Analysant les descriptions de VOLTZ, l'Auteur conclut que, à Sultz, il est impossible de tracer une limite entre le « Grès bigarré » et le « Grès coquillier »: il y a transition. Pour LIÉTARD, il y a déjà les fossiles du « Grès coquillier » (« *Wellenkalk* »), base du « *Muschelkalk* », dans le som-

met du « Grès à *Voltzia* » sens strict, à cause de l'abondance des végétaux dans le premier niveau coquillier.

Une carrière du plateau entre Plombières et le Val-d'Ajol, dans une lentille d'argile, a livré pourtant à LIÉTARD des plaques de grès à coquilles roulées: *Myophoria vulgaris*, *Natica Gaillardoti*, *Gervilleia socialis*; or, il y avait là encore 8 mètres de « Grès à *Voltzia* », bel et bien au-dessus. Pour toutes ces raisons il rattache le « Grès de Ruaux » au « Grès à *Voltzia* » et non au « Muschelkalk »; la faune de Mollusques ayant fait une apparition lente, existe déjà dans les grès.

Revisant la faune des « Grès de Ruaux », c'est-à-dire des niveaux coquilliers se trouvant au sommet des grès exploités autour de Ruaux, cet Auteur cite, avec les synonymies:

*Anoplophora fassaensis* ALBERTI; *A. musculoïdes* ALB.; *Chemnitzia scalata* D'ORB.; *Gervilleia costata* QU.; *G. mytiloïdes* SEEBACH; *G. socialis* WISSMANN; *G. subcostata* CREDNER; *Hinnites schlotheimia* ALBERTI; *Hollopela obsoleta* HOERNES; *Lima lineata* DESHAYE; *L. radiata* GOLDFUSS; *L. striata* DESH.; *Lucina schmidti* GEINITZ; (?) *Modiola recta* VOLTZ; *M. triquetra* SEEB.; *Myoconcha gastrochaena* ALB.; *Myophoria cardissoïdes* ALB.; *M. elegans* DUNKER; *M. vulgaris* BRONN; *M. laevigata* BRONN; *Natica gaillardoti* LEFROY; *Ostrea crista-diformis* SCHL.; *O. decemcostata* MÜNSTER; *Pecten discites* BRONN; *Pleuromya elongata* AGASSIZ; *Thracia mactroïdes* SCHLOTH.; *Coenothyris vulgaris* SCHL.; *Trochus albertii*; *Cardinia agassizii* DESHAYES.

C'est une faune connue antérieurement dans les niveaux de base du « Calcaire coquillier » proprement dit.

LIÉTARD précise que, « dans une grande partie de son épaisseur, le Grès bigarré se présente comme une formation littorale; les empreintes de gouttes de pluie, les taces de pas de *Nothosaurus*, la parfaite conservation des débris végétaux montrant nettement que ce terrain a dû être déposé dans une mer peu profonde »... « On est amené à conclure que la mer dans laquelle se déposaient les Grès bigarrés

semble s'être approfondie ». Le Grès des Vosges est un étage totalement distinct des « Grès bigarrés ».

Le fait important est que LIÉTARD est le premier auteur à démontrer de façon aussi indiscutable la présence de niveaux à coquilles marines en plein dans les « Grès à *Voltzia* » certains; de ses considérations pas toujours très concises, il ressort donc que le « Grès de Ruaux » n'est qu'un accident fossilifère, lumachellique au sommet des « Grès à *Voltzia* »; il ne peut donc pas être considéré comme un terme stratigraphique distinct: ce serait au plus un faciès; en tout cas il ne peut être synchronisé avec le « Muschelsandstein ». Certaines de ses conclusions paléogéographiques, mis à part l'approfondissement de la mer, paraissent rigoureuses.

Après ce travail qui fait transition avec les travaux que l'on peut considérer comme plus contemporains, une période d'arrêt dans les investigations va se produire. Mais c'est l'école allemande, qui, avec une série de notes presque toutes régulièrement oubliées par les travaux français ultérieurs, va apporter des précisions valables aux confins lorrains, et qu'il faudra bien intégrer dans une synthèse.

DEECKE, en 1889, décrira un assez bel échantillon de Poisson provenant de Wasselone, trouvé extraordinairement dans les « Couches intermédiaires », habituellement dépourvues de fossiles. C'est le type de *Semionotus alsaticus*.

FLICHE, de 1905 à 1910, traitant de la Flore fossile du Trias en Lorraine, aura l'occasion de fournir maintes données importantes concernant les « Grès à *Voltzia* ».

En 1914, BILL traite des Crustacés des « Grès à *Voltzia* » d'Alsace, et c'est pour lui l'occasion de faire un historique de la question. A plus d'un titre ce travail est important pour la paléobiologie de l'horizon; il est simplement étonnant qu'il ait fallu presque un demi-siècle pour que quelqu'un songe à reprendre des recherches systématiques sur les traces de cet Auteur, recherches de pure collection il est vrai.

BILL rappelle que dès 1834 H. VON MEYER décrivait deux Crustacés: *Gebia obscura* et *Galathea Audax* des « Grès à *Voltzia* » de la carrière royale de Soultz-les-Bains. En 1840 ce même Auteur signale encore des Crustacés du

même endroit. Mise à part la trouvaille d'ÉTALLON, on n'aura plus à ajouter que quelques débris de Crustacés trouvés précisément à Wasselone dans la carrière de la papeterie (aujourd'hui disparue). Exploitant ces découvertes sporadiques, BILL suivait les travaux de Wasselone et recueillait par un hasard heureux plus d'une cinquantaine de restes de Crustacés dans les niveaux argileux. (KESSLER faisait des découvertes analogues dans la région de Sarrebrück). L'Auteur signale que, en Alsace, les niveaux à Crustacés lui sont apparus dans les lentilles argileuses des 10 m du sommet du Grès à Plantes. Les argiles rouges et micacées sont exemptes de Crustacés. Des trouvailles de pistes de Crustacés (figurées) ont été faites sur une dalle gréseuse, et un niveau gréseux et argileux a donné exceptionnellement des *Schimperella* à Gottenhouse. KESSLER signale que la moitié du complexe argilo-gréseux est plus riche en telles pièces.

Notons bien que BILL signale expressément avoir trouvé à Wasselone, avec de nombreux restes de Plantes (*Voltzia heterophylla*, *Neuropteris*, — et selon KESSLER: *Doleropteris*); les représentants des Crustacés: *Clytiopsis*, *Schimperella*, *Estheria*, et un Xiphosure: *Limulus Bronni* (figuré également). Je renvoie aux descriptions paléontologiques de cet Auteur pour l'aperçu sur les représentants trouvés, appartenant aux Décapodes, Schizopodes, Syncarides, Phyllo-podes. Ajoutons cependant que, à Wasselone, une lentille argileuse lui a livré à côté de Décapodes, une coquille de Lamellibranche à allure d'*Unio* (probablement une *Anoplophora*) avec des restes de *Voltzia*. Des larves d'Insectes, rapportables selon HANDLIRSCH à des Ephéméroïdes, ont été trouvées par BILL dans le biotope précédent. A Soultzles-Bains il est signalé dans le biotope: *Estheria*, *Myophoria*, *Lingula*, restes de Poissons, *Voltzia* et *Schizoneura*: voici donc des Végétaux terrestres, Crustacés, Lamellibranches et Brachiopodes côte à côte, plus les Poissons. Des *Clytiopsis* sont également signalés. A Gresswiller, des Décapodes sont signalés avec une *Limulus* et de nombreuses *Estheria*, plus les *Lingula* et les Plantes. Au-dessus de ce niveau, un autre livre *Penaeus*, *Schimperella*, des Lamellibranches:

*Gervilleia murchisoni*, *Pecten discites*, des *Estheria*. BILL signale ainsi que les niveaux criblés d'*Estheria* sont plutôt pauvres en autres organismes à l'exception des *Schimperella*.

A juste titre BILL insiste sur la conservation, dans des cas exceptionnels, des œufs d'*Estheria*, chez ce petit Phyllopode.

En note finale, malheureusement sans figurations BILL pouvait apporter quelques précisions complémentaires. Trois exemplaires de Limules: *Halicynne*, étaient recueillis à Westhofen et deux à Greswiller. Enfin; un Isopode était encore recueilli à Wasselone: *Anhelkacephalon handlirschi*, N.G., N. Sp.; malheureusement, à ma connaissance, il n'a jamais été décrit. Une espèce voisine, ou une forme jeune, de *Schimperella* a encore été trouvée, ainsi que, toujours à Wasselone, un Poisson du groupe des Belonorhynchides, lequel sera figuré plus tard par FIRTON.

Ainsi donc, il y a presque un demi-siècle le biotope des « Grès à *Voltsia* » était parfaitement précisé par une riche faune signalée; bien des pièces ordinairement rares, étaient déjà signalées.

Il faut bien préciser que tous les fossiles ne sont pas de grande taille, et qu'une exploration méthodique des gisements est nécessaire pour les trouver. Il suffit de considérer la fig. 2, Pl. XIII de BILL pour voir la taille vraiment tenue de sa *Schimperella*, en grandeur naturelle, à côté d'*Estheria*, déjà pas très grandes!

Il est clair qu'il ne paraît pas y avoir de séparations nettes des formes dans certains niveaux, et que la répartition est sporadique: une exploration d'un nombre accru de lentilles argileuses aurait comblé les hétérogénéités d'associations, puisque celles-ci varient selon les localités et semblent liées au « hasard ».

En 1914 également, HANDLIRSCH fait connaître un curieux Archicopéode *Euthycarcinus kessleri*, récolté dans le « Grès à *Voltsia* » de Bischmisheim près de Sarrebrück.

En 1925 F. KRAUS expose ses observations vieilles d'une dizaine d'années comme Kriegsgeologue, donnant une coupe des carrières de Bréménil, au S. de Cirey-sur-Vezouse, au-

jourd'hui abandonnées et difficilement étudiables. Pour celle la plus à l'Est, dans le groupe d'exploitations situées au N.W. de l'église, en bordure de la route de Neuwiller, on peut relever ceci. (P. 108 et fig. II, Pl. IV.) Dans le grès à Plantes avec *Equisetum*, à 2 m 30 sous le grès lumachellique de base du « Calcaire coquillier », des *Gervilleia* et *Myophoria vulgaris* ont été trouvées. Le fait ne semble pas avoir frappé outre mesure l'Auteur.

En 1927 paraît un travail fondamental, d'esprit moderne, qui, bien que concernant la Sarre, a au moins une partie de ses conclusions applicables au Trias inférieur lorrain. Cet ouvrage sera systématiquement ignoré par les Auteurs français.

Dans sa synthèse, STAESCHE attribue 15 à 20 m au « Grès à *Voltzia* » en Sarre. Le pied de l'horizon est argileux sur 1 m 75 mais cette passée manque souvent. Il vient ensuite de 4 à 8 m de grès en petits bancs offrant des variations latérales et verticales dans le dépôt. Seulement alors vient en haut le grès à Plantes typiques, sur 11 mètres. Aux environs de Zweibrück, il n'y a pas les « Argiles-limites » au sommet du « Grès à *Voltzia* » ; mais à l'Est de cette localité apparaissent de 3 à 5 m d'argiles rouges avec grès. Des coupes détaillées d'affleurements classiques (dont certains sont toujours partiellement visibles) sont données : carrières de Saint-Barbara, de Fechingen, de Saarfels.

En ce qui concerne la paléontologie, les fossiles trouvés jusqu'ici, conclut STAESCHE, proviennent des grès ou des dolomies, mais aussi des argiles, où on trouve les *Lingula*, *Estheria* et des autres Crustacés. Les *Estheria* se voient même avec des Plantes dans les argiles vertes au voisinage des grès à bâtir. L'Auteur rappelle que KESSLER a trouvé au Wintenberg, à la carrière Melchior près de Sarrebrück, des *Lingula* et des *Myophoria* ensemble dans les argiles sableuses, nettement sous les « Argiles-limites ». Dans la grande carrière de Bischmisheim, près de Grumbachtal, des *Lingula* sporadiques ont été recueillies à plusieurs niveaux distincts. A la base des 15 m inférieurs, sur le grès, des *Estheria* ont été trouvées dans l'argile verte. Juste dessus a été observé un banc de dolomie bréchiqye jaune à nombreuses

*Lingula*. Sur les 3-5 m de grès à bâtir, barrant obliquement le grès, existe une argile rouge criblée de *Lingula* et coquilles indéterminables. Vers le haut de la carrière il y a encore un banc de 0,40 de dolomie fossilifère; 1 m de grès sépare ce banc des argiles rouges « Argiles-limites » sous lesquelles un niveau d'argile verte, parfois sableuse est criblé de *Lingula*.

Gastropodes et Lamellibranches sont bien plus rares. Une faune marine typique a été trouvée à 6 m sous la limite du « Grès coquillier » et dans les couches terminales des grès. Déjà SCHUMACHER (Explication de la feuille de Volmunster) a signalé, région de Volmunster, donc bien en Lorraine, à 12 m sous le « Grès coquillier » (en plein dans le grès à Plantes!) et dans les derniers mètres de l'horizon, des petits exemplaires de *Natica gaillardoti*, *Gervilleia costata* et *G. socialis*; *Pleurotomaria albertiana*, et *Myophoria vulgaris*.

STAESCHE conclut que, rive gauche du Rhin, on peut reconnaître 3 niveaux principaux à fossiles marins dans le « Grès à *Volztzia* ». Le plus inférieur, connu seulement près de Volmunster, est à 12 m; le moyen, dolomitique, a été largement suivi (Bischnisheim, banc à Crinoïdes inférieur de Fechingen, Saarfels): il est à 6-7 m; finalement, le plus élevé est juste sous les « Argiles-limites ».

Voici donc clairement établie, y compris en Lorraine, la présence de fossiles marins dans les « Grès à *Volztzia* », si riches en Plantes terrestres dans les grès eux-mêmes; les échantillons les mieux conservés sont évidemment dans les lentilles argileuses, comme le démontre le mémoire de SCHIMPER et MOUGEOT. La coexistence de Lamellibranches marins avec les *Lingula* est établie, et la présence de niveaux fossilifères marins est démontrée dans les grès colorés en rouge eux-mêmes.

En 1928 paraît un travail mémorable et fondamental, celui de Martin SCHMIDT; dans cette sorte de dictionnaire, après une synthèse stratigraphique sur le Trias allemand, est fournie une analyse paléontologique exhaustive, unique en son genre en Europe, pour les différents étages géologiques. En effet SCHMIDT fournit un court commentaire et un dessin des figures originales de toutes les formes trouvées

jusque 1928 dans le Trias germanique; l'Auteur ayant pensé devoir considérer encore comme terres allemandes les provinces d'Alsace et de Lorraine, des données concernant directement nos régions se trouvent synthétisées dans cet ouvrage magistral. (Le supplément paru ultérieurement concerne uniquement des trouvailles de Vertébrés en Allemagne proprement dite.)

CORROY, en 1928, fournit une étude axée essentiellement sur les Vertébrés du Trias de Lorraine; une description stratigraphique très sommaire est jointe. Le fait intéressant, dans un rappel de la flore et faunule, est un élément nouveau: un Poisson est décrit dans les « Grès à *Voltzia* ». C'est un *Colobodus praemaximus* CORROY, trouvé dans les carrières, vraisemblablement des faubourgs méridionaux de Baccarat (Saint-Christophe) et remis à NICKLÈS. Ce Poisson ganoïde ne semble pas conservé dans une lentille argileuse, mais dans le grès lui-même puisqu'il s'agit d'un moulage gréseux, si mes souvenirs sont encore bons. C'est une assez grande pièce de 28,5 cm de longueur, incomplète malheureusement. Cette taille et ce mode de fossilisation sont remarquables.

En 1934, dans le Pfalz, il est vrai, VOELCKER décrit des terriers d'Annélides dans le « Grès bigarré (inférieur?) ». Des galeries d'*Arenicola* actuelles sont figurées, très voisines de celles de son *Arenicoloides*. Il est probable que le contre-moulage des galeries figurées, galeries ornées de stries transversales, donnerait des pièces analogues aux fameuses « baguettes » de BUVIGNIER, si fréquentes en position horizontale dans les calcaires argovoraauraciens de la Meuse. (J'ai figuré ces pièces, un moment présumées comme des Algues.)

La même année, dans son bon travail stratigraphique, A. SCHAD, fait remarquer plus spécialement (p. 6) que les *Estheria* sont sans signification paléogéographique: ces animaux supportent de grandes variations de salinité et le vent est capable de les propager à l'intérieur de la côte, d'ailleurs. L'Auteur signale que les bancs fossilifères sont le plus souvent dans les grès dolomitiques. SCHAD admet nettement des

incursions marines dans une étendue d'eau douce, pour expliquer les faunes de Lamellibranches marins, dont il signale les trouvailles, notamment dans la région même de Phalsbourg. Enfin, il insiste sur la difficulté de tracer une limite précise entre « Grès à *Voltsia* » et le « Wellengebirge ».

En 1935, FORCHE, dans un fort beau travail concernant le Trias inférieur autour des Vosges, travail émanant d'un Auteur allemand, et paru en Allemagne, apporta de nombreuses vues intéressantes et des précisions, notamment avec des cartes à isopaques.

Cet Auteur (p. 36) rappelle que dans les carrières de Badonviller le « Grès à *Voltsia* » a livré des Plantes continentales conjointement avec des fossiles marins. On connaît cela depuis la publication de KRAUS (1925). FORCHE souligne que des couches marines sont identifiées depuis longtemps dans les « Grès à *Voltsia* », et que SCHAD, — on l'a vu d'ailleurs, — en a fait un rappel en 1934 (p. 7-8). FORCHE conteste que ces niveaux marins se classent en trois horizons constants. Près de Badonviller, dans les carrières de La Voûte, FORCHE a récolté des fossiles marins à 10 m sous le contact « Calcaire coquillier »-« Grès bigarrés »; dans un petit banc dolomitique il a recueilli des *Myophoria*, *Gervilleia*, mêlées à de nombreux débris de Plantes terrestres remaniées. Près de Darney, au Sud des Vosges, il a trouvé dans une carrière, à 2 m 50 sous les « Argiles-limites » un niveau à *Myophoria* et *Gervilleia*. Comme il y a de nombreuses carrières autour de Phalsbourg et de Badonviller et que l'on ne peut pas retrouver ces niveaux lamellibranchiens de façon continue, FORCHE se croit autorisé à conclure que la zone de sédimentation du « Grès à *Voltsia* » était de façon intermittente le domaine des incursions marines. La tranche d'eau étant très peu épaisse, précise-t-il. Cet Auteur fait remarquer que le sable contient peu de matière organique car il est rarement coloré; il est exceptionnel que ce sable stérile contienne des inclusions fossilifères. Pour cet Auteur, enfin, il existe des glissements subaquatiques dans le « Grès à *Voltsia* ».

C'est d'ailleurs, sur ces considérations, le moment d'ouvrir une parenthèse; les Auteurs allemands considèrent en

effet que le Röth du Schwarzwald et du SW de l'Allemagne laisse voir des indices de sédimentation laguno-marine. Or il est l'équivalent des « Grès à *Voltzia* ». FORCHE aboutirait à cette même conclusion pour la région lorraine.

Nous arrivons alors à une série de travaux concernant la région sarroise, avec des affleurements touchant parfois la frontière lorraine. Ces publications sont dues à RÜCKLIN. Un premier opuscule, de 1934, traite des traces d'Annélides dans les « Grès à *Voltzia* » de la Sarre. Des terriers de Vers sont décrits et figurés, les pièces étant observées au sommet de l'horizon cité. Certains sont verticaux, d'autres sont en U contournés. (Et à Saint-Barbara, notamment, j'ai d'ailleurs trouvé encore aisément de telles pièces.) Des rippelmarken et des traces de *Corophioides* ont été découvertes également. Ayant suivi ces niveaux, véritables horizons taraudés, donc surfaces d'émersion, sur plus de 17 km, RÜCKLIN insiste sur les découvertes de STAESCHE (appelées par SCHAD), lesquelles prouvent que les premiers indices marins ne sont pas dans le « Calcaire coquillier inférieur », mais bel et bien déjà au sommet des « Grès à *Voltzia* ».

Du point de vue paléogéographique, l'Auteur conclut qu'il s'agit d'une zone de formation comparable aux « Watten » actuels, soit exactement une zone littorale.

En 1937, de nouvelles découvertes seront encore rapportées. Un terrier écroulé (galerie subhorizontale) voisinant avec des pistes tridactyles, et même surchargé par des empreintes de pattes, est figuré dans ces grès sarrois. Toujours dans les grès à Plantes, une piste de Gastropode suivie sur plus de 10 cm est figurée. (Un peu plus haut stratigraphiquement, dans les niveaux de base du « Calcaire coquillier », des pistes d'Amphipode (?) sont décrites, voisinant avec des traces reptiliennes.)

RÜCKLIN avait, en 1936, dans un autre article (Decheniana) décrit les curieuses pistes reptiliennes observées toujours dans la partie supérieure du grès à Plantes, dans les grandes carrières de Saint-Barbara. La coupe stratigraphique détaillée des affleurements est fournie. Des pistes de *Chirotherium* sont décrites à Oberlimberg; à Saint-Barbara

des sortes de griffures (*problematicum*), ont été observées. Au même endroit, de nombreuses petites pistes tridactyles courtes et trapues, on encore longuement griffues, sont figurées et décrites en détail. Depuis la note de DAUBRÉE, c'est la première fois que l'on signale des pistes aussi intéressantes dans la formation.

Une note de synthèse paléogéographique, de 1953, apportera encore les vues de cet Auteur, sur les couches de jonction du « Grès bigarré » et du « Calcaire coquillier », en Sarre. Revenant sur la zone littorale, des « Watten », c'est-à-dire la marge d'incursion des flots, temporairement exondée lors du mouvement des eaux, RÜCKLIN imagine le même milieu, pour le niveau considéré. Ceci avec beaucoup de vraisemblance, il faut en convenir. L'Auteur insiste sur les fines stratifications entrecroisées dans les grès, les dépôts irréguliers, les traces nettes de glissements subaquatiques, de masses soufflées, des structures boudinées, des structures dues à des chocs, etc... ; ceci est comparé étroitement avec ce qui est connu dans les zones littorales sableuses contemporaines. On peut encore très bien étudier les couches de base du « Calcaire coquillier », notamment dans les carrières de Buren, au bord de la Nied, en Sarre ; les curieuses pistes de glissements s'y trouvent encore avec abondance malgré l'abandon des carrières. La série observable partout où RÜCKLIN l'a décrite évoque bien en effet des formations littorales. Il est curieux de noter d'ailleurs que ces faciès s'atténuent vers la Lorraine, en sondages comme aux affleurements ; et la zone sarroise étudiée a donc des particularités paléogéographiques propres (influences littorales plus fortes).

Il n'est pas sans intérêt, vu qu'il s'agit d'une région relativement peu éloignée, de noter qu'en 1935, TRUSHEIM a signalé une petite empreinte de *Clavicula* de *Capitosaurus* et une plaque de *Labyrinthodonte* dans les « Grès bigarrés » du Spessart. La localisation stratigraphique serait dans le Sm2 ou « Grès bigarré principal » ; mais comme la trouvaille a été faite à 170 m au-dessus de la limite Sm1-Sm2, l'Auteur pense qu'il faut plutôt conclure que l'on est déjà dans le niveau Sm3. D'ailleurs en 1920, REIS a déjà parlé de très

rare pistes reptiliennes et de non moins rares restes de Stégocéphales dans la région de Würzburg (Main-Frankens).

(Il n'est pas non plus sans grand intérêt, de noter, bien qu'il s'agisse d'un niveau plus ancien, que K. KÖRNER a signalé en 1934 des restes de Laryrinthodonte dans le « Hauptconglomérat » de Heidelberg; jamais on n'a fait de trouvailles paléontologiques à ce niveau du côté lorrain ou alsacien.)

FLÖHN, en 1937, étudie la paléogéographie et paléoclimatologie des « Grès bigarrés », dans le Grand-Duché de Luxembourg. Bien que cette étude concerne plus spécialement les « Grès bigarrés » proprement dits, il est intéressant de rappeler les conditions du climat juste avant le dépôt des « Grès à *Voltzia* ». L'Auteur rappelle que, si les cours d'eau actuels et les cours diluviaux produisent des galets de formes plates arrondies, il n'a pas dû en être très différemment à l'époque des « Grès bigarrés » au climat continental chaud et assez excessif. Des oppositions saisonnières probablement accentuées devaient exister dans la distribution des précipitations.

La sélection primaire et la formation des galets des « Grès bigarrés » est impossible par voie fluviale, selon les observations contemporaines. Sous un climat sec les successions épisodiques de couches (séquences de niveaux minces), avec intercalations de périodes sèches, et déplacements éoliens des dépôts, donnent un produit de sédimentation totalement différent du « Grand-conglomérat ». L'origine locale des galets des « Grès bigarrés » milite toutefois contre l'idée que le déferlement de la mer aurait transformé des dépôts initialement fluviaux.

Pour FLÖHN, l'explication la plus simple des faits observés, consiste à se représenter une côte abrupte avec action énergique des vagues, d'une partie de la mer (probablement resserrée), sur la bande sèche de la terre ferme; les galets transportés çà et là par les eaux se déposent ainsi sur les grèves par suite d'une érosion rapide et seraient, pendant les périodes sèches (reflux?) recouverts par les sables. Ainsi, l'Auteur se représente le conglomérat basal des « Grès bigarrés », sur la bordure Sud de l'Oesling, comme un conglomérat d'éro-

sion qui se serait déposé sur une plateforme littorale par arrachement des alluvions. VAN WERWECKE parlait déjà à ce propos de galets côtiers.

Si, d'une part, les conclusions de FLÖHN, pas toujours très nettes, s'appliquent surtout aux faciès côtiers de la zone luxembourgeoise, il est intéressant de noter qu'un climat continental chaud et excessif, avec précipitations variables à l'origine de l'érosion, est mis en cause. On aurait ainsi l'explication du caractère à peu près azoïque de ces niveaux. Mais il ne faut pas oublier que le « Conglomérat principal » par exemple, avec son extension énorme, sa puissance considérable, implique bien un mouvement tectonique à l'origine de la phase d'érosion qui le conditionne; d'autre part, bien que des sens d'écoulements des courants d'eau (voir les études de NOËL et les cartes de FORCHE) aient été décelés, tout n'est pas clair dans la genèse de ces conglomérats, ne serait-ce que l'origine des sédiments siluriens dont on trouve des traces un peu partout avec les roches noires (lydiennes) à *Spirifer* et surtout à *Graptolithes*\*. (De nombreux spécimens en ont été trouvés récemment jusque dans le Massif de la Serre par M. le Professeur PFANNENSTIEL et ses élèves).

D'ailleurs, en 1955, SCHÖMER aboutira, sur la comparaison des séries sub-désertiques actuellement étudiables en Afrique du Nord, à des conclusions voisines. L'Auteur insiste toutefois sur les deux théories extrêmes en présence: pour l'une la sédimentation est fluviale; pour l'autre elle est désertique. SCHÖMER fait remarquer que l'utilisation des deux théories apporte des explications se complétant parfaitement. Sédimentation fluviale et éolienne ont agi, sous un climat sub-désertique.

Toutefois, ces travaux négligent la paléogéographie des « Grès à *Voltzia* ».

De son côté, FIRTION a apporté deux notes quant à la géologie des grès à Plantes. D'une part, en 1934, nous avons la description du Poisson inédit de BILL, vu précédemment; c'est une pièce de petite taille conservée dans le schiste argi-

\*Voir la note infrapaginale ci-après.

leux vert. Ce sera l'holotype de *Saurichthys daubreei* FIR-  
TION. Une conclusion intéressante quant au milieu, est bien  
que certains bancs argileux du grès à Plantes sont des dé-  
pôts marins, fait confirmé par la présence de *Limulites*  
*bronni* SCHIMPER, ajoute l'Auteur.

En 1936, il nous fournira une petite étude synthétique sur  
les « Grès à *Voltzia* » d'Alsace. Quelques gisements encore  
accessibles alors ont été explorés. Mais les récoltes sont assez  
maigres. Il est intéressant de signaler les abondants Lamel-  
libranches : *Anoplophora impressa* ALBERTI; Crustacés,  
Plantes et *Estheria* sont associés, à Wasselone, aux carriè-  
res alors encore explorables. Celles de Dinsheim-Gresswil-  
ler, près de Mützig, sont maintenant inaccessibles elles aussi.  
A Petersbach, près de la Petite-Pierre, au Nord de Saverne,  
il est important de noter la trouvaille côte à côte, des Plan-  
tes habituelles, de Crustacés, mais aussi d'un fragment de  
plaque gulo-sternale de *Mastodonsaurus vaslenensis* H. v.  
MEYER, dans les grès eux-mêmes et non les schistes.

Une liste paléontologique à peu près exhaustive est don-  
née; les graines de *Voltzia*, et des écailles, sont signalées, et  
des restes de *Baiera* parmi les Gingkoales; pour passer au rè-  
gne animal, notons que les célèbres et énigmatiques *Palaeo-*  
*xyris* sont ici considérés comme pontes de Poissons. Le ta-  
bleau brossé par la seule liste paléontologique est déjà sug-  
gestif en l'absence de tout commentaire paléo-géographi-  
ques. Insistons seulement sur le fait que (il est vrai que la  
zone alsacienne est seule considérée), mis à part les *Anoplo-*  
*phora*, aucune trouvaille de Lamellibranches n'est signalée.  
On a déjà vu, et on reverra de façon évidente, l'abondance  
de ceux-ci en plein dans les grès à Plantes sur toute l'auréole  
de l'Est du Bassin de Paris.

En 1947 GRAUVOGEL fournit la première note prélimi-  
naire d'une série de publications. Etudiant les grès à Plan-  
tes de la région de Saverne à la frontière sarroise, l'Auteur  
pense que les différents niveaux argileux permettent par  
leur contenu faunistique, des corrélations étroites de carriè-  
res à carrières, et parfois sur de grandes distances. Ces ni-  
veaux argileux seraient déposés dans des cours d'eau lents,  
coulant en quasi-totalité du NW au SE. Chaque feuillet

épais de quelques millimètres à quelques centimètres, à base détritique, correspond à des microcycles devenant plus argileux vers le haut; chaque microcycle a son contenu faunistique propre, surtout animal. Sont signalées des larves aquatiques d'Ephémères, Plécoptères, Coléoptères, etc... dans certains lits; d'autres ont seulement des larves aquatiques d'Ephémères et Trichoptères. Certains renferment des nymphes de Diptères. Quelques-uns livrent des grandes ailes d'Homoptères avec une faune variée de Blattoïdes, Coléoptères, Orthoptères, Phasmides, etc... D'autres enfin, renferment uniquement des ailes, pattes et corps dissociés, de Blattoïdes.

Les crustacés, Lingules (*Limulites*), *Anoplophora*, *Myophoria*, *Lingula*, etc... définissent des microcycles. Bien que la faune soit surtout d'eau douce, pense l'Auteur, on peut déceler à certains niveaux des influences saumâtres, et parfois marines. A la base des « Grès à *Voltzia* », un microcycle dans une série fluviatile renferme de jeunes *Myophoria*; les coquilles sont étalées à la fin du microcycle, la concavité ouverte vers le haut. Trois microcycles dans la partie moyenne de l'horizon, attestent des eaux à salures variables, parce qu'on y trouve des *Limules* très nombreuses, et Poissons divers (*Dipneustes*, *Semionotus*, etc...), Crustacés de grande taille, avec cônes mâles de *Voltzia*? Un microcycle est bourré de Lingules; un dernier, juste au-dessus, de *Myophoria*.

Au sommet des grès, les « Argiles-limites » sont dues au débordement des cours d'eau qui forment des lacs étendus tantôt dulçaquicoles, tantôt saumâtres. Deux ou trois microcycles y sont caractérisés par des Annélides marines (*Trypanites*) associées à des *Myophoria*, suivis sur une vingtaine de kilomètres. Le premier banc dolomitique renferme la faune marine habituelle du « Muschelkalk » inférieur.

Cette note est très importante à plus d'un titre; tout d'abord elle va être à l'origine d'une théorie des microcycles admise sans aucun espèce de discussion par les Auteurs ultérieurs; elle laisse entendre en outre un très riche contenu paléontologique. Nous aurons à reprendre ultérieurement, sur la base de faits précis, la discussion de ces interpréta-

tions. Il faut absolument noter les détails suivants. D'une part il n'est pas douteux que l'Auteur a longuement exploré les carrières de « Grès bigarrés » du Nord de l'Alsace et du côté lorrain; il a dû rassembler une masse de documents considérables. Mais jamais il n'a été publié de coupes détaillées, localisant les trouvailles et corrélant les horizons. Aucune indication des fréquences justifiant la réalité des cycles et leur systématisation, n'a été apportée. Les descriptions et surtout figurations paléontologiques sont inexistantes. C'est déplorable quant à nos connaissances paléontologiques sur ces niveaux; c'est fort gênant pour se faire une idée quant à la précision paléontologique apportée et aux conclusions qui peuvent en être tirées pour la paléogéographie. Une seule note est venue apporter une figuration sur des restes d'Insectes. Et le légitime intérêt soulevé dans les milieux géologiques à l'époque, par ces trouvailles, reste insatisfait.

L'analyse bibliographique précédente montre que, sans aucune exception, tous les éléments faunistiques cités, étaient antérieurement connus (il est bien évident que le nombre des trouvailles, la nouveauté de certaines formes, l'intérêt paléontologique de certaines pièces ne sont pas en cause). Ceci, contrairement à ce que beaucoup de géologues ont cru à l'époque. Mais il est troublant de constater que, quand cela a été précisé, c'est le cas dans les travaux de BILL, il n'apparaît pas du tout qu'il existe dans des niveaux argileux privilégiés, des associations biologiques particulières justifiant les microcycles. On verra plus loin que mes trouvailles ne parlent pas du tout pour ces microcycles. Il eut été fondamental, par des précisions stratigraphiques et de gisement, de démontrer en quoi ces détails étaient fondés, ou s'il reposent sur des trouvailles sporadiques interprétées comme des preuves pour une systématisation.

On a vu aussi l'importance des trouvailles antérieures de faunes marines en plein dans ces formations. Il n'en demeure pas moins qu'en 1952, une note à l'Académie des Sciences présente la découverte des *Myophoria*, déjà énoncée dans la note de 1947, comme un fait nouveau semble-t-il, et lourd de conséquences paléogéographiques. Il y a des galets dolo-

mitiques cités, mais rien ne prouve qu'ils soient remaniés, et qu'il ne s'agisse pas plutôt de concrétions intraformationnelles, comme certains détails, trop sommaires, peuvent le laisser croire. Un conglomérat dans ces grès à Plantes serait un fait de grande importance paléogéographique. Enfin, en ce qui concerne les « Argiles-limites » les niveaux taraudés à Annélides sont depuis longtemps cités en Sarre, tout contre la frontière lorraine, et on ne fait donc que trouver une confirmation et une extension qui apparaissait vraisemblable. Toutefois on est étonné de voir que des « Annélides marines (*Trypanites*), associées à des *Myophoria* » traduisent seulement des lacs tantôt à eau douce, tantôt à eau saumâtre, — et non un milieu marin, peu fossilifère, — alors que le premier banc dolomitique du « Calcaire coquillier » serait franchement marin.

Tous ces détails capitaux pour une interprétation paléogéographique, seront à se remémorer sur la fin du présent travail.

En 1947, une autre note traite de la flore des « Grès à *Voltzia* ». Ici encore, il y a deux choses à distinguer : les pièces récoltées, dont malheureusement aucune figuration n'a jamais été fournie, puis leur interprétation, et enfin, leur utilisation paléogéographique. Ces trouvailles complèteraient les descriptions paléontologiques des paléobotanistes, selon l'Auteur.

L'intérêt des récoltes réside dans les fructifications, châtons, cônes mesurant de 5 à 150 mm. Précisons d'ailleurs que de telles trouvailles sporadiques n'ont rien d'exceptionnel, dans l'horizon. Des graines, parfois en germination, ont été trouvées.

Ce qui est curieux, c'est la conclusion paléogéographique : de « longs cours d'eau lents » étaient bordés presque uniquement par des *Aethophyllum*, équivalents de nos roseaux actuels ; plus loin poussaient les buissons de *Voltzia* et d'*Albertsia*, mêlés de fougères ; il n'y avait pas d'arbres (on se demande alors d'où proviennent les très gros troncs ligneux observés de temps à autre dans les grès à Plantes !); plus tard, les *Aethophyllum* ont été remplacés par les Equisétinées (*Schizoneura*, *Equisetum*, Fougères et *Yuccites*). Au

sommet de la série on trouve surtout *Voltzia*, *Schizoneura*, *Equisetum*, *Neuropteridium* à grandes feuilles. Malheureusement, à ce tableau bucolique, dont les changements très lents auraient été suivis, il manque toujours les descriptions stratigraphiques, localisation de trouvailles, fréquences, permettant aux esprits pointilleux d'admettre la reconstitution comme certaine dans son détail établi.

Plus intéressantes sont des découvertes, malheureusement toujours citées sans figures, en 1951. Des Méduses en forme de cloche, d'autres voisines des *Trachymedusae* sont citées; c'est un élément inédit dans la faune des grès à Plantes, de même que les Scorpions et Araignées. Toutefois ne nous étonnons pas de ces trouvailles par celui qui a eu le mérite d'explorer à fond des gisements où la conservation est remarquable dans un schiste fin; en effet des Méduses ont déjà été signalées dans les séries marines du Bajocien normand, de l'Aalénien Souabe, et des Scorpions (*Liassoscorpionides schmidti* BODE) décrits dans le Lias supérieur à Insectes de la Niedersachsen orientale.

Il y a d'ailleurs des trouvailles de Scorpions déjà connues dans le Trias, mais en Angleterre. En effet, WILLS, en 1910, revenant là-dessus avec tous les détails voulus en 1946-1947, a signalé une riche flore et une faune variée dans les grès supérieurs du Keuper. Deux autres gisements analogues sont également décrits dans le Trias des Midland. Le travail de 1946-1947 est une fort belle monographie. Les spécimens sont plus ou moins complets, ou à l'état de débris, se rapportant à des jeunes et des adultes. Les formes n'excèdent pas quelques dizaines de millimètres de long, montrant des détails anatomiques très bien conservés. Les spécimens sont trouvés dans des argiles schistoïdes un peu détritiques, carbonatées, brun-chocolat. La roche est donc assez voisine des niveaux argileux des « Grès à *Voltzia* », du point de vue milieu de conservation. La chitine est conservée. WILLS arrive à l'extraire et à monter des préparations microscopiques, expliquant sa méthode. On reconnaît ainsi l'existence au Trias, pour les Scorpions, de deux genres et de nombreuses espèces: *Mesophonus* WILLS 1910 (*M. bromsgroviensis* 1910; *M. perornatus* 1910; *M. opisthophthalmus* 1947; *Gra-*

*cilis* 1910; *M. pseudogracilis* 1947; *Infans*, plusieurs formes: A, B, D, E; *M. pulcherrimus* 1910 et sa var. *Immaculatus* 1947) - *Spongiophonus* WILLS 1947 (*S. Pustulosus* 1947 et *N. Sp.* 1947).

Les découvertes de pontes diverses, décrites malheureusement sans le moindre dessin ou figures sont extraordinaires; ce n'est pas impossible, les *Estheria* ayant bien montré à BILL leurs œufs; et une figuration de ceux-ci, fournie par L. GRAUVOGEL lui-même existe dans le traité français de Paléontologie, contemporain. Des Poissons ayant été trouvés à côté de ces pontes elles leur sont rapportées (*Dipteronotus Cypris* EGERTON?). Si les *Palaeoxyris* sont bien des pontes de Poissons, ces découvertes deviennent normales. (Ces *Palaeoxyris*, parfois de très grande taille, me sont apparus assez fréquents, un peu partout dans les niveaux schisteux des « Grès à *Voltzia* »).

Une note à l'Académie des Sciences, en 1947 décrit, toujours sans figuration, les types de pontes de ces horizons. Pontes en chapelets ou cordons ovigères, œufs à auréoles individuelles, masses ovigères gélatineuses, sont distinguées. On est émerveillé par la qualité de la conservation, probablement exceptionnelle, l'Auteur ayant parfois compté 1.200 à 2.000 œufs dans une ponte; certains œufs montrent même les taches oculaires des embryons. Pour GRAUVOGEL les Méduses sont mortes par dessiccation des lacs, lagunes ou mares d'eau douce exemptes de courants ou vagues; il est bien insisté sur le caractère exceptionnel de trouvaillies de Méduses d'eau douce, fait moins étonnant si on pense qu'il existe de telles formes actuelles.

Toutefois, on ne peut pas ne pas objecter que BIGOT a décrit depuis longtemps des Méduses au sommet de l'oolithe ferrugineuse du Bajocien de Normandie; ces formes ont jusqu'à 12 cm de diamètre et rappellent *Discophyllum petatum* HALL de l'Ordovicien des USA. En accord avec les conclusions paléobiologiques de VAN STRAELEN sur les Méduses du Calcaire Carbonifère de Belgique, BIGOT rappelle que la série est marine, avec sédiments de la zone néritique, au voisinage de la côte, sous une faible profondeur d'eau, donc dans la zone intercotidale.

D'ailleurs les Méduses sont connues également dans le Jurassique supérieur, lui aussi marin.

De son côté, LÖRCHER figure et décrit *Medusina* sp., de 40 mm de diamètre, un peu fruste de conservation, provenant de l'Aalénien supérieur de Souabe (« Marnes à *Opalinium* »). Il admet à juste titre une sédimentation marine littorale avec interruptions permettant la fossilisation, dans le dépôt des sédiments. VON HUENE a d'ailleurs décrit en 1901 *Medusina cerynoides* (Neues Jahrb. f. Min., etc., Bd 1, S 1) du Jura brun bêta du Wurtemberg, également. Plusieurs autres trouvailles ont été faites dans les grès calcaires du Bajocien inférieur et décrites par RUEGER, ultérieurement.

Toutes ces données paléobiologiques sont assez peu en accord avec les conclusions de GRAUVOGEL, quant au mode de dépôt des grès triasiques, d'après certains éléments de leur faune.

Il semble que ce serait même un devoir de figurer de telles pièces d'un immense intérêt paléontologique, sans aller jusqu'à rendre accessible les spécimens eux-mêmes, puisque le milieu de fossilisation est bien meilleur que tous ceux abordés jusqu'ici.

Les œufs d'*Estheria* ne se trouveraient (formes de résistance) que dans certains microcycles. Malheureusement, là encore, il est impossible de savoir si des trouvailles exceptionnelles ne sont pas prises pour des preuves de microcycles particuliers. On doit constater, en lisant l'Auteur, que si les œufs d'Insectes, accompagnés de larves (ce qui permettrait de magnifiques études d'anatomie si les documents étaient au moins figurés) sont magnifiquement fossilisés, ceux d'*Estheria*, pourtant en des conditions identiques, sont bien plus mal conservés, difficilement reconnaissables.

En bref, L. GRAUVOGEL a rénové nos connaissances paléontologiques de ces formations, montrant la richesse et la variété des formes animales; la beauté des pièces conservées, tant dans le domaine végétal qu'animal est évidente. Reste toutefois à les figurer et étudier avec la rigueur voulue. Mais les conclusions paléogéographiques appellent à être révisées, et c'est précisément le but du présent travail de voir ce qui peut en être retenu.

De son côté, en 1950, THEOBALD a donné un petit travail synthétique, avec une seule coupe originale, compilant les travaux antérieurs, pour tous les « Grès bigarrés »; mais bien des travaux analysés ici ne sont pas utilisés, notamment ceux de STAESCHE. Pour l'Auteur, les « Grès bigarrés inférieurs » sont déposés dans une eau tranquille, en bassin peu profond, sans autres précisions quant au milieu, alors que la partie moyenne des « Grès bigarrés » (jusqu'au « Conglomérat de Sainte-Odile ») implique un climat désertique avec pluies torrentielles. Précisément, pour ce qui nous intéresse, on trouve quelques données plus détaillées : le grès à Plantes « a été déposé par des cours d'eau lents, divaguant dans une région non accidentée, occupée par endroits de lacs plus ou moins saumâtres. L'ensemble formait un bassin affecté de subsidence dans lequel les influences maritimes venues du NE se faisaient sentir à des intervalles répétés et avec de plus en plus d'insistance et en s'étendant davantage vers le SW au fur et à mesure de l'écoulement des temps. Le Röth du SW de l'Allemagne montre très nettement les influences laguno-marines annonçant les mers du Muschelkalk » (p. 28). Bien que les trouvailles de GRAUVOGEL soient rapportées, et certaines conclusions paléogéographiques acceptées, la théorie des microcycles ne semble pas retenue. Il est clair que, pour l'Auteur, le milieu de dépôt des grès est continental; les lacs saumâtres sont imprécisés géographiquement, et dans la série stratigraphique il n'est pas du tout signalé à quoi ils peuvent correspondre. Les incursions marines sont nettement admises; toutefois, il n'est pas précisé que les indices marins sont plus nombreux dans la littérature que le laisse supposer la publication de GRAUVOGEL. Dans ce cas, ces incursions ont une nature rythmique; et peut-être les niveaux à *Myophoria* tels que les conçoit GRAUVOGEL, expliquent-ils cette conception, implicite chez THEOBALD. Les « Argiles-limites » (p. 31), « correspondant à une émergence locale et temporaire », cette formation « est considérée comme la limite supérieure du Buntsandstein ».

Deux travaux récents, de Erwin MULLER, concernant la Sarre et les régions lorraines limitrophes, ont grand intérêt

bien qu'ils ne traitent pas des « Grès à *Voltzia* », mais seulement des niveaux inférieurs.

Le premier n'est qu'une note préliminaire. Il est signalé simplement qu'à la limite des « Grès bigarrés moyens » (Sm) et des « Grès bigarrés supérieurs » (So), il existe une assise violette considérée comme zone limite. Elle est dolomitique et siliceuse, d'origine climatique. L'extension de l'horizon dolomitique à Karneol (cornaline) marquant la base des « Couches intermédiaires » est discutée; il est montré que la cornaline n'est pas présente partout en Sarre, avec d'ailleurs une zone d'absence de la couche limite violette. Cet horizon à cornaline est juste au-dessus du « Conglomérat principal ». Notons d'ailleurs, les Auteurs semblent le passer sous silence, que JACQUOT, TERQUEM et BARRÉ ont signalé il y a plus d'un siècle, des bancs de dolomie à la limite « Grès vosgiens »-« Grès bigarrés », avec des carnéoles, sans les interpréter paléogéographiquement.

Dans le travail ultérieur, plus complet, MULLER admet pour la paléogéographie, partie qui nous intéresse présentement: une sédimentation fluviale sous climat sec, des couches Sm<sub>1</sub> (base du « Grès des Vosges ») et Sm<sub>2</sub>, ici avec influence éolienne (sommets du « Grès des Vosges »). Pour le « Conglomérat principal » = « Poudingue de Sainte-Odile » (Sm<sub>3</sub> = h), une sédimentation fluviale sous climat sec est mise en cause. Au sommet de cet horizon, la zone limite violette est interprétée, vraisemblablement d'ailleurs, comme la preuve d'un climat très sec, continental; pour ma part, je n'y vois pas un sol fossile comme le pense l'Auteur, sol au sens pédologique: il suffit d'ailleurs pour s'en convaincre de suivre les belles coupes visibles en Sarre à ce niveau, y compris dans la zone où ce lit manquerait inexplicablement s'il s'agissait d'un fond fossile; par contre l'interprétation climatique semble fort admissible (1).

(1) Bien qu'il ne s'agisse pas des « Grès à *Voltzia* », quelques points sont encore à considérer quant aux horizons plus inférieurs. Cela permet des vues paléogéographiques plus générales.

E. NOËL en 1904, a étudié l'orientation des galets du « Conglomérat Principal » entre Arches et Archettes, près d'Epinal, sur 500 m de long. (Des conglomérats moins accusés ont été aussi étudiés avec la même méthode, près de Varangéville, dans le Rhétien cette fois). Un courant, avec des filets d'eau et des remous, a pu être précisé. Le même genre d'étude a été abordé autour d'Epinal

Les changements de puissance dans les « Couches intermédiaires » et les zones d'absence des couches violettes limites paraissent bien liés à la paléogéographie hercynienne (axes de soulèvement).

même, sur un conglomérat visible sur le substratum cristallophyllien; ce conglomérat est considéré par NOËL comme rattachable encore au « Conglomérat Principal ». Si à Arches une orientation E-O, avec 10° Sud, a été déduite, aucune direction privilégiée n'a été décelée au voisinage du granite à biotite. Malgré la minutie de la méthode proposée, il est probable, vu les conditions d'agitation généralisées à l'époque de formation du « Conglomérat Principal » qu'il est difficile de déceler des directions constantes. Toutefois, il faut noter que A. KUMM (Über die Bildungsweise des Konglomerat der Buntsandstein. Carte reproduite in KERNER-MARILAUN, p. 397) se basant sur la grosseur des éléments du conglomérat dans toute l'étendue Vosges-Schwarzwald, arrive à une représentation schématique du sens d'écoulement pendant le dépôt du « Conglomérat Principal »; il fait abstraction du courant de Kandern et de Büding (FORCHE, fig. 8, esquisse lui aussi une répartition des éléments du conglomérat selon leur grosseur. Les plus gros sont dans les Vosges centrales, contrairement au rebord alsacien et à la Forêt Noire). La coulée principale est accusée en direction de la boucle septentrionale du Neckar, légèrement décalée par rapport au cours du Rhin; toutefois, à hauteur de Lunéville, une traînée affluente s'accuse nettement vers l'Est; une autre se manifeste avec une même direction, en gros à hauteur de Charmes; une plus importante se dessine sur la Haute Moselle avec plusieurs ramifications dont deux en fourche dès son origine, une curieusement SE bien à l'Est de la Moselle et enfin une nettement NNE sur l'extrême rebord méridional des Vosges, à hauteur de Mulhouse. Il est difficile de dire la valeur exacte de telles conclusions; mais leurs données générales traduisant un écoulement des matériaux grossiers vers l'Est et une inflexion vers la confluence Rhin-Neckar est frappante et indiscutable. (BRINKMANN in FORCHE (fig. 4) admet les mêmes sens d'écoulement dans le conglomérat).

KRAUS a donné un inventaire complet des trouvailles de fossiles marins dans les quartzites de ce « Conglomérat Principal »: la faune évoque celle des « Quartzites du Taunus »; NOËL a donné une longue étude des Graptolites siluriens des lydiennes; ainsi KRAUS rappelle les citations de LIETARD (1899, p. 43) de trouvailles de *Cordaites* dans ce même conglomérat, sous forme de morceaux silicifiés roulés. BLEICHER en 1899, avait signalé des *Equisetum*. Près de Val et Châtillon, les quartzites ont livré une riche faune datant de Dévonien inférieur selon LEIDHOLD et KRAUS.

Quant il s'agit d'interpréter paléogéographiquement ce conglomérat, les choses apparaissent compliquées et les conclusions encore obscures. D'une part, KRAUS admet, contrairement à LEPSTUS une discordance stratigraphique sur les horizons inférieurs. PHILIPPI (1901) avait admis un jeu complexe des courants fluviaux, avec transgressions, expliquant les sables et conglomérats des grés des Vosges et une évolution granulométrique du SO vers le NO. KRAUS a rediscuté de ces faits (p. 31-32) et la complication des mouvements admis par PHILIPPI lui semble peu vraisemblable et toute hypothétique. KRAUS a souligné la puissance constante du conglomérat dans la région, limitée il est vrai, qu'il a étudiée (Lorraine du NE): 15-25 m. L'énormité en volume des matériaux déplacés et l'extension du conglomérat lui semblent poser un singulier problème que l'origine fluviale est seule capable d'expliquer. FRAAS, BLANCKENHORN ont déjà discuté de cette origine fluviale, d'ailleurs; VON SEYDLITZ s'est déclaré contre la nature fluviale. KRAUS penserait que les matériaux venus des montagnes situées au Sud des fleuves alluvionnant dans la mer (le schéma de KUMM parle dans ce sens, notons-le); mais il fait remarquer que, actuellement, les mers ne montrent que du sable dans la zone des apports fluviaux et jamais de telles quantités de galets. En ce qui concerne l'abondance des quartzites fossilifères dans le conglomérat, KRAUS souligne

Les « Couches intermédiaires » (S01) traduisent un dépôt fluviatile et parfois littoral, moins sec à humide, pour MULLER. Enfin, les « Grès à *Voltsia* », sans qu'il soit tenu compte des trouvailles de fossiles marins déjà citées bien

la fréquence des matériaux qui semblent provenir du Taunus. A première vue, ce massif a pu être la zone génératrice de l'apport. Mais la rareté des schistes siluriens supérieurs à Graptolithes dans le Schiefergebirges rhénan, parle contre une origine de cet endroit, des Graptolithes du conglomérat. E. KAYSER (Lehrbuch, II, 3, 1908, p. 107) conclut trop hâtivement, souligne à juste raison KRAUS, que les schistes à Graptolithes viennent du Silurien alors émergé dans les Vosges.

Actuellement, les origines des matériaux du « Conglomérat principal » ne sont pas toujours plus claires, et le problème de la terre silurienne ayant fourni des apports si généralisés, reste une énigme quant à sa localisation géographique. Peut-être peut-on envisager hypothétiquement de la placer sous le Bassin de Paris dans sa partie Est ou SE.

En 1900, BLEICHER était tenté de situer le massif générateur d'éléments siluriens, dans les Alpes septentrionales. Ceci s'accorderait avec la découverte de Graptolithes siluriens par le professeur PFANNENSTIEL et ses élèves dans le conglomérat sur le rebord du Massif de la Serre. Mais il est possible, malgré la grande distance, et la position de ce massif granitique à hauteur de Besançon vis-à-vis du Morvan, en bordure de la dépression de la Saône, que ces éléments aient la même origine que ceux observés du côté lorrain; une origine mixte n'est pas non plus exclue d'ailleurs. Pour ne pas embrouiller des hypothèses déjà peu assurées, on peut se cantonner à considérer les faits dans le massif vosgien. Depuis le Silurien inférieur, presque toute la France, qui participait à la zone émergée du Bloc Armorico-rhénan, a vu une invasion marine (Cf. les cartes de BORN). Ainsi au Silurien inférieur-moyen, il existe déjà une île sur le Golfe de Gascogne et l'Aquitaine; une liaison marine entre le bassin britannique et le bassin méditerranéen occidental, détermine symétriquement à cette île une vaste terre, l'Île Armorico-rhénane qui englobe les Vosges et la Forêt Noire. Au Silurien supérieur, si l'île des régions d'Aquitaine a pris une extension accrue, l'île septentrionale sera réduite à l'Île du Brabant. On conçoit donc que, vers le centre du bassin de Paris, la présence du Silurien supérieur est possible. On peut serrer les faits de plus près. Bien qu'il soit impossible de préciser les faits observés, pour des raisons extra-géologiques, on sait que le tréfonds du Bassin de Paris a été touché ces années dernières dans des sondages pétroliers, tant vers le centre qu'en divers points plus marginaux. Sur la base de mes propres observations, seul le granite et le Dévonien ont été touchés. Il est donc possible que le Silurien, probablement à jamais inaccessible (faute de problème pétrolier valable, et vu les profondeurs énormes) se trouve sous le Dévonien, en quelques points, ou sur de vastes étendues. Mais on ne trouve pas dans le conglomérat du Trias des éléments roulés de tout le Dévonien; l'abondance des éléments siluriens, et celle des fragments de Sigénien daté (Dévonien inférieur), implique une abrasion d'une crête anticlinale d'où ressortait le Silurien supérieur. Ces éléments venaient de la direction de la zone émergée vers la Champagne et le centre du Bassin de Paris, mais probablement dans la zone envahie par la mer. (Ce continent est la Terre Gallique de BRINKMANN, 1926. C'est le Continent français de LUCIUS). Le premier, je crois, FORCHE a posé comme lieu d'origine de ces éléments une zone située à l'Ouest du fleuve Meuse, dans le Sud de la Lorraine, pour les gneiss, roches siluriennes et infra-dévoniennes. A juste titre, l'Auteur fait remarquer (p. 53) que les galets dépassant 7 kg 500 dans la région de Darney seule, ne peuvent provenir de bien loin. 50-75 km sont admis comme éloignement de la zone d'origine. Si on se rappelle qu'à Darney le conglomérat triasique repose directement sur le granite, et que, comme le souligne FORCHE, le Permien bien développé plus au Nord ne montre aucun des éléments roulés de ce conglomérat, les galets litigieux ne peuvent plus provenir que de l'Ouest. Le Morvan

antérieurement, sont considérés comme une sédimentation torrentielle et littorale, sous un climat humide. Seulement avec les « Grès coquilliers » du « Muschelkalk » commence la sédimentation marine.

Dans le tableau I, une série de profils est donnée, pour les « Grès à *Voltzia* », en utilisant le relevé de nombreux affleurements sarrois à ce niveau. Il en ressort clairement un certain nombre de points, déjà soupçonnables. Mis à part le caractère purement arbitraire de la distinction des grès à bâtir (on ignore totalement si les caractéristiques mécaniques de la roche sont fonction d'un niveau de sédimentation étroitement correspondant!), — où d'ailleurs les changements de puissance ne sont pas tellement considérables, — le terme supérieur des « Grès à *Voltzia* », la « zone argileuse », montre des changements de puissance importants, et des développements variables des lits argileux. Comme d'une part, on sait depuis longtemps que la limite de base des « Grès coquilliers » du « Muschelkalk » n'est pas tellement rigoureuse, on peut aussi bien se demander si la limite de base de la « zone argileuse » correspond à une réalité stratigraphique; quand les argiles sont peu développées, ne fait-on pas monter trop haut cette limite de base (en amincissant le niveau), et vice versa? Aucun argument paléontologique, à ma connaissance, ne semble jusqu'ici étayer cette stratigraphie de détail, si on veut lui faire dire plus que ce qu'elle vaut: il semble bien que l'on est en face d'un complexe aux éléments changeants en développement, d'allure lenticulaire!

Enfin, en 1955, dans son ouvrage posthume, G. DUBOIS donne quelques informations sur les formations gréseuses nous intéressant ici. Le grès de base traduit des formations continentales subdésertiques. Au-dessus du « Conglomérat

n'ayant pas d'équivalent des « Quartzites du Taunus », l'origine des éléments est encore plus localisée. Aussi, tout en admettant cette zone approximativement située, et encore lourde d'incertitudes, je suis enclin, pour ma part, à voir une arête anticlinale en cause; une crête accusée a pu fournir d'abondants matériaux tout en étant étroitement localisée. Cette localisation plus précise reste toutefois fort incertaine. Il est en tout cas certain que, à Foulain (Haute-Marne) un peu au Sud de Chaumont, précisément à hauteur de Darney, à l'Ouest, le gneiss est connu comme constituant le socle cristallin. FORCHÉ souligne la présence des galets de gneiss.

principal », les « Couches intermédiaires » formées par des grès micacés et des argiles amarantes, ont livré près de Wasselone des restes de Végétaux et de quelques Vertébrés « aquatiques ou fréquentant les rives des lacs et lagunes » : Poissons (*Semionotus alsaticus* DEECKE); Amphibien stégocéphale (*Odontosaurus (Capitosaurus) voltzi* H. v. MEYER); *Mastodonsaurus vaslenensis* H. v. MEYER; Reptile Saurop-térygien (*Nothosaurus Schimperi* H. v. MEYER), rappelle l'Auteur. Pour les « Grès à Voltzia », les anciennes trouvailles sont rapportées; celles de GRAUVOGEL également, et à cette occasion la théorie des microcycles n'est que timidement avancée. Même si les nombreuses découvertes de Lamellibranches marins dans les grès sont passées sous silence, les remarques de FIRTION n'en sont pas moins rappelées, et « le voisinage de la mer germanique » en est déduit.

Les « Grès de Ruaux » sont considérés comme terme de base du « Muschelkalk », équivalent des « Grès coquilliers » avec à la base le Gastéropode : *Naticopsis (Trachynerita) gaillardoti* DEFR.; ce grès est un faciès côtier du « Wellenkalk » de la mer germanique.

Finalement, nous ne trouverons plus que le minutieux travail de LAURENTIAUX, et GRAUVOGEL, figurant et décrivant une belle aile d'Insecte Protodonate (*Triadotypus guillaumei* GRAUV. et LAUR. = *Reisia gelasii* (REIS) HANDLIRSCH), provenant des schistes argileux verts de la carrière de Bust (Bas-Rhin) près de La Petite-Pierre.

Force est de conclure que: si, pour les niveaux de base du Trias, à des détails près il y a concordance des opinions, et accord avec les faits, quant aux conditions de dépôt, il n'en est plus de même pour les « Grès à Voltzia ». Nous avons entrevu qu'il y a même des incompatibilités entre certains faits trouvés à plusieurs reprises, et les interprétations. Des observations personnelles vont d'ailleurs permettre une conception probablement plus fidèle, des conditions de sédimentation.

Avant d'essayer de tirer une synthèse de ces diverses observations, dont j'ai discuté les points qui semblent le mériter quand ils étaient des conclusions paléogéographiques, j'exposerai quelques observations personnelles.

Au Nord de Faulquemont (Moselle), en bordure occidentale de la route nationale, tout contre celle-ci, à la descente de Saint-Avold, près de l'ex-Ferme, dans le bois du flanc méridional de Berschbach, une carrière ouverte dans les « Grès à *Voltzia* » a été exploitée il y a quelques années; elle est à nouveau abandonnée. En 1956 je pouvais observer, sur le parement S-O, à mi-hauteur du front de taille, une lentille d'argile verte englobant une masse de sable; du côté S-O de celle-ci, le sable, légèrement dolomitique, mal consolidé, se révélait comme une lumachelle grossière à nombreux moules internes de Lamellibranches, ocreux; la plupart étaient indéterminables; toutefois, avec bien de la peine, je pouvais reconnaître une *Myophoria*, des *Gervilleia* indéterminables, assez trapues, avec plusieurs individus différents, plus allongés. Pour déceler la lumachelle, il fallait beaucoup d'attention, et les morceaux sans formes bien conservées pouvaient aisément passer pour des morceaux de grès tachetés de géodes creuses, d'origine non organique. Il est ainsi à présumer que bien souvent des géodes apparemment sans allure organique doivent être dans les « Grès à *Voltzia* », des vides de dissolutions de coquilles de Lamellibranches, très fragmentaires et fort mal conservées (\*).

Le détail du gisement est rapporté sur le croquis ci-joint (Pl. I, fig. 1), et on voit toute l'importance de cette observation quant à la signification des lits argileux verts et leur mode de dépôt.

Dans cette carrière le grès livre des débris d'*Equisetites* et de *Voltzia*, mal conservées, avec de fort nombreux restes végétaux ocreux ou charbonneux indéterminables.

Il est impossible de citer toutes les carrières ouvertes dans

(\*) Il n'est pas sans intérêt de voir que des séries gréseuses réputées sans fossiles finissent par livrer des Lamellibranches mal conservés; dans la région de Niederbronn précisément, pour un niveau gréseux de base de la série triasique (« Grès d'Annweiler »), de telles lumachelles ont été signalées par Ricour qui en tire argument, avec d'autres données, pour en faire un terme terminal du Permien. Si on tient compte des nombreuses trouvailles de Lamellibranches marins dans les grès du Trias, que je rapporte ici, on voit que des présences de fossiles marins dans les grès n'ont plus à eux seuls un caractère décisif pour des coupures stratigraphiques. Je ne mets toutefois pas en question ici l'âge des « Grès d'Annweiler », envisageant seulement l'aspect fossilifère ou non d'une série gréseuse. D'ailleurs, les « Grès Vosgiens » n'ont effectivement toujours pas livré de fossiles marins, caractère négatif qui semble jusqu'ici bien établi.

les « Grès à *Voltsia* » dans la région de Sarrebourg-Saverne. On y voit le plus souvent le passage au grès coquillier du « Muschelkalk ». J'ai déjà décrit les carrières au N. de Phalsbourg, à Vilsberg. La grès à Plantes y est activement exploité; il ne m'a livré que des mauvais restes végétaux; les lentilles d'argile verte en stratification oblique, variables en puissance, sont difficilement explorables; je n'y ai trouvé que de mauvaises *Estheria*. Au S-O de Phalsbourg, les immenses et magnifiques carrières du Reberg, sur le rebord Ouest du vallon, au N. de Saint-Louis, entamaient les grès à Plantes et les grès coquilliers de base du « Muschelkalk »; ceux-ci seuls sont encore abordables avec quelque difficulté; le « Grès à *Voltsia* » et ses lentilles d'argile verte sont inexplorables, formant un parement vertical; les quelques trouvailles végétales que j'y ai faites sont sans intérêt. Il existe aussi régionalement d'autres exploitations inaccessibles, ou encore visibles, pointées sur la feuille de Saverne au 80.000°; celle-ci coordonne les anciens levés allemands au 25.000° si précis, restés inédits parfois. Plus au Nord de la feuille, la vallée de l'Eichel, en direction de Lorentzen, a vu toutes ses exploitations à peu près disparues. Par contre, de là à Phalsbourg, la région de la Petite-Pierre est encore riche en carrières exploitées ou encore étudiables. En direction de Struth il existe plusieurs carrières à explorer avec fruit.

Autour de Graufthal, en montant à Bust (grande carrière un peu à l'écart à l'E. de la route, et une abandonnée tout contre, celle-ci légèrement plus au N.), sur le côté Sud de la vallée de Hangviller, tout près du village, la carrière contre et au N-O de Schoenbourg, les immenses exploitations au Sud de Lohr, laissent aborder constamment les « Grès à *Voltsia* ». Les carrières de l'éperon du Graufthal, à hauteur de la station de chemin de fer, n'ont plus d'intérêt; celle la plus proche au S. de Bust est complètement envahie par la forêt. A Hangviller on a une coupe magnifique avec la base des grès coquilliers du « Muschelkalk »; la carrière de Bust donne une moins bonne section à ce propos. Celle de Schoenbourg effleure à peine ce niveau au sommet; celle de Lohr se tient un peu en dessous,

Toutes ces carrières montrent les grès à Plantes avec restes végétaux plus ou moins bien conservés, parfois charbonneux, rarement les fructifications de Conifères; on voit surtout des *Equisetites*, *Voltsia*, *Schizoneura*. Dans ce grès on voit parfois, à des niveaux variables, des passées jaune à jaune-paille, ou brun-jaune, dolomitiques; les taches ocreuses qui y sont visibles sont vraisemblablement des restes de Lamellibranches vu ce que j'ai établi en d'autres points. En tout cas à Lohr, dans l'angle SE, à faible distance du fond de la carrière, un niveau dolomitique irrégulier m'a livré des restes incontestables de Lamellibranches marins, indéterminables; cette même exploitation vers 5 m au-dessus du fond, dans un autre niveau de grès dolomitique m'a montré seulement de très nombreux restes de végétaux terrestres ocreux dont de gros rhizomes d'*Equisetites*.

Partout le grès est barré par des niveaux en disposition oblique, variables en puissance, d'argile verte, plus ou moins micacée et sableuse à schistoïde. On ne les voit pas entrecroisés à un tel degré que dans la région au Sud d'Epinal; mais à aucun moment on ne peut y reconnaître une justification de lits fluviaux fossilisés; avec peine, on peut parfois déceler un semblant d'orientation de ces coulées argileuses dans le grès; mais de carrière à carrière c'est encore plus estompé. Le contenu de ces lentilles argilleuses est excessivement variable; il semble qu'il faut débiter des quantités considérables d'argile pour faire des récoltes intéressantes. C'est surtout le domaine végétal qui m'a livré des matériaux variés, outre d'admirables frondes d'*Actophyllum* à Bust, j'ai surtout récolté la flore habituelle de cet horizon à des degrés de conservation variable, parfois avec une grande fidélité des détails. Seule la petite carrière en bordure de la route vers Bust m'a livré de mauvais débris de Poissons. La faune est constituée surtout par des *Anoplophora* et *Esteria*. Je n'ai pas pu trouver des pièces aussi remarquables que celles signalées par GRAUVOGEL: colonies de Limules, Méduses, pontes, etc... En quelques occasions j'ai trouvé des restes de Crustacés. Dans le domaine végétal j'ai obtenu des graines en germination, des fructifications de Conifères, leurs écailles avec graines en germination, etc... Il est évi-

dent que je n'ai pas pu consacrer les innombrables heures nécessaires pour rassembler un échantillonnage plus varié. La richesse de ces niveaux est déjà apparente sur ces bases; il est certain qu'un chercheur, armé de patience, finirait par y faire lui aussi des découvertes, et en persévérant en ferait peut-être d'exceptionnelles. (Il est à citer les spectaculaires lentilles d'argile, très rapprochées, qui couronnent les carrières de Schoenbourg : elles sont abruptes et inexplorables actuellement; mais dans quelques années, avec la progression des travaux elles seront accessibles.) Il paraît donc vraisemblable que c'est dans ces carrières que GRAUVOGEL a poursuivi ses recherches; on a deux recouplements donnant une confirmation: la note de LAURENTIAUX et GRAUVOGEL cite (unique citation de localité) les environs de Bust; et, dans les carrières de Bust, par le plus grand des hasards, les ouvriers carriers m'ont précisé que le gisement était l'objet de fouilles d'un collectionneur depuis de nombreuses années. Ceci a son importance. C'est donc bien des affleurements mêmes étudiés par GRAUVOGEL que je parle. Or la sédimentation ne me semble en rien différente, à des détails près, de ce que j'ai pu observer partout, comme je le rapporte ici (carrières sarroises comprises, dont j'ai visité une bonne partie); je n'ai pas, comme à Darney par exemple, pu un instant y établir une répartition des organismes justifiant des microcycles; les lits argileux eux-mêmes se révèlent sur une certaine distance comme lenticulaires; ils ne répondent pas à une sédimentation cyclique, mais à une simple répartition en stratification entrecroisée (plus ou moins nette) sous l'effet de l'agitation du milieu. Ce point important éclairci, on peut passer à l'examen d'autres régions.

Il y a une dizaine d'années, dans les carrières de Merviller (M.-et-M.) (\*\*), aujourd'hui abandonnées, et dont la partie supérieure n'atteint pas encore (il s'en faut de peu d'ailleurs) le « Grès coquillier » du Muschelkalk, proprement dit, un bloc non repéré *in situ*, mais provenant du sommet du front

(\*\*) Les grès y sont exploités sur 18 m de front de taille. Dans le grès lui-même, j'ai trouvé les *Voltsia heterophylla*: *Equisetites Mougeoti*, des *Eq. arenaceus* JÆG.; *Schizoneura paradoxa* SCH. et MOUG., *Cedroxylon*.

de taille, me montrait ce qui suit. Manifestement érodé, couvert par un feuillet argileux, le grès rosé (niveau du « Grès à *Voltzia* » proprement dit) avait subi une exondaison; en effet, outre de nombreuses stries, traînées, bourrelets, difficilement identifiables quant à leur origine, des gouttes d'eau (ou des déblais à l'entrée de terriers!) étaient fréquentes, mais aussi une série de pistes reptiliennes. En voulant extraire celles-ci avec un outil assez peu approprié, et le grès étant fragile, je n'ai pu recueillir que les formes figurées ici (Pl. I, fig. 2-3). Il est intéressant de constater que l'on retrouve là des formes très voisines de celles signalées en Sarre par RÜCKLIN. En effet, la piste tridactyle en W que je figure est très voisine des figures A-B, p. 199, de cet Auteur; bien qu'infiniment plus petites, puisque les siennes atteignent 33 mm, on reconnaît aisément une des formes tridactyles sarroises. Quant à la piste en T que je figure également, c'est une forme rappelant la figure C, qui présente une griffe médiane très allongée, une sorte de moignon à gauche, et une petite griffe à droite. Compte tenu des conditions de fossilisation, on conçoit des divergences morphologiques de détail. Il y a peu de doute qu'une faune reptilienne identique peuplait les zones littorales du « Grès à *Voltzia* » en Sarre et bien au S-E, dans les Vosges actuelles (bipèdes tridactyles ornithoïdes).

C'est dans cette carrière que, pour la première fois dans l'Est, je trouvais des Lamellibranches marins dans les « Grès à *Voltzia* » à 4 m 40 au-dessus du fond de la carrière la plus occidentale (c'est-à-dire du plan un peu irrégulier dominant une exploitation en renforcement, et servant de chemin pour joindre, par un passage souterrain, la carrière contiguë). Dans une passée irrégulière de grès jaunâtre et blanchâtre, dolomitique, j'identifiais une véritable lumachelle à Lamellibranches indéterminables. Bien entendu, je ne soupçonnais pas à l'époque l'intérêt de cette découverte.

Bien que de telles trouvailles ichnologiques ne soient pas fréquentes, mon observation n'est pas isolée. Dans le sondage pétrolier de Solgne (Moselle), ces années dernières, je trouvais en plein dans les « Grès à *Voltzia* », carottés, la

surface ici figurée. On voit qu'il s'agit d'une surface irrégulière manifestement sableuse (durcie postérieurement), avec une partie de grain plus fin, plus plane aussi; si des vagues traces sont décelables sur la partie mamelonnée grossièrement, elles sont tellement imprécises, et les inégalités du relief ajoutant à la confusion, que rien ne peut être avancé à ce propos. Par contre, il est très net, sur la partie plane, que 7 mamelons arrondis, dont 3 à peine de l'ordre du millimètre, sont en saillie.

Selon les conceptions habituelles, on pourrait sans grande hésitation y voir des traces de gouttes de pluie ou d'eau projetée sur une aire littorale. Cette interprétation n'est pas forcément la bonne. Je n'ai pas voulu sacrifier la pièce en faisant des coupes perpendiculaires; vu l'examen du contour de la rondelle, il est d'ailleurs douteux que des détails seraient visibles. Il me semble plus vraisemblable que l'on a là des déjections de matériaux sableux très fins à l'orifice de minuscules terriers d'animaux fouisseurs littoraux. SEILACHER (1953) a rapporté les *Laevicyclus* (connus du Cambrien au Jurassique!) de QUENSTEDT, considérés comme des traces d'éclatement de bulles gazeuses, à des trous circulaires de tentacules d'Annélides, balayant l'ouverture, enfouies dans le sable de leur terrier. On aurait ici un autre aspect de cette activité biologique souterraine. Un autre document achève de démontrer que l'on a affaire à une véritable surface d'émersion. Si on considère attentivement mon spécimen, on découvrira un peu au-dessous du groupe des 5 petites bulles une sorte de *Chondrites*; or c'est une piste en relief qui prend par convergence une allure de thalle; après un petit intervalle deux autres formes identiques, se chevauchant partiellement sont bien visibles, encore mieux conservées; on voit qu'une patte s'est déplacée de très peu, marquant coup sur coup son empreinte. On est là sur le trajet d'une piste animale, et par suite du découpage de la roche, la moitié symétrique droite de la piste griffue manque à tout jamais.

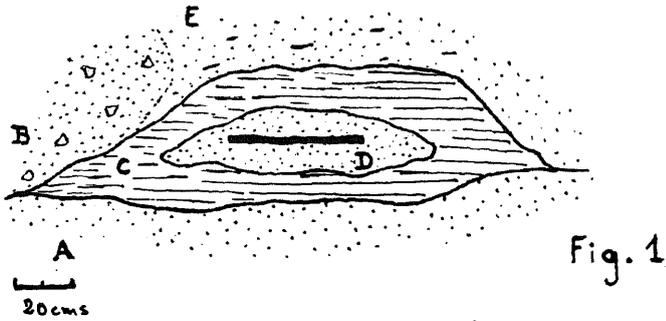
En 1946, LEONARDI a réétudié les pistes du Buntsandstein de Thuringe; en imaginant l'existence de griffes, et selon la reconstitution de LILIENSTERN (1939), il reconstitue en dé-

tail les pistes des petits animaux triasiques, s'aidant évidemment des observations de détails fossilisés. Les Rhynchocéphaloïdes sont ainsi à peu près indistinguables des Laccertoïdes, puisque les premiers sont caractérisés par l'écartement du cinquième orteil... quand il est visible sur une piste; or l'état de conservation de celles-ci est le plus souvent tel que ces détails sont indistinguables. C'est le cas de mon spécimen. On peut conclure en tout cas que l'on a affaire à une piste de petit Reptile, dont la partie gauche seule est conservée; les pattes antérieure et postérieure ont marqué leur empreinte, l'animal remuant presque sur place sa patte antérieure gauche, d'où deux traces se chevauchant.

Il est important de préciser que cette découverte a été faite au sommet d'une lentille d'argile verte à *Estheria*; brusquement, sur moins de 2 mm, l'argile devient gréseuse, et passe à un grès gris-blanchâtre, compact, finement et faiblement micacé, formant un lit de 7 à 8 mm d'épaisseur. Une pellicule argileuse venait dessus, et à nouveau du grès.

Plus vers le Sud des Vosges, trois carrières m'ont permis encore des observations de détail:

La première est proche d'Epinal, où les exploitations autrefois nombreuses ont ou disparu, ou ne montrent plus qu'un front de taille inutilisable pour des études de détail. Il en est de même pour les célèbres carrières de Bréménil, dont la coupe détaillée est fournie par KRAUS; si le parement des carrières en bordure de la route de Neuwiller laisse encore voir la roche, et même les couches de base du « Calcaire coquillier » gréseux, des études de détail sont devenues impossibles. Au Nord de Rambervillers, les carrières au Sud du village de Domptail, en bordure de la route de Xafféwillers, ont tout juste leur emplacement décelable; c'est là que les Auteurs anciens, il y a un siècle passé, ont décrit le grès coquillier de base du « Muschelkalk », et la localité fut longtemps considérée comme classique. Les exploitations autour d'Epinal et au Sud de Chaumousey n'offrent plus rien d'intéressant et ne justifient pas une visite. Les vastes et magnifiques carrières de Saint-Christophe, près de Deneuvre, au S-E de Baccarat, sont également perdues pour des observations.



Niveau fossilifère de Saint-Avold.

A: Sable jaune. B: sable rosé, aggloméré, à grosses lamelles de muscovite, un peu dolomitique, riche en moules internes friables, de Lamellibranches. Avec mouches d'argile verte de 2 cm au maximum, et de marne dolomitique jaune un peu micacée. C: argile schisteuse, verte, micacée, à débris végétaux. D: sable rosé avec un gros végétal ligneux.



Fig. 2



Fig. 3

Pistes reptiliennes des carrières de Merviller (Les Carrières), M.-et-M.  
Grandeur naturelle.



Sol fossile sur une carotte du sondage de Solgne (Moselle)  
Grès à *Voltzia*, profondeur: 432,80 m. - Grandeur naturelle.

Je veux ainsi parler de la carrière encore exploitée à Jeuxy au N-O d'Epinal, un peu au N du village. Le front de taille montre une douzaine de mètres de « Grès à *Voltzia* ». On y trouve effectivement des *V. heterophylla*, des *Equisetites*, et de rares *Schizoneura*. Plusieurs niveaux irréguliers, en stratification oblique, constitués par de l'argile verte, barrent le grès. Ils sont épais de 15-20 cm. Un, bien développé, est visible au 1/3 inférieur et un au milieu (à 12 m du sommet, soit 10 m env. du plan moyen de la carrière, et 12 m env. de son niveau le plus bas). Ils m'ont livré de rares débris végétaux et quelques *Estheria*. Mais juste au-dessus, et également latéralement, pour le premier (côté Sud de la carrière), on observe un banc lenticulaire, se différenciant du grès ambiant, en grès dolomitique brun-jaune et jaunâtre, criblé de débris de Lamellibranches. La plupart de ceux-ci sont méconnaissables, et rarissimes sont ceux où on peut reconnaître la nature animale; le plus souvent on remarque une tache brun-rouille friable. Plus spécialement, au-dessus du lit argileux du milieu du front de taille, on observe une lumachelle de 20 cm d'épaisseur où j'ai pu découvrir quelques moules internes entiers de *Modiola*, de *Natica gaillardoti* dont un fort bel échantillon, des *Myophoria* ind., *M. aff. laevigata* V. ALB., *Anoplophora* Sp. (forme très allongée, subrectangulaire), de gros moules de *Chemnitzia* Sp., nombreux, de grands moules de *Modiola* sp. aff. *triquetra* V. SEEB., des *Entolium discites* V. ALB. J'ai recueilli une dalle particulièrement suggestive, dont je ne puis malheureusement donner la reproduction. On voit que les innombrables débris brun-rouille, friables, inidentifiables, voisinant avec quelques fossiles de meilleure conservation ne sont rien d'autre que des fragments coquilliers. On a donc une véritable lumachelle en plein dans les grès. Et on conçoit que bien souvent de telles lumachelles, réelles, mais inidentifiables ont échappé aux observateurs.

Plus au Sud encore, la carrière du Void-d'Escles, entre Epinal et Darney, vaste exploitation située un peu au N du carrefour menant au village, si elle n'a pas un intérêt paléontologique exceptionnel, est riche en enseignements paléogéographiques. Une douzaine de mètres de « Grès à

*Voltzia* », irrégulièrement riches en plantes, surtout des débris ocreux, sont exploités encore actuellement. Le sommet est en pierrailles ; mais le reste du massif est homogène comme dans toute carrière ; le grès est beige-jaunâtre à blanc-jaunâtre, taché de rose à l'affleurement. A 5 m de la base, il y a un niveau de grès dolomitique jaune, à débris végétaux ocreux grossiers et rares moules internes de coquilles marines, brisés. Des mouches argileuses verdâtres et dolomitiques jaunes, parsèment ce grès. Les 5 mètres inférieurs de grès, sont littéralement criblés de lentilles très irrégulières et ondulées, se rejoignant, en stratification entrecroisée, d'argile schistoïde gris-verdâtre à jaune-verdâtre. Parfois l'argile devient micacée, psammitique, ou très sableuse. Les parties argileuses sont riches en *Estheria*, avec quelques restes végétaux, parfois de fine conservation, et surtout des collerettes de *Neocalamites*. Quelques graines de Conifères, en germination, ont été observées.

Il est extrêmement suggestif de considérer le mode de stratification de l'argile dans le grès. Il est rigoureusement impossible d'imaginer qu'elle résulte de lits fossiles de courants d'eau douce ; c'est encore plus suggestif que dans les carrières de la région de Saverne, où les lits argileux sont moins nombreux et moins irréguliers. Tout se présente comme si l'argile, en stratification oblique, s'était bel et bien déposée dans un milieu sableux très agité, les matières colloïdales étant apportées d'un continent plus ou moins proche ; en aucun cas il ne peut s'agir d'une sédimentation continentale dans un grès lui-même continental (ou non).

En allant plus au Sud encore, la région de Darney montre de nombreuses carrières dont certaines sont à nouveau exploitées. La plus intéressante est celle située au S-E de la localité, à faible distance du passage à niveau sur la voie ferrée. En 1957-1958, j'ai exploré une lentille argileuse dans cette carrière (partie la plus au S-E, car il y a deux fronts de taille distincts), débitant plusieurs mètres cubes pour en examiner le contenu paléontologique.

On observe 12-13 m selon les carrières considérées, de « Grès à *Voltzia* » dont le contenu végétal m'a paru aussi pauvre et aussi monotone qu'à FORCHE. On voit, irrégulière-

rement, des lits ondulés, parfois disparaissant ou se rejoignant, de disposition oblique, d'argile schistoïde ou gréseuse, verte. Le plus épais, puissant de 40 cm sur son renflement, est situé au milieu du front de taille. J'ai examiné de façon très minutieuse son riche contenu paléontologique. Sans qu'il soit possible de déterminer une succession marquée des formes sur la hauteur de la couche, j'ai trouvé de nombreux restes végétaux souvent de magnifique conservation, avec bien des détails anatomiques, depuis les *Equisetites*, en passant par les *Voltzia heterophylla* BR., jusqu'aux *Albertia* et *Neocalamites* et de superbes frondes d'*Aetophyllum*. Les fructifications, graines, écailles avec graines en voie de germination ne sont pas rares : on retrouve donc là les pièces signalées par GRAUVOGEL. Mais aussi, j'ai trouvé un fragment de Céphalothorax de *Limulus*, une belle aile d'Insecte blattoïde, une aile de *Protodonte*, avec de très nombreuses *Estheria*. Il s'y ajoute des restes de Crustacés assez fréquents, bien que mal conservés. Les *Palaeoxyris* ne sont pas rares, pièces considérées comme des pontes de Poissons par certains Auteurs, et j'en ai trouvé un de taille géante. De nombreuses pièces, tant végétales qu'animales ne sont pas encore rattachées avec certitude à un organe ou des formes déterminés. Toutefois je n'ai rien vu qui puisse ressembler aux pontes décrites par GRAUVOGEL.

L'hétérogénéité du contenu paléontologique, quant à sa répartition, parle de façon rigoureuse contre une disposition cyclique des restes organiques ; rien dans la sédimentation n'appuie cette façon de voir ; et si on suit la disposition de la lentille argileuse, s'amincissant et ondulant sur ses ailes, on ne voit pas, comme dans les autres carrières, en quoi il pourrait s'agir d'un lit fluvatile fossilisé sur place. Par contre, tout parle évidemment pour un apport fluvatile venant d'une direction indéterminée, où était la terre ferme.

Bien plus au Sud encore, dans la région de Luxeuil, en Haute-Saône, il devient difficile d'aborder les carrières signalées autrefois. Une seule demeure, vaste, à peine exploitée, mais donnant encore un bon profil des « Grès à *Voltzia* »

jusqu'aux grès coquilliers de base du « Muschelkalk ». C'est la carrière des Baraques de Saint-Germain, un peu au N de Lure. Elle a été décrite sommairement par CARDOT, et sa faune citée. Cet Auteur n'a toutefois pas rapporté la présence de fossiles marins dans les grès; j'ai observé un morceau de grès dolomitique, ne provenant manifestement pas du sommet, situé ainsi dans les grès à Plan-tes eux-mêmes, avec débris lumachelliques identifiables. Le reste de la faune et de la flore trouvés à ce jour lors de mes trop peu nombreuses visites est assez insignifiant. Les argi-les vertes, assez peu accessibles pour permettre un débitage systématique, ne m'ont offert que des mauvais restes d'*Es-theria*.

Une localité de grand intérêt, un peu au Nord de Luxeuil, plus exactement au N-O de Plombières, est le plateau de Ruaux. La plupart des carrières signalées par les anciens Auteurs ont disparu ou sont inaccessibles. Il reste seule-ment des vestiges assez importants d'exploitations, un peu au N-E de Ruaux, près de l'ancienne ligne de chemin de fer. Chose bizarre, le parement de grès visible, et l'étude du sommet ne permettent en rien de penser que le « Calcaire coquillier » de base du « Muschelkalk » a été atteint. S'il l'était autrefois, il est à peine effleuré, ou il en a été de même dans d'autres carrières disparues. Il est vraiment à déplorer que DUBOIS, créant un étage Ruauxien, n'ait même pas donné une coupe sommaire justifiant ses coupures.

Un esprit objectif en est alors à se demander si les célè-bres faunes de Ruaux, n'ont pas été trouvées dans le « Grès à *Voltsia* » lui-même; ou dans celui-ci, et, dans le cas le plus favorable, également dans les tout premiers bancs con-servés sur le replat du plateau, appartenant au « Grès co-quillier ». Si on se reporte aux écrits et observations de LIÉTARD, maintenant invérifiables, on ne peut qu'être for-tement troublé, et le problème du « Grès de Ruaux » se retrouve posé. Nous y reviendrons au terme de cette étude.

Il est excessivement intéressant de tenter de savoir ce qu'il advient des « Grès à *Voltsia* » à l'Ouest des affleure-ments. Jusqu'au début de ce siècle ils ont été traversés par quelques sondages, sans que des études de détail aient été

faites ou conservées à leur propos, mais pas au delà du plateau bajocien en Lorraine centrale. Ces années dernières une série de sondages profonds d'un intérêt capital pour nos connaissances quant à la constitution du Bassin de Paris, a été réalisée au cours d'une campagne de recherches pétrolières. Le Trias a été ainsi traversé dans certains forages. J'ai pu étudier en détail les documents fournis par ces ouvrages. Il est malheureusement impossible actuellement de fournir des détails quant à mes observations vu le secret industriel. Toutefois je puis affirmer que les « Grès bigarrés » là où ils ont été traversés n'ont pas des caractères différents des affleurements. D'une part il est bien souvent difficile, sinon impossible, de tracer la limite avec les « Grès coquilliers » admis comme équivalents des « Grès de Ruaux » des anciens Auteurs. De l'autre, la disposition des lits argileux verts dans la masse des grès supérieurs, n'est pas différente de ce qui est visible aux affleurements. Mis à part le fait que je n'ai pas trouvé de niveaux marins dans les grès eux-mêmes (mais il faut garder à l'esprit la notion statistique: malgré des carottages continus, les lumachelles déjà difficilement visibles, et sporadiques, aux affleurements peuvent échapper, on le conçoit aisément), le contenu paléontologique est le même. Les grès se sont révélés riches en Plantes. Les argiles vertes, le sont également; mais surtout elles m'ont livré pêle-mêle outre les innombrables *Estheria albertii* VOLTZ, des débris de Crustacés, une seule fois de nombreuses et magnifiques *Estheriella nodosocostata* GIEB. (jamais signalée aux affleurements lorrains), des lumachelles à *Anoplophora*. Une seule fois *Myophoria* a été trouvée en association avec les végétaux, dans les grès, mais à un niveau qui peut être éventuellement considéré comme déjà la base du « Calcaire coquillier ». Fait le plus intéressant, les fructifications végétales, les éléments problématiques déjà observés aux affleurements ont été retrouvés; mais aussi, et surtout, des ailes d'Insectes du genre *Tryadotypus*.

J'insiste à nouveau sur le fait qu'aucune répartition verticale constante des éléments faunistiques n'a pu être observée, pas plus qu'une justification stratigraphique de microcycles.

Si nous voulons tirer les conclusions de cette masse d'éléments, nous voyons un certain nombre de points certains, parmi d'autres restant à éclaircir.

D'une part, il y a longtemps que la richesse paléontologique et le caractère parfois exceptionnel de la conservation des pièces dans les argiles vertes des « Grès à *Voltzia* » sont apparus aux géologues. L'oubli s'est fait à leur sujet et les minutieuses et patientes investigations de GRAUVOGEL n'ont fait que rappeler l'attention à ce propos. Il y a tout aussi longtemps que les éléments pour une conclusion paléogéographique sont entre les mains des géologues. La persistance des trouvailles de Lamellibranches et autres coquilles marines, sans compter les autres groupes moins significatifs, parle pour une sédimentation marine des grès. Une fois de plus il est à déplorer le mystère dont GRAUVOGEL a entouré ses observations: aucune coupe précise n'est donnée, ni détail stratigraphique; toutefois, on l'a vu, j'ai de fortes raisons de croire que ce sont les propres gisements explorés par lui-même que j'ai pu étudier à loisir dans le N-O de l'Alsace. Si certains niveaux argileux étaient des dépôts lacustres, il faudrait donc admettre que d'autres, de même faciès, et à contenu paléontologique assez voisin, seraient marins. Il est totalement impossible d'expliquer la lentille d'argile verte située latéralement à une lumachelle marine, décrite en détail à St-Avold, précédemment, comme un lit fluviatile fossile. Il est tout aussi impossible, on l'a vu, de reconnaître, si on étudie toute la surface d'affleurement des « Grès à *Voltzia* », de prétendus cours d'eau dulçaquicoles, fossiles, avec une orientation définie. Les lits argileux sont irrégulièrement interstratifiés dans les grès; tout au plus pourrait-on (??) trouver une fréquence plus grande, et une disposition générale, en fonction des terres émergées plus ou moins proches. Il est rigoureusement impossible d'admettre des microcycles (les cycles étant automatiquement généralisés) tant stratigraphiques, que paléontologiques. Le « hasard » (ensemble des facteurs de répartition nous échappant) explique la disposition. Le jour où des taux de fréquence, et des confrontations systématiques des trouvailles alignées sur différentes coupes, seront fournis, il sera

évident que des trouvailles isolées, même massives, ont été prises pour des répartitions cycliques.

Il n'est pas du tout évident que la faune des lits argileux est strictement continentale, bien des formes trouvées pouvant aussi bien être marines (\*). La flore, évidemment, est terrestre. Mais on cherche en vain des associations animales et des variations climatiques marquées dans la répartition cyclique des végétaux.

Un fait est certain, les niveaux argileux traduisent des apports continentaux massifs.

Si l'on considère que les mêmes faciès et associations sont connus sur plus de 100 km du Nord au Sud; 50 km d'E en O aux affleurements, distance reportée à plus de 100 km E-O si on tient compte des forages profonds inédits, la théorie des lits fluviatiles fossiles s'écroule. Il faudrait admettre une infinité de cours d'eau divaguant, se recoupant perpétuellement; et cela parle contre une orientation constante des lits argileux admise aux confins de la Lorraine et de l'Alsace.

Les grès ont maintenant livré sur toute cette étendue des indices persistants de faunes marines indiscutables. Le seul problème en suspens est de savoir, s'il existe au moins trois niveaux marins constants dans les « Grès à *Volzia* », ou si les niveaux fossilifères sont capricieusement disposés; il est possible qu'ils soient plutôt cantonnés dans des niveaux d'élection. FORCHE, ou l'a VI, conteste ces localisations.

Le milieu de sédimentation paraît élucidé, sinon dans tous ses détails, du moins dans ses grandes lignes. Une mer excessivement peu profonde, subissait une sédimentation sableuse importante, par attaque des massifs hercyniens émergés. Dans ce milieu sableux, les conditions de fossilisation se prêtaient mal à la conservation des coquilles, et à plus forte raison des autres formes. (Des comparaisons avec des plages sableuses du littoral méditerranéen actuel sont aisées.) Ceci n'implique pas une absence de vie animale. Des apports à peu près permanents dans le temps de sédiments continentaux argileux, en relation avec une érosion intense, et une

\*F. FIRTON, on l'a VI, conclut que ces argiles à Poissons et Limules sont marines.

destruction considérable du manteau végétal, amenaient des boues fines (\*); dans celles-ci, ou bien les conditions de vie étaient plus propices, ou bien les animaux étaient entraînés, en tout cas, il y avait un milieu de fossilisation idéal quand le grain était fin. Et les courants apportaient avec eux des masses considérables de végétaux terrestres charriés, que nous trouvons également de façon constante dans les grès eux-mêmes, mais moins bien conservés.

Ces caractères sont-ils uniques dans la série sédimentaire de l'Est de la France? Il est curieux que personne n'a fait le rapprochement avec la série rhétienne que je persiste à maintenir comme terme supérieur de la série sédimentaire triasique. On a toujours considéré que les coquilles marines étaient des raretés dans les « Grès infraliasiques », sans jamais mettre en doute un instant leur caractère marin. En réalité, ces coquilles sont moins rares qu'on l'imagine, leur mauvaise conservation étant cause de leur disparition rapide aux affleurements; les carottes de sondages montrent bien souvent des lumachelles. Je mets à part évidemment les niveaux conglomératiques, d'ailleurs riches surtout en restes de Vertébrés (« bone-bed »). Ces grès sont, comme les « Grès à *Voltzia* », barrés en stratification oblique, de lits argileux noirs, plus ou moins sableux (pélites), rarement fossilifères aux affleurements, très fossilifères dans les sondages. Leur milieu de conservation est toutefois moins favorable que les argiles vertes des grès à Plantes, et leur contenu moins varié. Ces pélites, mais surtout les sables et grès, sont riches en restes végétaux continentaux, parfois bien conservés.

L'analogie est totale entre les caractères de sédimentation des « Grès à *Voltzia* » et des « Grès infraliasiques »; le caractère marin des seconds, malgré le peu d'endroits où on ait signalé des faunes de Lamellibranches marins, est un argument, par une autre voie, quant à la nature marine des « Grès à *Voltzia* ».

Dans un autre ordre d'idées, il est curieux de constater que, si un magasin gréseux a pu piéger des hydrocarbures venus d'autres niveaux géologiques, on peut penser dans

(\*) Notion de Biorhexistase, de ERHART.

certain cas que les « Grès à *Voltzia* » peuvent constituer un horizon pétrolifère indépendant, vu ce qui a été observé dans le Bassin de Paris. Or, avec une sédimentation marine, les indices d'hydrocarbures des « Grès à *Voltzia* », deviennent un peu moins mystérieux; outre le fait que la vie y a pullulé, avec probablement un plancton non conservé (les argiles vertes même bourrées de fossiles, comme je les ai vues parfois, ne paraissent guère remplir les caractères d'une roche-mère), le milieu était marin, donc favorable à des conditions de genèse d'hydrocarbures. On retrouve une étrange parenté paléogéographique et pétrolière entre les deux niveaux.

Un seul problème important demeure. C'est plus qu'un problème de stratigraphie régionale, puisque cela implique des conclusions paléogéographiques assez importantes. S'il n'y a aucun doute qu'en Lorraine septentrionale et le Nord de l'Alsace, le « Muschelkalk inférieur » (= « Grès coquillier ») existe, avec des « Agiles-limites », celles-ci disparaissent rapidement vers le Sud et le S-O. On devient très embarrassé pour tracer une limite de formations, la chose n'étant déjà pas tellement précise là où les argiles existent. Certaines reconstitutions paléogéographiques d'Auteurs allemands, ont placé des lignes littorales (zone continentale: festland) au S de la zone d'extension des argiles, pour certains niveaux de base du « Calcaire coquillier ». KRAUS a déjà discuté d'ailleurs de l'évolution des faciès vers le S-O, en direction du littoral présumé.

Or, si les « Grès de Ruaux » sont l'équivalent strict du « Grès coquillier » de base du « Calcaire coquillier = Muschelkalk », il faut retoucher les conclusions paléogéographiques. D'une part, j'ai eu le plus souvent de grandes difficultés, sinon une impossibilité pour reconnaître ces « Grès coquilliers » dans les sondages profonds sous la couverture jurassique à l'Ouest. De l'autre, on a vu des observations capitales de LIÉTARD dans la région de Ruaux précisément. Il en ressort au moins que la faune des « Grès coquilliers » n'est en rien différente de celle des « Grès à *Voltzia* », ce que confirment mes trouvailles de Jeuxey; comme d'autre part, aucun renseignement stratigraphique

(absence de détails), pas plus que les investigations (difficiles sur place, faute de bons affleurements), ne permettent de croire à l'existence d'un niveau géologique distinct, on est tenté de pousser plus loin le raisonnement. L'horizon des « Grès de Ruaux » n'existerait pas comme entité stratigraphique: ce serait un faciès exceptionnellement fossilifère des « Grès à *Voltsia* », et, partant, un étage Ruauxien (DUBOIS) n'existerait pas. Il faut poser le problème, même s'il est difficile à résoudre, et pour longtemps.

Dans ce cas, on serait tenté de suivre les reconstitutions paléogéographiques avancées par les Auteurs allemands; mais, on l'a vu, il existe des formations qui, par leur faciès et leur faune, au N de Luxeuil, rappellent bien le « Grès coquillier de base du « Muschelkalk ». Il est vrai qu'il peut y avoir au N et au S des Vosges, une ligne littorale, avec une paléogéographie moins simple que celle supposée. Mais il peut aussi y avoir des changements de faciès en jeu, et dès lors on n'a plus guère de fils conducteurs dans ces délicats problèmes.

J'ai voulu esquisser ici certains aspects négligés de la géologie régionale de l'Est de la France au Trias inférieur. La recherche d'affleurements nouveaux, et surtout riches en enseignements stratigraphiques et paléogéographiques, est à souhaiter. Il y a là un champ de travail, ingrat, mais éventuellement riche en conclusions inattendues, pour des chercheurs géographiquement bien situés. Une opinion trop répandue considère en effet qu'il n'y a rien à trouver ou à tenter dans les Vosges gréseuses et leurs annexes naturelles. J'espère avoir démontré qu'il n'en est rien.

#### BIBLIOGRAPHIE

- BENECKE E.W. — Über die Trias in Elsass-Lothringen und Luxemburg. *Abh. z. geol. Spezialkarte v. Els.-Lothr.* Bd. I, H. 4, 1877.  
— Über den Buntsandstein der Gegend von Weissenburg. *Mitt. d. Komm. f. d. geol. Landesuntersuchung v. El.-Lothr.* Bd. I, H. 1, 1886, p. IX.  
— Zur Gliederung des Buntsandsteins im Haardtgebirge (Nord-Vogesen). *Centrabl. f. Min.*, 1905, pp. 380-81.  
+ BIGOT A. — Sur l'existence de Méduses dans le Bajocien du Bessin. *C. R. Ac. Sc.*, t. 187, p. 866, 1928.  
BILL Ph. C. — Über Crustaceen aus dem Voltziensandstein des Elsasses. *Mitt. Geol. Land. Elsass-Lothringen*, Bd VIII, H. 3, 1914, pp. 289-338, Pl. X-XVI.

- BLEICHER G. — Guide du géologue en Lorraine. *Imp. Berger-Levrault*, 1887, 1 vol., 208 pp., 2 pl.
- BLEICHER. — Recherches sur l'origine et la nature des éléments du Grès des Vosges. *Bull. Soc. Sc. Nancy*, 1900, 12 pp. (III, Ser. 2, p. 97, 1901).
- +BODE A. — Ein Liassischer Scorpionide. *Paläontolog. Zeitschrift*, Bd 24, N° 1-2, 1951, pp. 58-65.
- BRACONNIER M. A. — Description géologique et agronomique des terrains qui constituent le sol du dép. de M.-et-M., 1 vol., 436 pp., Nancy, 1883.
- BRINKMANN R. — Tetonik und Sedimentation im deutschen Triasbecken. *Zeitschrift d. D. geol. Ges.* Bd. 78, 1926, Abh I, p. 52.
- CARDOT. — Le Trias inférieur de la Haute Vallée de l'Ognon. *Bull. Soc. Belfortaine d'Emulation*, N° 30, 1911.
- CORROY G. — Les Vertébrés du Trias de Lorraine et le Trias lorrain. *Annales de Paléontologie*, T. XVII, 1928, 56 pp., 5 Pl.
- DAUBRÉE. — Découverte de traces de pates de quadrupèdes dans le grès bigarré de St Valbert près de Luxeuil (Hte-Saône). 3 pp., 2 Pl. *Mém. Soc. Sc. Nat. Strasbourg*, T. V, 1<sup>re</sup> livr., 1858.
- DEECKE. — Über Fische aus versch. Horizonten d. Trias. *Paleontographica*, XXXV, 1889.
- DUBOIS G. et M<sup>me</sup> C. — La géologie de l'Alsace. *Mém. Serv. Carte Géol. Al.-Lorr.*, N° 13, 1955.
- +ELLENBERGER Fr. et P. — Principaux types de pistes de Vertébrés dans les couches du Stromberg au Basutoland (Afrique du Sud). Note préliminaire. *C.R.S. Soc. Geol. Fr.*, N° 4, 1958, pp. 65-67.
- +ELLENBERGER Fr. et P., LAURENTIAUX D., RICOUR J. — Note préliminaire sur la faune et un niveau insectifère des lentilles de grès et schistes noirs des gypses de la Vanoise (Trias supérieur). *Bull. Soc. Geol. Fr.*, 6<sup>e</sup> S., T. II, p. 269-274, 1952, Pl. XIII.
- FLICHE P. — Flore fossile du Trias en Lorraine. *Bull. Soc. Sc. Nancy*, T. VI, F. 3, 1905; T. 7, F. 2, 1906; T. IX, F. 2, 1908; T. XI, F. 2, 1910.
- FIRTION Frid. — Description d'une nouvelle espèce de Saurichthys du grès à Voltzia de Wasselone. *Bull. Serv. Carte Géol. Al.-Lorr.*, T. 2, F. 2, pp. 89-97, Pl. IX, 1934.
- Note sur quelques gisements fossilifères du Grès à Voltzia d'Alsace. *Ibid.*, T. III, pp. 13-20, Pl. I, 1936.
- FLÖHN Herm. — Zur Paläomorphologie und Paläoklimatologie des Buntsandsteins in Luxemburg (Zugleich Beiträge zur Tal- und Flächen-geschichte Luxemburgs). *Archives Institut Grand Ducal Luxembourg*, 1937, T. XV, pp. 81-87.
- FORCHE Fr. — Stratigraphie und Paleographie des Buntsandstein im Umkreis der Vogesen. *Mitteilungen aus dem Geologischen Staatsinstitut*, Heft XV, S. 15-55, Hamburg, 1935, 9 Fig.
- FRANK Manfred. — Paläogeographischer Atlas von Südwestdeutschland. *Mitt. Geolog. Abteilung Württ. Statistischen Landesamtes*, n° 17, III p., 80 fig.
- +FRANTZEN W. — Über Chirotherium-Sandstein und die carneolführenden Schichten des Buntsandsteins. *Jahrb. d. press. geol. Landesanstalt f. 1883*. Berlin, 1884, p. 347.
- GRAUVOGEL L. — Contribution à l'étude du Grès à Voltzia. *C.R.S. Soc. Geol. Fr.*, 1947, 3 fév.; p. 35-37.
- Note préliminaire sur la Flore du Grès à Voltzia. *Ibid.*, 17 fév. 1947, pp. 64-66.
- Découverte de Méduses dans le Grès à Voltzia (Trias inférieur) des Vosges. *Ibid.*, 7 mai 1951, pp. 139-141.
- Sur des pontes de Poissons du Grès à Voltzia (Trias inférieur) des Vosges. *Ibid.*, 21 mai 1951, pp. 152-154.
- Sur quelques types de pontes du Grès à Voltzia (Trias inférieur) des Vosges. *C.R. Ac. Sc.*, 10 déc. 1947, pp. 1165-1167, T. 225.
- Sur un horizon de galets de dolomie fossilifère dans le Grès à Voltzia (Trias inférieur) des Vosges. *Ibid.*, pp. 2033-2034, 28 mai 1951, T. 232.

- GRAUVOGEL L. et LAURENTIAUX D. — Un Protodonate du Trias des Vosges. *Annales de Paléontologie*, 1952, pp. 123-129, Pl. IV, T. XXXVIII.
- +GRUPE O. — Zur Gliederung des deutschen Buntsandsteins. *Jahrb. d. preuss. geol. Landesanstalt* f. 1912. Berlin, 1914, p. 397.
- + — Voltziensandstein, Chirotheriensandsteine und Bausandstein und ihre stratigraphische Stellung innerhalb der Buntsandsteinformation. *Centralbl. f. Min.*, Abt. B, 1926, p. 129.
- +HANDLIRSCH A. — Die Fossilien Insekten. 1 vol., 1908.
- + — Über die Insektenrestes aus der Trias Frankens. *Abh. Nat. Ges. Nürnberg*, 1911, XVIII.
- HOGARD H. — Description minéralogique et géologique du système des Vosges. Epinal, *Lib. Valentin*, 1837, 423 pp. + Atlas.
- +VON HUENE Freiherr Fr. — Neue Fahrten aus der Trias. *Zentralblatt f. M.G.P.*, 1935, Abt. B, pp. 290-294, 3 Fig.
- JACQUOT, TERQUEM et BARRE. — Description géologique et minéralogique du Département de la Moselle. Paris, 1868, 1 vol.
- KERNER-MARILAUN Fritz. — Paläogeographie. Berlin, 1934, Borntraeger 1, vol.
- +KÖRNER K. — Ein Labyrinthodontenrest aus dem Hauptconglomerat von Heidelberg. *Iber. u. Mitt. Oberrhein Geol. Ver.*, 23, pp. 78-80, 1934.
- +KRAUS Ernst. — Zur Stratigraphie und Paläogeographie des reichländischen Buntsandsteins. *Zeitschr. d. D. geol. Ges.* Bd. 73, 1921. Mon.-Ber., p. 278. — Von der Westküste des Muschelsandsteinmeeres (unterer Muschelkalk von Elsass-Lothringen). *Centralblatt f. Min.*, 1921.
- KRAUS E. — Lothringen. *Die Kriegschauplätze*, 1914-1918. H. 2, 1925, 212 pp., Tabl.
- +LAURENTIAUX-VIEIRA Fr., RICOUR J., LAURENTIAUX D. — Un Protodonate du Trias de la dent de Villard (Savoie). *Bull. Soc. Geol. Fr.*, 6<sup>e</sup> S., t. II, pp. 319-324, 1952, pl. XIV B.
- +LEONARDI. — Orme de Hamatopus Wildfeueri su una lastra de arenaria del Buntsandstein della Thuringia. *Mem. Ist. Geol. Univ. Padova*, vol. 14, p. 3.
- LEPPLA A. — Über den Buntsandstein im Haardtgebirge (Nordvogesen). *Geognostische Jahreshfte*. Bd. I, 188, p. 39. — Rotliegendes und Buntsandstein im Hartgebirg. *Mittl. d. Pollichia* Nr. 3, 48, Jahresbericht., 1889, p. 27.
- LEPSIUS R. — Über den bunten Sandstein in den Vogesen, seine Zusammensetzung und Lagerung. *Zeitschr. d. D. Geol. Ges.* Bd. 27, 1875, p. 83.
- +LESSERTISSEUR J. — Traces fossiles d'activités animales et leur signification paléobiologique. *Mém. Soc. Géol. Fr.*, N.S., t. 34, Mém. 74, 1955. Dans ce travail, voir spécialement les références concernant: LILIENSTERN et BACHMAYER et PAPP, 1951).
- LIETARD A. — Notes sur le Trias dans la région méridionale des Vosges. *B. Soc. Sc. Nancy*, 1888 (1889), pp. 44-68.
- +LORCHER E. — Eine neue fossile Qualle aus den Opalinusschichten und ihre paläogeographische Bedeutung. *Jahresberichte u. Mitteil. d. Oberrh. geol. Vereines*, 1931, pp. 44-46, Tabl. I, fig. 1-3.
- MEYER G. — Über die Lagerungsverhältnisse der Trias am Südrand des Saarbrücker Steinkohlengebirges. *Mittl. d. geol. Landesanstalt v. Els.-Lothr.*, Bd. 1, 1886, p. 1-15.
- MEYER VON H. — Recherches sur les ossements fossiles du grès bigarré de Soultz-les-Bains (Bas-Rhin), 17 pp. 2 Pl, *Mém. Soc. Hist. Nat. Strasbourg*, T. 2, 3<sup>e</sup> liv., 1836.
- MULLER Erwin. — Die Ausbildung und Mächtigkeit der Zwischenschichten im Saar-Lothringischen Raum. *Annales Universitatis Saraviensis*, II, 1-2, 1954, pp. 68-74 (Sciences), I K., 2 Taf.
- Beiträge zur Kenntnis der Stratigraphie und Paläogeographie des oberen Buntsandsteins im Saar-Lothringischen Raum. *Ibid.*, III, 3, 1954, pp. 176-201, 6 Taf., 6 K.

- NOËL E. — Note sur l'orientation des galets dans un courant et la direction des courants en quelques points du grès vosgien. *B. Soc. Sc. Nancy*, pp. 84-99.
- +REIS O.M. — Erläuterungen zu Teilblatt Würzburg der geognost. Karte von Bayern 1/100.000. München, 1920.
- RICOUR J. — A propos des « Grès d'Annweiler » (Permo-Trias de Lorraine). *C.R.S. Soc. Geol. Fr.*, n° 16, 1954, pp. 401-403.
- RÜCKLIN H. — Über Wurmsspuren im Voltziensandstein des Nordsaargebiets. *Bad. Geol. Abh.* Jg VI, H. 2, S. 81-89, 1934.
- Die Tierfährten im Oberen Voltziensandstein von St Barbara (Nordsaargebiet). *Verh. d. Naturhist. Ver. d. Rheinl. U. Westf. (Decheniana)*, Bd 93, S. 187-207, 1936.
- Neue Lebensspuren aus dem oberen Voltziensandstein und dem unteren Muschelkalk des Saarlands. *Bad. Geol. Abh.*, 9, S. 31-51, 1937.
- Die Grenzschichten Buntsandstein-Muschelkalk im Saarland: ein fossiles Watt. *J. Ber. und Mitt. Oberrh. Geol. Ver.*, N.F. 35, S. 26-42, Taf. I, 1953 (1954), pp. 26-42, Tabl. I.
- +RUEGER L. — *Palaeosemaestoma geryonides* v. *Huene* sp., eine sessile Meduse aus dem Dogger von Wehingen in Württemberg, pp. 3 et suiv. S.l., n.d.
- SCHAD A. — Stratigraphische Untersuchungen im Wellengebirge der Pfalz und des östlichen Saargebietes. *Abhandl. d. Geol. Landesuntersuchung am Bayerischen Oberbergamt*, H. 14, München, 1934, 2 fig., 1 tabl., 84 pp.
- SCHIMPER W.P. et MOUGEOT A. — Monographie des plantes fossiles du grès bigarré de la chaîne des Vosges. 1 Vol. Leipzig, 1844, 83 pp., 40 Pl. en couleurs.
- +SCHMIDT A. — Über fossilhorizont im Buntsandstein des östlichen Schwarzwaldes. *Mitt. Geol. Abt. d. Württ. statist. Landesamtes*, N7, Stuttgart, 1910.
- SCHMIDT Martin. — Die Lebewelt unserer Trias. Oehringen, 1928, 1 vol., 461 pp., 1.220 fig.
- SCHÖMER Rolf. — Erlebte Buntsandstein landschaft. *Travaux Laborat. Géologie Univ. de la Sarre*, N° 60, 16 pp., 18 fig. (1955?).
- SCHUMACHER E. — Zur Kenntnis des unteren Muschelkalks im nordöstlichen Deutsch-Lothringen. *Mitt. d. Comm. f. d. geol. Landesuntersuchung von Elsass-Lothringen*. Bd. 2, 1889, p. III.
- Buntsandstein auf Blatt Lützelstein. *Mitt. d. geol. Landesanstalt von Elsass-Lothringen*, Bd. 4, 1898, p. CLII.
- +SCHUSTER M. — Die Gliederung des Unterfränkischen Buntsandstein. I - Der untere und Mittlere Buntsandstein. *Abh. geol. Landes-unters. Bay. Oberbergamt.*, H. 7, München, 1932.
- SEIDLITZ W. — Über die Bildung von Konglomeraten. *Mitt. d. Phil. Ges. in Elsass-Lothringen*. Bd. 4, p. 237-249.
- +SHINDEWOLF O.P. — (*Ibid.*, 1923).
- SHIMPER W. P. — Paläontologia alsatica. *Mém. Soc. Hist. Nat. Strasbourg*, IV, I, 1850.
- Palaentologia alsatica, ou fragments paléontologiques des différents terrains stratifiés qui se rencontrent en Alsace, 10 pp., 4 Pl. *Mém. Soc. Muséum Hist. Nat. Strasbourg*, T. IV, 2, 3° liv., 1853.
- +SOERGEL W. — Die Fährten der Chirotheria, 1925.
- + — Spuren mariner Würmer im mittleren Buntsandstein. *N. Jahrb. f. Min. Geol.*, 49, Bl. Bd., 1923.
- STAESCHE K. — Der Buntsandstein des Saarlandes. *Festschrift zur 55 Tagung des Oberrhein. Geol. Vereins zu Saarbrücken*, 1927, p. 39-92.
- +STRALEN VAN V. — Sur les premiers restes de Méduses trouvés dans le Calcaire Carbonifère de Belgique. *Bull. Cl. Sc. Ac. Roy. Belgique*, 1926, pp. 952-955, 1 pl.

- THEOBALD N. — Stratigraphie et paléogéographie du Buntsandstein dans le SW de l'Allemagne et le NE de la France. *Bull. Soc. Hist. Nat. Moselle*, 36<sup>e</sup> Cahier, 3<sup>e</sup> S., [T. XII, 1950, pp. 15-33.
- + TRUSHEIM F. — Ein Labyrinthodontenrest aus dem Buntsandstein des Spesarts. *Zentralblatt f. Min. Geol. Pal.*, 1935, Abt. B, pp. 294-298.
- VOELCKLER I. — Wurmrohren aus dem unteren (?) Buntsandstein der Rheinpfalz. *Badische Geologische Abhandlungen*, VI, H. 2, pp. 101-102, 2 fig., 1934.
- VOLTZ L. — Notice sur le Grès Bigarré de la grande carrière de Sultz-les-Bains. 14 pp. *Mém. Soc. Hist. Nat. Strasbourg*, T. 2, 3<sup>e</sup> liv., 1836.
- WEISS Ch. Ernst. — Über Voltzia und andere Pflanzen des bunten Sandsteins zwischen der unteren Saar und dem Rheine. *N. Jahrb. f. Min.*, 1864, p. 279.
- WEISS E. — Vorkommen organischer Reste im Saarbrückischen. *N. Jahrb. f. Min.*, 1864, p. 694-95.
- Die Gliederung der Trias in der Umgegend von Saarbrücken. *N. Jahrb. f. Min.*, etc., 1869, p. 215.
- Die Entwicklung des Muschelkalks an der Saar, Mosel und im Luxemburgischen. *Zeitschrift d. D. Geol. Ges.* Bd. 21, 1869, p. 837.
- + WILLS L.J. — A Monograph of British Triassic Scorpions. *Pal. Society* (1946), 1947, Vol. C, et 1947, Vol. CI, XII Pl.
- + — The fossiliferous Lower Keuper Rocks of Bromsgrove. *Proc. Geol. Ass.* XXI, pp. 249-331, 1910.

Les titres précédés du signe + ne concernent pas directement l'Est du Bassin de Paris.

**DÉGÉNÉRESCENCE DE LA GLANDE ANDROGÈNE  
DES CRUSTACÉS DÉCAPODES  
PARASITÉS PAR LES RHIZOCÉPHALES\***

PAR

André VEILLET et François GRAF

---

La féminisation des Décapodes mâles parasités par les Rhizocéphales est un fait bien connu. Depuis l'hypothèse d'une castration parasitaire émise par GIARD (1), les tentatives faites pour expliquer l'action du parasite se sont soldées par un échec parce que le déterminisme de la différenciation des caractères sexuels était inconnu chez les Crustacés.

La découverte de la glande androgène oblige à considérer l'action des Rhizocéphales sous un jour nouveau. Mme CHARNIAUX (2) a constaté en effet que la glande androgène de *Carcinus maenas* L. parasité par *Sacculina carcini* Thompson est hypertrophiée, et elle a émis l'hypothèse que cette hypertrophie est le signe d'une activité ralentie.

Cependant, l'un de nous a montré avec N. DEMEUSY (3) qu'une hypertrophie de la glande androgène de *Carcinus maenas* accompagne l'ablation des pédoncules oculaires, mais cette hypertrophie indique une sécrétion accrue, caractérisée cytologiquement et elle s'accompagne non d'une féminisation, mais au contraire d'une masculinisation précoce du Crabe opéré. De plus, l'un de nous a, d'une part décrit (4) la dégénérescence progressive de la glande androgène de la Crevette *Lysmata seticaudata* Risso qui accompagne la réduction des canaux déférents et la croissance de l'ovaire pendant l'intermue qui précède la mue du mâle en femelle et, d'autre part, avec Mme BALESSENT-MARQUET (5), montré que l'hermaphrodisme des mâles de l'Amphipode *Orchestia*

\*Note présentée à la séance du 11 décembre 1958.

*cavimana* Heller résulte d'une sécrétion amoindrie de la glande androgène en rapport avec la taille réduite de cette glande.

Ces remarques nous ont conduits à étudier systématiquement l'évolution de la glande androgène des Décapodes parasités par les Rhizocéphales et à rechercher la signification de l'hypertrophie signalée par Mme CHARNIAUX. Nous avons de plus jugé nécessaire de relier l'état de la glande au stade du parasite; en effet, un Crabe parasité par un Sacculinidé ne peut être féminisé que s'il mue et l'on sait que le parasite externe supprime les mues. Nous avons étudié plus spécialement trois Crabes parasités par la même Sacculine, la comparaison des résultats obtenus promettant d'être instructive: *Carcinus maenas* L. (de Roscoff), *Carcinus mediterraneus* Czerniawski son espèce jumelle (de Sète), *Pachygrapsus marmoratus* Fabricius (de Villefranche-sur-Mer), tous trois parasités par *Sacculina carcini* Thompson. Nous avons aussi disposé de nombreux Pagures *Diogenes pugilator* Roux (de Saint-Michel-en-Grève) parasités par *Septosaccus cuenoti* Duboscq et de quelques exemplaires des Décapodes suivants récoltés à Roscoff: *Macropodia rostrata* L. et *Inachus dorsettensis* Pennant, parasités tous deux par *Drepanorchis neglecta* Fraisse, *Eupagurus cuanensis* Thompson parasité par *Gemmosaccus sulcatus* Lilljeborg, *Eupagurus prideauxi* Leach parasité par *Gemmosaccus sulcatus* Lillj. ou par *Peltogaster curvatus* Kossmann.

Chez l'Anomoure *Diogenes pugilator* parasité par *Septosaccus cuenoti*, la féminisation est faible. Ch. PEREZ (6) a montré qu'elle consiste en l'acquisition par les pléopodes de soies intermédiaires dont la partie proximale pennée rappelle les soies mâles et dont la partie distale porte des barbu-les de soies femelles. Nous avons observé aussi dans quelques cas la réduction des deux premiers pléopodes et nous avons choisi comme indice du taux de féminisation à la fois cette réduction et le nombre de soies intermédiaires. La présence du parasite interne ou externe s'accompagne de la dégénérescence de la glande androgène allant jusqu'à une disparition complète; les images de coupes transversales de la glande rappellent à s'y méprendre celle de *Lysmata*. De plus,

il existe un parallélisme assez net entre la féminisation de l'hôte et la réduction de la glande androgène, comme il en existe un entre le développement de l'ovaire, la réduction des canaux déférents et la dégénérescence de la glande androgène chez *Lysmata*.

Une dégénérescence semblable s'observe chez *Macropodia*, *Inachus* et les deux espèces d'*Eupagurus*.

Chez *Pachygrapsus marmoratus*, la glande androgène commence à dégénérer dès que la Sacculine est interne; chez les Crabes peu féminisés, les noyaux de la glande deviennent pycnotiques et le cytoplasme disparaît en partie. Les racines du parasite s'insinuent parfois entre les cordons de la glande. Chez les Crabes très féminisés, la glande a totalement disparu et le canal déférent est très réduit.

Nous avons retrouvé, chez les deux espèces de *Carcinus* l'hypertrophie de la glande androgène signalée par Mme CHARNIAUX, mais nos observations prouvent que cette hypertrophie est transitoire. Nous avons étudié successivement le développement de la glande androgène depuis le stade I chez *Carcinus maenas*, l'état de la glande chez une centaine de *Carcinus mediterraneus* à Sacculine interne, rangés par tailles (de 14 à 28 mm) et dans chaque classe de taille par degré de féminisation (rapport du III<sup>e</sup> au V<sup>e</sup> segment thoracique variant de 1,5 à 1,1) et, enfin, l'état de la glande chez *Carcinus maenas* à Sacculine externe ou tombée.

Le canal déférent de *Carcinus maenas* quitte la cavité générale et traverse le coxopodite du V<sup>e</sup> pléopode par une ouverture chitineuse ovale bien visible. En cet endroit, la région glandulaire du canal déférent passe progressivement à la région musculuse. C'est au niveau de cette ouverture qu'est présente chez le mâle, au stade I, l'ébauche triangulaire de la glande androgène. De cette ébauche semblent partir les deux tronçons du spermiducte. Au cours des stades suivants, l'ébauche de la glande androgène se développe en poussant un cordon cellulaire vers l'extrémité distale du canal déférent. Notons que chez les femelles, au stade I, à côté d'un oviducte très net, existe une ébauche de glande androgène et de spermiducte, comme cela se présente chez *Orchestia cavimana* Heller (7). Les observations nous mon-

trent que la Sacculine ne commence à modifier d'une façon apparente la glande androgène que lorsque cette dernière a déjà atteint son stade de développement normal. La transformation de la glande androgène va de pair avec la féminisation de l'hôte et peut être scindée en six stades: I glande normale (R de 1,5 à 1,45); II glande hypertrophiée, multiplication des noyaux (R = 1,3); III réduction du cytoplasme, début de pycnose des noyaux (R = 1,25); IV glande encore plus réduite à cordon toujours contourné, noyaux pycnotiques serrés les uns contre les autres (R = 1,2); V cordon rectiligne, noyaux toujours empilés (R = 1,1); VI cordon fragmenté ou absent (R = 1,1). La réduction de la glande androgène s'accompagne aussi d'un ralentissement de la croissance du canal déférent qui montre des signes évidents de dégénérescence.

Si maintenant nous comparons le stade de la Sacculine avec l'état de la glande androgène, nous constatons que seuls atteignent le stade V ou VI les *Carcinus mediterraneus* à Sacculine interne, de très petite taille (14 mm) et très féminisés (R = 1,22), donc parasités très jeunes (8). Les Crabes de la même espèce à Sacculine interne, dont la taille va de 15 à 30 mm, ne dépassent pas le stade II. Au contraire, les stades III, IV, V, VI, s'observent chez les *Carcinus maenas* de même taille à Sacculine externe. Nous voyons donc que l'action de la Sacculine sur la glande androgène des *Carcinus* se prolonge lorsqu'elle devient externe. Or, les Crabes d'une taille donnée les plus féminisés ont en moyenne été parasités les premiers et si leur parasite est externe, ils ont subi son influence pendant le temps le plus long. Nous pouvons donc affirmer que la régression de la glande androgène dépend à la fois de la durée des stades interne et externe.

En résumé, les Cirripèdes parasites étudiés sont responsables de la dégénérescence de la glande androgène de leurs hôtes. Chez les deux espèces de *Carcinus*, chez *Pachygrapsus* et chez *Diogenes*, il existe un parallélisme certain entre l'intensité de cette dégénérescence et le degré de féminisation. L'exemple de *Pachygrapsus* et des deux *Carcinus* parasités par la même Sacculine est particulièrement probant: la disparition de la glande est beaucoup plus fréquente chez

*Pachygrapsus*, espèce beaucoup plus féminisée que *Carcinus*. Nous pourrions donc conclure en affirmant que les Décapodes parasités par un Rhizocéphale sont féminisés d'une manière indirecte parce que leur glande androgène régresse sous l'influence du parasite. Il n'est cependant pas possible de nier au parasite toute action directe; en effet, l'hôte mâle peut être plus féminisé que les femelles indemnes et nous savons aussi (7) que les femelles parasitées peuvent, elles aussi, être hyperféminisées. Seules des expériences d'ablation de la glande androgène chez des Crabes adultes indemnes ou sacculinés permettraient peut-être de conclure.

On sait aussi qu'un Crabe sacculiné peut muer après la chute ou l'ablation de la partie externe du parasite; les racines ont alors dégénéré. Or, Mme VERNET-CORNUBERT (9), (10) a constaté chez *Pachygrapsus marmoratus* que « les caractères acquis sous l'influence de la Sacculine le sont définitivement et (que) rien ne semble pouvoir les modifier même après la mort du parasite ». Nous pensons que l'action féminisante persiste parce que la glande androgène de l'hôte, qui avait disparu sous l'action du parasite, n'a pu régénérer.

#### BIBLIOGRAPHIE

1. *Bull. Soc. France-Belgique*, 1887, n° 1-2, pp. 1-28.
  2. *Ann. Biol.*, **32**, 1956, pp. 371-399.
  3. *Comptes rendus*, **246**, 1958, pp. 1104-1107.
  4. *Bull. Soc. Sci. Nancy*, **17**, 1958, pp. 200-203.
  5. *Bull. Soc. Sci. Nancy*, **17**, 1958, pp. 28-30.
  6. Ch. PEREZ. — Titres et travaux.
  7. *Comptes rendus*, **246**, 1958, pp. 3188-3191.
  8. *Ann. Inst. Océan. Monaco*, **22**, 1945, pp. 193-341.
  9. VERNET-CORNUBERT. — Thèse doctorat ès sciences, Nancy, 1955.
  10. *Comptes rendus*, **247**, 1958, pp. 1402-1405.
-

**DEUXIÈME NOTE RELATIVE A LA GÉNÉTIQUE  
DE L'ABEILLE\***

PAR

le Docteur R. MOREAUX

---

Dans la note que j'ai présentée en janvier 1958 à la Société des Sciences j'ai rappelé que KHALIFMAN, à la suite d'expériences effectuées en collaboration avec le Professeur GOUBINE, considérait que le « facteur nutrition » peut être la cause de variations dans le comportement et la *morphologie* des abeilles, les larves recevant, lors de leur nourrissage, non seulement des matières sucrées et des pollens, mais aussi une substance nutritive provenant des glandes salivaires frontales ou chyliques des abeilles-nourrices.

Les assertions de KHALIFMAN, jointes aux intéressants articles de M. PERNET parus dans « L'Abeille de France » de mai et juin 1958 et aux considérations du Docteur METELLI, de Brescia, relatives à l'action de l'alimentation sur les larves que, dans leurs alvéoles de cire, il assimile aux fœtus des mammifères au cours de leur vie intra-utérine, m'ont incité à maintes réflexions et à de nouvelles expériences.

Dans la première note dont je vous ai fait part j'ai déjà dit que je considère, preuves expérimentales à l'appui, que les variations *dans le comportement social* de jeunes abeilles sont attribuables à l'éducation qu'elles reçoivent au sein de la ruche où on les fait naître et non à l'influence de la nourriture qu'elles ont reçue à la phase larvaire.

J'ai dit, d'autre part, que pour que l'on puisse affirmer des variations morphologiques de nouvelles expériences s'imposaient.

\*Note présentée à la séance du 11 décembre 1958.

Certes, l'avis de PERNET et METELLI semble logique quand ils considèrent que la reine d'abeilles n'est qu'une « pondeuse », sans plus, et que l'alimentation des larves par les abeilles-nourrices au sein des alvéoles est comparable à l'apport de substances spécifiques par le sang maternel au stade intra-utérin chez les mammifères.

Mais reste à savoir si, en remplaçant par un autre sang le sang maternel lors du développement d'un fœtus de mammifère, l'animal, à sa naissance, présenterait des modifications morphologiques le rapprochant de la femelle éleveuse à laquelle le sang est emprunté, ce qui inciterait à penser que, de même, chez les abeilles la nourriture dispensée aux larves en élevage serait également susceptible de provoquer des variations morphologiques.

Or le Professeur VERGE, de l'Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort, a déjà signalé en novembre 1950 à la Société de Pathologie Comparée et de Physiologie Clinique et John STROHM a récemment rappelé que des expériences ont été pratiquement réalisées dans ce sens par des biologistes lors de recherches entreprises au sujet de l'insémination artificielle : on a, en effet, cherché à accroître en nombre la descendance, normalement limitée, de vaches sélectionnées et cela par l'utilisation de « mères adoptives ».

Désireux de créer une nombreuse descendance de bêtes sélectionnées qui, normalement, au cours de leur existence, ne peuvent donner naissance qu'à une dizaine de veaux, des expérimentateurs audacieux ont envisagé de ne plus en faire, en quelque sorte, que des « pondeuses » en prélevant des œufs dans les trompes utérines ou l'utérus et en les transférant, à un moment propice, dans l'utérus de vaches quelconques qu'ils ont dénommées « couveuses » et dans la matrice desquelles les embryons se développeraient jusqu'à leur naissance. Ainsi les « pondeuses » pourraient fournir, au cours de leur vie, non plus une dizaine, mais un grand nombre de veaux d'origine sélectionnée et connue.

Certes il ne vient pas de prime abord à l'esprit, faute d'expérimentation possible, qu'un embryon humain de race blanche développé expérimentalement dans l'utérus d'une négresse présente des caractères négroïdes et, précisément, au

cours des premières expériences capitales qui ont été réalisées sur des vaches on n'a jamais constaté que les veaux issus des œufs d'une vache déterminée aient en quoi que ce soit acquis les caractères des vaches « couveuses » à la faveur des échanges placentaires desquels ils se sont cependant développés.

Ces observations corroborent d'ailleurs les résultats d'expériences antérieures: on sait, en effet, que si chez un cobaye blanc on remplace chirurgicalement les ovaires par ceux d'un cobaye noir, après fécondation tous les petits sont noirs ayant gardé leurs caractères propres sans rien recevoir du soma du cobaye blanc.

Si donc certains auteurs ont voulu homologuer la vie larvaire des abeilles au sein de leurs alvéoles de cire à la vie intra-utérine des embryons de mammifères, on est déjà enclin à penser que l'alimentation que leur fournissent les abeilles-nourrices n'a pas plus d'influence sur leurs caractères morphologiques que le sang des vaches « couveuses » sur les fœtus provenant des œufs de vaches « pondeuses » sélectionnées.

Encore fallait-il le prouver expérimentalement et à ce sujet, ainsi que je me l'étais proposé dans ma précédente note, j'ai tenté cette année quelques expériences.

Leur protocole consistait à donner en élevage à des abeilles-nourrices d'une race déterminée les larves provenant de la ponte de reines d'une race étrangère dont la descendance présentait des caractères morphologiques stabilisés et bien établis. Pour les homologuer et les différencier de la race élevée je me suis basé sur la coloration du corps, la longueur de la ligule, la surface des segments abdominaux, les nervures alaires et leurs angles.

J'ai ainsi donné en élevage à des abeilles de race noire commune (*Apis mellifica*) des œufs et des larves provenant de la ponte de reines de race italienne (*Apis ligustica*); de même j'ai donné en élevage à des abeilles de race italienne des œufs et des larves provenant de la ponte de reines de race chypriote (*Apis cypria*) dont la descendance était nettement reconnue dans sa pureté.

Or, dans toutes mes expériences, j'ai constaté que les abeil-

les à leur naissance présentaient bien les caractères héréditaires de la pondreuse et ne présentaient aucune variation morphologique les rapprochant de la race élevéeuse.

Comme précédemment j'ai pu constater que les abeilles nées en colonies étrangères acquéraient ultérieurement le comportement social des abeilles de la race élevéeuse sous l'influence de leur éducation, mais jamais, ainsi que je viens de le dire, ne présentaient aucune variation morphologique les distinguant de la reine qui leur avait donné naissance.

Mes expériences me permettent donc de considérer que l'alimentation des larves d'abeilles est sans influence sur leurs caractères morphologiques.

**NOTES GÉOLOGIQUES.**  
**SUR L'AGE DES SABLES AALÉNIENS**  
**DE MAMERS (SARTHE)\***

PAR

Pierre L. MAUBEUGE

---

Une étude détaillée de la faune des sables aaléniens de Mangers (Sarthe), (sables siliceux, de faciès si exceptionnel pour cet étage, rappelant beaucoup celui grésosableux du Lias pré-ardennais et luxembourgeois), a été fournie récemment (1). Jusqu'ici la première partie du travail a seule été publiée.

Il semble que des Ammonites n'aient pas été trouvées dans les matériaux étudiés, sans quoi elles auraient été traitées dans le fascicule paru, vu le contenu annoncé pour le second.

La faune, bien étudiée, est caractérisée, pour qui a vu les affleurements, par l'extraordinaire abondance des Brachiopodes du groupe *Lobidothyris perovalis* SOWERBY, avec Rhynchonelles beaucoup plus rares, mais de très fréquents *Plagiostoma* géants. Cette faune de Brachiopodes est spéciale, peu représentée en d'autres régions, surtout aussi riche, dans les niveaux marquant plus ou moins le contact Aalénien-Bajocien.

Les Bélemnites sont assez peu significatives chronologiquement. Restent donc les Lamellibranches, si on veut essayer d'en tirer des conclusions stratigraphiques. Il est cité 38 espèces, dont 16 aaléniennes, 9 existant déjà au Lias, mais 13 apparaissant habituellement dans la base du Jurassique

\*Note présentée à la séance du 11 décembre 1958.

(1) A. BIGOR (1939), a déjà fourni une note sur ces sables aaléniens, après LETELLIER (1888 et 1894). Le premier précise que, dans la Sarthe, aucune Ammonite n'a été trouvée; une a été signalée par le second Auteur, dans la région d'Alençon: « un exemplaire sphéroïdal, env. 1 dcm, donné à M. Hébert »; on voit mal de quelle forme il peut s'agir, et, apparemment, la pièce n'a jamais été déterminée avec précision, du moins dans un travail publié.

moyen, à partir du Bajocien. L'âge aalénien paraît évident, sur cette analyse (la stratigraphie le laissait présumer; le seul problème est de déterminer l'âge très exact de l'horizon). Il est envisagé qu'il s'agit d'une faune de Lamellibranches qui « se situe probablement au sommet de l'Aalénien » (p. 25).

Ayant étudié il y a plusieurs années déjà le Jurassique de la Normandie méridionale, levant de nombreux profils et récoltant de riches faunes, partiellement déterminées, toutes les données n'ayant jamais pu être publiées, j'ai pu aborder l'examen de l'horizon sableux traité récemment.

Au cours d'une visite des carrières du vallon de Mamers, dans la petite exploitation située sur le flanc droit, en compagnie du Dr D. TRÜMPY et de M. B. CLAVIER, lors des travaux de la Mission de pré-reconnaissance pétrolière du Bassin de Paris, j'avais pu récolter moi-même une Ammonite dans ces sables, dans une partie plus compacte. J'ai ainsi dégagé un médiocre moule interne calcaire, de 40 mm de diamètre, d'une forme plate à côtes assez fines à tendance fasciculée, mais distinctes à leur naissance sur le flanc. On pourrait penser à une *Pleydellia* (*Cotteswoldia*) *crinita* BUCKMAN; mais vu des traces de cloisons, assez nettes, et compte tenu des remarques que j'ai déjà formulées sur la distinction des deux genres en question, il me semble bien qu'il s'agit d'un *Leioceras opalinum* REINECKE, typique: bien que la région ombilicale soit mal visible, les lignes cloisonnaires emportent la décision.

Le Dr DELAUNAY a rappelé que, apparemment dans ces niveaux, la légende de la Carte géologique, cite la présence de *Ludwigia purchisoni* SOWERBY; la chose n'est pas impossible, mais de telles citations anciennes sont sujettes à réserves (5).

*Leioceras opalinum* date de façon certaine l'Aalénien supérieur basal; s'il y avait des *Ludwigia* dans ces grès, leur âge monterait jusqu'à l'Aalénien supérieur tout à fait terminal.

Ceci établi, quelques comparaisons faunistiques sont alors possibles.

D'une part, il n'y a guère d'analogies avec les faunes de l'Aalénien supérieur lorrain; à vrai dire représenté par des formations peu épaisses, conglomératiques. On n'en trouve

même pas avec les formations mieux développées, et également assez gréseuses, mais avec sédimentation ferrifère, de certains affleurements luxembourgeois, par exemple la « Couche Rouge marno-sableuse » si fossilifère entre Esch et Rumelange, signalée par LUCIUS, et que j'ai longuement étudiée. En cherchant des faciès exempts de la sédimentation ferrifère, avec des séries plus épaisses, on arrive naturellement aux séries classiques de l'Aalénien du Sud du Wurtemberg, et surtout du Jura suisse septentrional sur lequel Fr. LIEB et moi-même avons attiré l'attention depuis quelques années; on y trouve en effet des séries exceptionnellement épaisses pour l'Aalénien supérieur, et très fossilifères. Mis à part l'extraordinaire richesse en Ammonites de ces affleurements, on ne trouve pas beaucoup d'analogies faunistiques avec la Sarthe.

Si l'on compare l'Aalénien lorrain de faciès ferrugineux, à vrai dire plus ancien puisqu'il s'agit uniquement d'Aalénien inférieur et moyen, il y a peu de formes communes pour les Lamellibranches. Les espèces identiques sont rares; les genres, plus fréquents. Pour un horizon plus ou moins équivalent (le faciès « Marnes à *Opalinum* » montant en réalité de l'Aalénien inférieur à la zone *Opalinum*, comme je l'ai démontré dans une série de travaux), il n'y a guère plus d'étroites affinités avec l'Aalénien de faciès souabe que nous commençons à connaître dans le Bassin de Paris (3). Les Bélemnites, quelques formes étant signalées en Sarthe, sont de peu de secours pour les comparaisons. On a vu, par contre, le caractère spécial de la faune de Brachiopodes; d'ailleurs presque jamais l'Aalénien de faciès ferrugineux ou souabe n'a montré une telle prolifération de Brachiopodes. Une exception doit en effet être cependant citée: j'ai signalé la pululation de petits *Aulacothyris* (4, p. 306) dans l'Aalénien inférieur à mi-distance de Montmédy et de Longuyon, sur le rebord pré-ardennais. Or, fait intéressant, si la sédimentation ferrugineuse existe toujours là, avec un Aalénien inférieur atrophique, dans une zone manifestement littorale (l'Aalénien est érodé à faible distance vers l'Ouest, et le Bajocien repose directement sur le Toarcien), le sédiment est essentiellement un sable gréseux. Il se rapproche des sédi-

ments détritiques de Mamers, impliquant un biotope très voisin, à l'apport ferrifère près.

Il semble donc bien que les intéressantes faunes précisées (auxquelles mes propres récoltes apporteront peu de compléments d'ailleurs) soient bien dues à la sédimentation littorale sableuse, en milieu très agité.

Ma découverte de Céphalopode (qui semble assez exceptionnelle, selon ce qui est publié jusqu'ici), permet donc des précisions stratigraphiques utilisables dans une synthèse stratigraphique relative au Bassin de Paris.

#### BIBLIOGRAPHIE

1. S. FREINEIX, J. DROT, M. DELATTRE. — Faune de l'Aalénien de Mamers (Sarthe). *Annales du Centre d'Etudes et de Documentation Paléontologiques*, N° 16, mars 1956, 48 pp., 5 Pl.
2. P. L. MAUBEUGE. — Paléogéographie du Bassin Ferrifère Lorrain. *Bull. Technique, Chambre Syndicale Mines de Fer de France*, N° 15, 1949, 6 pp. 1 Tabl.  
— Bilan de nos connaissances stratigraphiques sur le Bassin ferrifère lorrain. *Congrès Géol. Int. Alger*, 1952, Sect. XIII, F. XV, pp. 69-74, 1954.
3. — Les données récentes sur l'Aalénien hors de la zone concédée. *Bull. Technique, Chambre Syndicale Mines de Fer de France*, N° 48, 3<sup>e</sup> trim. 1957, 16 pp. dont 1 carte.
4. — Observations géologiques dans l'Est du Bassin de Paris. 2 Tomes, Nancy, 1955, 1082 pages.
4. — Les Ammonites aaléniennes, bajociennes et bathoniennes du Jura suisse septentrional. 1<sup>re</sup> partie. Vol. 71, *Mém. suisses de Pal., Soc. Helv. Sc. Nat.*, 1955 (Voir p. 17 bibliographie stratigraphique).
5. P. DELAUNAY. — Le Sol Sarthois. Fasc. 3, terrains jurassiques, Le Mans, 1932.
6. A. BIGOT. — Notes de géologie Normande. XVII. Les Couches à *Rhynchonella Wrightii* de l'Orne et de la Sarthe et leurs Brachiopodes. *Bull. Soc. Linn. Normandie*, 92 S., 1<sup>er</sup> Vol., 1938-1939 (1939), pp. 25-29.
7. LETELLIER. — Etudes géologiques sur les deux cantons d'Alençon. *Bull. Soc. Linn. Normandie*, 4<sup>e</sup> S., Vol. II, 1887-88, pp. 305-423. - *Ibid.* - L'Arkose d'Alençon. *Ibid.*, Vol. VI, 1892, pp. 245-268, 1 carte.

## TABLE ALPHABÉTIQUE DES AUTEURS

Tome XVII, 1958

- BOLFA J. — L'enseignement et la recherche au Laboratoire de Minéralogie de la Faculté des Sciences de Nancy depuis ses origines. Orientation actuelle, pp. 10-22.
- BALESDENT M.-L., VEILLET A. — Note sur la glande androgène de quelques *Orchestia* hermaphrodites, pp. 28-30.
- BESSON S., TAVERNIER J. — Comportement des complexes du cuivre et du tryptophane en présence des hématies, pp. 195-199.
- BESSON S., TAVERNIER J. — La chélation du cuivre par l'acide éthylène diamino tétraacétique en milieu biologique, pp. 204-209.
- CEZARD N. — Miscellanées, pp. 219-222; 275-276.
- CONDE B., MATHIEU A. — Captures de la Couleuvre verte et jaune dans le Barrois, pp. 90-96.
- FLORENTIN P. — Le Professeur Rémy COLLIN (1880-1957), pp. 74-77.
- CONTAUT H. — Le Bassin pétrolifère de Parentis en Born, pp. 1-9.
- GRAF F. — Développement post-embryonnaire des gonades et des glandes androgènes d'*Orchestia cavimana* (Heller), Crustacé Amphipode, pp. 223-261.
- FRENTZ R. — De l'électrophorèse de Tiselius à l'immunoélectrophorèse de Grabar. Différentes étapes dans l'investigation des protéines des milieux biologiques, pp. 113-126.
- MASSON A. — Etude de l'action du pH et du sel sur le développement du *Penicillium glaucum*, pp. 95-112.
- MAUBEUGE P.L. — La base du Jurassique moyen entre les vallées de l'Armançon et de la Laignes, avec quelques remarques sur les régions voisines, pp. 142-158.
- Découverte de la fructification de *Pachyphyllum araucarinum* Sap. dans les calcaires rauraciens de la région de Verdun, pp. 214-218.
- MOREAUX R. — Note préliminaire relative à la génétique de l'Abeille, pp. 78-81.
- NOISETTE G. — Etude physicochimique et comportement des eaux industrielles et résiduaires, pp. 163-189.
- RUYER R. — Hasard et finalité dans la généalogie de l'homme, pp. 127-138.
- REMY P.A. — Description d'un nouveau *Pauropus* d'Argentine, pp. 23-27.
- MENDEZ R. — Etude de l'action du sel sur le développement du *Penicillium candidum*, pp. 31-69.
- RIBON M., PONCET L., VEILLET A. — Propriétés gonadostimulantes du colostrum humain et crise génitale du nouveau-né, pp. 159-162.
- VEILLET A. — La nature rythmique de la vie, pp. 190-194.
- Inversion sexuelle et glande androgène chez quelques Crustacées, pp. 200-203.
- VILLEMEN M. — L'élevage des animaux à fourrures en France. Aspect actuel et perspectives d'avenir, pp. 82-89.
- WERNER R.G. — La gonidie marocaine du *Parmelia tinctoria* Mah. et Gill., pp. 262-274.