

Académie & Société Lorraines des Sciences

**ANCIENNE
SOCIÉTÉ DES SCIENCES DE NANCY**

fondée en 1828

**BULLETIN
TRIMESTRIEL**

1965

TOME 5 - NUMÉRO 3

VIENT DE PARAITRE :

CENTRE NATIONAL BELGE DE RECHERCHES DE LOGIQUE
SOCIÉTÉ BELGE DE LOGIQUE ET DE PHILOSOPHIE DES SCIENCES

LA CLASSIFICATION DANS LES SCIENCES

Un volume broché (16,25 × 25), 240 pages

Prix : 180 francs belges

EDITIONS J. DUCULOT S. A., GEMBLoux (Belgique)

1963

BULLETIN
de l'ACADÉMIE et de la
SOCIÉTÉ LORRAINES DES SCIENCES

(Ancienne Société des Sciences de Nancy)

(Fondée en 1828)

SIÈGE SOCIAL :

Institut de Biologie, 28 bis, Rue Sainte-Catherine - NANCY

SOMMAIRE

E. URION : Les acides nucléiques - Clef de toute vie.....	31
F. ROOS et G. SIEST : Etude des complexes colorés donnés par les dérivés guanidiques avec les dicétones	24
R. LIENHART : L'hérédité du type de pigmentation des lapins dits papillons	36
Jean-François PIERRE : Aperçus récents sur la recherche algologique en Lorraine	52
G. DESCOUTURELLE et R. FRENTZ : Technique d'étude quantitative de l'hémolymphe de <i>Carcinus maenas</i> L. par électrophorèse en gel de gélose	82
Pierre L. MAUBEUGE : L'indice de pétrole de Coussey (Vosges)	99
R.G. WERNER : Une union singulière dans le monde végétal	103
Pierre L. MAUBEUGE : Un contact Rhétien-Hettangien dans le Grand Duché de Luxembourg	123

LES ACIDES NUCLEIQUES - CLEF DE TOUTE VIE

par

E. URION

Les acides nucléiques feront l'objet de mon exposé. C'est un sujet qui a récemment fait de tels progrès et qui en laisse escompter d'autres non moins importants dans un avenir proche, qu'il m'a semblé mériter notre attention. Avec les études sur l'atome, il partage le privilège de concentrer les recherches scientifiques actuelles donnant à la Biologie un aspect de science d'avant-garde au même titre que la Physique Nucléaire.

Ne vous attendez cependant pas à un exposé original complet ; il ne s'agit que d'une revue de vulgarisation sans références bibliographiques.

*
**

Pendant longtemps, les divers aspects de la cellule vivante ont fait l'objet d'études poursuivies par des chercheurs venant de différents horizons, notamment les cytologistes, les physiologistes, les biochimistes et les génétistes.

Les acquisitions se sont accumulées, substantielles dans tous les domaines, mais sans grande liaison entre elles cependant.

La cytologie, avec ses méthodes de coloration, observe la localisation des éléments figurés dans la cellule et, en particulier, distingue : le noyau avec ses chromosomes, le cytoplasme avec ses inclusions vivantes (mitochondries, microsomes), la membrane cellulaire.

(*) Conférence du 9 janvier 1964.

Le génétiste, étudiant les caractères transmissibles par hérédité, dégage la notion de gène, espace unitaire minimum dans les cellules présentant les caractères suivants :

- chargés de la conservation des caractères héréditaires régis par les lois de Mendel ;
- doués de localisation, les gènes sont situés en des points déterminés de l'architecture des chromosomes ;
- support des mutations, ils représentent le lieu d'où partent les modifications, qu'elles soient déclenchées spontanément ou sur intervention de facteurs externes ;
- enfin, le gène possède un rôle biochimique défini puisqu'on lui attribue la commande d'une chaîne déterminée de réactions.

Le biochimiste, après avoir isolé les constituants immédiats et déterminé leur structure, s'efforce par des études d'enzymologie et d'énergétique, de dissocier l'imbrication des chaînes métaboliques.

L'enzymologie pose en effet une condition à l'existence d'un processus biologique donné, c'est la présence *in situ* des enzymes actifs indispensables.

L'application des principes de la thermodynamique à la matière vivante permet d'atteindre le mécanisme du transfert de l'énergie, de cette énergie qui est, par ailleurs, inséparable d'un support matériel sous peine d'apparaître à l'état de chaleur inutilisable par l'être vivant. La notion de groupes riches ou pauvres en énergie, phosphates, acylmercaptans et, en particulier, acétate actif, s'est peu à peu dégagée, donnant au métabolisme cellulaire un magnifique caractère d'homogénéité, malgré la divergence apparente qu'offre le fonctionnement particulier de chaque cellule.

C'est tout d'abord entre la cytologie et la biochimie que se crée un pont, grâce à la technique de la centrifugation différentielle sur broyats d'organes, conduisant à un fractionnement approximatif : noyaux, gros granules ou mitochondries, petits granules ou microsomes, et phase homogène.

Il devient alors possible d'attribuer préférentiellement, à chaque fraction de l'organisation cellulaire, certains types d'activité : aux noyaux, le support de l'hérédité ; aux mitochondries, la localisation des oxydations phosphorylantes ; aux microsomes, l'organisation structurale des protéines synthétisées ; au cytoplasme, les hydrolyses diastatiques.

Mais une nouvelle synthèse de notions, restées assez éparses, devait résulter d'acquisitions plus récentes concernant les acides nucléiques : il s'agit des acides désoxy^m et ribonucléique, respectivement ADN et ARN, connus auparavant sous le nom d'acides thymo^m et zymo^m nucléiques, parce qu'initialement extraits du thymus et de la levure.

Un énorme progrès des connaissances conduisait alors à créer une nouvelle discipline intermédiaire : la biologie moléculaire qui a déjà, en quelques années, fait reculer la limite de nos connaissances sur les mécanismes de la vie et pourrait bien, dans un avenir proche, mettre entre les mains de l'homme un pouvoir jusqu'ici insoupçonné, en lui offrant le moyen de provoquer des bouleversements encore imprévisibles, dans l'évolution et l'avenir du monde vivant.

Acide désoxy-ribonucléique, ADN

Bien qu'isolé depuis plus d'un demi-siècle, ce n'est que tout récemment qu'on attribue à l'ADN le rôle d'immortel porteur de la vie sur terre.

Il est universellement présent dans tous les organismes vivants où il siège dans les chromosomes, au sein des noyaux cellulaires ; sa structure est remarquablement la même partout, que ce soit chez une bactérie, un végétal, un poisson ou chez l'homme.

Malgré la petitesse de la masse qu'il constitue, ses possibilités sont énormes : dans un œuf humain fécondé, il représente environ 6 g, dont la moitié rigoureusement tire son origine du sperme du père, l'autre moitié de l'ovule de la mère. C'est ce minuscule paquet de matière qui stocke toutes les instructions nécessaires pour transformer l'œuf en homme adulte, disposant d'organes à fonction différenciée, d'un cœur qui peut battre, d'un cerveau qui peut penser, muni d'yeux bleus ou d'une pigmentation donnée de la peau et du poil, mais aussi doué d'une tendance à la calvitie ou à l'embonpoint. Si ces instructions étaient mises par écrit, suivant nos conventions habituelles, elles rempliraient plusieurs dizaines de volumes du format d'un gros dictionnaire.

En fait, ces instructions font l'objet d'un code, associé à ses détails de structure, et que l'ADN, en fidèle gardien, doit conserver immuable. Ce code commande toutes les activités cellulaires, en contrôlant la synthèse des protéines et des protéines enzymatiques en particulier. En outre, l'ADN possède une caractéristique

unique : l'aptitude à l'autoduplication conforme, c'est-à-dire la possibilité de se rompre et de produire deux copies rigoureusement conformes à la particule originelle ; lors de la division cellulaire, la cellule - fille se séparera, munie du même contingent complet d'instructions génétiques que la cellule - mère, et par conséquent, capable d'une croissance dirigée soumise aux lois de l'hérédité.

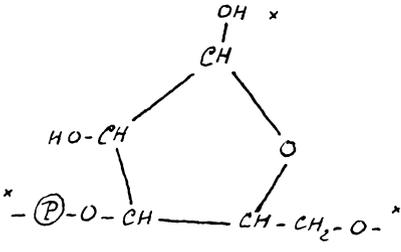
La molécule d'ADN se présente sous l'aspect de deux hélices enroulées en sens inverse, et formant les montants torsadés d'une sorte d'échelle. Chaque montant est constitué par la répétition de deux radicaux simples, un groupe phosphate associé à un sucre en C 5, le désoxyribose. La figure 1 reproduit la structure de l'aldopentose qu'est le ribose et de son parent, le désoxyribose, dont le nom se trouve justifié parce qu'il contient un atome d'oxygène en moins, à la suite du remplacement du groupement - CHO_H - placé en (2) par un groupement méthylène - CH₂.

Les hélices ont un pas serré et régulier, qui se reproduit des milliards de fois dans l'ADN d'une seule cellule.

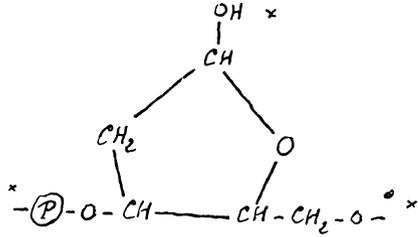
Les torsades sont associées par des barreaux, chacun formé de deux bases organiques, fixées sur les molécules successives de désoxyribose des montants, et soudées entre elles par des liaisons d'hydrogène. Dans les échelons de l'ADN, figurent au total quatre bases organiques différentes : deux sont du groupe de la pyrimidine, avec une structure relativement courte et ramassée, la cytosine (C) et la thymine (T), respectivement : 2 oxy 4. aminopyrimidine, et 2. 4. dioxy 5. méthylpyrimidine. Les deux autres appartiennent à la famille de la purine, à structure plus allongée ; ce sont l'adénine (A) et la guanine (G), respectivement 6. aminopurine, et 2. amino 6. oxypurine (figure 1). Dans un échelon, la paire de bases comporte toujours une courte et une longue et, à cause de la spécificité de la liaison chimique, le couple est déterminé de façon univoque. C'est toujours l'association C... G (ou G... C) et l'association T... A (ou A... T) qui se trouve réalisée. La figure 2 reproduit des échelons possibles et la figure 3 montre l'insertion des échelons sur les montants torsadés.

Les multiples juxtapositions avec répétition de ces quatre signes CG, GC, TA et AT, le long d'une molécule allongée d'ADN, donnent lieu à une séquence indéfinie des bases dont les tranches successives portent les ordres capables de déclencher toutes les opérations vitales. C'est là le code qui permet à l'ADN de stocker des quantités étourdissantes de données. Par comparaison avec les habitudes de l'homme, ces quatre signes représentent un alphabet

Ribose (R)



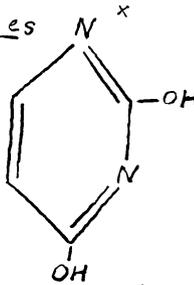
Désoxyribose (DR)



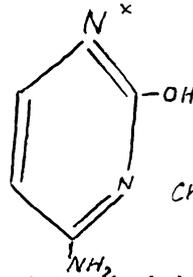
Bases pyrimidiques



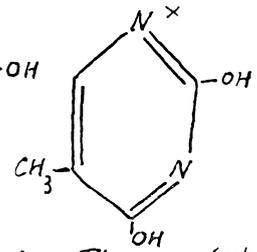
Pyrimidine



Uracile (U)
(2.4. diox.)

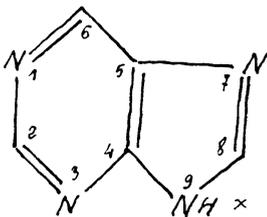


Cytosine (C)
(2.ox. 4.amino.)

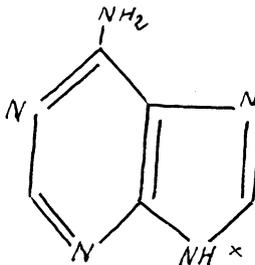


Thymine (T)
(2.4 diox. 5.méthyl)

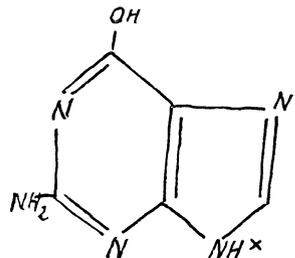
Bases puriques



Purine



Adénine (A)
(6.amino.)



Guanine (G)
(2.amino 6.oxy.)

Fig. 1. Les constituants des acides nucléiques
[*, point de liaison].

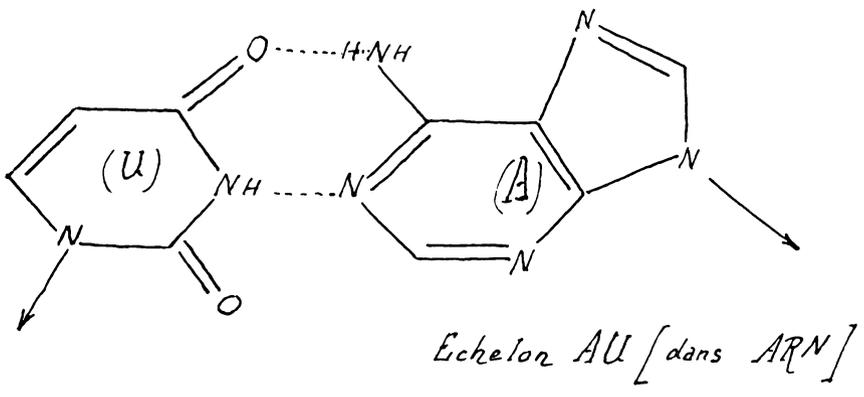
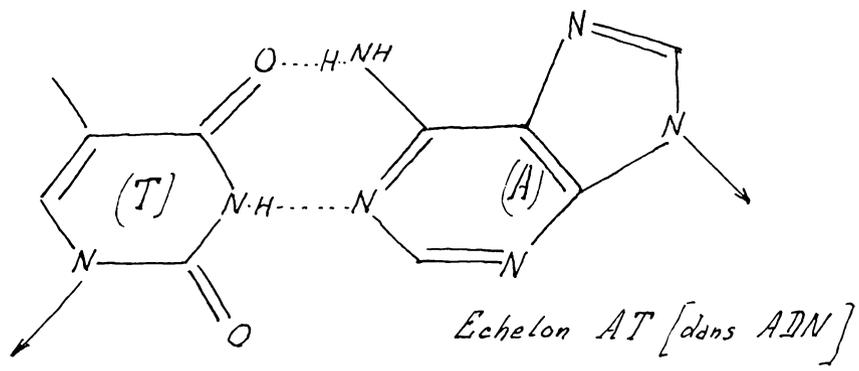
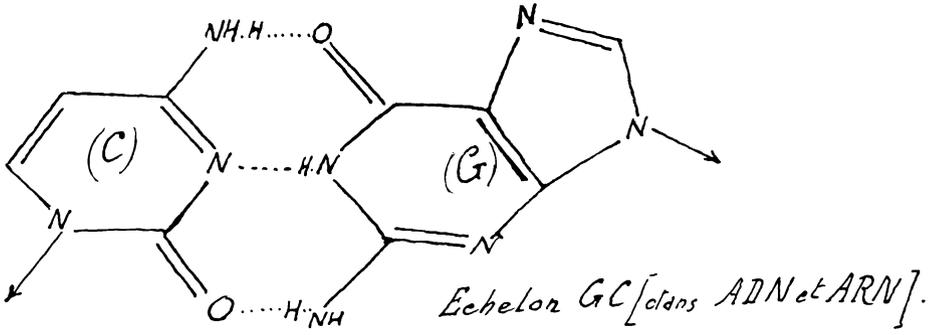


Fig 2. Association spécifique des bases.

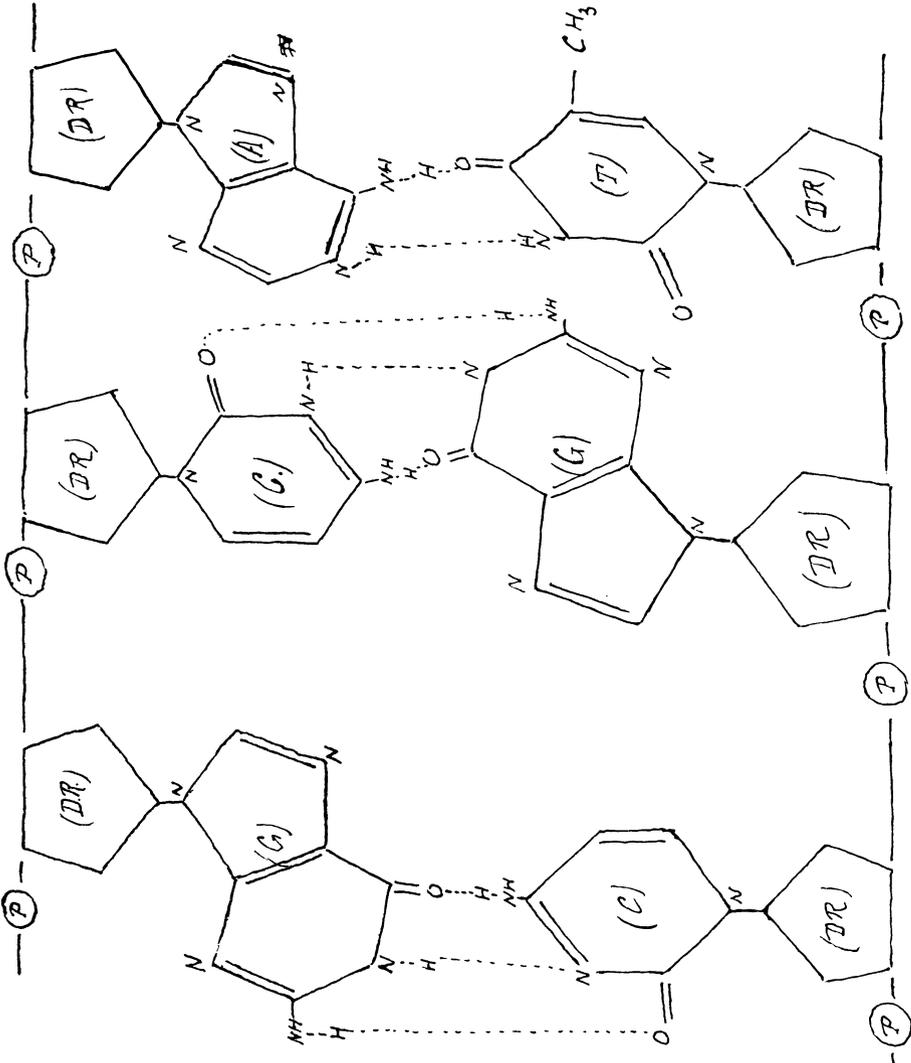


Fig 3 Structure de l'ADN.

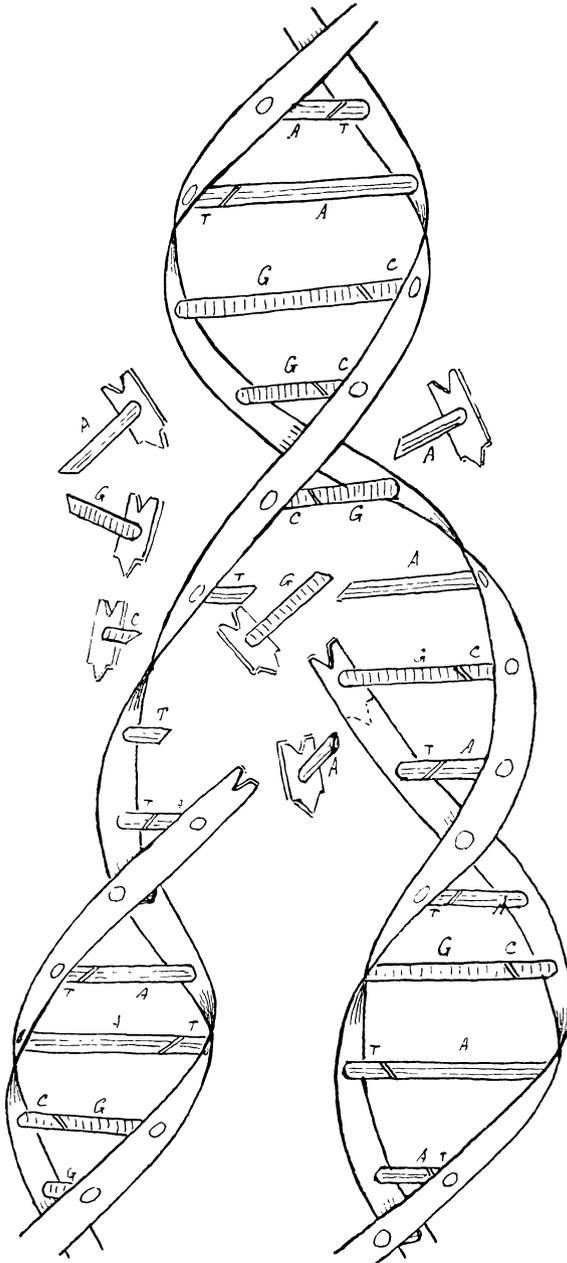
pour les organismes vivants, leur répétition dans le code forme des mots, puis des phrases juxtaposées, chaque unité permet à l'ADN de transmettre un ordre qui met en route un mécanisme vital.

C'est donc l'ADN qui, dans la cellule, exerce les fonctions de gardien du code. Et l'importance de son rôle ne saurait être sous-estimée, le maintien intact de la séquence des unités du code est capital vis-à-vis de la constance du fonctionnement cellulaire : la substitution d'un élément anormal à un terme figurant normalement dans le code perturbera le message génétique correspondant et troublera le fonctionnement de l'être.

Ce code, non seulement commande les innombrables mécanismes enzymatiques dont chaque cellule est le siège, mais c'est la clef du rôle que joue l'ADN qui va se reproduire exactement par autoduplication conforme, chaque fois qu'une cellule se divise, fournissant ainsi à la cellule-fille le contingent des instructions génétiques complet et rigoureusement identique à celui dont disposait la cellule-mère.

La structure des échelons, chacun formé d'un couple spécifique de base CG ou TA, laisse concevoir la possibilité d'une dissociation des couples par rupture des liaisons hydrogène. La double hélice se brise, donnant naissance à deux hélices simples, chacune munie de ses pôles basiques qui vont appeler les nucléotides spécifiques complémentaires existant dans le milieu cellulaire pour redonner des liaisons hydrogène, suivant la règle immuable : C-G, T-A ; un nouveau montant torsadé se recrée par association bout à bout des motifs phosphate/sucre, qui sont les constituants des nucléotides nouvellement entrés en combinaison. Il résulte deux copies rigoureusement conformes à l'ADN originel. La figure 4 montre la double hélice d'ADN, avec sa partie supérieure encore au repos, la partie médiane en cours de duplication et la partie inférieure déjà dédoublée.

Ici également, la conservation ne varietur de la séquence des unités du code est d'une importance primordiale. De même que, si par un défaut d'élocution, on est amené à épeler le mot « rat » (le rat), en le transformant en « rot » (le rôti), on a totalement changé la signification du terme ; de même, une unité du code déplacée, ajoutée ou supprimée a pour effet l'altération ou la perte d'un détail des ordres et la créature qui en résultera peut présenter un fonctionnement perturbé. Par exemple, si un seul aminoacide est perdu parmi les 574 qui forment la molécule



d'hémoglobine du sang, l'être correspondant est atteint d'anémie pernicieuse. Par ailleurs, on a cru longtemps que le nombre des chromosomes chez l'homme était de 48 ; par emploi de colchicine qu', au cours de la mitose, tend à maintenir les chromosomes en position équatoriale et ainsi en facilite le décompte, on s'est aperçu que le nombre n'en est que de 46. Mais si un quarante-septième excédentaire s'est trouvé accidentellement introduit, par suite d'une erreur dans la reproduction de l'ADN d'un parent, un bébé naîtra mongolien.

Acide ribonucléique ARN **Emploi du Code dans la synthèse protéique**

L'ADN étant le gardien des caractères héréditaires, par sa possibilité de reproduire son propre double rigoureusement exact, assure encore une autre fonction d'une importance non moins vitale, en organisant la synthèse des protéines dans la cellule.

C'est à la famille des protéines qu'appartiennent les constituants massiques essentiels de toute cellule vivante, qu'il s'agisse de tissus aussi différents que le muscle ou le sang chez l'homme, mais c'est dans cette même classe que figurent aussi les enzymes, catalyseurs indispensables aux innombrables mécanismes de la vie.

On connaît la fragilité de ces enzymes, soumis à usure permanente et qui doivent constamment être reconstitués par synthèse ; mais on sait également que les tissus de soutien, quelle qu'en soit la fixité apparente, sont en perpétuelle évolution sous l'effet de dégradation et de synthèse. A chaque instant, une cellule doit fabriquer simultanément des centaines de protéines de différents types, protéines de structure et protéines enzymatiques. Toutes sont édifiées par soudure de mailles élémentaires que sont les aminoacides, on en connaît un peu plus d'une vingtaine. Les protéines sont donc des combinaisons complexes qui groupent de soixante à deux mille restes de cette vingtaine d'acides vitaux. Elles se différencient par le degré de condensation, la nature, le nombre et la position relative des aminoacides incorporés, ce qui constitue leur structure primaire. Mais elles présentent, en outre, une structure secondaire qui leur impose une configuration spatiale plus ou moins fibreuse ou pelotonnée, en grande partie responsable de leur activité biologique, et qui résulte de la création de liaisons internes entre les éléments de structure : ce sont des ponts disulfures provenant de l'oxydation ménagée de groupements

sulphydriles, des liaisons salines qui s'établissent entre pôles anioniques et cationiques, des liaisons hydrogène ou des attractions massiques du type Van der Waals. Ces derniers caractères sont au maximum soumis aux conditions de milieu, oxydation, acidité, effet de sel, effet thermique...

La série des directives nécessaires pour la synthèse d'une protéine donnée est supportée par une fraction spécifique de la molécule ADN ; cette fraction spécifique minime par rapport à l'ensemble de l'ADN s'appelle un « gène » et les différents gènes sont considérés comme juxtaposés sans recouvrement sur l'ADN. Contrôlant la synthèse des protéines et, en particulier, des protéines enzymatiques, l'ADN dispose de la maîtrise du fonctionnement cellulaire, jouant le rôle de contrôleur général du métabolisme. Cependant, l'ADN n'abandonne jamais le noyau et les aminoacides, issus de la dégradation hydrolytique des protéines alimentaires, se trouvent dans le cytoplasme où se déroulera aussi la synthèse protéique.

Une comparaison viendra éclairer le mécanisme :

Imaginons un directeur d'usine, de santé délicate et irremplaçable ; le moindre accident le touchant est une catastrophe pour l'entreprise. Pour écarter tout risque, il s'astreint à ne pas quitter l'abri douillet de son bureau où il dispose, seul, de dossiers techniques confidentiels (ADN du noyau, gardien du code).

Il ne pourra pas exécuter lui-même le travail, mais va former des collaborateurs, par exemple de deux types.

— Les uns fonctionneront comme transmetteurs d'ordres, relevant au bureau des doubles d'une partie des dossiers confidentiels et les transmettant à l'atelier de montage (ARN messagers disposant d'une partie du code qu'ils transportent sur les microsomes du cytoplasme) ;

— Les autres sont des exécutants et se chargent d'identifier les matériaux en cours de fabrication pour les transporter à l'atelier de montage et les insérer en bonne place dans les produits finis (ARN de transfert fixant les aminoacides activés au niveau des mitochondries et les véhiculant jusqu'aux microsomes où ils s'organisent).

Ces collaborateurs sont les diverses formes de l'acide ribonucléique (ARN), ancien acide zymonucléique, de structure voisine de l'ADN. Les différences sont de deux ordres : d'une part, le sucre de l'ARN est un aldopentose, le ribose, dont les OH sont

situés du même côté du plan que forme le pentagone dans la représentation furanique ; d'autre part, l'un et l'autre comportent bien quatre bases, mais seules trois sont identiques ; la quatrième, la thymine, qui existe dans l'ADN est remplacée dans l'ARN par l'uracile, 2. 4. dioxypyrimidine (figure 1), et l'association spécifique, dans les échelons, concerne les coupes CG et AU au lieu de CG et AT (figure 2).

Compte tenu du grand nombre et de la complexité des protéines, il faut s'attendre à ce que l'ADN ait besoin de nombreux collaborateurs et, par suite, fabrique différents types d'ARN.

Un premier type s'appelle l'ARN « messenger ». Chaque individu de ce type porte en impression toutes les directives nécessaires pour fabriquer une protéine déterminée. Il y a au moins autant d'ARN messagers différents qu'il y a de protéines différentes à synthétiser.

Formé dans le noyau par adaptation de structure avec un gène, l'ARN messenger vient ensuite se fixer sur un micrososome du cytoplasme, où il représente une matrice sur laquelle les aminoacides activés viendront se souder, donnant naissance à une protéine de constitution déterminée.

Un autre type s'appelle l'ARN « de transfert », qu'on appelle encore ARN soluble, car il semble de très petite taille ; son équipement chimique lui permet de repérer spécifiquement un aminoacide et de le fixer. De ce fait, il y a au moins autant d'ARN de transfert spécifiques qu'il y a d'acides aminés différents, soit une vingtaine.

Un ARN de transfert se déplaçant dans le cytoplasme saisit l'acide aminé correspondant au niveau des mitochondries, siège des oxydations phosphorylantes. Grâce à un groupe phosphate riche provenant de l'ATP qui fournit l'énergie, l'acide aminé acquiert une forme activée et peut s'associer à l'ARN de transfert qui l'amène à l'ARN messenger ; au contact de ce dernier, se produit le groupage par paires des unités du code, suivant la règle CG, AU. L'ARN de transfert spécifique a donc au total choisi un aminoacide déterminé, et l'a véhiculé jusqu'au micrososome où l'ARN messenger l'insère en position convenable dans la chaîne de protéine, position imposée par la fraction de code dont l'ARN messenger est le dépositaire intermédiaire.

Le mécanisme suivant lequel un ARN de transfert donné choisit l'acide aminé correspondant, est aujourd'hui connu dans ses grandes lignes.

Les chercheurs admettent que chaque ARN de transfert porte un code de trois lettres qu'ils ont entrepris de déchiffrer. Même avec une connaissance imparfaite du détail des mécanismes, on peut illustrer symboliquement le système. Les figures 5 et 6 montrent comment serait fabriquée une protéine hypothétique ne contenant que trois restes aminoacides. De là, on extrapole facilement aux molécules réelles de protéines qui contiennent ordinairement des centaines de restes aminoacides.

Deux questions se posent à ce sujet et peuvent actuellement recevoir une réponse relativement détaillée : quelles sont les techniques cellulaires utilisées au niveau des mitochondries pour l'activation des aminoacides, et au niveau des microsomes pour l'assemblage dans un ordre correct des aminoacides activés ?

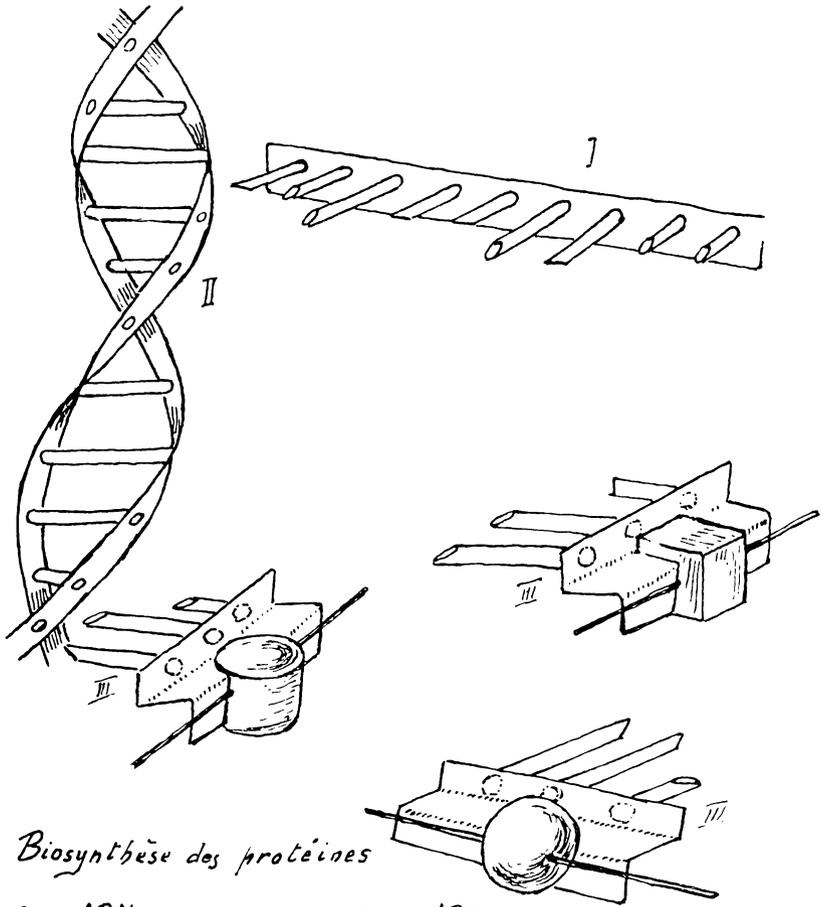
La suite des réactions est la même chez les levures ou d'autres microorganismes que dans les cellules végétales ou animales. L'activation consiste en une association de chacun des vingt acides aminés (AA) avec l'ATP et un enzyme E spécifique de l'acide aminé dans un organisme donné ; ceci s'accompagne de l'élimination de pyrophosphate (PP) et de la formation d'un complexe (AA — AMP) — E, où E reste solidement fixé jusqu'à ce qu'un acide ribonucléique de transfert spécifique de AA vienne se substituer à AMP et détacher E, soit :



Dans le complexe résultant de la réaction (1), l'acide aminé est uni à P OH par une liaison anhydride entre — COOH et HO P ; l'association AA — ARNt se fait par une fonction ester entre — COOH de l'acide aminé et l'unité terminale ribose de ARNt.

Les vingt aminoacides activés, chacun lié à son ARN de transfert spécifique, se déposent sur l'ARN messager, constituant moule au niveau des microsomes ; leur contenu d'énergie élevé leur permet de s'associer suivant l'ordre voulu pour la protéine envisagée, ordre que porte l'ARN messager.

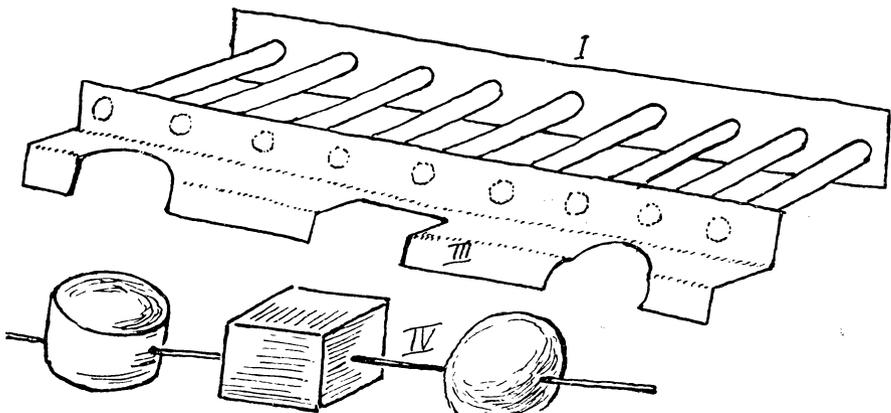
Chez le *B. subtilis*, la durée de vie moyenne d'une molécule d'ARN messager est d'environ deux minutes, pendant lesquelles cette molécule sert de matrice pour la synthèse de dix à vingt molécules de protéines. L'association des restes aminoacides activés en protéines est donc une opération très rapide.



Biosynthèse des protéines

Fig 5. L'ARN messager I, formé sur ADN code II, attire les ARN de transfert III portant chacun un aminoacide spécifique, activé.

Fig 6. L'association I et III place en bonne position les aminoacides dans le polypeptide IV.



Devant les difficultés d'assembler rapidement en bon ordre des centaines de résidus aminoacides, certains chercheurs ont émis l'hypothèse de la nécessité des « adaptateurs » qui pourraient être de petits fragments des ARN de transfert ; on pourrait penser à un rôle de la quatrième base inemployée dans le code.

Le stade final de la biosynthèse des protéines implique l'abandon du moule par le polypeptide formé ; on a montré qu'y intervenait aussi de l'ATP, un enzyme et certains cofacteurs.

Déchiffrage du Code

En 1961, il y a trois ans encore, le code génétique demeurait une énigme : c'est un jeune biochimiste Nirenberg qui en a donné le principe de lecture. L'idée de base du travail de Nirenberg et de ses collaborateurs est la suivante : les molécules, l'ARN de transfert, chacune munie d'un code de trois lettres à partir duquel on peut former soixante-quatre combinaisons constituant des triplets, sont, dans leur ensemble, capables de fixer sélectivement les différents aminoacides, au nombre d'environ vingt.

On peut établir une comparaison avec un groupe d'une vingtaine de chiens, dont les noms figurent dans les soixante-quatre triplets ; chaque chien connaît son ou ses noms, l'opérateur ignore le nom particulier de chaque chien, mais en connaît l'ensemble ; en outre, il sait distinguer les vingt chiens entre eux. Il lui suffit d'appeler successivement les soixante-quatre noms et de noter quels sont les chiens qui répondent à l'appel. C'est ainsi que s'il crie « Rip » et que son appel n'éveille aucun écho, aucun chien ne porte le nom de Rip et le triplet correspondant ne figure pas dans le code. Par contre, s'il appelle « Rac » et voit un chien s'avancer hors du groupe, il en déduit que le chien porte ce nom qu'on peut alors graver sur son collier. On a ainsi identifié un triplet donné du code avec un aminoacide déterminé.

Le mode opératoire expérimental consiste à préparer un mélange contenant tous les aminoacides vitaux, par protéolyse des constituants de cellules vivantes ; d'autre part, l'opérateur synthétise un ARN messager ne contenant, par exemple, qu'une seule base, l'uracile, donc représentant le triplet UUU du code. Le mélange du bouillon complet d'acides aminés avec l'ARN artificiel UUU et une préparation de ribosomes extraite par centrifugation différentielle du broyat d'une bactérie, détermine dans ce système sans

cellule la synthèse d'une protéine entièrement formée par la répétition d'un aminoacide unique, la phénylalanine. Le chien qui répond au triplet UUU s'identifie avec la phénylalanine.

Toute une série de travaux tendent à généraliser les résultats en préparant des ARN messagers avec des lettres différentes ; naturellement, l'ordre des différentes lettres vient encore compliquer les essais.

Malgré les difficultés, on parvient peu à peu à connaître les lettres des mots du code ; en particulier, pour des mutants de bactériophages, on a identifié jusqu'ici les triplets pour dix-neuf aminoacides et on a fait certaines constatations curieuses : alors que certains triplets ne correspondent à aucun aminoacide, on en a trouvé plusieurs pour le même aminoacide, de même que les termes d' « autocar » et d' « autobus » concerneraient, en langage courant, le même message. Cette particularité assure à l'organisme de meilleures chances de survie : si un mot du code-clé vient à se perdre, l'acidoacide correspondant peut choisir le mot synonyme et la synthèse de la protéine qui renferme cet aminoacide ne sera pas bloquée pour autant.

Ponctuation génétique

Une autre découverte récente est relative à la ponctuation génétique qui vient préciser la notion de gène. Pour le biologiste, le gène était une abstraction, représentant ce qui, dans la cellule, contrôle un caractère spécifique héréditaire ; on avait été amené à admettre que les gènes, localisés sur les chromosomes, y sont disposés côte à côte, sans recouvrement.

Le biologiste moléculaire confirme cette hypothèse et la précise. On sait maintenant que la molécule d'ADN n'est pas une chaîne ininterrompue, intégralement garnie par les termes du code. Les messages génétiques portés par l'ADN sont interrompus par des marques de ponctuation. Les instructions pour fabriquer une protéine donnée, comportant de l'ordre de mille barreaux de l'échelle torsadée d'ADN, la fin de ce message est signalée par une particule de protéine, une histone. C'est une protéine relativement simple, à réaction basique, qui, absorbée sur une fraction d'ADN, masque les messages correspondants. L'histone joue le rôle du stop de fin de phrase dans un télégramme, de telle sorte que le gène est localisé entre deux marques de ponctuation et s'étend sur tous

les échelons code de l'ADN, qui se succèdent sans discontinuité entre deux stops.

Régulation de la synthèse des enzymes

L'ADN pose un autre problème, d'ailleurs en voie de solution ; comment concilier le fonctionnement différencié des organes avec la présence de l'ADN dans toutes les cellules d'un même organisme supérieur, qu'il s'agisse du foie ou du cerveau ? Quelle que soit sa localisation, il fournit, en effet, à la cellule la même information globale, celle qui figurait déjà dans l'œuf initial fécondé. Comment l'ADN d'une cellule, appartenant à un organe donné, peut-il se limiter à mettre en œuvre une partie seulement de l'information totale dont il dispose, celle dont l'organe a besoin ou seulement lorsque la cellule en a besoin ? Comment, par exemple, l'ADN d'une cellule du foie peut-il négliger la masse des ordres qu'il est capable de donner pour ne retenir que ceux nécessités par le fonctionnement du foie ?

Beaucoup d'enzymes nécessaires aux chaînes de réactions de dégradation ne se forment que lorsque le substrat est présent dans le milieu nutritif ; on dit qu'il y a « induction ». Mais l'inducteur n'agit pas directement sur la molécule d'enzyme ; son effet ne consiste pas dans l'activation d'un précurseur de l'enzyme comme on sait que cela se produit lors de la transformation du trypsinogène en trypsine.

L'inducteur semble exercer son influence sur la synthèse elle-même de l'enzyme, en touchant directement la zone de commande au niveau de l'ADN ; ce qui explique, en particulier, qu'un même inducteur déclenche plusieurs réactions insérées dans une même chaîne. C'est le cas de l'adaptation au maltose d'une levure acclimatée au glucose, avec synthèse simultanée de maltase et de maltose perméase, cette dernière diastase assurant le transport actif du sucre sous forme d'acétate en prélevant l'énergie nécessaire sur l'acétyl coenzyme A.

On a constaté, notamment pour le tryptophane et l'arginine, que le produit d'une synthèse anabolique bloque souvent tous les enzymes de la chaîne entière, sept pour l'arginine ; c'est une « répression » avec effet rétro.

La régulation enzymatique, qu'il s'agisse d'induction ou de répression, se fait toujours sentir sur la synthèse des enzymes et non sur leur activité.

Le mécanisme repose sur l'existence de substances appelées des « répresseurs » qui viennent recouvrir certaines portions de la molécule d'ADN, celles qui doivent rester inemployées, stoppant le flot d'informations correspondant.

Mais l'ADN, étant la source de tous les ordres dans la cellule, doit donner lui-même les directives pour la fabrication de ces substances recouvrantes, décidant, en outre et au bon moment, de ses propres portions à recouvrir ou à libérer, et par suite, contrôlant son propre fonctionnement au moyen d'un « gène d'opération », qu'on a toute raison de penser porté par le même chromosome que le « gène de structure ». C'est l'origine de la notion d' « Opéron » de Monod et Jacob, l'opéron étant l'unité qui exerce une fonction et se compose d'un gène opérateur et des gènes de structure qui lui sont subordonnés.

On a émis l'hypothèse qu'un mécanisme incontrôlé de dégradation de ces substances recouvrantes pourrait être une cause du cancer. Si la molécule de répresseur, tout entière ou pour une fraction importante, se met à exploser soudainement, l'ADN opérera sans frein, commençant par se multiplier, puis entraînant les cellules à se diviser ; il peut en résulter une croissance anormale, peut-être maligne, plus ou moins localisée.

ARN et mémoire

La mémoire est un des aspects le plus extraordinaire de l'esprit humain. De récentes expériences sur l'animal ont jeté quelque lumière sur ce phénomène. Le résultat surprenant est que l'ARN y joue un rôle-clé : ce pourrait bien être la matière dont est faite la mémoire.

Lorsqu'un animal est dressé à faire un geste, le dressage représente de la mémoire stockée. Des animaux variés ont été soumis à essa.s. L'un d'eux est un petit, ver plat, qu'on appelle la Planaire. La planaire peut être excitée au moyen de chocs électriques, elle tend alors à s'orienter vers la lumière ou à éviter les parties obscures d'un tunnel. Lorsque des planaires bien entraînées sont découpées et données comme nourriture à des planaires non entraînées, les vers « anthropophages » se dressent beaucoup plus rapidement que ceux qui ont reçu une alimentation normale.

Les scientifiques qui ont observé ce phénomène en premier lieu se sont demandés avec étonnement si la mémoire des vers dressés n'était pas, en quelque sorte, passée dans les vers non dressés. C'est la base de l'hypothèse que l'ARN peut être l'agent de transmission. On pourrait faire un certain rapprochement entre cette hypothèse et la pratique du cannibalisme. L'anthropophage, qui dévore son semblable, n'adopte sûrement pas une solution de paresse ; il lui serait plus facile de piéger ou chasser un gibier ; d'autre part, il donne vraisemblablement la préférence à certains organes. N'est-ce pas avec le désir de bénéficier de certaines qualités qu'il a enviées chez son adversaire, et qu'il suppose localisées dans ces organes et parfaitement dissociables de ce support matériel ?

Pour tester cette hypothèse de la responsabilité de l'ARN dans la mémoire, une autre expérience a été exécutée. Une planaire, lorsqu'on la coupe en deux, se régénère d'elle-même et donne deux nouveaux vers plats. Les chercheurs ont déjà confirmé que, lorsqu'une planaire entraînée est coupée en deux, chacun des deux nouveaux vers participe, en partie, au bénéfice de l'entraînement. Ayant fait cette constatation, ils ont coupé en deux une planaire entraînée, une moitié s'est développée comme attendu, donnant une nouvelle planaire partiellement entraînée. Mais l'autre moitié, préalablement traitée par une substance qui détruit l'ARN, a donné naissance à un ver complet, mais sans la moindre amorce d'entraînement, donc ne possédant pas de mémoire.

Les essais ont été également poursuivis avec des rats. On a pu montrer, sur certains, qu'ils apprennent plus facilement, lorsque leur production en ARN est augmentée et plus lentement lorsqu'elle est diminuée. Des rats, dressés à marcher sur un fil tendu, présentent après entraînement des cellules cervicales plus riches en ARN que les rats non entraînés.

Modifications provoquées dans les acides nucléiques - Virus

Les modifications, provoquées dans l'ARN par le dressage, semblent être durables. La nouvelle information serait retenue par les cellules nerveuses qui fournissent ensuite des copies pour le nouvel ARN.

D'un autre côté, au cours des années, l'ADN et l'ARN des cellules humaines sont soumis à toutes sortes d'influences perturbatrices ; depuis les actions chimiques jusqu'aux radiations errantes, et certaines peuvent affecter les gènes.

A côté de ces maladies connues pour être héréditaires, il en existe un grand nombre aussi diverses que le diabète, la faiblesse d'esprit, l'anémie musculaire, le cancer... qu'on a pu mettre en relation directe avec une information erronée dans la molécule d'ADN.

Peut-on envisager de corriger de tels défauts et ainsi d'écarter les maladies correspondantes ? Il n'apparaît pas encore clairement comment on pourrait introduire l'ADN et l'ARN dans l'usage pratique. L'expérience sur la planaire n'est pas extrapolable, car cet organisme primitif présente un tract digestif simplifié qui lui permet d'absorber et d'utiliser les molécules sous la forme même où elles sont ingérées, alors que, chez l'homme, les aliments subissent la dégradation de la digestion, de telle sorte que l'absorption des matériaux génétiques n'y est pas une solution valable.

Par contre, une solution possible et que les chercheurs examinent de très près, repose sur la préparation de virus artificiels.

Pendant longtemps, on a considéré les virus comme des inframicrobes analogues à des organismes vivants unicellulaires, mais de taille bien plus faible. On restait cependant étonné par la rapidité de leur prolifération, par l'impossibilité de les cultiver sur milieu artificiel simple. Ce sont les études sur le virus de la mosaïque du tabac qui ont contraint à réviser les notions antérieures, le virus conservant ses propriétés infectieuses même après recristallisation.

A l'heure actuelle, on pense qu'un virus est simplement un paquet d'ADN ou d'ARN enveloppé dans une protéine protectrice qui l'habille ; certaines formes d'ADN et d'ARN artificiels, ainsi que de protéines virales, ont déjà été obtenues au laboratoire et il semble qu'il n'y a pas de barrière technique insurmontable à fabriquer des virus contenant des acides nucléiques et des protéines spécifiquement associées.

Le mode d'action du virus paraît être le suivant : si la barrière de résistance de la cellule vient à s'effondrer, le virus s'infiltré dans l'ADN de la cellule et, détruisant l'autorité de l'ADN originel, se met à transmettre sa propre information génétique. La cellule, recevant de nouvelles directives, arrête ses propres fabrications et entreprend de synthétiser les matériaux du virus.

Si on disposait de virus artificiels convenables, d'un type sain et amical et non infectieux, adaptés pour aider la cellule et non pour la détruire, on pourrait les injecter dans l'organisme. Leur

enveloppe de protéines synthétiques les empêcherait d'agir jusqu'à ce que leurs acides nucléiques pénètrent dans les cellules. On pourrait alors espérer fournir :

- aux cellules nerveuses du cerveau, de l'ARN, support de la mémoire, pour améliorer cette faculté ;
- un ADN efficient, pour faire rétrograder les ravages de l'âge ;
- des acides nucléiques pour accroître l'état de résistance des cellules vis-à-vis des autres espèces de virus ennemis, capables de les envahir.

En manipulant l'ADN dans l'œuf humain et dans la cellule de sperme, le savant deviendrait capable de corriger des déficiences génétiques et ainsi de sauver toutes les générations futures de la maladie et de la mort prématurée.

Cependant, beaucoup de scientifiques considèrent ce pouvoir comme un bienfait mitigé, car si l'homme avait la possibilité de manipuler, comme il l'entend, les gènes des enfants, on peut se demander comment l'empêcher de tomber dans l'abus qui consiste à décider des caractéristiques souhaitables pour les générations futures, pour ensuite inscrire les messages génétiques correspondants dans l'ADN.

Certains savants ont déjà reçu le prix Nobel pour avoir fabriqué artificiellement, au laboratoire, de l'ARN et de l'ADN. D'autres chercheurs, à partir d'un ADN altéré, ont réussi à produire de nouveaux caractères héréditaires chez les bactéries. Il n'y a donc pas d'obstacles théoriques insurmontables à opérer de façon analogue sur des gènes humains.

Certains chercheurs ont appelé les acides nucléiques des « atomes de vie ». Or, depuis une trentaine d'années, des équipes scientifiques s'efforcent de domestiquer l'atome et ont acquis une certaine maîtrise de l'énergie atomique.

La libération de l'énergie atomique provoque, aujourd'hui, des réactions extrêmes, les uns sont obnubilés par les possibilités dorées que l'homme pourra retirer de ce nouveau pouvoir ; les autres sont épouvantés à l'idée de la bombe atomique.

Quand on songe aux abus que pourrait permettre la maîtrise des acides nucléiques, on conçoit que certains scientifiques s'en trouvent, à juste titre, affolés !

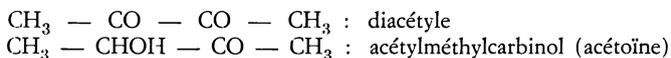
**ETUDE DES COMPLEXES COLORES
DONNES PAR LES DERIVES GUANIDIQUES
AVEC LES DICETONES**

par

F. ROOS et G. SIEST (**)

Les alpha-dicétones réagissent en milieu acide avec les dérivés carbamidés et en milieu alcalin avec les dérivés guanidiques. La réaction en milieu alcalin a été utilisée dans les milieux biologiques, d'une part pour la recherche des dicétones, d'autre part pour la recherche et le dosage des composés guanidiques.

VOGES et PROSKAUER (15) avaient remarqué que l'addition de potasse à la culture de certaines bactéries développait une coloration rose fluorescente, plus intense à l'extrémité ouverte du tube. Un chauffage prolongé ne modifiait ni l'intensité de la coloration, ni la teinte. HARDEN (5) montra que cette réaction était due à la présence dans le milieu d'acétylméthylcarbinol et de son produit d'oxydation, le diacétyle ; l'eau peptonée était nécessaire en plus de la potasse au développement de la coloration.



En 1911, HARDEN et NORRIS (6) montrèrent que les protéines de l'eau peptonée et plus particulièrement l'arginine dérivé guanidique étaient responsables de la réaction colorée avec le diacétyle en milieu alcalin.

Ces auteurs vérifièrent la réactivité de toute une série de composés guanidiques, en particulier de la créatine.

(*) Note transmise par M^{lle} BESSON à la séance du 16 avril 1964.

(**) Laboratoire de Pharmacodynamie biochimique, Prof. S. BESSON.

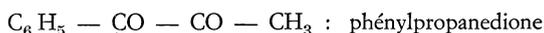
En effet, le diacétyle donne une réaction très intense avec la créatine, propriété qui fut mise à profit par O'MEARA (9) pour sensibiliser la réaction de VOGES-PROSKAUER.

BARRIT (1), par addition d'alpha-naphtol, améliora encore très nettement la réaction en la sensibilisant.

Simultanément, certains auteurs appliquèrent cette réaction à l'étude, dans les milieux biologiques, des dérivés guanidiques, en particulier créatine et arginine. WALPOLE (16), EGGLETON (3) et DULIÈRE (2) l'utilisèrent successivement pour l'estimation de la créatine dans l'urine et le muscle. Mais ce n'est qu'avec l'utilisation de l'alpha-naphtol que des techniques valables de dosage furent mises au point : en particulier, celle de EGGLETON et Coll. (4) et celle de RAAFLAUB et ABELIN (10).

L'arginine, par les techniques précédentes, donnait une coloration plus faible que la créatine. ROSENBERG et Coll. (11), en introduisant différents alcools dans le milieu réactionnel, réussirent à intensifier les colorations de certaines guanidines, en particulier celle de l'arginine.

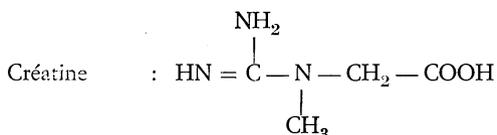
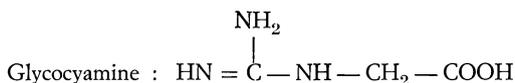
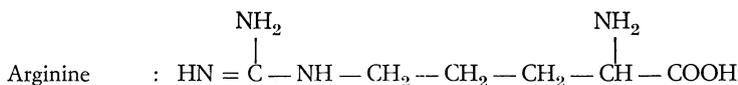
Une autre alpha-dicétone, la phénylpropanedione, a été proposée en 1928, par DULIÈRE (2) à la place du diacétyle.



LANG (7) reprit cette dicétone pour doser la créatine et l'arginine.

Nous avons cherché à appliquer ces réactions colorées à la recherche et au dosage de dérivés guanidiques médicamenteux dans les milieux biologiques (14).

Mais nous avons préalablement testé l'arginine, la créatine et la glycoyamine, principales guanidines existant dans des milieux biologiques :



Nous présentons les résultats comparatifs obtenus d'une part avec les techniques existantes :

- réaction initiale du diacétyle avec les guanidines en milieu alcalin ;
- introduction d'alpha-naphtol ;
- addition d'alcools ;

d'autre part, en introduisant d'autres réactifs et en faisant intervenir la température.

Techniques

Nous donnons ci-après les modalités opératoires employées dans nos essais. Afin de pouvoir comparer les différentes méthodes, nous les avons adaptées légèrement :

- au point de vue concentration des réactifs ;
- au point de vue alcalinité : nous avons toujours utilisé la soude ;
- au point de vue volume : nous avons toujours amené le volume final des mélanges réactionnels à 10 ml.

I. — TECHNIQUE DE BASE, type WALPOLE (16)

Réactifs :

- Diacétyle M/200 : préparé par dilution de diacétyle Fluka fraîchement distillé ;
- Na OH 1,5 N.

Mode opératoire :

- 1,5 ml de composé guanidique M/100 ;
- 1,5 ml de diacétyle M/200 ;
- 2 ml Na OH 1,5 N ;
- eau distillée q. s. p. 10 ml.

II. — TECHNIQUE DE BASE AVEC ADDITION D'ALCOOLS

Réactifs en plus des précédents :

- propanol R. P. ;
- éthylène glycol dilué au demi dans l'eau distillée pour diminuer sa viscosité.

Mode opératoire :

- 1,5 ml de composé guanidique M/100 ;
- 1,5 ml de diacétyle M/200 ;
- 2 ml Na OH 1,5 N ;
- 2 ml de propanol ou d'éthylèneglycol dilué ;
- eau distillée q. s. p. 10 ml.

III. — TECHNIQUE AVEC ALPHA-NAPHTOL
type RAAFLAUB et ABELIN (10)

Réactifs :

- alpha-naphtol à 1 % dans Na OH 1,5 N.

Mode opératoire :

- 1 ml de composé guanidique M/1.000 ;
- 1,5 ml de diacétyle M/200 ;
- 2 ml d'alpha-naphtol à 1 % dans Na OH 1,5 N ;
- eau distillée q. s. p. 10 ml.

IV. — TECHNIQUE AVEC ALPHA-NAPHTOL ET ALCOOLS
type ROSENBERG et Coll. (11)

Réactifs :

- alpha-naphtol à 1 % dans le propanol ;
- alpha-naphtol à 1 % dans l'éthylène glycol au demi.

Mode opératoire :

- 1 ml de composé guanidique M/1.000 ;
- 1,5 ml de diacétyle M/200 ;
- 2 ml d'alpha-naphtol à 1 % dans un des alcools ;
- 2 ml Na OH 1,5 N ;
- eau distillée q. s. p. 10 ml.

Les mélanges réactionnels sont soit laissés à l'abri de la lumière à température d'environ 20°, soit portés dix minutes au bain-marie bouillant. Des lectures successives permettent de suivre l'évolution des colorations.

Résultats

1°) Spectre d'absorption.

Les colorations obtenues avec les différentes techniques (numérotées de I à IV comme précédemment) varient du jaune orange au rouge. Nous présentons dans le tableau I leurs maxima d'absorption.

TABLEAU I

Maxima d'absorption des colorations obtenues par les différentes méthodes (Spectrophotomètre Beckmann DB cuve de 1 cm)

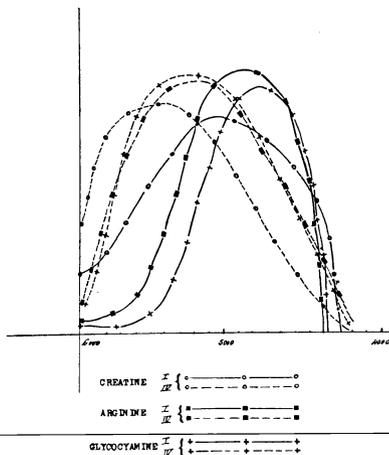
Techniques	Créatine	Arginine	Glycoxyamine
I.	5050	4900	4800
II. — Propanol	5050	4900	4850
— Ethylèneglycol ...	4950	5050	4900
III.	5200	5100	5100
IV. — Propanol	5400	5300	5350
— Ethylèneglycol	5450	5250	5250
— Propanol et bain-marie bouillant ...	5250	5150	5200
— Ethylèneglycol et bain-marie bouillant	5300	5150	5200

On remarque que les maxima d'absorption se déplacent vers les plus grandes longueurs d'onde par addition d'alpha-naphtol, puis d'alcool.

C'est ce que montre le graphique n° 1 où nous avons comparé les spectres d'absorption obtenus avec les différents composés guanidiques par les technique n° I et n° IV (éthylèneglycol).

GRAPHIQUE n° 1

Spectres d'absorption des trois dérivés guanidiques obtenus au spectrophotomètre Beckmann DB enregistreur, cuve de 1 cm.



2°) Evolution des colorations en fonction du temps, à température ambiante.

Pour codifier le mode opératoire et rendre les résultats comparatifs, nous avons toujours introduit le réactif alcalin en dernier ; on agite ensuite soigneusement les tubes et on les plonge dans un bain d'eau dont la température est maintenue aux environs de 20° tout en évitant un éclaircissement trop important.

Des lectures régulières sont faites au spectrophotomètre. Les colorations données par les différentes guanidines évoluent plus ou moins rapidement.

Voici dans le tableau II les temps après lesquels les intensités sont maxima.

TABLEAU II

Délai nécessaire pour un développement optimum des colorations

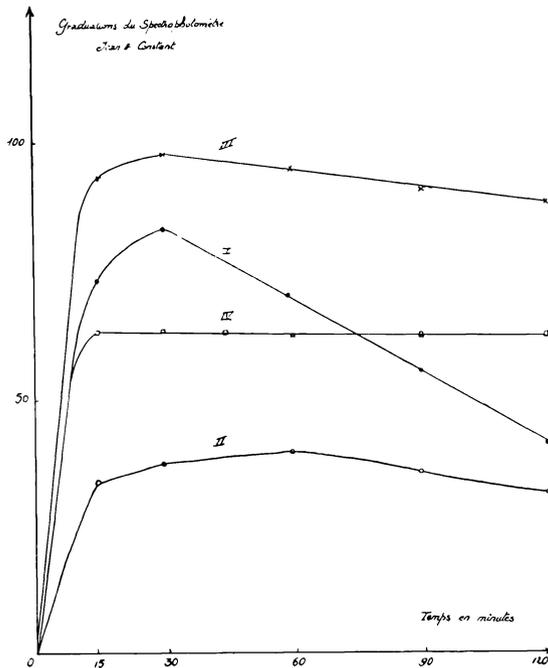
Techniques	Créatine	Arginine	Glycocyamine
I.	30 mn	120 mn	120 mn
II. — Propanol	60 mn	120 mn	120 mn
II. — Ethylèneglycol ...	150 mn	240 mn	240 mn
III.	30 mn	120 mn	120 mn
IV. — Propanol	20 mn	60 mn	60 mn
IV. — Ethylèneglycol ...	30 mn	90 mn	120 mn

De l'étude de ce tableau, il ressort que :

- la créatine est le dérivé guanidique réagissant le plus rapidement ;
- l'introduction successive d'alpha-naphtol, puis d'alcools qui se fait en passant de la technique I à la technique IV modifie les vitesses de réaction.

GRAPHIQUE n° 2

Evolution de la coloration de la créatine
dans quatre techniques opératoires.



Le graphique n° 2 montre l'évolution à 20° de la coloration de la créatine dans les quatre techniques opératoires :

- I. — Réaction initiale du diacétyle avec la créatine en milieu alcalin.
- II. — Addition de propanol.
- III. — Introduction d'alpha-naphtol.
- IV. — Technique finale avec les deux améliorants.

On peut remarquer aussi que les colorations une fois développées sont assez stables sauf pour la technique correspondant à la réaction initiale.

3°) *Influence des alcools.*

ROSENBERG et Coll. (11) avaient montré, dans une technique utilisant de l'alpha-naphtol, que les alcools permettaient d'intensifier les colorations de certaines guanidines, en particulier celle de l'arginine.

Nous avons voulu vérifier l'action des alcools sur la réaction originale.

Nous avons retenu deux alcools :

- le propanol, parce que le plus actif dans la technique de ROSENBERG ;
- l'éthylèneglycol, parce que non volatil (voir essais par chauffage au bain-marie bouillant).

Ces alcools rajoutés à la réaction originale sans alpha-naphtol (technique II) ont la même action que dans la technique de ROSENBERG :

- ils inhibent la réaction de la créatine proportionnellement à leur concentration dans le milieu ;
- ils intensifient la réaction de l'arginine, mais à des degrés variables suivant la nature des alcools et leur concentration.

Par exemple si à la réaction colorée donnée par 2 ml d'arginine M/200, on ajoute des quantités croissantes de propanol ou d'éthylène glycol, on voit que :

- la coloration la plus intense est obtenue avec 0,5 ml de ces solvants ;
- des quantités supérieures d'alcool abaissent l'intensité des colorations ;
- au-dessus de 2 ml de solvant, on commence à avoir une action inhibitrice, c'est-à-dire des colorations inférieures à celles obtenues sans alcool.

D'autre part, le tableau II montre que l'éthylèneglycol et partiellement le propanol ralentissent la vitesse de développement des colorations.

4°) *Autres dicétones.*

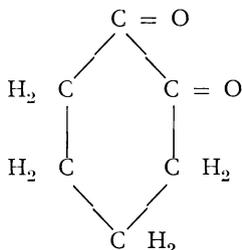
Une autre alpha-dicétone, la phénylpropanedione est connue pour réagir avec les dérivés guanidiques en milieu alcalin. Nous avons repris ces essais en suivant les modes opératoires employés pour le diacétyle. Nous avons retrouvé des résultats analogues à ceux obtenus avec le diacétyle :

- léger décalage des maxima d'absorption en passant de la technique I à la technique IV (tableau III) ;
- la créatine est toujours le composé réagissant le plus rapidement ;
- les colorations données par la première technique sont peu stables ;
- l'alpha-naphtol permet une intensification et une stabilisation des réactions colorées ;
- le propanol sensibilise plus l'arginine et la glycoxyamine que la créatine ;
- l'éthylèneglycol ralentit la vitesse de réaction.

TABLEAU III
Maxima d'absorption des colorations obtenues avec la phénylpropanedione par les différentes techniques
(Spectrophotomètre Beckmann DB cuve de 1 cm)

Techniques	Créatine	Arginine	Glycoxyamine
I.	5550	5450	5400
III.	5650	5550	5550
IV. — Propanol	5750	5650	5700
IV. — Ethylèneglycol ...	5750	5600	5600
IV. — Ethylèneglycol et bain-marie bouillant	5700	5650	5700

Nous avons aussi essayé une dicétone cyclique, la cyclohexanedione.



En effet, comme le diacétyle et la phénylpropanedione, cette dicétone réagit en milieu acide avec les dérivés carbamidés (12). Mais en milieu alcalin avec les dérivés guanidiques, nous n'avons jamais réussi à obtenir une coloration :

- même en présence d'alpha-naphtol et d'alcools ;
- même après essais au bain-marie bouillant.

5°) *Détermination des formules des complexes colorés par la méthode des variations continues.*

Cette méthode mise au point par JOB, en 1928, permet de déterminer les proportions relatives de deux substances formant un complexe coloré.

Nous avons suivi la technique de LAZARE (8) en mesurant les variations de l'absorption lumineuse :

1°) On mélange des quantités croissantes de solution de dicétone et des quantités décroissantes de solution équimoléculaire de dérivé guanidique.

On choisit soigneusement la molarité des solutions de façon à avoir un maximum de sensibilité, c'est-à-dire des variations suffisamment nettes entre les densités optiques de deux tubes successifs.

2°) On applique aux mélanges les conditions opératoires exposées précédemment.

3°) On mesure les densités optiques au maximum d'absorption de la coloration et à des longueurs d'ondes situées de part et d'autre de ce maximum.

Résultats.

Dans toutes les techniques, exception faite de la technique initiale, le diacétyle et la phénylpropanedione donnent, avec les trois dérivés guanidiques testés, une coloration maxima pour une molécule de dicétone et une molécule de guanidine.

La technique initiale donne des résultats variables :

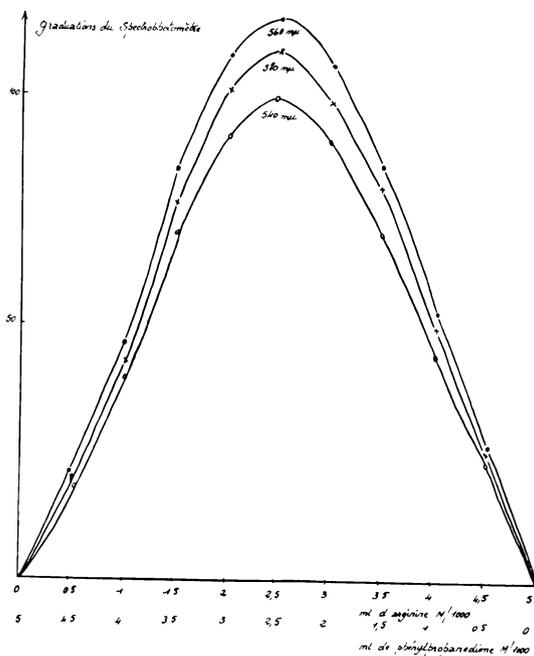
- soit une molécule de dicétone pour une molécule de composé guanidique ;
- soit deux molécules de dicétone pour trois molécules de guanidine.

Le manque de sensibilité et l'instabilité de cette technique doivent être responsables de ce manque de précision.

Nous présentons dans le graphique n° 3 les résultats obtenus pour la réaction phénylpropanedione - arginine dans les conditions de la technique IV (éthylèneglycol).

GRAPHIQUE n° 3

Méthode des variations continues appliquée à la détermination du complexe arginine - phénylpropanedione.



6°) Action des oxydants.

Les réactions colorées, que donnent en milieu acide les mêmes dicétones avec les dérivés carbamidés, sont améliorées par l'emploi d'oxydants (13).

D'autre part, les colorations se développent d'abord dans la partie supérieure du tube et l'agitation accélère le développement de la réaction.

Nous avons vu (14) que, sous atmosphère d'azote, on n'obtenait pas de coloration, alors qu'elle se développait par barbotage d'oxygène ou simplement par agitation à l'air.

Ces faits nous ont amenés à vérifier si les oxydants étaient actifs sur les réactions en milieu alcalin.

Nous avons donc testé divers oxydants à différentes concentrations :

- les uns comme l'hypochlorite, le persulfate de sodium inhibent la réaction ;
- d'autres comme l'arséniate de sodium, le nitrate de sodium, la chloramine n'ont pas d'action ;
- d'autres enfin comme le chlorate en solution M/1.000, l'iode en solution diluée intensifient légèrement les colorations.

Mais aucun oxydant testé, dans quelque technique que ce soit, ne nous a donné une sensibilisation suffisante pour être utilisée.

7°) *Action des intensifiants.*

Nous référant toujours aux réactions en milieu acide, sensibilisées par certains composés, nous avons vérifié l'action sur la réaction développée en milieu alcalin :

- du thiosemicarbazide ;
- de l'acide phénylanthranilique ;
- du tryptophane.

Ces composés ont été utilisés en solution à 0,5 % dans l'éthylèneglycol au demi.

Nous n'avons pas noté de modifications en présence de ces trois corps.

8°) *Action de la température.*

En plongeant les mélanges réactionnels au bain-marie bouillant, il était peut-être possible d'intensifier les colorations de certaines guanidines. C'est ce que nous avons noté avec un dérivé guanidique médicamenteux (14).

Nous avons étudié l'influence du chauffage sur les réactions de la créatine, l'arginine et la glycoyamine dans les quatre techniques opératoires :

- après dix minutes de chauffage au bain-marie bouillant, les tubes sont plongés dans l'eau froide. On agite de temps en temps pour obtenir un développement complet des colorations.

Voici les résultats obtenus :

- 1) Le chauffage, puis le refroidissement, permettent d'obtenir beaucoup plus rapidement des colorations entièrement développées.
- 2) On note un déplacement des maxima d'absorption (voir tableaux I et III).
- 3) Les colorations obtenues après chauffage sont, en général, plus intenses :
 - en l'absence d'alpha-naphtol, l'intensification ne porte que sur les dérivés réagissant déjà bien à froid ; mais les colorations obtenues ne sont pas très stables ;
 - en présence d'alpha-naphtol (technique III), le chauffage permet seulement d'accélérer les réactions colorées.

L'intensification n'est que très relative, sauf en présence d'éthylèneglycol.

Il faut noter l'excellente stabilité de ces colorations : en trois heures, les colorations n'ont jamais baissé de plus de 10 %.

- 4) Comme dans les techniques à froid, nous avons aussi testé les oxydants et les intensifiants, mais sans résultat.
- 5) A chaud, les résultats obtenus avec la méthode des variations continues de JOB montrent que les dicétones et les dérivés guanidiques s'unissent toujours dans les mêmes proportions.

En conclusion, les résultats comparatifs obtenus avec quatre variantes techniques de la réaction initiale de VOGES-PROSKAUER permettent d'apprécier les améliorations apportées :

- sensibilisation et stabilisation par l'alpha-naphtol ;
- intensification spécifique pour certains dérivés guanidiques par des alcools ou par le chauffage.

BIBLIOGRAPHIE

- (1) BARRIT (M. M.). — The intensification of the Voges-Proskauer reaction by the addition of alpha-naphtol.
J. Path. Bacteriology, 1936 42. 441

- (2) DULIERE (W.). — The condition of creatin in amphibian voluntary muscle.
Biochem. J., 1929, **23**, 921.
 - (3) EGGLETON (P.) et EGGLETON (G.M.). — Further observations on phosphagen.
J. Physiology, 1928, **65**, 15-24.
 - (4) EGGLETON (P.), ELSDEN (S.R.) et GOUGH (N.). — The estimation of creatine and of diacetyl.
Biochem. J., 1943, **37**, 526-529.
 - (5) HARDEN (A.). — On Voges-Proskauer's reaction for certain bacteria.
Proceedings Royal Society, 1905-1906, **77**, B 424.
 - (6) HARDEN (A.) et NORRIS (D.). — The diacetyl reaction for proteins.
J. Physiology, 1911, **42**, 332.
 - (7) LANG (K.). — Uber den Mechanismus der diacetylreaktion von Guanidinen, ihre Umformung und Amvendung zur kolorimetrischen Bestimmung von Kreatin und Arginin.
Z. Physiol. Chemie, 1932, **203**, 273-280.
 - (8) LAZARE (J.). — Etude de l'action des métavanadates sur la diphenylthiocarbazone et la diphenylcarbazone.
Thèse Pharmacie, Nancy, 1959.
 - (9) O'MEARA (R. A. R.). — A simple, delicate and rapid method of detecting the formation of acetylmethylcarbinol by bacteria fermenting carbohydrate.
J. Path. Bacteriology, 1931, **34**, 401.
 - (10) RAAFLAUB (J.) et ABELIN (I.). — Uber eine Methode der direkten Bestimmung des Kreatingehalts des Harnes.
Biochem. Z., 1950, **321**, 158-165.
 - (11) ROSENBERG (H.), ENNOR (A. H.) et MORRISON (J. F.). — The estimation of arginine.
Biochem. J., 1956, **63**, 153-159.
 - (12) SIEST (G.). — Etude de la réaction colorée de l'urée avec la cyclohexanedione.
Bull. Soc. Pharm., Nancy, 1963, n° 57, 11-18.
 - (13) SIEST (G.). — Réactions colorées des dérivés carbamidés biologiques avec les dicétones acycliques et cycliques. Influence des oxydants.
Bull. Soc. Lorraine Sciences, 1963, **3**, 42-58.
 - (14) SIEST (G.), ROOS (F.) et GABOU (J. J.). — Dosage du N-N-Diméthyl biguanide (glucophage) par le diacétyle en milieu alcalin.
Bull. Soc. Pharm., Nancy, 1963, n° 58, 29-38.
 - (15) VOGES (O.) et PROSKAUER (B.). — Beitrag zur Ernährungsphysiologie und zur Differentialdiagnose der Bakterien der hämorrhagischen Septicämie.
Z. Hygiene, 1898, **28**, 20-32.
 - (16) WALPOLE (G.). — The direct determination of creatine in pathological urine.
J. Physiology, 1911, **42**, 301-308.
-

**L'HEREDITE DU TYPE DE PIGMENTATION
DES LAPINS DITS PAPILLONS (*)**

par

R. LIENHART

Bien plus que par leur conformation générale, ou que par leur taille qui n'est pas la même dans toutes les variétés, les Lapins Papillons sont remarquables par la disposition des couleurs dans leur pelage.

La couleur fondamentale de leur robe est, à tort, généralement décrite comme étant blanche, parsemée de marques symétriques colorées, et plus ou moins nombreuses et importantes en surface. Le plus souvent, ces marques colorées sont noires ; mais, dans certaines variétés de Lapins Papillons, elles peuvent être bleues, fauves, ou même parfois de deux couleurs différentes pour de mêmes marques ; chacune de ces couleurs se transmettant, selon le mode héréditaire mendélien simple, de deux caractères différents s'opposant deux à deux.

C'est par suite d'une pure curiosité et aussi pour la recherche de la nouveauté, chère aux éleveurs, que ces couleurs variées ont été obtenues par croisement avec des Lapins de différentes couleurs. Peu nous importe donc la couleur des marques des Lapins Papillons, ce qui sera retenu, ici, est uniquement la forme, l'étendue, et la répartition sur le corps des marques colorées propres à ces Lapins.

A regarder ces Lapins Papillons tachetés de marques colorées, on pense immédiatement à les classer dans la catégorie des animaux dits à robe panachée, ou pie. Il ne s'agit pas là d'un bariolage quelconque, et réparti sans ordre, car chez les Lapins Papillons

(*) Note présentée à la séance du 14 mai 1964.

les marques colorées sont symétriques et disposées habituellement, du moins chez les sujets présentés dans les expositions, selon une ordonnance définie, et codifiée par le standard de la race. Mais, comme nous allons le voir, il n'en est pas toujours ainsi. En effet, les sujets bien réussis, selon les exigences des éleveurs, sont toujours rares.

Le nom donné à cette race de Lapins vient de ce que la partie antérieure de la tête (région nasale) porte, entre autres, une marque pigmentée dont l'aspect suggère, avec un peu de bonne volonté, la projection en ombre chinoise d'un papillon aux ailes étendues et réparties symétriquement, à droite et à gauche du nez de l'animal.

De toute évidence, les Lapins Papillons dérivent de Lapins panachés (blanc et couleur), tels que l'on en a vus de tous temps dans les clapiers de Lapins communs. Ce sont des éleveurs, amateurs de variétés curieuses, qui ont réussi, par une très patiente sélection, à fixer en des régions déterminées du pelage certaines marques colorées primitivement trop étendues ou incomplètes, et semblant de ce fait réparties d'une façon quelconque.

Parmi les différentes variétés de Lapins Papillons, l'une des plus intéressantes du point de vue esthétique est incontestablement le Lapin Papillon Anglais qui, de petite taille (il ne doit pas dépasser le poids de trois kilogs) est, quand il est bien réussi, une pure petite merveille. Ce bijou d'étagère a été obtenu, vers la fin du siècle dernier par les éleveurs anglais, si habiles, empiriquement, à créer des races animales domestiques parfaites, grâce à une patiente sélection alliée à la pratique d'une étroite consanguinité ; méthode autrefois si brillamment employée par leur compatriote Bakewell.

Description des marques du pelage du Lapin Papillon Anglais

Les marques colorées caractéristiques du Lapin Papillon Anglais sont les suivantes :

La marque en forme de papillon recouvrant le nez ; les oreilles entièrement colorées ; un cercle coloré, assez large, autour de chaque œil ; une petite marque de forme un peu allongée, sur chaque joue, au niveau d'un poil tactile ; des marques de petite taille, disposées de chaque côté du corps à la hauteur des côtes

sur deux lignes parallèles et obliques, allant en s'amplifiant graduellement, depuis la base des oreilles jusqu'aux marques des flancs, ce sont les chaînes qui rejoignent, en devenant plus nombreuses, les marques qui couvrent les cuisses ; une bande dorsale colorée, assez étroite, mais continue, formée par une succession de chevrons emboîtés les uns dans les autres. Cette marque longitudinale s'étend sur le dos de l'animal, depuis la nuque jusqu'à l'extrémité supérieure de la queue. Elle doit à son aspect général d'avoir reçu le nom d'arête de poisson ou, plus simplement, de raie. Pour compléter cette description, rappelons que, sur le ventre blanc de ce Lapin, chaque mamelon est, généralement, auréolé d'une marque de couleur. Toute marque colorée en dehors des emplacements ci-dessus désignés doit être considérée comme indésirable, et non conforme au standard de la race (fig. 1).

Dès le premier quart de ce siècle, le très curieux type de coloration du Lapin Papillon Anglais a attiré l'attention du généticien W. E. CASTLE qui, à la suite de nombreux accouplements entre Lapins appartenant à cette variété, conformes, autant que cela est possible, au type admis et récompensé dans les expositions, a obtenu et publié les résultats suivants :

L'accouplement entre deux Lapins Papillons Anglais (de type exposition) donne une descendance dont la première génération, la F¹, est composée de 50 % de sujets semblables à leurs parents soit, d'après CASTLE, du type exposition ; de 25 % de sujets totalement colorés, et de 25 % de sujets présentant une dépigmentation accentuée de leur pelage, dont, par conséquent, de nombreuses marques colorées sont absentes ou fortement modifiées quant à l'étendue et à la forme. En effet, chez ces derniers Lapins, la marque dite papillon, entre autres, est très altérée. Il n'en reste plus, à droite et à gauche du nez, que deux petites marques colorées plus ou moins symétriques, simulant la célèbre moustache de l'acteur de cinéma bien connu : Charlie Chaplin. D'où le nom de Chaplin donné à de tels Lapins dans les pays anglo-saxons, et de Charlot, en France. Par des accouplements répétés, CASTLE a constaté que deux sujets de type exposition donnaient constamment, en F¹, une descendance hétérogène dans les proportions précédemment indiquées.

Pour donner une explication à cet étrange cas héréditaire, CASTLE a supposé qu'il existait, dans cette race de Lapins, un facteur (aujourd'hui, nous dirions gène) dominant, dont la propriété est de réduire, chez certains sujets, le nombre et l'étendue des

marques colorées du pelage. CASTLE désigne ce facteur particulier par le symbole En, qu'il considère comme s'opposant à un gène allélomorphe dominé, en, sans aucun effet sur l'expression des marques colorées ; lorsque le gène En existe à l'état pur (homozygote) dans le patrimoine héréditaire d'un même sujet, celui-ci est un Lapin peu pigmenté, c'est-à-dire un Chaplin, dont la formule héréditaire est, par conséquent, En En. Par contre, lorsqu'un sujet est porteur, à l'état homozygote, du gène en, reconnu comme n'ayant aucune action sur la réduction des marques colorées, un tel Lapin est totalement coloré, et sa formule héréditaire est en en. Enfin, troisième cas possible, lorsqu'un sujet est hétérozygote pour les gènes dont les effets sont précédemment décrits, sa formule est En en, et le phénotype exprimé par un tel sujet est conforme à l'aspect recherché par les éleveurs de Lapins Papillons Anglais, le type exposition. De tels Lapins sont donc des hybrides génétiques de formule En en, et il est tout à fait normal que, lors de l'accouplement, *inter se*, de tels sujets, la descendance montre, en F¹, la disjonction mendélienne des caractères précédemment décrits.

CASTLE reconnaît donc que les Lapins Papillons Anglais ne constituent pas une race pure, du point de vue de la répartition des marques colorées propres à leur pelage. Et cependant, aujourd'hui encore, nombreux sont les éleveurs qui les considèrent comme tels. Ils ne changent d'avis que lorsqu'ils élèvent eux-mêmes cette race si séduisante par son aspect ; mais ils n'aiment pas parler de ce qu'ils nomment leurs déboires.

CASTLE croit pouvoir justifier son interprétation génétique en nous apprenant que :

1°) Lors de l'accouplement entre deux sujets de type Chaplin (soit de formule En En), la descendance est en totalité, et toujours, exactement conforme au type des parents.

2°) L'accouplement entre deux sujets de formule génétique en en, c'est-à-dire totalement colorés, donne une descendance dont les sujets sont semblables, eux aussi, à leurs parents, et ceci indéfiniment. De tels sujets sont donc génétiquement purs.

3°) Par contre, un sujet de formule en en, c'est-à-dire totalement coloré, accouplé avec un sujet de forme En En, c'est-à-dire de type Chaplin, donne, en totalité, une descendance hybride de formule En en, c'est-à-dire des Lapins Papillons Anglais de type exposition (fig. 2).

Il est assez curieux de remarquer que, devant de tels faits péremptoires et acceptés définitivement par les généticiens, CASTLE ait lui-même reconnu que, lors de l'accouplement entre sujets de formule en en, c'est-à-dire totalement colorés et de sujets de type Chaplin de formule En En, les produits qui devraient être tous de formule En en, c'est-à-dire de type exposition, présentaient parfois des anomalies. En effet, dit-il, et cette remarque de CASTLE est également rapportée par PICARD et CREW (2), « les marques colorées des sujets En en, c'est-à-dire de type exposition, ne sont pas toujours absolument constantes, ni par leur disposition, ni par leur taille, mais cependant le plus grand nombre des sujets *approchent* du type parfait recherché par les éleveurs ».

Peu après les dernières publications de CASTLE sur ce sujet, respectueux des opinions d'un vétérinaire de la génétique, j'ai accepté totalement, comme l'ont fait bien d'autres, les interprétations de cet Auteur. Et, un peu plus tard, je les ai même fait connaître par l'intermédiaire de journaux agricoles, aux éleveurs français qui, jusque là, semblaient assez souvent ignorer l'étrange descendance des Lapins Papillons (3).

Mais ayant à mon tour voulu répéter les expériences de CASTLE, je n'ai pas tardé à avoir de sérieux doutes au sujet de son interprétation génétique.

En effet, chez les sujets hybrides de formule En en, c'est-à-dire de type exposition, de très graves défauts apparaissent très fréquemment dans les marques colorées. Tels, par exemple, qu'une altération notable de la marque nasale dite « papillon ». Cette dernière étant plus ou moins considérablement envahie par des plagues pileuses blanches. Ou encore une altération de la forme et de l'étendue de la marque dorsale, dite « arête de poisson », qui se trouve très fâcheusement interrompue en plusieurs endroits par des espaces blancs ; ou, dans d'autres cas, se trouve être exagérément développée, au point de déborder largement sur les côtés du corps de l'animal. Je ne cite ici que les anomalies les plus fréquentes et les plus importantes, mais il en existe une quantité d'autres, relatives à l'étendue et à l'emplacement des marques colorées codifiées par le standard du Lapin Papillon Anglais.

Chez les sujets En En, c'est-à-dire chez les Chaplin, les accouplements, *inter se*, donnent une descendance présentant des aberrations également considérables qui vont, dès la F¹, jusqu'à

produire des sujets dont la robe est tellement envahie par le blanc, que certains d'entre eux sont presque entièrement dépigmentés.

Chez les sujets entièrement pigmentés, de formule en en, une observation attentive permet de reconnaître la présence fréquente de quelques poils blancs : soit sur le front, soit sur la poitrine, soit encore à l'extrémité des pattes, dont un ou quelques uns des ongles peuvent être, en partie ou même en totalité, blancs. Fait à noter, toutes ces marques indésirables blanches se manifestent généralement dans les régions du corps où, comme je l'ai montré à différentes reprises (4), apparaissent chez tous les vertébrés les premières expressions de la panachure.

Un autre fait également très important est encore à retenir, à propos des Lapins Papillons totalement colorés (formule en en, de CASTLE). Chez de tels Lapins, particulièrement chez les sujets de couleur noire, une observation attentive du pelage, faite sous une certaine incidence de la lumière ; les rayons obliques du soleil par exemple, permet souvent de voir, comme si il s'agissait d'un filigrane, tout ou partie, selon les sujets, des marques colorées caractéristiques du Lapin Papillon Anglais. Il semble, à l'observateur, que la couche pigmentaire rendant l'animal unicolore n'est que superposée aux marques, en conférant à celles-ci une sorte de double intensité pigmentaire.

Ce phénomène, que j'ai bien souvent observé, se manifeste également chez d'autres mammifères et oiseaux totalement colorés. C'est ainsi que l'on peut voir, chez un Chat domestique entièrement noir, les reflets de certaines des tigrures, noires sur fond fauve, propres au Chat de type commun ; ou encore, chez un Cheval noir, les marques colorées arrondies que l'on voit sur la croupe des Chevaux dits « gris pommelés ». Le même phénomène est encore perceptible sur la robe des Panthères noires, chez qui transparaissent souvent les nombreuses mouchetures noires habituelles, sur fond fauve, de la robe de la Panthère de la variété la plus commune.

Chez les Pigeons domestiques zains, c'est-à-dire uniformément colorés, les bandes noires des ailes et de la queue, caractéristiques du plumage de leur ancêtre, la *columba livia*, transparaissent parfois, elles aussi, à leurs places normales, en une tonalité légèrement plus accentuée que celle de la couleur générale du plumage. Par contre, chez les Pigeons unicolores de tonalité diluée, tels que les Pigeons de couleur canelle (jaune), argentée (bleu clair),

ou dun (gris fumeux), les places des bandes des ailes et de la queue sont nettement sous-pigmentées.

Il ne m'a pas semblé inutile de rapporter ces faits dont la connaissance nous aidera, sans doute, à mieux comprendre encore ce qui se passe dans le mécanisme de l'expression des mélanines chez les animaux panachés et non panachés.

Les résultats que j'ai obtenus par mes recherches, sur le mode héréditaire de la pigmentation du pelage du Lapin Papillon Anglais, m'ont conduit à adopter des conclusions assez différentes de celles de CASTLE. L'action prépondérante d'un gène En, à la fois, partiellement et localement, inhibiteur de l'expression du pigment, selon qu'il agit seul ou s'oppose aux effets d'un gène allélomorphe en, me semble ne pas pouvoir s'exprimer sous une forme aussi simple ? En effet, ne m'étant pas contenté, comme l'a fait cet Auteur, d'étudier la descendance *inter se* de chacun des différents types, issus du croisement initial, correspondant à des phénotypes définis (F¹ de l'expérience de CASTLE), j'ai choisi, tout au contraire, parmi ces derniers, ceux qui m'ont semblé les plus aberrants par rapport à ce qu'ils auraient dû être. Cette méthode m'a permis de mettre en évidence une graduation continue dans l'expression des marques colorées du Lapin Papillon Anglais, entre deux termes extrêmes allant des sujets les plus blancs aux sujets les plus pigmentés. Ce résultat m'a fait assez naturellement penser que le mode héréditaire de la pigmentation du pelage de ce Lapin est identique à celui, universellement admis, pour la transmission du caractère panachure en général, soit une hérédité de type polymérique déterminée par des gènes multiples à action cumulative, indépendants les uns des autres et inhibiteurs dominants de l'expression du pigment, restant entendu, comme l'expérience le prouve, que chaque degré de panachure exprimé est capable, par l'emploi d'une sévère sélection combinée à la pratique de la consanguinité, d'être plus ou moins parfaitement fixé sur de mêmes sujets, qui forment ainsi une souche de Lapins d'une variété nouvelle. Comme preuve complémentaire de cette argumentation, il me semble à propos de signaler les quelques exemples de nouvelles variétés de Lapins, créées par les éleveurs à partir, soit du Lapin Papillon Anglais, soit de son ancêtre, le simple Lapin panaché commun rencontré de tous temps dans les élevages fermiers, non sélectionnés.

Ce sont, par exemple, les grands Lapins dits « Géants Papillons Français, Rhénans, Lorrains, Béliers » et autres qui ne diffèrent

réellement du Lapin Papillon Anglais que par leur plus grande taille et leur conformation générale, mais encore, et c'est là ce qui nous importe le plus ici, par une importance réduction numérique, et d'étendue, des marques colorées (fig. 3). A ces différentes races, issues du Lapin Papillon ou de son ancêtre, le simple Lapin panaché, il convient d'en ajouter une autre encore plus récente, mais aussi plus spectaculaire en ce qui concerne la réduction numérique des marques colorées. Il s'agit du Lapin Blanc de Hotot, dont les éleveurs ont décidé de ne conserver, par sélection du Lapin Papillon, que le seul cercle de poils colorés qui entoure chaque œil (fig. 4).

Toutes ces races, issues par sélection du Lapin Papillon ou de son ancêtre et que je connais bien pour en avoir étudié les différents phénotypes, prouvent nettement que leur type de pigmentation, particulièrement sujet à une oscillation considérable dans son expression, ne peut être expliqué que par une hérédité de mode polymérique.

En conséquence des observations génétiques qui précèdent valorisées par l'expérience, et qui sont générales pour tous les animaux panachés ; il est apparent que certains gènes rendus classiques comme le sont d'une part : le gène S, déterminant la coloration uniforme (self), dominant et annulant les effets d'un gène alléomorphe s, déterminant une panachure dite dominée ; et d'autre part : le gène W, déterminant une panachure dite dominante, qui domine son alléomorphe w, semblent bien ne pas exister et ne devoir le jour qu'à une simple vue de l'esprit née de l'interprétation génétique d'une époque déjà historique. L'existence de ces gènes fantômes n'ayant vraisemblablement servi, jusqu'ici, qu'à masquer les effets évidents d'un mode héréditaire de type polymérique.

A ces faits, il conviendrait d'ajouter celui qui nous est donné par la connaissance du mode héréditaire de la pigmentation du pelage du Lapin Hollandais.

Ce Lapin dont le type idéal pour les éleveurs est d'être, dans la partie antérieure de son corps presque totalement blanc (sauf les oreilles et les joues) et, dans sa partie postérieure, presque totalement coloré (sauf l'extrémité des pattes postérieures qui doit être blanche. Ce Lapin n'est pas, lui aussi, d'un type stable. En effet, de tels sujets d'exposition, regardés comme étant de race pure lorsqu'ils sont accouplés entre eux, donnent, dès la F¹, une

répartition et une étendue des marques colorées éminemment variables. On est là en présence d'une véritable oscillation dans l'expression des marques qui se traduit, par une graduation continue entre deux termes extrêmes allant de sujets presque totalement blancs, à d'autres totalement colorés.

L'hérédité de la répartition du pigment chez le Lapin Hollandais a été étudiée par CASTLE (1 c), puis par PUNNETT (6 a). Pour expliquer les résultats de leurs expériences, ces Auteurs ont imaginé l'existence de gènes agissants soit isolément, soit en double dose, ce qui déterminerait les différentes étapes de l'oscillation observée. Ces ingénieuses interprétations se montrent difficilement conformes aux résultats obtenus par les éleveurs spécialisés dans l'élevage de cette race. Là encore, il s'agit, selon toute vraisemblance, d'une hérédité de type polymérique, comme c'est fort probablement le cas pour le Lapin Papillon Anglais.

Ayant moi-même repris, avec le Lapin Hollandais, les expériences de CASTLE et celles de PUNNETT, les résultats que j'ai obtenus se montrent conformes à une hérédité déterminée par des gènes multiples à action cumulative, l'intervention de seuils chimiques, devant être franchis, n'étant pas à exclure. A l'aide de mes documents, dans une prochaine étude, je me propose de discuter cette importante question qui n'a pas encore trouvée, aux dires de PICKARD et CREW (2), ainsi que de tous les éleveurs sérieux, une solution satisfaisante.

Pour me faire bien comprendre, j'ai employé, jusqu'ici, la langue habituelle de la génétique formelle. Mais il est évident qu'un tel langage cache de très complexes réactions d'ordre chimique, dont certaines sont déjà entrevues. Dans le cas qui nous occupe ici, l'essentiel du phénomène correspond vraisemblablement à un état physiologique particulier de la peau Cet état héréditaire étant susceptible de varier, d'emplacement et d'étendue, dans les générations successives des sujets panachés, aurait pour propriété essentielle d'être réfractaire à l'expression des mélanines quelles que soient les noms de couleurs qui nous servent à les désigner.

Chez les animaux panachés, c'est donc, en réalité, l'inhibition possible du pigment, se traduisant par une pilosité blanche, qui peut, dans les générations successives, affecter la couleur de fond normale du pelage de l'animal. En conséquence, comme je l'ai fait remarquer au début de cette étude, le pelage d'un animal panaché, tel que le Lapin papillon, ne doit pas être considéré comme étant

composé de marques colorées sur fond blanc, mais bien de marques blanches sur fond coloré. En effet, chez tous les animaux panachés, tant que le pigment s'exprime, même d'une façon très minime en étendue, c'est toujours la couleur de fond, propre au pelage du sujet examiné, qui s'exprime.

Reste encore à expliquer comment un quart environ de la descendance F¹ de l'expérience de CASTLE, issue de deux Lapins papillons anglais, présente un pelage totalement coloré, sauf quelques légères dérogaions.

On est là, sans doute, en présence d'un fait biologique qui, dans certaines conditions, constitue un obstacle brusque s'opposant au jeu normal de l'inhibition des mélanines. Peut-être s'agit-il du franchissement d'un seuil d'ordre chimique qui peut être transgressé lorsque le degré d'extension des places blanches de l'animal panaché atteint un point critique. Les sujets trop fortement pigmentés devenant incapables, faute peut-être d'un nombre suffisant de gènes multiples à propriété inhibitrice du pigment, d'exprimer la panachure. Le même phénomène, action d'un seuil chimique, pouvant se produire en sens inverse, chez les animaux très envahis par la dépigmentation. Ce qui expliquerait l'apparition fortuite, dans une souche faiblement pigmentée d'animaux panachés, de quelques sujets totalement blancs, mais ayant les yeux pigmentés et qui, de ce fait, ne sont pas des albinos. D'ailleurs, l'éleveur sait produire de tels sujets blancs en pratiquant, chez les animaux panachés, une sévère sélection dans le sens de la dépigmentation. Il ne s'agit là, évidemment, que d'hypothèses qui, si elles ne sont pas encore prouvées expérimentalement, ont du moins le mérite de donner une explication plausible à des faits héréditaires réels et constamment observés.

En faveur d'une telle argumentation, il est possible de remarquer que ce sont toujours les sujets panachés présentant, sous forme de marques, les plus fortes expressions de leur pigmentation fondamentale, tels, par exemple, que certains des Lapins Papillons Anglais utilisés par CASTLE pour ses expériences, qui sont capables de donner dans leur descendance quelques sujets totalement colorés. Et que, d'autre part, les Lapins Papillons les plus dépigmentés, tels que les Chaplin, ne donnent jamais de sujets totalement pigmentés, mais parfois, au contraire, quelques sujets entièrement blancs, dont les yeux sont colorés normalement. Quant aux Lapins Papillons de grande taille, dont j'ai parlé précédemment, moins pigmentés que les Lapins Papillons Anglais, ils

ne donnent que fort rarement, dans leur descendance, des sujets totalement colorés. Le cas du Lapin Blanc de Hotot est, lui aussi, très démonstratif. Ce lapin, très difficile à réaliser dans sa perfection idéale, telle qu'elle est souhaitée par les éleveurs, ne donne, non seulement, jamais de sujets totalement pigmentés dans sa descendance, mais parfois, au contraire, des sujets totalement blancs, avec des yeux pigmentés.

Un des torts de CASTLE, au cours de son expérience, a été de ne pas s'assurer de l'exacte valeur génétique des Lapins Papillons qu'il a utilisés, et de croire qu'il se trouvait en présence d'un type de panachure propre à cette race de Lapins, alors que ce type n'est, en réalité, que le résultat d'une longue et rigide sélection exercée par des éleveurs, à partir de Lapins communs présentant une panachure absolument quelconque. Le Lapin Dalmatien créé tout récemment, sous la forme Rex et dont les marques colorées ne doivent subsister, sur fond blanc envahissant, que sous forme de nombreuses petites taches colorées arrondies, rappelant le type de coloration du pelage d'une race de chien de même nom, montre bien la possibilité que possèdent les éleveurs de modifier, à leur gré, la répartition et l'importance des marques colorées d'un pelage panaché.

En interrogeant quelques éleveurs sérieux et respectueux des travaux scientifiques, CASTLE aurait certainement appris à connaître la grande variabilité du phénotype des Lapins Papillons Anglais, car la singulière disjonction exprimée en F^1 , et qu'il a cru découvrir, ne date certainement pas de l'époque de ses recherches. Bien avant lui, et pour cause, elle était connue des éleveurs de Lapins Papillons Anglais qui ont, encore aujourd'hui, tant de mal de produire dans leurs élevages quelques exemplaires parfaits, correspondant au type idéal. D'autre part, si comme je l'ai fait, CASTLE avait étudié la descendance des différents phénotypes qu'il obtenait en F^1 en choisissant comme reproducteurs les sujets les plus aberrants et non les plus conformes au phénotype moyen qu'il a imaginé, il aurait certainement compris que le seul gène En, dont il suppose l'existence, est à lui seul, ou à l'état hétérozygote, incapable de déterminer toute une série de marques continues entre deux termes extrêmes.

On doit encore faire remarquer que CASTLE, qui a lui-même reconnu de légères variations dans l'expression des phénotypes qu'il obtenait en F^1 de son croisement initial, a été vraisemblablement conduit à user de quelques « *coups de pouce* », lors de

l'estimation de ses différents phénotypes pour les obtenir, finalement, dans la proportion classique voulue : 1 - 2 - 1, propre à l'hérédité mendélienne d'un caractère déterminé par un gène simple.

Conclusions

Le gène En, imaginé par CASTLE, semble bien ne pas exister. En effet, il ne pourrait, à lui seul, déterminer les multiples expressions oscillantes de la panachure, observées dans toute la descendance de deux Lapins papillons anglais. Par contre, il paraît vraisemblable, pour employer la langue de la génétique formelle, qu'un tel type de panachure, qui n'est en réalité que la conséquence d'une sélection purement artificielle, relève du mode héréditaire dit « polymérique », habituellement considéré comme étant celui de la panachure en général.

A une telle hérédité déterminant théoriquement l'expression du pigment ou son inhibition, s'en ajoute ou s'en substitue vraisemblablement une autre. C'est-à-dire un état physiologique particulier de la peau, lui aussi polymériquement héréditaire, et par cela même, capable, dans la descendance d'un animal, de restreindre ou d'étendre localement ses effets. La notion de seuils chimiques, susceptibles d'être franchis, n'étant pas à écarter.

L'exemple de l'hérédité du type de pigmentation de la fourrure des Lapins Papillons, quelles que soient leurs variétés y compris le Lapin Blanc de Hotot, toutes cependant réputées comme étant de races pures, doit nous montrer avec quelle prudence le terme de « *race pure* » doit être accepté par tous les chercheurs scientifiques utilisant comme matériel d'expérience, soit des animaux, soit des plantes.

C'est vraisemblablement par l'étude du mode héréditaire de la pigmentation des Lapins Papillons Anglais et Hollandais qui demande à être poussée plus loin encore qu'elle ne l'est aujourd'hui, que se trouve la clef du délicat problème présenté par l'hérédité de la panachure en général.

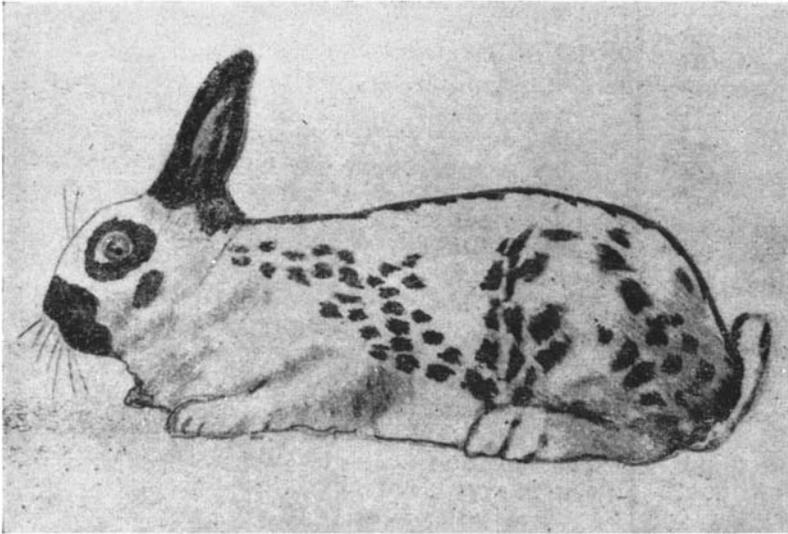


FIG. 1. — Lapin Papillon Anglais typique.
(Dessin de R. LIENHART).

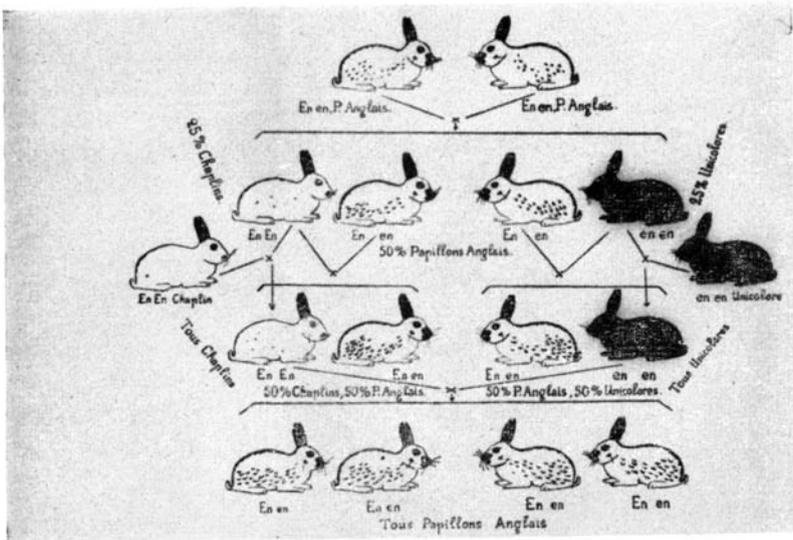


FIG. 2. — Types différents de Lapins Papillons Anglais.
Expérience de Castle.
(Tableau dessiné et composé par R. LIENHART).

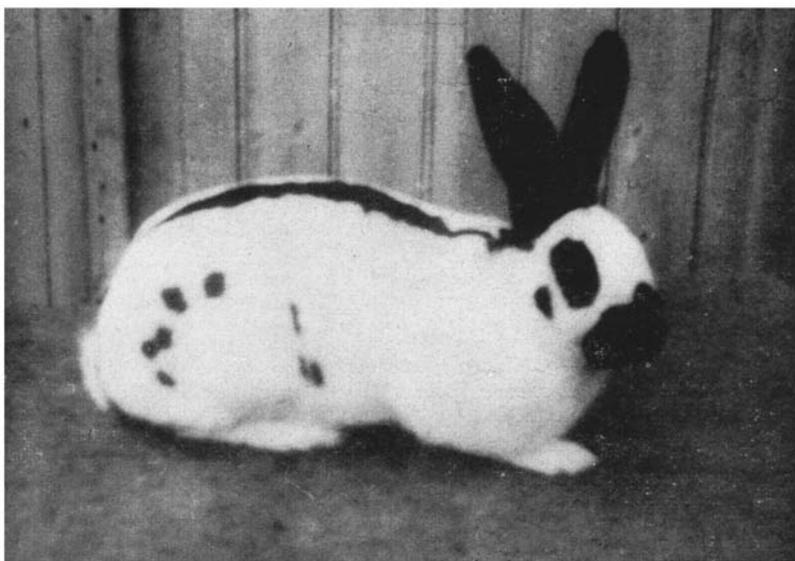


FIG. 3. — Lapin Géant Papillon Français.
[*Elevage de M. AMOUR, de Romagny par Mortain (Manche)*].

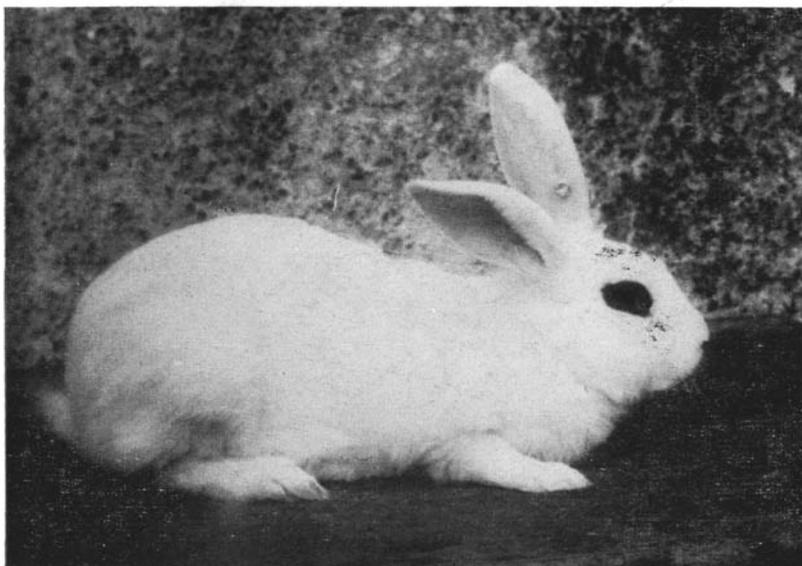


FIG. 4. — Lapin Blanc de Hotot.
(*Elevage du Dr KISSNER, de Darmstadt*).

BIBLIOGRAPHIE

- (1) a) CASTLE (W.E.) et HADLEY (P.B.). — The English rabbit and the question of Mendelian unit characters constancy.
Proc. Nat. Ac. Sci., V. 1, 1915.
 - b) CASTLE (W.E.). — Some varieties of White rabbits.
Jour. of heredity, V. 15, 1924.
 - c) CASTLE (W.E.). — Heredity in rabbits and Guinea-pigs.
Bibliographia genetica, V. 1, 1925.
 - (2) PICKARD (J.) et CREW (F.). — The scientific aspects of rabbits breeding.
Watmoughs limited, Idle, Bradford, and London, 1931.
 - (3) LIENHART (R.). — L'étrange descendance des lapins dits Papillons.
« *L'Acclimatation* », *journal des Eleveurs*, t. 66, Deyrolle, éd., Paris, 1939.
 - (4) LIENHART (R.). — Pour reconnaître le sexe des Pigeons.
Bull. Soc. Sc. de Nancy, nouvelle série, t. XIX, n° 4, 1960.
 - (5) CASTLE (W.E.). — On the pattern of the Dutch rabbit.
Jour. Gen., V. 16, 1925.
 - (6) a) PUNNETT (R.C.). — The genetics of the Dutch rabbit.
Jour. Gen., V. 9, 1920.
 - b) PUNNETT (R.C.) et PEASE (M.S.). — On the pattern of Dutch rabbit.
Jour. Gen., V. 12, 1925.
-

**APERÇUS RECENTS SUR LA RECHERCHE ALGOLOGIQUE
EN LORRAINE (*)**

par

Jean-François PIERRE

Un certain nombre de travaux sont venus augmenter, ces dernières années, nos connaissances sur la flore algale lorraine : ce sont cinq Diplômes d'Etudes Supérieures, préparés au Laboratoire de Botanique de la Faculté des Sciences de Nancy, sous la direction de M. le Professeur WERNER, entre 1959 et 1962. Il nous a paru utile de publier ces travaux sous une forme résumée, afin de mettre à la disposition des chercheurs les résultats rassemblés au cours de ces études.

Titres des travaux et listes des stations

Nous avons fait précéder chaque station d'un groupe de lettres et d'un chiffre, qui seront utilisés pour désigner, de façon conventionnelle, les différentes stations des auteurs. L'indication St., suivie d'un chiffre, correspond à la numérotation originale de chaque auteur.

Année 1959 - 1960

PIERRE Jean-François : Recherches hydrobiologiques sur la Meurthe en amont de Nancy (**).

BOSSELER Georges : Contribution à l'Etude Algologique de la Meurthe en aval de Nancy.

(*) Note présentée à la séance du 13 juin 1963.

(**) Ces travaux ont été publiés antérieurement : *Bull. Soc. Lor. Sci.*, 1962, n° 3, pp. 52 - 61.

Cinq stations de récoltes, de la sortie de Nancy vers l'aval :

- ME1 - St. 1 : Vingt mètres en amont du pont de Bouxières-aux-Dames, rive droite, en eau calme.
- ME2 - St. 2 : Sous les arches du pont, en eau courante.
- ME3 - St. 3 : Lieudit « Pré aux Vaches », rive droite.
- ME4 - St. 4 : Lieudit « La Raquette », rive droite.
- ME5 - St. 5 : Lieudit « La Gueule d'Enfer », rive droite, avant le confluent avec la Moselle.

Dates des récoltes :

- A : Automne (21 octobre 1959).
- H : Hiver (19 janvier 1960).
- P : Printemps (28 mars 1960).

Année 1960 - 1961

HERFELD Fernand : Recherches hydrobiologiques sur la Moselle entre Liverdun et Custines.

Quatre stations, d'amont en aval :

- MO1 - St. 1 : Amont de Liverdun, rive gauche.
- MO2 - St. 2 : Aval de Liverdun, rive gauche.
- MO3 - St. 3 : Entrée amont de Pompey, avant le confluent de la Meurthe avec la Moselle.
- MO4 - St. 4 : Aval de Custines, après le confluent Meurthe-Moselle.

Date des récoltes :

- A : 28 octobre 1960.
- H : 17 janvier 1961.
- P : 13 mars 1961.

Année 1961 - 1962

M^{lle} DAGOT Michelle : Etude de la Flore Algale de la Seille, de l'étang de Lindre à Moyenvic.

Quatre stations, d'amont en aval :

- SE1 - St. 1 : Au pied de la digue de l'étang de Lindre, dans l'étang (uniquement en automne, l'étang se trouvant en culture pendant l'été).
- SE2 - St. 2 : Deux kilomètres environ en aval de Lindre-Basse, rive droite.
- SE3 - St. 3 : Au pied du pont traversant la Seille en amont de Blanche-Eglise.
- SE4 - St. 4 : Au pied du pont, en amont de Moyenvic.

Dates des récoltes :

E : Eté (28 juin 1961).

A : Automne (2 novembre 1961).

M^{lle} PATOU Claudie : Etude de la Flore Algale de quelques Marais salés de Lorraine.

Cinq stations, de Vic-sur-Seille à Dieuze :

MS1 - St. 5 : Marais, en face de Saint-Médard.

MS2 - St. 4 : Canal d'écoulement des Marais de Marsal, en direction d'Haraucourt-sur-Seille.

MS3 - St. 3 : Marais, à l'ouest de Marsal.

MS4 - St. 2 : Vieille Seille, à Moyenvic.

MS5 - St. 1 : Marais de la Grange-Fouquet.

Les marais étant asséchés, seules les stations MS2 et MS4 ont été visitées le 28 juin 1961, en été. Des récoltes sont faites à toutes les stations en automne, le 2 novembre 1961.

Résultats physico-chimiques

Des tableaux donnés par les différents auteurs, nous extrayons les résultats suivants :

LA MEURTHE :	17-12-59		28-3-60	
	ME1	ME5	ME1	ME5
Température de l'eau (°C)	6	6	14	13
pH	7,4	7,4	7,6	7,2
Chlorures	3744	3346	1287	1842,7
(Cl Na en mg/l)				
Dureté	260	235	85	109
(degrés français)				
Matières organiques	6,3	3	4	1,7
(en mg/l)				

LA MOSELLE :	21-10-60			17-1-61			13-3-61			
	MO3	MO4	MO1	MO2	MO3	MO4	MO1	MO2	MO3	MO4
T °C	10	10	2	2	2	2	9,5	9,5	10,5	10,5
pH	7,5	7,4	7,8	7,6	7,5	7,7	7,3	7,3	7,4	7,2
Chlorures .	8,5	441,5	13,1	13,1	14,6	465	13,1	13,1	14,6	535,2
Dureté ..	9,8	30,4	14,6	15,2	14,9	27,6	15,8	16	15,6	33,4
Mat. org. .	2,1	1,7	0,6	1,1	1,2	2	1,2	0,6	0,6	1,3

LA SEILLE :	28-6-61			2-11-61			
	SE2	SE3	SE4	SE1	SE2	SE3	SE4
T °C	25	22	21,5	9	9	10	8
pH	7,5	7,5	7	7,8	7,8	7,6	7,8
Chlorures .	304	2667,6	2515	117	468	2398,5	1228,5
Dureté ..	97	112	110	46,4	56,8	95,1	93,1
Mat. org. :	—	—	—	5		4,4	7,2

	28-6-61			2-11-61			
	MS2	MS4	MS1	MS2	MS3	MS4	MS5
T °C	22	21	10	8	8	8	9
pH	7,4	7,2	7,6	7,8	8,4	7,4	7,4
Chlorures	38618	23400	11992,5	8716,5	9945	22113	35626
Dureté	134	212	83,3	157,8	103,9	228,3	390
Mat. org.			6,2	0,1	0,3		

Les remarques qui s'imposent à la lecture de ces résultats concernent essentiellement la minéralisation et la pollution des eaux.

La Meurthe se classe parmi les eaux oligohalines ou méiohalines, en partie suivant le débit de la rivière, le sel trouvant son origine dans des apports naturels ou des déversements industriels.

Les eaux de la Moselle, d'abord douces, passent dans la catégorie des eaux oligohalines après le confluent avec la Meurthe.

La Seille, alimentée par les eaux douces de l'étang de Lindre, se charge en sel le long de son cours et ses eaux deviennent saumâtres, oligohalines puis méiohalines.

Les formations marécageuses de la vallée de la Seille ont des eaux fortement saumâtres, pléio ou polyhalines et nous trouvons même aux stations MS2 et MS5 des eaux salées continentales.

La Seille voit croître sa teneur en sel en parcourant d'est en ouest les Marnes irisées du Keuper, riches en formations salifères, et les eaux closes, installées sur ces terrains, alimentées par le ruissellement, voient leur concentration en chlorures augmenter par évaporation : 8.716 mg/l en automne dans le canal d'écoulement des marais de Marsal (MS2) et 38.618 mg/l en été.

Le degré hydrotimétrique présente des variations sensiblement calquées sur celles affectant les chlorures.

C'est dans la Meurthe et la Seille que la pollution organique est la plus forte. Dans ces stations, les eaux dégagent une odeur désagréable, due à la libération d'hydrogène sulfureux provenant de la dégradation des matières protidiques. Par réaction sur les sels de fer présents en petite quantité dans l'eau, il se forme du sulfure de fer qui donne à l'eau une couleur noirâtre ; ceci est particulièrement visible dans la Meurthe (ME1 - ME3). L'oxygène de l'eau est utilisé pour une oxydation partielle des matières en suspension et sa teneur atteint des valeurs très faibles, d'où disparition de nombreuses espèces animales et végétales. Seules des espèces saprobes résistent. Si la pollution est trop importante, tout l'oxygène sera consommé et le cours d'eau ne permettra plus qu'une vie anaérobie,

avec disparition du pouvoir d'épuration biologique. Les matières organiques sont peu dangereuses à faible concentration, car elles peuvent être très rapidement oxydées. Mais dans nos régions, à forte densité humaine et industrielle, il y a accumulation des déchets et si la dilution n'est pas suffisante, en période d'étiage par exemple, il peut y avoir une destruction quasi totale de toute vie.

Nous verrons ci-après que la minéralisation et la pollution organique des eaux se répercutent sur la composition locale de la flore algale, amenant la dominance ou l'apparition d'espèces adaptées à ces conditions nouvelles.

Liste systématique non limitative des espèces recueillies

Dans la liste suivante, après l'indication de la station, un groupe de lettres et de chiffres indique la date de la récolte (E : Eté — A : Automne — H : Hiver — P : Printemps. Se reporter au § « Listes des Stations » pour la date exacte) et la fréquence d'apparition de l'espèce, avec la convention suivante :

1 :	Espèce observée de	1 à 5 fois	par préparation
2 :	»	5 à 10	»
3 :	»	10 à 15	»
4 :	»	15 à 20	»
5 :	»	plus de 20	»

Les comptages, effectués dans les mêmes conditions, permettent de comparer entre eux les résultats obtenus par les auteurs ayant travaillé au Laboratoire de Botanique de Nancy, mais ils ne possèdent qu'une valeur relative.

Pour permettre un repérage facile des espèces, nous avons adopté pour les listes l'ordre alphabétique. Les déterminations correspondent à celles données par HUSTEDT [6, 7] (*).

Centrales

Genre *ACTINOCYCLUS*

A. Ehrenbergii Ralfs var. *tenella* (Breb) Hust.

MO5 H2.

Espèce marine, observée une seule fois dans la Moselle après le confluent avec la Meurthe.

(*) Les chiffres entre crochets correspondent à la bibliographie en fin de travail.

Genre *ACTINOPTYCHUS*

A. undulatus (Bail.) Ralfs

ME1 A1H1 . ME3 A1H1 . ME4 A1H1 . ME5 A1H1.
MO4 H2P2.
SE4 A1.

Signalée par HUSTEDT [7] dans les embouchures des fleuves, l'espèce se rencontre dans les eaux saumâtres de la Meurthe, de la Moselle et de la Seille, mais toujours de façon isolée. Elle n'a pas été relevée dans les eaux stagnantes des marais de la vallée de la Seille, malgré la concentration en sel.

Genre *COSCINODISCUS*

C. excentricus Ehr.

ME1 A5H4P4 . ME2 A5H4P1 . ME3 A5H4P1 . ME4 A5H4P4 . ME5
A5H4P4.
MO3 H1 . MO4 A3H1P4.
MS5 A1.

Espèce marine, se trouvant aussi dans les embouchures des fleuves. On la trouve abondante dans la Meurthe [PIERRE, 15 ; BOSSELER, 1], dans la Moselle où HERFELD [5] la voit remonter jusqu'à Pompey. WERNER [18] la trouve en eau douce continentale. C'est une espèce typiquement euryhaline qui tend, nous semble-t-il, à remonter les cours d'eau vers leur source.

C. lacustris Grun.

ME1 A4H5P1 . ME2 H4P2 . ME3 A4H4P4 . ME4 A4H4P2 . ME 5
A4H4P4.
MO1 H1P1 . MO2 H1P2 . MO3 A1H1P1 . MO4 A1H3P1.
Abondante dans les embouchures, HUSTEDT [7] la signale aussi en eau presque pure. Euryhaline.

Genre *CYCLOTELLA*

C. comta (Ehr.) Kütz.

ME1 A5H5P3 . ME2 A3H3P4 . ME3 A3H3P4 . ME4 A3H3P3 . ME5
A3H3P3.
MO1 H2P1 . MO2 H1P1 . MO3 A1H1P1 . MO4 A2H3P3.
MS2 A1.
Espèce polysaprobe.

C. glomerata Bachmann.

SE2 E1.

C. Kützingiana Thwaites.

ME1 A4H4P4 . ME2 A4H4P2 . ME3 A4H4P2 . ME4 A4H4P2 .
ME5 A4H4P2.
MO4 A1.
Espèce polysaprobe.

C. Meneghiniana Kütz.

ME1 A5H5P3 . ME2 A3H3P1 . ME3 A3H3P4 . ME4 A3H3P3 . ME5
A3H3P3.
MO1 H5P1 . MO2 H5P2 . MO3 A4H2P2 . MO4 A5H1P1.
SE1 A1 . SE2 E2A1 . SE3 E5A5 . SE4 E5A5.
MS1 A1 . MS2 E5A1 . MS3 A1 . MS4 E1A1.

Une des espèces les plus communes dans les eaux de toutes sortes. KOLKWITZ et MARSSON [9] rangent *C. Meneghiniana* parmi les espèces oligosaprobies, caractère qu'HERFELD [5] ne peut admettre. Pour M¹¹⁰⁸ DAGOT [2] et PATOU [14] ce serait une forme mésosaprobe.

Elle ne semble pas être sensible à la concentration en sel, on la trouve dominante aussi bien en MO1 H (13 mg/l. de chlorures) qu'en MS2 E (36618 mg/l.).

- C. planctonica* Brunnthaler.
ME1 A3H3P3 . ME2 A3H3P1 . ME3 A3H3P3 . ME4 A3H3P3 .
ME5 A3H3P1.
SE3 A1 . SE4 E1.
Forme d'eau douce et saumâtre. Son développement serait favorisé par la présence de matières organiques (BOSSSELER [1]).
- C. stelligera* Cl. et Grun.
MO1 P1 . MO2 A1 . MO3 H1 . MO4 A1.
Toujours rare, elle est localisée dans la Moselle.
- C. Widerkebbrii* Werner.
ME1 A4H4P4 . ME2 A4H4P2 . ME3 A4H4P3 . ME4 A4H4P4 .
ME5 A4H4P4.
MO1 H1P1 . MO2 P1 . MO3 A1H1 . MO4 A2H1P1.
Espèce polysaprobe.
Le genre est bien représenté dans les différentes stations. Ce sont des Diatomées pélagiques facultatives : des grattages de galets nous en fournissent souvent des récoltes abondantes. La présence en grande quantité des différentes espèces indique une pollution organique.

Genre MELOSIRA

Les espèces du genre Melosira se rencontrent dans des milieux assez différents : *M. granulata* et *M. varians* sont communes partout, *M. ambigua* et *M. distans* se trouvent dans la Meurthe et la Moselle et *M. islandica* et *M. Juergensis* sont localisées dans la Meurthe. *M. nummuloides* caractérise des eaux saumâtres.

- M. ambigua* (Grun.) O. Müll.
ME1 A1H1P1 . ME3 A1H1P1 . ME4 A1H3P3 . ME5 A1H3P1.
MO1 H5P4 . MO2 H5P2 . MO3 A5H5P4 . MO4 A5H5P3.
- M. distans* (Ehr.) Kütz.
ME1 A1H1P1 . ME2 P1 . ME3 A1H1P1 . ME4 H1P1 . ME5 H1P1.
MO1 H2P1 . MO2 H2P3 . MO3 A1H1P1 . MO4 H1P1.
- M. granulata* (Ehr.) Ralfs.
ME1 A4H3P1 . ME2 A1H1 . ME3 A3H1P1 . ME4 A3H3P2 . ME5 A3H3P3.
MO1 H2P1 . MO2 H1P2 . MO3 A2H4P3 . MO4 A1H1P1.
SE3 E5A1 . SE4 E4A1.
- M. granulata* (Ehr.) Ralfs var. *angustissima* O. Müll.
ME1 A3H3P3 . ME2 P1 . ME3 A3H2P3 . ME4 H3P1 . ME5 H3P1.
MO1 H1 . MO2 H1 . MO3 A1H1P1 . MO4 A1H1P1.
SE4 E3A1.
- M. islandica* O. Müll.
ME3 H1 . ME4 H1 . ME5 H1.
- M. italica* (Ehr.) Kütz. var. *tenuissima* (Grun.) O. Müll.
MO3 A2 . MO4 A2.
- M. Juergensis* C. A. Ag.
ME3 P1.
- M. nummuloides* Dillw.
SE2 E5 . SE3 E1 . SE4 E4A1.
MS2 E1 . MS3 A1 . MS4 E5A5 . MS5 A1.
- M. varians* C. A. Ag.
ME1 A4H4P4 . ME2 A3H4P2 . ME3 A3H4P4 . ME4 A3H4P4 . ME5 A3H4P4.
MO1 H5P5 . MO2 H5P3 . MO3 A5H5P5 . MO4 A5H5P5.
SE3 A5 . SE4 A5.
MS1 A1 . MS2 A1 . MS3 A1 . MS5 A1.

Genre RHIZOSOLENIA

R. longiseta Zach.

ME1 A1 . ME3 A1 . ME4 A1 . ME5 A1.
En eau douce . Saprobe.

Genre STEPHANODISCUS

S. astraea (Ehr.) Grun.

ME1 A1H1P1 . ME2 A1 . ME3 A1P1 . ME4 A1P1 . ME5 A1P1.
SE3 A1 . SE4 E1A1.

Cette espèce, saprobe et supportant bien les eaux saumâtres, se rencontre constamment dans la Meurthe, sa var. *minutula* dans la Moselle et la vallée de la Seille.

S. astraea (Ehr.) Grun. var. *minutula* (Kütz.) Grun.

MO1 H1 . MO3 H1 . MO4 A1P1.
SE2 E1 . SE3 A1 . SE4 E1.
MS1 A1 . MS2 E1A1 . MS3 A1.

S. hantzschii Grun.

MO2 P1 . MO3 P1 . MO4 H1P1.

Pennales

Genre ACHNANTHES

Le genre est surtout bien représenté par les espèces *A. brevipes* et *A. lanceolata* et leurs variétés.

A. brevipes Agardh.

ME5 A2.
SE1 A4 . SE2 A1 . SE3 A2 . SE4 E1.
MS1 A3 . MS2 E5A5 . MS3 A1 . MS4 A1 . MS5 A1.

A. brevipes Agardh var. *intermedia* (Kütz.) Cleve.

ME1 A2 . ME3 H2.
SE1 A4 . SE3 A2 . SE4 E1A1.
MS1 A3 . MS2 E5A5 . MS3 A1 . MS4 A1.

L'espèce et la variété abondent en eau saumâtre et salée.

A. Clevei Grun.

MO3 A1H1.

A. coarctata Breb.

MO4 H1.

A. delicatula Kütz.

MS1 A1 . MS2 E1A1 . MS5 A1.

A. lanceolata Breb.

ME1 A3H3P2 . ME3 A3H3P3 . ME4 A1H1P3 . ME5 A3H3P2.
MO1 H3P1 . MO2 H2P2 . MO3 A4H4P1 . MO4 A2H1P1.
SE2 E2 . SE3 E5A2 . SE4 E5A3.
MS1 A1 . MS2 E1A2 . MS4 E1A1 . MS5 A2.

Espèce très commune dans la région, dans les eaux de toutes sortes.

A. lanceolata Breb. var. *elliptica* Cleve.

MO2 H1P1 . MO3 A1H1P1 . MO4 P1.

Espèce nordique-alpine qui se rencontre également en plaine.

A. lanceolata Breb. var. *rostrata* Hust.

ME1 H1 . ME4 H1.
MO1 H1 . MO2 H1 . MO3 A2H1P1 . MO4 H1P1.

A. subsessilis (Kütz.) Cleve.

MS1 A1 . MS2 A1 . MS3 A1 . MS4 A1.

Genre AMPHIPRORA

A. alata Kütz.

SE3 E5A5 . SE4 E5A5.

MS2 A1.

Espèce d'eaux salées continentales.

Genre AMPHORA

Dans ce genre, on relève *A. ovalis* qui est l'espèce la plus commune. Les autres formes recensées préfèrent les eaux saumâtres, sauf *A. ovalis* et var. *pediculus* et *A. veneta* qui acceptent les eaux douces de la Moselle.

A. coffeaeformis Agardh.

MS2 E1A1 . MS4 E1A1.

A. commutata Grun.

SE1 A1 . SE2 A4 . SE3 E3A1 . SE4 E1.

MS1 A1 . MS2 E4A5 . MS3 A1 . MS4 A1 . MS5 A1.

A. lineolata Ehr.

MS4 E1.

A. ovalis Kütz.

ME1 A3H3P1 . ME3 A3H3P1 . ME4 A1H1P1 . ME5 A3H1P1.

MO1 H1P1 . MO2 H2P1 . MO3 A3H1P1 . MO4 A1H1P1.

SE2 E2 . SE3 E5A1 . SE4 E2A1.

MS1 A1 . MS2 E1 . MS3 A1.

A. ovalis Kütz. var. *pediculus* Kütz.

ME1 H2P3 . ME3 H1 . ME4 H1 . ME5 H1.

MO1 H1P1 . MO2 H3P1 . MO3 A4H2P2 . MO4 A4H1P1.

SE2 E1 . SE3 A1 . SE4 E2A1.

A. salina W. Smith.

SE1 A1 . SE2 A5 . SE3 E3A2 . SE4 E2A5.

MS1 A5 . MS2 E5A5 . MS3 A5 . MS4 E5A5 . MS5 A5.

A. veneta Kütz.

ME1 H2 . ME2 H2 . ME5 H2.

MO1 H4P1 . MO2 H1P1 . MO3 A4H1P1 . MO4 A4H2P1.

Genre ANOMOEONEIS

A. sphaerophora (Kütz.) Pfitzner.

MO3 H1 . MO4 H1.

SE2 E1 . SE3 E2A1 . SE4 E1A1.

MS2 E5A4 . MS3 A3.

A. sphaerophora (Kütz.) Pfitzner var. *polygramma* (Ehr.) O. Müll.

SE3 A1 . SE4 E1.

MS2 E3A4.

D'après HUSTEDT [7], l'espèce se rencontre en eau douce et faiblement salée. Il semble qu'elle présente un optimum de croissance en eau saumâtre, comme l'indique sa fréquence dans la vallée de la Seille.

Genre ASTERIONELLA

A. formosa Hassall.

ME1 H2 . ME4 H2 . ME5 H1.

MO1 H1P1 . MO2 P1 . MO3 A1H1 . MO4 H1P1.

A. gracillima (Hantzsch) Heiberg.

MO1 H1 . MO2 H1.

Ces deux formes planctoniques ne se rencontrent que dans les grands cours d'eau.

Genre *BACILLARIA*

B. paradoxa Gmelin.

ME1 A3H3P1 . ME2 H3 . ME3 A3H3P1 . ME4 A3H4P2 . ME5 A3H3P1.

MO1 H1P1 . MO3 A1H1 . MO4 A1H1P1.

SE1 A1 . SE2 E1 . SE3 E5A5 . SE4 E5A3.

MS1 A1 . MS2 E5A1 . MS3 A1 . MS4 A1 . MS5 A1.

Espèce halophile, euryhaline.

B. paradoxa Gmelin var. *tumidula* Grun.

MO2 P1 . MO3 A1H1P1.

Genre *CALONEIS*

C. amphisbaena (Bory) Cleve.

ME1 P4 . ME2 P1 . ME3 P1 . ME4 P1 . ME5 H1P1.

MO1 H1 . MO2 H1P1 . MO3 H1P1 . MO4 A1H1P1.

SE2 E3 . SE3 E5A5 . SE4 E5A5.

MS1 A1 . MS2 E2A2 . MS3 A1 . MS4 E1A1 . MS5 A1.

Cette forme d'eau douce ou faiblement salée se rencontre abondamment dans la vallée de la Seille et serait donc euryhaline.

C. amphisbaena (Bory) Cleve var. *aequata* Kolbe.

MS2 A1.

C. bacillum (Grun) Mereschkowsky.

ME1 P1 . ME4 A1P1.

MO1 P1 . MO2 H1 . MO3 A1H1P1.

C. formosa (Greg.) Cleve.

SE4 E1.

C. permagna (Bailey) Cleve.

SE3 A1 . SE4 E1.

C. silicula (Ehr.) Cleve.

ME3 P1.

MO1 H1P1 . MO2 H1P1 . MO3 A1H1P1 . MO4 H1.

SE2 E1 . SE3 A1 . SE4 E2.

C. silicula (Ehr.) Cleve var. *truncatula* Grun.

MO3 P1.

MS2 E1.

Genre *CERATONEIS*

C. arcus Kütz.

ME1 A1H1P1 . ME2 P1 . ME3 H1P1 . ME4 A1H1 . ME5 A1H1.

MO1 H3P2 . MO2 H2P3 . MO3 A2H3P3 . MO4 A2H2P1.

C. arcus Kütz. var. *amphioxys* Rabh.

ME1 A1H1 . ME3 H1P3 . ME4 H1P1 . ME5 H1P1.

MO1 H1P1 . MO2 H1P1 . MO3 A1H1P1 . MO4 A1H1P1.

Espèce et variété sont des formes d'eau pure et courante, qui peuvent être entraînées vers l'aval, ce qui expliquerait leur présence à certaines stations (ME1 à ME5 - MO4).

Genre *COCCONEIS*

C. diminuta Pant.

ME1 P1 . ME3 H1P1.

C. pediculus Ehr.

ME1 H1P1 . ME4 H1 . ME5 H1.

MO1 H2P1 . MO2 H2P1 . MO3 H1P1 . MO4 A3H1P2.

SE2 A1 . SE3 A2 . SE4 E1A1.

- C. placentula* Ehr.
ME1 A3H1 . ME3 A3 . ME4 A3H1P1 . ME5 A1P1.
MO1 H3P1 . MO2 H1P1 . MO3 A3H2P1 . MO4 A2H1P1.
SE2 E1 . SE3 E3A5 . SE4 E3A4.
- C. placentula* Ehr. var. *euglypta* (Ehr.) Cleve.
ME1 A4H5P3 . ME2 A1 . ME3 A3H3P3 . ME4 A3H3P3 . ME5
A3H3P3.
MO1 H5P2 . MO2 H5P2 . MO3 A4H5P3 . MO4 A5H5P4.
SE2 E1 . SE3 E2A3 . SE4 E3A2.
MS1 A1 . MS2 E2A1 . MS3 A1 . MS4 E1A1 . MS5 A2.
- C. placentula* Ehr. var. *lineata* (Ehr.) Cleve.
MO1 P2 . MO2 P2 . MO3 A2H1P1 . MO4 A1H1P1.
C. placentula est une espèce commune en eau douce et légèrement saumâtre. Elle ne semble pas supporter la concentration élevée des marais de la Seille. La variété *euglypta* est euryhaline.

Genre CYMATOPLEURA

- C. elliptica* (Breb.) W. Smith.
SE2 E2 . SE3 E2A1 . SE4 E1.
MS5 A1.
- C. elliptica* (Breb.) W. Smith var. *nobilis* Hantzsch.
MO3 A1.
SE3 E2.
- C. solea* (Breb.) W. Smith.
ME1 A3H3P3 . ME3 A3H1P3 . ME4 A3H1P1 . ME5 A3H2P3.
MO1 H2P2 . MO2 H1P1 . MO3 A3H1P2 . MO4 A2H1P1.
SE2 E2 . SE3 E5A2 . SE4 E1A2.
MS2 E1A1 . MS5 A1.
- C. solea* (Breb.) W. Smith var. *apiculata* (W. Smith) Ralfs.
MO1 H1P1 . MO2 H1P1 . MO3 A1H1P1 . MO4 P1.
SE3 E2 . SE4 E1.

Genre CYMBELLA

Le genre est bien représenté dans les stations et surtout dans la Moselle. *C. ventricosa* est une de nos Diatomées les plus communes, mais un excès de chlorure lui est défavorable.

- C. affinis* Kütz.
ME3 P1 . ME4 A1 . ME5 A1.
- C. aspera* (Ehr.) Cleve.
MO1 H1P1 . MO2 H1P1 . MO3 A1H1P1 . MO4 H1.
- C. cistula* (Hemprich) Grun.
MO1 P1 . MO2 H1P2 . MO3 A3H1P2 . MO4 H1P1.
SE4 E1A1.
MS2 E1.
- C. Ebrebergii* Kütz.
MO2 P1.
SE3 A1 . SE4 E1A1.
- C. lanceolata* (Ehr.) v. H.
ME4 P1 . ME5 P1.
- C. naviculiformis* Auerswald.
MO2 P1 . MO3 A1P1.

- C. prostrata* (Berkeley) Cleve.
ME1 A1 . ME3 A1H1P1 . ME4 A1 . ME5 A1H1P1.
MO1 H1P1 . MO2 H1P1 . MO3 A2H1P1 . MO4 A1H1P1.
SE2 E1 . SE3 E1A1 . SE4 E1.
- C. sinuata* Gregory.
ME1 A3H3P2 . ME3 A3H3P1 . ME4 A3H2P3 . ME5 A3H1P1.
MO1 H5P2 . MO2 H5P3 . MO3 A2H4P3 . MO4 A2H3P1.
- C. tumida* (Breb.) v. H.
ME1 H3P1 . ME2 H3 . ME3 H3P1 . ME4 H3P1 . ME5 H3P2.
MO2 H1P1 . MO3 P1 . MO4 P1.
SE3 A1 . SE4 E1A1.
- C. ventricosa* Kütz.
ME1 A3H3P3 . ME2 A1 . ME3 A1H3P1 . ME4 A2H3P3 . ME5
A2H3P3.
MO1 H5P5 . MO2 H5P5 . MO3 A5H5P5 . MO4 A5H2P4.
SE3 E2A2 . SE4 E2A1.
MS2 E1.
- Genre *DIATOMA*
- D. anceps* (Ehr.) Grun.
ME1 P1 . ME4 P1.
MO1 P1 . MO3 H1 . MO4 H2.
- D. elongatum* Agardh.
MO1 P2 . MO2 P2 . MO3 A1H1P2 . MO4 A1H1P5.
SE3 E1A1.
MS2 E1A1.
- D. elongatum* Agardh var. *minor* Grun.
MS2 A3.
- D. hiemale* (Lyngbye) Heiberg var. *mesodon* (Ehr.) Grun.
ME1 P1 . ME4 P1.
MO1 H2P1 . MO2 H1P1 . MO3 A1H1P1 . MO4 H1P1.
- D. vulgare* Bory.
ME1 A1P4 . ME3 A4 . ME4 P1 . ME5 A1P4.
SE3 E1A1 . SE4 E4A1.
MS2 E4A1.
- D. vulgare* Bory var. *brevis* Grun.
ME1 H1 . ME3 H1 . ME4 H1 . ME5 H1.
MO1 H1P2 . MO2 H1P1 . MO3 A3H1P2 . MO4 A2H1P3.
- D. vulgare* Bory var. *capitulata* Grun.
MS2 E1.
- D. vulgare* Bory var. *grandis* (W. Smith) Grun.
MO1 P1.
SE3 A1 . SE4 E1.
MS2 E1A1.
- D. vulgare* Bory var. *ovalis* (Fricke) Hust.
MO1 H2 . MO3 H1P1 . MO4 H1.
- D. vulgare* Bory var. *producta* Grun.
ME1 H1P1 . ME3 H1P1 . ME4 H1P1 . ME5 H4P4.
MO1 H2P4 . MO2 H2P3 . MO3 A2H2P3 . MO4 A1H1P2.
SE3 A1.

Genre *DIPLONEIS*

D. interrupta (Kütz.) Cleve.

SE3 A1 . SE4 E2A1.

MS1 A1 . MS2 A1 . MS5 A1.

Forme d'eau saumâtre et salée, rencontrée en automne seulement.

D. ovalis (Hilse) Cleve.

ME4 A1.

MO1 P1 . MO2 P1 . MO4 P1.

SE3 A1 . SE4 E1A1.

MS2 E1A1.

D. ovalis (Hilse) Cleve var. *oblongella* (Naegeli) Cleve.

ME1 H1.

D. pseudovalis Hust.

MS1 A1 . MS2 E1A1 . MS3 A1.

D. puella (Schumann) Cleve.

MO1 P1 . MO3 P1 . MO4 P1.

Genre *EPITHEMIA*

Genre peu représenté. Aucune espèce ne semble trouver des conditions favorables dans les différentes stations, malgré leurs variétés.

E. sorex Kütz.

MO1 H1P1 . MO3 P1.

SE2 E1 . SE3 E1 . SE4 E1.

E. turgida (Ehr.) Kütz.

ME4 A1.

SE2 E1 . SE4 E1.

MS2 A1 . MS5 A1.

E. zebra (Ehr.) Kütz.

ME4 A1.

SE2 E1 . SE3 A1 . SE4 A1.

E. zebra (Ehr.) Kütz. var. *porcellus* (Kütz.) Grun.

SE2 E1 . SE3 E3A1 . SE4 E1A1.

MS2 A1.

E. zebra (Ehr.) Kütz. var. *saxonica* (Kütz.) Grun.

MO3 H1.

SE3 A1.

Genre *EUNOTIA*

Ce genre n'est signalé que dans la Moselle, par HERFELD [5], et dans la Meurthe, en amont de Nancy où nous l'avons récolté dans des eaux de type oligotrophe [15]. Les *Eunotia* sont des organismes principalement d'eaux acides contenant des matières organiques d'origine végétale, aussi GERMAIN [3] écrivait : « Les *Eunotia* font complètement défaut en eau vive et pure ». Certains de nos résultats, non encore publiés, nous permettent d'infirmer cette dernière proposition.

Les espèces qui se maintiennent dans la Moselle et la Meurthe, en eau oligotrophe, sont à la limite de leur possibilité d'adaptation, car elles y sont toujours rares. Elles sont très sensibles aux chlorures et à la pollution organique d'origine animale et, en leurs présences, elles disparaissent rapidement.

E. arcus Ehr.

MO3 A1.

- E. lunaris* (Ehr.) Grun.
MO4 P1.
- E. lunaris* (Ehr.) Grun. var. *capitata* Grun.
MO3 P1.
- E. lunaris* (Ehr.) Grun. var. *subarcuata* (Haeg.) Grun.
MO2 P1 . MO3 H1P1 . MO4 H1.
- E. monodon* Ehr. var. *maior* (W. Smith) Hust. fo. *bidens* (W. Smith).
MO2 H1 . MO3 P1.
- E. pectinalis* (Kütz.) Rabh. var. *minor* (Kütz.) Rabh.
MO1 H1P1 . MO2 P1 . MO3 A1H1P1 . MO4 H1P1.
- E. pectinalis* (Kütz.) Rabh. var. *minor* (Kütz.) Rabh. fo. *impresa* Ehr.
MO1 H1.
- E. pectinalis* (Kütz.) Rabh. var. *ventralis* (Ehr.) Hust.
MO1 H1.
- E. praerupta* Ehr. var. *bidens* Grun.
MO1 P1.

Genre FRAGILARIA

Dans ce genre, toutes les espèces récoltées, sauf une, l'ont été dans la Meurthe [PIERRE (15), BOSSELER (1)] ou dans la Moselle [HERFELD (5)].

Dans son ensemble, le genre serait oligohalobe, avec quelques espèces (telle *F. construens* qui apparaît à deux reprises dans les marais salés de la Seille, mais jamais abondamment) qui seraient euryhalines.

- F. construens* (Ehr.) Grun.
ME1 A4H5P4 . ME2 A4 . ME3 A4H5P4 . ME4 A2H5P4 . ME5 A5H5P4.
MO1 H5P3 . MO2 H5P3 . MO3 A5H5P3 . MO4 A5H5P2.
MS2 E1 . MS4 E1.
- F. Harrisonii* W. Smith.
MO1 H1 . MO2 H1P1.
- F. intermedia* Grun.
ME1 A4H2P4 . ME2 P1 . ME3 A4P4 . ME4 A4H1P4 . ME5 A4H2P5.
- F. lapponica* Grun.
ME3 P1 . ME4 A1P1 . ME5 A1P1.
- F. pinnata* Ehr.
ME1 A1H4 . ME3 A1H4 . ME4 A1 . ME5 A1.
MO1 H1P1 . MO2 P2 . MO3 A2H2P1 . MO4 H1P1.
- F. pinnata* Ehr. var. *lancettula* (Schumann) Hust.
MO1 H1P1 . MO2 P1 . MO3 P1 . MO4 H1P1.
- F. virescens* Ralfs.
ME1 A5H4P2 . ME2 A5H1 . ME3 A5H4P2 . ME4 A5H4 . ME5 A5H5P2.
- F. virescens* Ralfs var. *elliptica* Hust.
ME1 P4 . ME4 P1 . ME5 P1.

Genre FRUSTULIA

- F. rhomboides* (Ehr.) de Toni.
ME5 A1.
MO1 H1.

F. rhomboides (Ehr.) de Toni var. *amphipleuroides* Grun.
MO1 P1 . MO2 P1 . MO3 H1P1 . MO4 H1.

F. vulgaris Thwaites.
MO1 H2P1 . MO2 H5P1 . MO3 A1H1P1 . MO4 A1H1P2.
SE3 E1A1 . SE4 E1A1.

Genre *GOMPHONEMA*

Le genre est bien représenté dans nos stations. A part quelques espèces localisées dans la Moselle, en eau douce, les autres *Gomphonema* se répartissent entre les différentes stations et sont donc des formes d'eau douce et saumâtre. *G. angustatum* var. *producta* et *G. parvulum* sont les espèces dominantes, ainsi que *G. olivaceum*, forme reconnue saumâtre par HUSTEDT [7] et qui abonde dans les eaux méiohalines de la Seille, où elle semble avoir son développement maximum.

G. acuminatum Ehr.
SE3 E1.

G. acuminatum Ehr. var. *Brebissonii* (Kütz.) Cleve.
MO2 P1 . MO3 P1.
MS2 E1 . MS4 A1.

G. acuminatum Ehr. var. *coronata* (Ehr.) W. Smith.
SE3 E1.

G. angustatum (Kütz.) Rabh.
ME1 H1 . ME3 H1P1 . ME4 H3 . ME5 H3.
MO1 P1 . MO3 A1P1 . MO4 H1.
MS2 E5A1 . MS4 A2 . MS5 A1.

G. angustatum (Kütz.) Rabh. var. *producta* Grun.
ME1 H4P3 . ME2 H3 . ME3 A2H3P2 . ME4 H1P1 . ME5 H3P2.
MO1 H2P1 . MO2 H1P1 . MO3 A1H2P1 . MO4 A1H1P2.
SE4 E1.
MS1 A1 . MS2 E1A1 . MS5 A1.

G. augur Ehr.
MO3 A1P1 . MO4 A2H2P5.

G. augur Ehr. var. *Gautieri* v. H.
MO4 P1.

G. constrictum Ehr.
MO1 H1P1 . MO2 H1P1 . MO3 A1H1P1 . MO4 H1P1.
SE3 A2 . SE4 E1A1.

G. constrictum Ehr. var. *capitata* (Ehr.) Cleve.
ME3 H1 . ME4 H1 . ME5 H1.
SE3 E2A1 . SE4 E1A1.
MS2 E3A1.

G. gracile Ehr.
MO2 P1 . MO3 P1 . MO4 P1.

G. intricatum Kütz. var. *pumila* Grun.
MO1 P1 . MO2 P1 . MO3 H1 . MO4 A1P1.

G. lanceolatum Ehr.
ME4 H1.
MO3 P1.

G. lanceolatum Ehr. var. *insignis* (Gregory) Cleve.
MS2 A1.

G. longiceps Ehr.
SE4 A1.

- G. longiceps* Ehr. var. *subclavata* Grun.
MO1 H1 . MO2 H1 . MO4 H1.
SE4 A1.
- G. olivaceum* (Lyngbye) Kütz.
ME1 A1H1P1 . ME2 P1 . ME3 A1H1P1 . ME4 A1H1P1 . ME5 A1P4.
MO1 H1P2 . MO2 H1P3 . MO3 A2H1P3 . MO4 H2P3.
SE2 E1A1 . SE3 E5A3 . SE4 E4A1.
MS2 A1.
- G. olivaceum* (Lyngbye) Kütz. var. *calcareo* Cleve.
MO1 P1 . MO2 P1 . MO4 P1.
SE4 E1A1.
MS1 A1 . MS2 E1A1 . MS4 A1.
- G. parvulum* Kütz.
ME1 A1H1P1 . ME3 H1P1 . ME4 A1H1P1 . ME5 A1.
MO1 H3P1 . MO2 H3P2 . MO3 A2H1P2 . MO4 A4H2P4.
SE3 E5A4 . SE4 E5A5.
MS1 A1 . MS2 E1A1 . MS3 A1 . MS5 A1.
- G. parvulum* Kütz. var. *micropus* (Kütz.) Cleve.
SE3 A2 . SE4 E1.
MS1 A1 . MS2 E1A1 . MS5 A1.

Genre *GYROSIGMA*

Ce groupe est bien représenté, en particulier par *G. acuminatum* et *G. attenuatum*, espèces communes dans les eaux de toutes sortes.

- G. acuminatum* (Kütz.) Rabh.
ME1 A3H1P4 . ME2 A1P1 . ME3 A1H1P3 . ME4 H1P1 . ME5 H1P1.
MO1 H1P1 . MO2 P1 . MO3 H1P1 . MO4 A1H1P1.
SE2 E5A1 . SE3 E5A3 . SE4 E5A1.
MS1 A1 . MS2 E1A2 . MS3 A1 . MS4 E1A1.
- G. acuminatum* (Kütz.) Rabh. var. *curta* Grun.
MS4 A2 . MS5 A1.
- G. attenuatum* (Kütz.) Rabh.
ME1 P1 . ME5 P1.
MO1 H1P1 . MO2 H1P1 . MO3 H1P1 . MO4 A1H1P1.
SE3 A1 . SE4 E5A1.
MS5 A1.
- G. distortum* (W. Smith) Cleve.
MO2 P1 . MO3 H1 . MO4 H1.
- G. Kützingii* (Grun.) Cleve.
MO1 H1 . MO2 H1P1 . MO3 H1P1 . MO4 H1P1.
SE2 E1 . SE4 A1.
MS2 E1.
- G. peisonis* (Grun.) Hust.
SE3 A1.
MS1 A3 . MS2 A3 . MS3 A2.
- G. scalproides* (Rabh.) Cleve.
MO1 H1 . MO3 A1H1.
SE4 A1.
MS2 A1.
- G. Spencerii* (W. Smith) Cleve.
MS2 A1.

G. Spencerii (W. Smith) Cleve var. *nodifera* Grun.
ME1 P3 . ME4 P3.
MO1 H1P2 . MO2 H1P1 . MO3 A1H2P1 . MO4 A1H1P1.

G. Wansbeckii (Donkin) Cleve.
MS1 A5 . MS2 E5A1 . MS3 A1 . MS4 E1A1 . MS5 A1.

Genre *HANTZSCHIA*

H. amphioxys (Ehr.) Grun.
ME1 A1 . ME3 P3 . ME4 A1P1.
MO1 H1P1 . MO2 P1 . MO3 P1.
SE2 E1 . SE3 E1A1 . SE4 E1A1.
MS1 A1 . MS2 E1A1 . MS5 A1.
Espèce commune, très résistante, qui supporte bien une teneur assez élevée en matières organiques. C'est une forme mésosaprobe, mais qui peut aussi se rencontrer en eau presque pure.

H. virgata (Roper) Grun.
MS2 E1 . MS4 E1.

Genre *MASTOGLIOIA*

Les espèces du genre n'ont été rencontrées que dans les marais salés de la vallée de la Seille, en eau saumâtre, bien que certaines soient euryhalines.

M. Braunii Grun.
MS1 A3 . MS5 A1.

M. elliptica Agardh var. *dansei* (Thwaites) Grun.
MS1 A1.

M. Smithii Thwaites.
MS1 A5.

Genre *MERIDION*

M. circulare Agardh.
ME1 P3 . ME3 P3 . ME4 P3 . ME5 P3.
MO1 H3P1 . MO2 H1P1 . MO3 A1H1P1 . MO4 A1H1P1.
SE3 E1A1 . SE4 E1A1.
MS2 A1 . MS5 A1.

M. circulare Agardh var. *constricta* (Ralfs) v. H.
ME1 A1H1 . ME3 A1H1 . ME4 H1P1 . ME5 H1.
MO1 H1P1 . MO2 H1P1 . MO3 H1P1 . MO4 A1H1P1.

Genre *NAVICULA*

Ce genre est le mieux représenté dans les stations de récolte, car il renferme des espèces dont les besoins écologiques sont des plus variés et qui souvent possèdent un grand pouvoir d'adaptation aux conditions du milieu. Toutes nos stations seront riches en *Navicula*, d'autant que ces formes, benthiques de préférence, seront facilement entraînées par le courant.

N. anglica Ralfs.
MO1 H1 . MO2 H1.

N. bacillum Ehr.
MO1 H1P1 . MO2 H1P1 . MO3 A1H1P1 . MO4 H1P1.

- N. cincta* (Ehr.) Kütz.
SE1 A1 . SE2 E1A2 . SE3 E2 . SE4 E2.
MS1 A5 . MS2 E1A5 . MS4 A1 . MS5 A5.
Halophile, elle est bien représentée dans les eaux saumâtres et salées de la Seille. Pour GERMAIN [3], la variété *Heufleri* serait méso- ou polysaprobe.
- N. cincta* (Ehr.) Kütz. var. *Heufleri* Grun.
MO3 A1 . MO4 P1.
MS1 A5 . MS2 E1A5 . MS4 A1 . MS5 A5.
- N. crucicula* (W. Smith) Donkin.
ME3 P1.
SE3 A1 . SE4 E1A1.
MS2 A1.
- N. crucicula* (W. Smith) Donkin var. *obtusa* Grun.
MS1 A1.
- N. cryptocephala* Kütz.
ME1 A3H5P5 . ME2 H4P4 . ME3 A3H5P4 . ME4 A3H4P5 . ME5 A3H5P5.
MO1 H3P2 . MO2 H3P4 . MO3 A4H4P5 . MO4 A5H3P5.
SE3 A3 . SE4 A3.
MS1 A1 . MS2 E5 . MS3 A2 . MS4 A1 . MS5 A1.
- N. cryptocephala* Kütz. var. *intermedia* Grun.
MO1 P1 . MO2 P2 . MO3 A3P1 . MO4 A3.
- N. cryptocephala* Kütz. var. *veneta* (Kütz.) Grun.
ME1 A1H1P3 . ME3 H3P3 . ME4 A1H3P3 . ME5 H3P3.
MO1 H4P2 . MO2 H4P3 . MO3 A5H3P2 . MO4 A3H1P2.
SE2 E1A4 . SE3 E5A5 . SE4 E4A4.
MS1 A5 . MS2 E5A5 . MS3 A1 . MS4 E5A3 . MS5 A1.
N. cryptocephala est l'une des Diatomées les plus communes et se rencontre souvent massivement avec la var. *veneta*. Celle-ci préférerait les eaux saumâtres où elle aurait son développement maximum.
- N. cuspidata* Kütz.
ME1 A2H3P4 . ME3 H1P1 . ME4 H1 . ME5 H1.
MO1 P1 . MO2 H1P1 . MO3 H1P1 . MO4 A1H1P1.
SE2 E1 . SE3 E4A1 . SE4 E2A2.
MS2 A1.
- N. cuspidata* Kütz. var. *ambigua* (Ehr.) Cleve.
ME1 A3H3P4 . ME3 A1H1P3 . ME4 A1H1P1 . ME5 A1.
MO3 P1 . MO4 P1.
SE2 E1 . SE3 A1 . SE4 E1A1.
MS2 E1 . MS3 A1 . MS5 A1
- N. dicephala* (Ehr.) W. Smith.
MO3 P1 . MO4 P1.
SE3 A1.
- N. elegans* W. Smith.
SE4 E1.
- N. exigua* (Gregory) O. Müll.
MO2 P1.
- N. gastrum* Ehr.
MO1 P1 . MO2 H1 . MO3 P1.
MS2 E1 . MS4 E1.
- N. gotblandica* Grun.
ME1 P3 . ME3 P3 . ME4 P1 . ME5 P1.

- N. gracilis* Ehr.
ME1 A1H4P3 . ME2 H3P3 . ME3 A2H4P3 . ME4 A2H4P2 . ME5
A2H4P3.
MO1 H5P3 . MO2 H5P3 . MO3 A3H5P3 . MO4 A4H5P3.
MS4 E1.
- N. gregaria* Donkin.
MS1 A5 . MS2 E1 . MS3 A1 . MS5 A5.
- N. halophila* (Grun.) Cleve.
SE4 E1.
MS1 A2 . MS4 A2.
Forme d'eau saumâtre.
- N. hungarica* Grun.
ME1 H3 . ME4 H3 . ME5 H1.
SE3 A1.
- N. hungarica* Grun. var. *capitata* (Ehr.) Cleve.
ME1 A3H3P2 . ME2 P1 . ME3 A2H3P3 . ME4 P1 . ME5 A1H1P1.
MO1 H1P2 . MO2 H1P1 . MO3 A1H1P1 . MO4 A1H2P1.
SE2 E5 . SE3 E5A5 . SE4 E5A2.
- N. hungarica* Grun. var. *linearis* Oestrup.
ME5 A1.
- N. hungarica* Grun. var. *lüneburgensis* Grun.
SE2 E1.
- N. lanceolata* (Agardh) Kütz.
MS2 E1A1 . MS4 A4.
- N. laterostrata* Hust.
MO1 H1 . MO2 H1P1 . MO3 H1.
- N. menisculus* Schumann.
MO3 H1.
SE2 E1 . SE3 E4A1 . SE4 E3A2.
- N. mutica* Kütz.
ME1 H1P1 . ME3 H1 . ME4 H1 . ME5 H1.
MO1 H1P1 . MO2 H1P1 . MO3 A1H1P1 . MO4 A5H1P1.
- N. mutica* Kütz. var. *binodis* Hust.
ME3 A1.
- N. mutica* Kütz. var. *Cobnii* (Hilse) Grun.
MO1 P1 . MO2 H1 . MO3 A1 . MO4 A5H1P1.
- N. mutica* Kütz. var. *nivalis* (Ehr.) Hust.
ME1 H1 . ME4 H1.
MO4 P1.
MS2 E1A1 . MS4 E1.
- N. mutica* Kütz. var. *ventricosa* (Kütz.) Cleve.
MO1 P1 . MO3 P1 . MO4 A1H1P1.
- N. oblonga* Kütz.
SE2 E1 . SE3 E1A1 . SE4 E2A1.
- N. peregrina* (Ehr.) Kütz.
MO4 P1.
SE1 A1 . SE2 E2A1 . SE3 E1A2 . SE4 E3A3.
MS1 A4 . MS2 E5A5 . MS3 A1 . MS4 A1 . MS5 A1.
- N. peregrina* (Ehr.) Kütz. fo. *angusta* Kolbe.
SE4 A1.
MS2 A1 . MS4 A1.

- N. peregrina* (Ehr.) Kütz. fo. *minor* Kolbe.
SE3 E1A1 . SE4 E1A1.
MS2 A1.
- N. placentula* (Ehr.) Grun.
ME1 A3H2P3 . ME2 A3H2P3 . ME4 A1H1 . ME5 A3H1P3
- N. placentula* (Ehr.) Grun. fo. *latiuscula* Grun.
SE2 E1.
- N. placentula* (Ehr.) Grun. fo. *rostrata* A. Mayer.
MS2 E1A1 . MS4 E1.
- N. plicata* Donkin.
SE4 E1.
MS2 E1A3.
- N. protracta* Grun.
ME1 H1 . ME4 H1 . ME5 H1.
SE3 A1.
MS2 E1A3.
- N. pupula* Kütz.
MO2 P1 . MO3 A1P1 . MO4 P1.
SE2 E1 . SE3 E1A1 . SE4 E1A1.
MS1 A2 . MS2 A1.
- N. pupula* Kütz. var. *capitata* Hust.
ME1 A1H1 . ME3 A1H1 . ME4 H1 . ME5 A1.
MO1 H1P1 . MO2 P1 . MO3 H1P1.
- N. pupula* Kütz. var. *elliptica* Hust.
MO1 H1 . MO2 P1 . MO3 H1P1 . MO4 H1P1.
- N. pusilla* W. Smith.
SE1 A1 . SE4 A1.
MS1 A1 . MS2 E1A1.
- N. pygmaea* Kütz.
MO1 H1P1 . MO2 P1 . MO3 H1P1.
SE1 A1 . SE2 E5A2 . SE3 E4A3 . SE4 E5A2.
MS1 A4 . MS2 E5A5 . MS3 A1 . MS4 E1A2.
- N. radiosa* Kütz.
ME1 A3H3P3 . ME2 A3H3P4 . ME3 A3H3P4 . ME4 A3H3P4 . ME5
A3H3P4.
MO1 H2P5 . MO2 H2P5 . MO3 A5H2P5 . MO4 A5H2P5.
SE3 E5A5 . SE4 E5A2.
MS1 A1 . MS2 E1A1 . MS3 A1 . MS4 E1A1.
Une des *Navicula* et une des Diatomées les plus communes.
MÖLDER [13] estime qu'il s'agit là d'une espèce d'eau douce, pouvant
cependant supporter des teneurs en sel de l'ordre de 6 ‰. Nous
relevons sa présence dans des stations où la concentration en sel dépasse
22 ‰ (MS4). Il semble donc que la *N. radiosa* soit une espèce
euryhaline, avec un développement maximum dans des eaux faiblement
saumâtre, voire oligohalobes.
- N. Reinhardtii* Grun.
MO1 P1.
- N. rhyngocephala* Kütz.
MO1 H1P1 . MO2 H3P1 . MO3 A1H1P1 . MO4 A1H1P1.
SE2 E1 . SE3 A1.
MS1 A1 . MS2 E3A1 . MS4 E1A1.

- N. salinarum* Grun.
SE1 A5 . SE2 E5A5 . SE3 E5A3 . SE4 E4A3.
MS1 A5 . MS2 E5A5 . MS3 A1 . MS4 E5A2 . MS5 A1.
Pour KOLBE [8], c'est une espèce mésohalobe et sténohaline, mais sa présence en des stations à concentrations en sel très variées la classe parmi les formes euryhalines, avec cependant une préférence pour les eaux saumâtres.
- N. spicula* (Dickie) Cleve.
SE3 E1A2 . SE4 E2A1.
MS2 E5A2 . MS3 A1 . MS4 E1.
Forme d'eau saumâtre et salée.
- N. tuscula* (Ehr.) Grun.
MO1 P1.
- N. viridula* Kütz.
ME1 A4H5P5 . ME2 A4H5P5 . ME3 A4H5P5 . ME4 A4H5P5 . ME5 A4H5P5.
MO1 H5P5 . MO2 H5P4 . MO3 A5H5P5 . MO4 A5H5P5.
SE2 E4 . SE3 E1A2 . SE4 E5A1.
MS2 E5A1 . MS3 A1 . MS4 E1.
Encore plus abondante que *N. radiosa*, elle lui est souvent mêlée et ses besoins écologiques sont voisins.
- N. viridula* Kütz. fo. *capitata* Mayer.
MO1 H1 . MO3 A1H1 . MO4 A1P1.
- N. viridula* Kütz. var. *slesvicensis* (Grun.) Cleve.
ME1 P3 . ME3 P3 . ME4 P3 . ME5 P2.
MO1 H3P5 . MO2 H5P5 . MO3 A5H4P5 . MO4 A5H5P5.

Genre NEIDIUM

- N. affine* (Ehr.) Cleve var. *amphirhynchus* (Ehr.) Cleve.
ME1 H1 . ME4 H1 . ME5 H1.
MO1 H1P1 . MO2 P1 . MO3 P1.
- N. dubium* (Ehr.) Cleve.
ME1 A3H1 . ME3 A1P1 . ME4 A1H1 . ME5 A1.
MO1 H1P1 . MO2 H1P1 . MO3 A1H1P1.
MS2 E1A1.
- N. dubium* (Ehr.) Cleve fo. *constricta* Hust.
ME1 H1.
- N. iridis* (Ehr.) Cleve.
MS2 E1 . MS5 A1.
- N. iridis* (Ehr.) Cleve var. *ampliata* Ehr.
MO2 P1.
- N. productum* (W. Smith) Cleve.
SE3 E1A1 . SE4 E1A1.
MS2 E1.

Genre NITZSCHIA

Ce groupe très vaste est, comme celui des Navicules, fortement représenté, car il est constitué d'espèces dont les besoins écologiques sont très variés et qui s'adaptent souvent avec facilité aux variations du milieu. Si elles sont peu nombreuses en eau pure, leur nombre augmente rapidement avec la pollution.

- N. acicularis* W. Smith.
ME1 A1H1 . ME3 A1 . ME4 A1 . ME5 A1.
MO2 H1P1.

- N. acuta* Hantzsch.
ME1 H3P3 . ME3 H3P1 . ME4 H1P1 . ME5 A1H1P1.
MO1 H1P2 . MO2 H1P3 . MO3 A2H2P2 . MO4 A1H1P1.
- N. amphibia* Grun.
ME1 A1H3P1 . ME2 H1 . ME3 H1P3 . ME4 A1H1P1 . ME5 A1H1P1.
SE3 A5 . SE4 E4A2.
MS1 A1 . MS3 A1.
- N. angustata* (W. Smith) Grun.
MS4 E2.
- N. angustata* (W. Smith) Grun. var. *acuta* Grun.
MO1 P1 . MO2 H1 . MO3 A1P1.
- N. apiculata* (Gregory) Grun.
MO1 H1P1 . MO2 H1P1 . MO3 A1H1P1 . MO4 A1H1P1.
SE1 A5 . SE2 E5A5 . SE3 E3A3 . SE4 E5A4.
MS1 A5 . MS2 E5A5 . MS3 A2 . MS4 E5A3 . MS5 A2.
Espèce euryhaline.
- N. Clausii* Hantzsch.
MO4 A1.
- N. commutata* Grun
ME1 H1P1 . ME3 P1 . ME4 P1.
MO1 H1P1 . MO3 H1.
MS1 A1 . MS2 A1 . MS4 E1A1.
- N. denticulata* Grun.
MO3 P1.
SE2 A1 . SE3 A1 . SE4 E1A1.
MS1 A1 . MS2 E1 . MS3 A1.
- N. dissipata* (Kütz.) Grun.
ME1 H3 . ME3 H3 . ME4 P3 . ME5 A1H3.
MO1 H2P2 . MO2 H4P4 . MO3 A5H4P1 . MO4 A5H3P5.
- N. dubia* W. Smith.
MO1 H1P1 . MO2 P1 . MO3 P1 . MO4 H1P1.
SE2 E1 . SE3 A1 . SE4 A1.
MS1 A1 . MS2 A4.
- N. fasciculata* Grun.
MS2 E1 . MS4 E1A1.
- N. filiformis* (W. Smith) Hust.
ME1 A1 . ME3 A1H1 . ME4 A1P1 . ME5 A1H1.
MO1 H1P1 . MO2 H2 . MO3 A5H1P1 . MO4 A5H3P5.
- N. frustulum* Kütz.
MO1 H2P1 . MO2 H1P1 . MO3 A3H2P1 . MO4 A5H1P1.
- N. frustulum* Kütz. var. *subsalina* Hust.
SE1 A2 . SE2 E5A5 . SE3 E5A3 . SE4 E5A2.
MS2 E3A5 . MS3 A1 . MS4 E3A1.
- N. gracilis* Hantzsch.
ME4 P1 . ME5 H1.
MO1 P1 . MO3 A1H1 . MO4 H1P1.
SE3 A1 . SE4 A1.
- N. bolsatica* Hust.
MO4 P1.

- N. hungarica* Grun.
ME1 A1H3P3 . ME3 H3P3 . ME4 H1P3 . ME5 H3P3.
MO1 H1P1 . MO2 H1P1 . MO3 A1H1P2 . MO4 A1H1P1.
SE1 A4 . SE2 E5A5 . SE3 E5A3 . SE4 E5A2.
MS1 A5 . MS2 E5A5 . MS3 A2 . MS4 E1A5 . MS5 A1.
Espèce commune, euryhaline, avec un optimum de développement en eau salée.
- N. hybrida* Grun.
MS2 A3.
- N. ignorata* Krasske.
MS2 E3.
- N. lacunarum* Hust.
MS2 A1.
- N. linearis* W.Smith.
MO1 P4 . MO2 H1P5 . MO3 P1 . MO4 P1.
SE3 E1.
- N. microcephala* Grun.
ME3 A1 . ME4 A1 . ME5 A1.
SE1 A1 . SE2 E1A2 . SE4 E1A1.
MS1 A5 . MS2 E3A5 . MS3 A2 . MS4 E5A2 . MS5 A5.
- N. obtusa* W. Smith var. *scalpelliformis* Grun.
SE1 A1 . SE2 A1 . SE3 A1.
MS1 A5 . MS2 E4A5 . MS3 A5 . MS4 A3 . MS5 A1.
- N. palea* (Kütz.) W. Smith.
ME1 P3 . ME3 P1 . ME4 A1P1 . ME5 A1P1.
MO1 H2P1 . MO2 H2P1 . MO3 A2H2 . MO4 A2H1.
SE1 A3 . SE2 E5A4 . SE3 E5A5 . SE4 E5A5.
MS1 A2 . MS2 E3A2 . MS3 A1 . MS4 A1 . MS5 A1.
Espèce présente partout dans nos eaux, avec une préférence pour les eaux oligohalines, bien qu'elle soit peu sensible à la concentration en sel. Mésosaprobe.
- N. parvula* Levis.
MO3 P1.
SE3 A1.
MS1 A1 . MS2 E3A1 . MS3 A1.
- N. recta* Hantzsch.
MO1 H1P2 . MO2 H1P5 . MO3 A1H1P1 . MO4 H1P1
- N. sigma* (Kütz.) W. Smith.
MS1 A1 . MS2 A1.
- N. sigmoidea* (Ehr.) W. Smith.
ME1 A3H3P3 . ME2 P1 . ME3 A3H3P3 . ME4 A3H3P3 . ME5 A1H3P3.
MO1 H2P2 . MO2 H3P3 . MO3 A3H2P3 . MO4 A3H1P1.
SE2 E2A1 . SE3 E1A1 . SE4 E4A1.
MS1 A1 . MS2 E1A1.
Espèce commune dans nos stations, fuyant les eaux vives et pures.
- N. sinuata* (W. Smith) Grun. var. *tabellaria* Grun.
MO2 P1 . MO3 A2H1P1 . MO4 P1.
- N. spectabilis* (Ehr.) Ralfs.
SE4 A1.
MS1 A1 . MS2 E1A2 . MS4 A1 . MS5 A4.

- N. stagnorum* Rabh.
ME1 H1.
SE2 E4A1 . SE3 E1A1 . SE4 E1A1.
MS5 A1.
- N. subtilis* Kütz.
MO1 H1P2 . MO2 P1 . MO3 P1 . MO4 P1.
MS4 A3.
- N. thermalis* Kütz. var. *minor* Hilse.
ME1 H1 . ME3 H1.
MO1 P1 . MO2 H1P1 . MO3 H1P1 . MO4 A1H1P1.
- N. tryblionella* Hantzsch.
ME3 P1 . ME4 P1 . ME5 P1.
MO3 H1 . MO4 H1P1.
SE2 E2A1 . SE3 E3A3 . SE4 E5A1.
MS2 E1A1 . MS3 A1 . MS5 A1.
La position de *N. tryblionella* est discutée par les différents auteurs, mais sa présence en des stations très variées donne raison à KOLBE [8] qui la classe comme euryhaline et mésosaprobe.
- N. tryblionella* Hantzsch var. *debilis* (Arnott) A. Mayer.
MO1 P1.
SE3 E1.
MS4 E1.
- N. tryblionella* Hantzsch var. *levidensis* (W. Smith) Grun.
ME1 H1 . ME3 A1H1 . ME5 H3.
SE2 E1.
- N. tryblionella* Hantzsch var. *subsalina* Grun.
SE4 A1.
- N. tryblionella* Hantzsch var. *victoriae* Grun.
ME1 A3H3P1 . ME2 H3 . ME4 A3H1 . ME5 A3H3.
MO1 P1 . MO2 H1P2 . MO3 A1H1P2 . MO4 A1H1P2.
MS2 A1.
- N. vermicularis* (Kütz.) Grun.
ME1 A3H3P3 . ME2 H1 . ME3 A1H3P1 . ME4 A1H1P1 . ME5
A1H3P3.
MO1 H2P1 . MO2 H3P3 . MO3 A1H2P2 . MO4 A1H1P1.
- N. vitrea* Norman
SE1 A1 . SE2 A1 . SE3 E1 . SE4 E1.
MS2 E1A1 . MS3 A1 . MS4 A1 . MS5 A1.
- N. vivax* W. Smith.
MS1 A1.

Genre PINNULARIA

Ce genre est assez bien représenté dans la Moselle où l'on relève quatorze espèces, alors qu'il n'y en a que cinq signalées dans la Meurthe, neuf dans la Seille et seulement trois dans les marais salés. Les *Pinnularia* sont surtout des espèces d'eau douce ou oligohalobe et beaucoup préfèrent les eaux vives de montagne, sans toutefois être absentes en plaine. Quelques-unes supportent même la concentration élevée en sels des eaux des marais de la Seille.

Par comparaison avec les autres genres, les *Pinnularia* sont assez rares et dans les eaux étudiées ici ne trouvent pas les conditions les plus favorables à un développement abondant.

- P. acrosphaeria* Breb.
MO3 H1.

- P. borealis* Ehr.
ME3 P1.
MO1 H1P1 . MO3 H1P1 . MO4 P1.
- P. gentilis* (Donkin) Cleve.
MO1 H2 . MO2 H1P1 . MO3 P1.
- P. gibba* Ehr.
MO1 H1P1 . MO2 H1P1 . MO3 H1P1 . MO4 H1P1
SE2 E1 . SE3 A1 . SE4 E1.
- P. globiceps* Gregory.
MO1 P1 . MO2 P1.
- P. interrupta* W. Smith.
ME4 P1 . ME5 P1.
MO1 H1P1 . MO2 H1.
SE3 E1A1 . SE4 E2A1.
- P. interrupta* W. Smith fo. *minutissima* Hust.
MO2 H1P1 . MO3 A1H1P1 . MO4 H1.
- P. maior* Kütz.
MO4 H1.
SE3 A1 . SE4 E1.
- P. mesolepta* (Ehr.) W. Smith.
ME1 H1.
MO1 P1 . MO3 H1P1 . MO4 H1.
- P. microstauron* (Ehr.) Cleve.
MO1 P1 . MO2 H1 . MO3 H1.
SE3 E1.
MS2 E1A2.
- P. microstauron* (Ehr.) Cleve var. *Brebbissonii* (Kütz.) Hust
ME1 P1 . ME4 P1.
MO1 P1 . MO2 H1P1 . MO3 H1P1 . MO4 H1.
SE3 A1 . SE4 E1A1.
MS2 E2A1 . MS5 A1.
- L'écologie de cette espèce a été très discutée : pour HUSTEDT [7], elle se trouve : « ...im Süßwasser..., während var. *Brebbissonii* in Gebirgen häufiger ist ». Nous-mêmes la trouvons principalement en montagne et en eau douce pure et vive (résultats non encore publiés). On peut citer les travaux de GERMAIN [3] qui l'estime une forme caractéristique de milieux riches en matières organiques d'origine animale, donc polysaprobies et les résultats de LILLIEROTH [*in* 10] qui la classe dans les formes oligotrophes. WERNER [16] a signalé cette espèce au Frankental, dans le massif du Hohneck, donc en eau de montagne, cependant souillée par des animaux de ferme. Nous pensons qu'il s'agit là d'une espèce particulièrement ubiquiste, jouissant de larges possibilités d'adaptation envers les variations de composition du milieu.
- P. nobilis* Ehr.
SE3 E1.
- P. subcapitata* Gregory.
MO1 P1 . MO2 P1 . MO3 P1 . MO4 P1.
- P. viridis* (Nitzsch) Ehr.
ME4 P1 . ME5 H1.
MO3 P1 . MO4 A1H1.
SE3 A1 . SE4 A1.
MS2 E1.

- P. viridis* (Nitzsch) Ehr var. *diminuta* Mayer.
SE3 A1.
P. viridis (Nitzsch) Ehr var. *rupestris* (Hantzsch) Cleve.
MO1 P1 . MO3 H1P1.
P. viridis (Nitzsch) Ehr. var. *sudetica* (Hilse) Hust.
SE4 E1.

Genre *PLEUROSIGMA*

Les espèces du genre sont uniquement présentes en eau salée ou saumâtre et manquent dans les autres stations.

- P. angulatum* (Quekett) W. Smith.
SE2 A1 . SE4 A1.
MS2 E5A5 . MS4 A3 . MS5 A1.
P. salinarum Grun.
SE2 A1.
MS1 A1 . MS2 E5A5 . MS3 A1 . MS4 A2 . MS5 A1.

Genre *RHOICOSPHENIA*

- R. curvata* Grun.
ME1 A4H4P3 . ME2 A1H4P3 . ME3 A4H4P4 . ME4 A4H4P4 . ME5
A5H4P4.
MO1 H4P2 . MO2 H4P4 . MO3 A4H3P4 . MO4 A5H5P5.
SE2 E3A1 . SE3 E4A5 . SE4 E5A1.
MS2 E1A1 . MS4 E1A1 . MS5 A2.
Espèce bien représentée en eaux de toutes sortes.

Genre *RHOPALODIA*

Ce genre est presque uniquement localisé dans la vallée de la Seille ; ses espèces préfèrent les eaux salées et saumâtres, mais certaines, *R. gibba* par exemple, sont indifférentes à la concentration en sel.

- R. gibba* (Ehr.) O. Müll.
ME1 A1H1 . ME4 A1.
MO1 P1.
SE3 E1A1 . SE4 E1A1.
MS2 E1 . MS4 A1.
R. gibba (Ehr.) O. Müll. var. *ventricosa* (Ehr.) Grun.
SE2 A1 . SE3 E1A1 . SE4 E1.
MS1 A1.
R. gibberula (Ehr.) O. Müll.
SE4 E1.
MS1 A1 . MS2 E1A1 . MS4 A5 . MS5 A2.
R. gibberula (Ehr.) O. Müll. var. *Van Heurckii* O. Müll.
SE1 A1 . SE2 A2 . SE3 A1 . SE4 E1.
MS1 A1 . MS2 E4A2 . MS4 A5 . MS5 A2.

Genre *STAURONEIS*

Les espèces du genre se rencontrent dans des stations très différentes, mais sans jamais dominer.

- S. anceps* Ehr
MO3 P1 . MO4 P1.
SE3 E1 . SE4 E1.
MS1 A1 . MS2 A5.

- S. anceps* Ehr. fo. *gracilis* (Ehr.) Cleve.
MO1 P1 . MO2 P1 . MO3 H1 . MO4 P1.
- S. anceps* Ehr. fo. *linearis* (Ehr.) Cleve.
ME1 P1 . ME4 A1.
MO1 P1 . MO2 P1 . MO4 A1.
- S. parvula* Grun. var. *prominula* Grun.
SE1 A1 . SE2 A1 . SE3 E1A2 . SE4 E5A1.
MS2 E1 . MS3 A1.
- S. phoenicenteron* Ehr.
ME1 A1P1 . ME3 P1 . ME4 P1.
MO1 P1 . MO2 H1P1 . MO3 H1P1 . MO4 H1P1.
MS2 E1A2 . MS4 A5 . MS5 A1.
- S. salina* W. Smith.
MS2 E1A1.
- S. Smithii* Grun.
MO1 H1P1 . MO3 P1.
SE3 E1 . SE4 E1.

Genre *SURIRELLA*

Le genre est présent dans des milieux très variés et se signale par l'existence de grandes formes.

- S. angustata* Kütz.
ME1 A1H1P1 . ME3 A1H1 . ME5 A1H1P1.
MO1 H2P1 . MO2 H1P1 . MO3 A2H1P2 . MO4 A1H1P1.
SE3 E5 . SE4 E5.
- S. biseriata* Breb.
MO1 P1 . MO2 P1 . MO3 A1.
- S. biseriata* Breb. var. *bifrons* (Ehr.) Hust.
ME3 P1.
- S. Capronii* Breb.
MO1 H1.
- S. elegans* Ehr.
MO2 P1.
SE4 A1.
- S. gracilis* (W. Smith) Grun.
MO4 P1.
SE4 A1.
- S. linearis* W. Smith.
ME1 A1H1 . ME3 A1 . ME4 P3 . ME5 H2.
MO1 H1P1 . MO2 H1P1 . MO3 A1H1P1 . MO4 H1.
- S. ovalis* Breb.
SE2 E1 . SE3 A2 . SE4 E1.
MS2 E2A3 . MS3 A1 . MS4 E1 . MS5 A1.
Espèce caractéristique d'eaux salées.
- S. ovata* Kütz.
ME1 A4H4P5 . ME2 H3P3 . ME3 A3H3P4 . ME4 A3H3P4 . ME5 A3H3P3.
MO1 H5P2 . MO2 H5P5 . MO3 A5H4P3 . MO4 A5H2P5.
SE2 E5A1 . SE3 E5A1 . SE4 E5A1.
MS1 A2 . MS2 E5A5 . MS3 A1 . MS4 E2A2 . MS5 A1.

- S. ovata* Kütz. var. *pinnata* W. Smith.
ME1 H2P3 . ME2 P1 . ME4 P1.
MO1 H1P3 . MO2 P3 . MO3 A2H2P3 . MO4 H1P1.
SE2 E1 . SE3 E5A1 . SE4 E5A5.
MS2 E1A2 . MS4 A1 . MS5 A1.
- S. ovata* Kütz. var. *salina* W. Smith.
ME1 H1 . ME3 H1 . ME5 H1.
MO1 H1P5 . MO2 H1P5 . MO3 A1H3P4 . MO4 A2H2P5.
SE2 E5A5 . SE3 E5A5 . SE4 E5A5.
MS4 E2A1 . MS5 A2.
S. ovata et ses variétés sont très communes dans les stations. Euryhalines.
- S. robusta* Ehr. var. *splendida* (Ehr.) v. H.
ME1 A1H1P1 . ME4 P1 . ME5 A1.
MO1 H1P1 . MO2 H1P1 . MO3 A1H1P1.
SE4 A1.
- S. striatula* Turpin.
SE2 A3 . SE3 A1 . SE4 E1A1.
MS1 A1 . MS2 E5A5 . MS3 A2 . MS4 A3 . MS5 A1.
- S. tenera* Gregory var. *nervosa* Mayer.
ME4 H1.

Genre *SYNEDRA*

- S. acus* Kütz.
MO1 H1P1 . MO2 H1P1 . MO3 H1P1 . MO4 A1H1P1.
- S. affinis* Kütz.
MO1 H1 . MO2 H1 . MO3 H1P1 . MO4 H1.
SE2 E1 . SE3 E2 . SE4 E2.
MS1 A2 . MS2 E5A5 . MS3 A1 . MS4 E5A5 . MS5 A1.
- S. affinis* Kütz. var. *obtusa* Hust.
SE2 E1A5 . SE3 E5A3 . SE4 E2A4
MS1 A5 . MS2 E5A5 . MS3 A5 . MS4 E5A5 . MS5 A2.
- S. parasitica* W. Smith.
MO3 A1H1P1.
- S. parasitica* W. Smith var. *subconstricta* Grun.
MO1 P1 . MO2 H1P1 . MO3 A3H1P1.
- S. pulchella* Kütz.
ME1 A3H3P1 . ME3 H3P1 . ME4 H3 . ME5 A3H3P2.
MO3 H1P1 . MO4 H1P1.
SE3 E5A5 . SE4 E5A5.
MS2 A1 . MS3 A1.
- S. pulchella* Kütz. var. *lanceolata* O'Meara.
ME1 H3 . ME2 H3 . ME3 H4 . ME4 H5P2 . ME5 H3P3.
MO3 H1P1.
MS2 E1A1 . MS4 E1 . MS5 A1.
- S. pulchella* Kütz. var. *lanceolata* O'Meara fo. *constricta* Hust.
ME1 A1H1 . ME3 A1H1 . ME4 A1 . ME5 A3H1.
- S. pulchella* Kütz. var. *naviculacea* Grun.
SE3 E1A5 . SE4 E5A4.
- S. rumpens* Kütz.
MO1 H2P1 . MO2 H1P1 . MO3 A1H2P2 . MO4 H1.

- S. ulna* (Nitzsch) Ehr.
ME1 A3H3P3 . ME2 H3P3 . ME3 A3H4P3 . ME4 A3H4P3 . ME5
A2H4P4.
MO1 H5P3 . MO2 H5P4 . MO3 A4H5P3 . MO4 A5H3P3.
SE2 E1 . SE3 E5A2 . SE4 E4A2.
MS2 E5A5 . MS3 A1 . MS4 E2A2 . MS5 A1.
- S. Vaucheriae* Kütz.
MO1 P1 . MO2 P2 . MO3 A2H1P1 . MO4 H1P2.
S. pulchella et *S. ulna* sont les espèces les mieux représentées. Ce sont
des formes euryhalines et indifférentes, en ce sens qu'elles ne réclament
pas une teneur minimum en sel pour apparaître.

Genre *TABELLARIA*

- T. fenestrata* (Lyngbye) Kütz.
ME3 P1.
MO1 H1P1 . MO2 H1P1 . MO3 H1 . MO4 H1.
- T. flocculosa* (Roth) Kütz.
ME4 H1.
MO1 H1P2 . MO2 H1P1 . MO3 A1H1P2 . MO4 A1H1P1.
Répandues en eau douce et oligohaline, ces espèces ne sont jamais
dominantes et se rencontrent le plus souvent à l'état isolé.

Cyanophycées

- Anabaena* sp.
MS
- Lyngbya aestuarii* (Mert.) Liebmann.
SE
MS
- Microcoleus chthonoplastes* (Flor. Dan.) Thur.
SE
MS
- Nodularia Harveyana* Thur.
MS
- Oscillatoria acuminata* Gomont.
SE
- Oscillatoria brevis* Kütz.
SE
- Oscillatoria chalybea* Mertens.
ME
MO
SE
- Oscillatoria curviceps* Agardh.
ME
- Oscillatoria limosa* Kütz.
ME
MO
SE
MS
- Oscillatoria princeps* Vauch.
ME
MS

Oscillatoria sancta Kütz.

MO

Oscillatoria tenerrima Kütz.

MO

Oscillatoria tenuis Agardh.

ME

MO

SE

MS

Oscillatoria Tenuis Agardh var. *Tergestina* (Kütz.) Rabh.

MO

SE

MS

Phormidium tenue (Meneg.) Gomont.

SE

MS

Phormidium uncinatum (Agardh) Gomont.

MS

Spirulina maior Kütz.

ME

MS

Spirulina Meneghiniana Zanard.

MS

Chlorophycées

Chaetomorpha sp.

MS

Chladophora sp.

MO

Closterium acerosum (Schranck.) Ehr.

MO

Closterium Pritchardianum Arch.

MO

Enteromorpha intestinalis Kütz.

MS

Enteromorpha salina Kütz.

MS

Enteromorpha salina Kütz. var. *polioclados* Kütz.

MS

Gongrosira de Baryana Rabh.

MS

Mougeotia sp.

MO

Pediastrum constrictum Hass.

ME

Pediastrum duplex Meyen

ME

Rhizoclonium riparium Harvey.

MS

- Scenedesmus opoliensis* Richter.
ME
- Scenedesmus quadricauda* Chodat.
ME
MO
- Spirogyra* sp.
MS
- Ulothrix subtilis* Kütz.
MO
SE
MS
- Ulothrix zonata* Kütz.
MO
MS
- Vaucheria synandra* Woronine.
MS

Résultats écologiques

On peut s'étonner, en examinant la liste des espèces recueillies, du petit nombre d'Algues autres que les Diatomées qui a été trouvé. Mais il est certain que les eaux souillées et minéralisées, surtout si elles sont soumises à une certaine agitation, sont défavorables dans l'ensemble aux Cyanophycées et aux Chlorophycées et qu'alors les Diatomées forment la masse principale du plancton.

Dans son étude sur les marais salés de la vallée de la Seille, M^{me} PATOU [14] relève des Algues caractéristiques de milieux salés, voire marins : *Lyngbya aestuarii*, *Microcoleus chthonoplastes*, *Spirulina Meneghiniana*, *S. maior* et *Enteromorpha intestinalis*, *E. salina*, *E. salina* var. *poli-clados*, *Rhizoclonium riparium*. La plupart des Algues trouvées en ces lieux avaient déjà été notées par GOMONT [4], mais d'autres sont à ajouter : *Ulothrix subtilis*, *U. zonata*, *Enteromorpha salina* var. *poli-clados*, *Gongrosira de Baryana*, *Chaetomorpha* sp. et *Spirogyra* sp., ainsi que *Nodularia Harveyana*, *Phormidium tenue*, *Oscillatoria princeps*, *O. tenuis*, *O. tenuis* var *Tergestina* et *Spirulina Meneghiniana*.

1°) ACTION DU CALCAIRE SUR LES DIATOMÉES.

Cette action est très difficile à mettre en évidence, notamment pour les espèces calciphiles, car si les formes supposées telles se développent bien en présence de sels calcaires, elles restent présentes même lorsque la concentration de ces sels atteint une valeur très faible. Ce sont donc des espèces qui sont simplement peu sensibles au calcaire, ce qui est le cas général des Diatomées et le terme est

à rejeter. Par contre, l'existence d'espèces calcifuges semble plus évidente et il faut les rechercher dans le groupe des *Pinnularia* et des *Eunotia* qui, nous l'avons vu précédemment, est très mal représenté dans les stations étudiées.

2°) ACTION DES CHLORURES.

Nous avons pu constater l'action des chlorures sur la florule diatomique, ce qui nous a permis de citer un certain nombre de formes caractéristiques d'une teneur déterminée en sel ou, au contraire, euryhalines.

LEMAIRE [11] et ROESCH [16] ont visité la station de « La Grange Fouquet » et ont signalé cinquante-huit espèces de Diatomées saumâtres. M^{lle} PATOU [14] a retrouvé dix-neuf espèces communes à ces deux auteurs, deux signalées uniquement par LEMAIRES [11] et dix par ROESCH, soit trente et une espèces sur cinquante-huit. Les stations n'ayant été étudiées qu'à deux périodes, il est probable que des prélèvements plus fréquents auraient permis de retrouver la presque totalité des espèces.

3°) ACTION DE LA POLLUTION.

Il est difficile, dans nos eaux, de distinguer l'influence de la pollution de celle de la minéralisation, car les deux agissent sur la microflore et l'une peut masquer, ou même fausser, l'action de l'autre. On peut cependant citer un certain nombre de formes qui semblent caractériser un degré de pollution.

Parmi les formes oligosaprobies qui se rencontrent dans les eaux peu polluées de la Moselle ou de la Meurthe en amont de Nancy, nous plaçons *Ceratoneis arcus* et *C. arcus* var. *amphioxys*, *Frustulia rhomboides*, *Stauroneis anceps* et fo. *gracilis*, *Surirella biseriata*, *Tabellaria fenestrata* et *T. flocculosa*. Les espèces mésosaprobies à retenir sont : *Achnanthes lanceolata*, *Caloneis silicula*, *Cyclotella Meneghiniana*, *Hantzschia amphioxys*, *Navicula hungarica* var. *capitata*, *Nitzschia dubia*, *N. palea*, *N. sigmoidea* et les espèces polysaprobies à noter sont : *Bacillaria paradoxa*, *Caloneis amphibaena*, *Cyclotella comta*, *C. Kützingiana*, *C. planctonica*, *C. Widerkehrii*, *Cymatopleura solea*, *Rhoicosphenia curvata*, *Synedra pulchella*.

Comme pour la minéralisation et à un degré peut être plus élevé encore, les Diatomées peuvent s'adapter facilement à des variations de la pollution, cela dans des limites généralement étendues. Quelques espèces ne peuvent suffire à classer une eau,

il faudra pour cela une convergence de caractères biologiques, physiques et chimiques.

En ce qui concerne les Algues non siliceuses, la pollution se marque par la présence de Cyanophycées, dont les Oscillaires qui sont bien représentées dans les eaux souillées.

4°) PÉRIODICITÉ DU DÉVELOPPEMENT DES DIATOMÉES.

Les Diatomées sont, de l'avis de tous, des organismes d'eaux fraîches. Sans citer des listes de chiffres, nous dirons simplement que les résultats enregistrés au cours des études de la microflore algale lorraine montrent un maximum d'espèces au printemps, avec un minimum en été. C'est en automne et au printemps que le nombre des individus est maximum, car en hiver, de nombreuses espèces sont souvent représentées par quelques individus seulement. Certaines formes sont présentes toute l'année, avec une ou deux périodes de dominance en automne ou au printemps, d'autres ne sont récoltées que pendant une période limitée, qui varie suivant les stations considérées ; la non-présence d'une espèce signifiant sûrement sa rareté, mais ne permettant pas par ailleurs d'affirmer son absence totale de la station, vu la limite même des moyens d'investigation.

Il faut enfin signaler le grand nombre d'espèces ubiquistes rencontrées dans presque toutes les stations, à n'importe quelle époque et qui constituent la base du phytoplancton.

5°) COMPARAISONS ENTRE LES COMPOSITIONS DE LA FLORULE ALGALE DES DIFFÉRENTS GROUPES DE STATIONS.

Quelques espèces n'ont été trouvées que dans la Meurthe en amont de Nancy [PIERRE (14)] et viennent donc s'ajouter à la liste précédente. Ce sont les Diatomées suivantes :

- Cocconeis placentula* Ehr. var. *klinoraphis* Geitler.
- Cymbella cistula* (Hemprich) Grun. var. *maculata* (Kütz.) v. H.
- Cymbella helvetica* Kütz.
- Diatoma hiemale* (Lyngbye) Heiberg.
- Epithemia argus* Kütz.
- Epithemia turgida* (Ehr.) Kütz. var. *granulata* (Ehr.) Grun.
- Fragilaria capucina* Desmazières.
- Fragilaria construens* (Ehr.) Grun. var. *binodis* (Ehr.) Grun.
- Gomphonema parvulum* Kütz. var. *subelliptica* Cleve.
- Gomphonema ventricosum* Gregory.
- Navicula bacillum* Ehr. var. *Gregoryana* Grun.

Navicula pupula Kütz. var. *mutata* (Krasske) Hust.
Nitzschia paleacea Grun.
Nitzschia thermalis Kütz.
Pinnularia divergens W. Smith var. *undulata* Heribaud et Peragallo.
Pinnularia microstauron (Ehr.) Cleve var. *Brebissonii* (Kütz.) Hust. fo. *diminuta* Grun.
Surirella robusta Ehr.
Parmi les Cyanophycées, nous notons *Merismopedia elegans*

A. Braun et les Chlorophycées suivantes :

Closterium moniliferum (Bory) Ehr.
Closterium pseudolunula Borge.
Cosmarium laeve Rabh.
Oedogonium sp.
Scenedesmus bijugatus (Purp.) Kütz.
Staurastrum pachyrhynchum Nord.
Staurastrum turgescens De Not.

Au total, la florule algale des régions étudiées se compose de trois cent vingt-neuf Diatomées, dix-neuf Cyanophycées et vingt-cinq Chlorophycées.

Le nombre des espèces récoltées dans la Meurthe est de cent quarante-six en amont de Nancy et de cent trente-trois en aval, alors qu'il s'élève à deux cent quatre pour la Moselle. HERFELD [5] explique cette élévation du nombre des espèces de la façon suivante : les eaux mésosaprobies de la Moselle contiennent un grand nombre de formes ubiquistes, auxquelles s'ajoutent les formes oligo et polysaprobies qui sont à la limite de leurs possibilités d'adaptation. On trouve également dans la Moselle quelques espèces montagnardes absentes dans la Meurthe. Le degré hydrotimétrique peu élevé permet également l'existence d'un petit nombre d'*Eunotia* qui y sont localisées et de *Pinnularia*. De plus, le milieu oligohalin de la Moselle est plus favorable au grand développement des Diatomées que les eaux à concentration en sel plus élevée de la Meurthe. Dans ces deux cours d'eau, les Algues non siliceuses sont rares.

L'étude de la Seille a livré cent cinquante et une espèces de Diatomées, soit un nombre assez proche de ceux trouvés dans la Meurthe. Trois espèces saumâtres sont communes aux deux rivières : *Achnanthes brevipes* et sa var. *intermedia* et *Navicula cryptocephala* var. *veneta*.

Le relevé des Diatomées des Marais salés de la vallée de la Seille s'établit à cent quarante-quatre espèces, dont soixante environ sont halophiles. Certaines y sont strictement localisées, les *Mastogloia*

par exemple, et accompagnent quelques Cyanophycées et Chlorophycées qui, habituellement, se rencontrent sur les rivages maritimes.

La composition du phytoplancton diffère de façon assez considérable entre les divers groupes de stations et il faut noter que, malgré des propriétés physico-chimiques voisines, la Moselle possède une florule algale qui s'écarte sensiblement de celle que l'on trouve dans la Meurthe en amont de Nancy.

De même, la Seille et la Basse-Meurthe, avec des eaux très proches au point de vue physico-chimique, ont des florules très dissemblables ; la richesse de la Seille en espèces saumâtres et salées peut s'expliquer par des apports à partir des terrains marécageux qu'elle traverse. Les Marais salés de la Seille ont, pour leur part, une individualité bien marquée et leur florule est riche en halophytes qui pourront être drainées vers la Seille, d'où une certaine parenté des eaux de cette région.

Au stade actuel des recherches, il faut admettre que les cours d'eaux de nos régions possèdent un phytoplancton qui leur est propre et les études que nous poursuivons nous permettront peut-être de préciser les causes de ce fait d'observation.

Conclusions

Dans la Meurthe et la Moselle, nous avons l'association à *Cladophoretum glomeratae* (SAUER, 1937) telle que la donne MESSIKOMMER [12], à l'exception des espèces : *Achnanthes linearis*, *A. minutissima*, *Denticula tenuis*, *Navicula muralis*, *N. schonfeldtii* et *Nitzschia fonticola* qui n'ont pas été signalées dans la région. *Vaucheria sp.* et *Cladophora glomerata* n'apparaissent pas dans les listes des espèces recueillies, car le mode de récolte et le choix des stations ne favorisent pas leur présence. Cependant, des résultats encore inédits de nos recherches nous assurent de l'existence de *Cladophora* dans la Meurthe.

Dans cette association, les Diatomées dominent, comme c'est le cas à chacune des stations étudiées. Cette prépondérance des Algues siliceuses est l'un des faits à retenir dans ce travail.

Nous notons encore la grande facilité d'adaptation de nombreux Diatomées, ainsi que la présence d'espèces caractéristiques de teneurs déterminées en sels minéraux ou en matières organiques.

*Institut Botanique de Nancy.
Laboratoire de Cryptogamie.*

BIBLIOGRAPHIE

- [1] BOSSELER (G.). — Contribution à l'étude algologique de la Meurthe en aval de Nancy.
D. E. S. Faculté des Sciences de Nancy, 1960.
- [2] M^{lle} DAGOT Michelle. — Etude de la flore algale de la Seille, de l'étang de Lindre à Moyenvic.
D. E. S. Faculté des Sciences de Nancy, 1962.
- [3] GERMAIN (H.). — Les lieux de développement et de multiplication des Diatomées d'eau douce. Contribution à l'écologie des Diatomées.
Thèse, Bordeaux, 1935.
- [4] GOMONT (M.). — Les Algues marines de la Lorraine.
Bull. Soc. Bot. Fr., 1908, vol. 55, p. 29 - 36.
- [5] HERFELD (F.). — Recherches hydrobiologiques sur la Moselle entre Liverdun et Custines.
D. E. S. Faculté des Sciences de Nancy, 1962.
- [6] HUSTEDT (F.). — Rabenhorsts Kryptogamen-Flora von Deutschland, Osterreich und der Schweiz, t. VII : die Kieselalgen.
Leipzig, 1927 et suiv.
- [7] HUSTEDT (F.). — Die Süßwasser-Flora Mitteleuropas, t. 10 : Bacillariophyta.
Jena, 1930.
- [8] KOLBE (R.). — Zur Okologie, Morphologie und Systematik der Brackwasser-Diatomeen.
Jena, 1927.
- [9] KOLKWITZ (R.) et MARSSON (M.). — Oekologie der pflanzliche Saprobien.
Ber. D. Bot. Ges., 26, 1908.
- [10] LAMBERT DES CILLEULS (J.). — Le phytoplancton de la Loire et de ses affluents dans la région saumuroise.
Thèse Paris, 1924.
- [11] LEMAIRE. — Les Diatomées des eaux salées de Lorraine.
Le Diatomiste, 1893-1896, t. 2, p. 133-136.
- [12] MESSIKOMMER (E.). — Beitrag zur Kenntnis der Algenverbreitung in der Westschweiz.
Vierteljahrsschrift der Naturforschenden Gesellschaft, in Zürich, 1963, 103, 1, p. 37-69.
- [13] MÖLDER (K.). — Studien über die Okologie und Geologie der Bodendiatomeen in der Pojo-Bucht.
Ann. Soc. Zool. Bot. Ferm. Varromo, 1943, 118, p. 28-58.
- [14] M^{lle} PATOU Claudie. — Etude de la flore algale de quelques Marais salés de Lorraine.
D. E. S. Faculté des Sciences de Nancy, 1962.
- [15] PIERRE (J.F.). — Recherches hydrobiologiques sur la Meurthe en amont de Nancy.
Bull. Soc. Lorr. Sc., 1962, n° 3, p. 52-61.
- [16] ROESCH (C.). — Contribution à l'étude des Diatomées des eaux saumâtres de Lorraine.
Bull. Ass. Philom. Alsace-Lorraine, 1927, 3, p. 162-166.
- [17] WERNER (R.G.). — La microflore du Frankental dans le massif du Hohneck (Vosges Centrales).
Bull. Soc. Lorr. Sc. Nancy, 1959, p. 380-384.
- [18] WERNER (R.G.). — Présence de Diatomées marines en eau douce continentale.
C. R. Acad. Sc., 1960, t. 251, p. 413-415.

**TECHNIQUE D'ETUDE QUANTITATIVE
DE L'HEMOLYPHE
DE CARCINUS MAENAS L. PAR ELECTROPHORESE
EN GEL DE GELOSE (*)**

par

G. DESCOUTURELLE et R. FRENTZ

Par électrophorèse en gélose, l'un de nous (1, 2) a mis en évidence, dans l'hémolymphe de *Carcinus maenas* L., trois fractions protéiques : une fraction D (distale) qui contient l'hémocyanine ; une fraction I (intermédiaire) de nature glycoprotéique ; une fraction P (proximale) formée à la fois de lipoprotéides et de glycoprotéides (fig. 1).

L'importance relative de ces constituants est liée à la mue et à la ponte. Il est évident que l'étude objective de ces liens n'est possible qu'à condition de disposer d'une technique quantitative permettant d'évaluer, avec une précision suffisante, chaque fraction par rapport aux autres. Ce sont les modalités d'une telle technique que nous nous sommes efforcés de mettre au point et que nous nous proposons de décrire et de discuter ici.

I. — Principe

L'échantillon d'hémolymphe centrifugée est amené à concentration protéique constante, puis soumis à une électrophorèse en gélose qui en sépare les différentes fractions. Après fixation, celles-ci sont colorées à l'amidoschwarz et évaluées par densitométrie à l'aide d'un enregistreur d'extinction.

(*) Note présentée à la séance du 12 novembre 1964.

Extrait du D. E. S. Sciences Naturelles présenté par G. DESCOUTURELLE, Nancy, 1961.

II. — Mode opératoire

A. — PRÉPARATION DE L'ÉCHANTILLON.

L'hémolymphe est prélevée par ponction à la seringue dans l'articulation basilaire d'une patte locomotrice. Une quantité de 0,2 à 0,3 ml est suffisante chaque fois qu'une concentration n'est pas nécessaire. Elle devra être plus importante dans les autres cas.

Les éléments figurés sont éliminés par centrifugation à 6 000 tours/minute pendant cinq minutes dans des tubes coniques étroits.

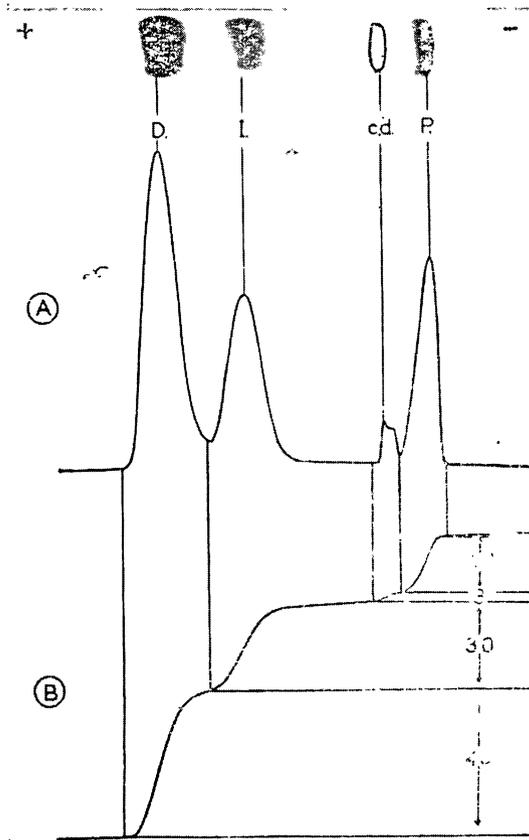


FIG. 1

En haut : Electrophorégramme d'un sérum de Crabe ♀.

A : Courbe des densités optiques des fractions D, I, P et de la cuvette de dépôt c. d.

B : Courbe d'intégration donnant les pourcentages des fractions.

La teneur en protéines du surnageant est estimée par réfractométrie (3) sur une faible fraction de celui-ci, puis amenée à 40 g/l, soit par dilution dans l'eau de mer, soit par pervaporation.

B. — ELECTROPHORÈSE EN GÉLOSE.

Dans ses grandes lignes, elle est réalisée conformément à la technique originale de GRABAR et WILLIAMS (4).

0,1 ml de sérum à 40 g/l est mélangé, à 45° C., à 0,4 ml de tampon véronal/HCl (pH = 8,2) et 0,5 ml de gélose à 2 %. 0,1 ml de ce mélange (soit 0,4 mg de protéines) est soumis à électrophorèse.

Les conditions expérimentales sont les suivantes : tampon véronal/HCl (pH = 8,2, force ionique 0,05) dans les cuves ; gélose à 1 % tamponnée au même pH ; potentiel électrique : 4 volts/cm ; durée : 4 h. 30.

Personnellement, nous avons réalisé ces électrophorèses dans la cuve à usages multiples mise au point par l'un de nous (5).

C. — COLORATION DES FRACTIONS PROTÉIQUES (6).

Les protéines sont d'abord fixées par un bain de deux heures dans une eau acétique à 2 %. Le gel est ensuite réduit à l'état de mince pellicule transparente par dessiccation sous papier filtre dans une étuve à 37° C.

Les fractions protéiques sont alors colorées par immersion durant cinq heures dans une solution tamponnée d'amidoschwarz à 1 %, puis on procède à un lavage de deux heures dans une solution d'eau acétique à 2 % glycérinée.

D. — DENSITOMÉTRIE.

Elle est faite à l'aide d'un enregistreur d'extinction (type II Zeiss) qui transcrit en surface la densité optique de chaque fraction colorée (fig. 1 A). Les rapports de ces surfaces expriment les pourcentages des constituants protéiques. Dans le cas de l'enregistreur II Zeiss, un système intégrateur automatique rend très aisé le calcul de ces pourcentages (fig. 1 B).

III. — Discussion

La validité de la technique est fondée sur une étude critique portant sur quatre points essentiels.

A. — FIDÉLITÉ DE L'APPAREIL.

Elle est pratiquement absolue. Un même électrophorogramme lu plusieurs fois de suite, sans déplacement de la lame sur son support, donne rigoureusement le même tracé.

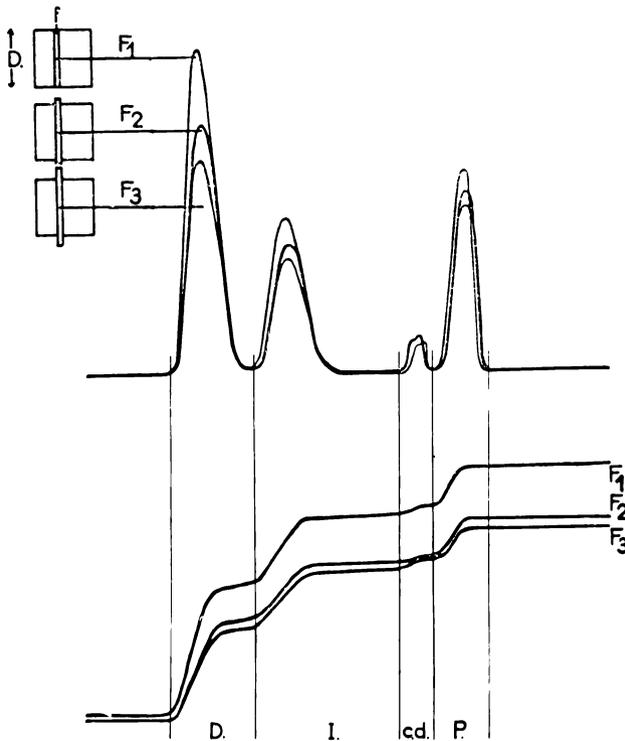


FIG. 2

Influence de la longueur de la fente lumineuse (f) par rapport à la longueur de la fraction distale (D) sur les courbes obtenues à partir d'une même électrophorèse.

F_1 : longueur de fente, 16,5 mm ; F_2 : 19 mm ; F_3 : 22 mm ;
 D : distale ; I : intermédiaire ; c. d. : cuvette de dépôt ;
 P : proximale.

B. — LONGUEUR DE LA FENTE LUMINEUSE.

L'enregistreur Zeiss comporte une fente lumineuse nettement plus longue (30 mm) que les taches protéiques obtenues dans les conditions habituelles de la technique de GRABAR et WILLIAMS (4).

Or, il est évident que le pourcentage de lumière absorbée par rapport à la lumière incidente totale, donc aussi la sensibilité de la mesure, augmentent au fur et à mesure que la longueur de la fente se rapproche de celle de la tache colorée. Cela est parfaitement illustré par la figure 2 qui reproduit les trois courbes à la lecture d'une même électrophorèse par trois fentes de longueurs différentes. Le maximum de sensibilité dans la lecture et de précision dans le calcul des pourcentages correspond à la fente de longueur égale à celle de la tache.

Cependant, le problème se complique du fait que, dans un électrophorégramme réel, les taches correspondant à des protéines différentes ont rarement la même longueur, leur diffusion dans la gélose étant très variable. Si la lecture est faite avec une fente ajustée à la tache la plus diffusée, on introduit une erreur par défaut très sensible pour celles qui ont le moins diffusé. En revanche, si la fente est déterminée d'après la tache la moins étalée, les autres taches se trouveront tronquées, ce qui entraîne une autre erreur.

La meilleure solution est ici celle du moindre mal. Nous l'avons établie empiriquement par des essais répétés qui ont montré que les meilleurs résultats sont obtenus avec une fente lumineuse dont la longueur est celle du réservoir de dépôt (fig. 3).

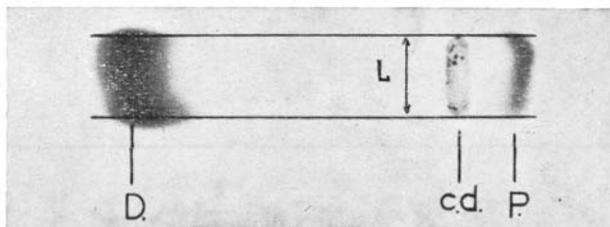


FIG. 3

Le phénomène de diffusion au cours de l'électrophorèse : réglage de la longueur de la fente lumineuse de l'enregistreur d'extinction sur la longueur L de la cuvette de dépôt (c.d.).

D : distale ; P : proximale.

Ces conditions se réalisent très simplement en collant sur la lame support de l'appareil deux bandes rectangulaires de papier noir opaque qui délimitent une voie transparente de 12 mm de large destinée à encadrer la cuvette de dépôt et les taches colorées.

C. — PROPORTIONNALITÉ ENTRE LA CONCENTRATION DE CHAQUE FRACTION ET L'INTENSITÉ DE SA COLORATION.

Comme colorant, nous avons choisi l'amidoschwarz 10 B qui, vis-à-vis de protéines aussi diverses que les protéines sériques humaines, présente des capacités de fixation tellement voisines que l'emploi d'un facteur de correction n'est pas indispensable (7, 8).

A partir d'une hémolymphe contenant 67 g/litre de protéines, une série de vingt dilutions, échelonnées de 3,35 à 67 g/litre, a été réalisée et soumise à électrophorèse. Pour faciliter la comparaison des trois groupes de mesures, nous avons attribué arbitrairement la valeur 250 à la plus grande surface de chaque groupe et calculé proportionnellement les valeurs fictives correspondant aux surfaces réelles pour chaque dilution et pour chaque groupe. Les résultats ainsi obtenus sont illustrés graphiquement dans la figure 4.

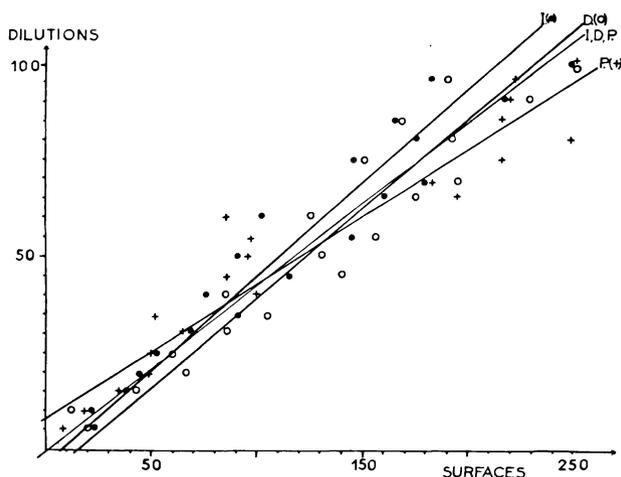


FIG. 4

Proportionnalité entre la concentration de chaque fraction et la surface délimitée par la courbe correspondante.

P (+) : fraction proximale ; I (•) : fraction intermédiaire ;

D (o) : fraction distale ; I, D, P : moyenne des trois fractions.

Pour chaque fraction, nous avons ensuite calculé le coefficient de corrélation entre la surface délimitée par la courbe photométrique obtenue et la dilution du sérum. Ce coefficient r est respectivement égal à 0,95 ; 0,90 et 0,97 pour les fractions D, I et P. La corrélation est donc excellente si l'on considère qu'il y a déjà corrélation réelle pour $r = 0,444$ et corrélation absolue pour $r = 1$ et l'on peut en conclure que la densité optique de chaque fraction est bien proportionnelle à sa concentration protéique.

D. — REPRODUCTIBILITÉ DES MESURES.

1. - *A concentration variable.*

A partir d'une hémolymphe à 50 g/l de protéines renfermant les fractions D, I et P, nous avons préparé, par concentration ou dilution, huit échantillons dont la concentration variait de 10 à 70 g/l de protéines. Chaque échantillon a été soumis à deux électrophorèses et le pourcentage des différentes fractions établi. Les résultats numériques sont rassemblés dans le tableau I.

TABLEAU I
Reproductibilité à concentration variable

Concentrations (g/l)	Numéro des plaques	Pourcentages			
		P	Dépôt	I	D
70	1	19,5	4,5	23,0	52,5
	2	18,0	5,0	25,0	52,0
60	3	18,0	4,5	23,0	54,5
	4	19,5	5,0	23,0	52,0
50	5	18,5	5,5	21,5	54,0
	6	17,5	5,5	20,0	56,5
50	7	20,5	5,0	22,5	52,0
	8	20,5	5,0	22,5	51,5
40	9	20,5	4,5	30,0	44,0
	10	20,0	3,0	26,0	50,5
30	11	20,5	5,0	23,0	51,0
	12	21,5	4,5	23,0	50,5
20	13	20,0	5,5	20,5	54,0
	14	19,5	6,5	20,5	54,0
10	15	13,0	7,5	15,5	62,5
	16	14,5	8,0	16,5	60,5

Pour la fraction D, les paramètres de dispersion sont :

Moyenne \bar{m}	52,5 %
Ecart-type σ	4,42
Erreur - standard	1,10
Coefficient de variation	8,41 %

L'examen des données fait ressortir que les faibles concentrations (10 et 20 g/l) sont, en majeure partie, responsables de cette variabilité.

D'autres essais, effectués avec des hémolymphes d'une concentration supérieure à 80 g/l, ont révélé une perturbation de la séparation électrophorétique : des fragments de gélose, prélevés dans les fractions I et D et soumis à une nouvelle électrophorèse, montrent une forte contamination par les fractions voisines. De plus, la migration électrophorétique elle-même est légèrement ralentie avec de tels sérums.

En définitive, c'est avec une concentration intermédiaire de 40 g/l que nous avons obtenu les meilleures figures électrophorétiques et la reproductibilité la plus satisfaisante.

2. - *A concentration constante de 40 g/l.*

Vingt-quatre électrophorèses ont été réalisées sur une même hémolympe à 40 g/l de protéines qui ne comportait que les fractions D et I. L'une d'elles a dû être éliminée par suite d'un incident technique. Les résultats obtenus pour les vingt-trois autres essais sont donnés dans le tableau II. Les paramètres de la dispersion sont ici, pour la fraction distale :

Moyenne \bar{m}	54,5 %
Ecart-type σ	2,39
Erreur - standard	0,49
Coefficient de variation	4,38 %

Les paramètres de la variabilité sont donc nettement inférieurs à ceux des essais à concentration variable, ce qui signifie que les résultats sont plus cohérents. On a donc intérêt à pratiquer les électrophorèses sur un sérum amené à une concentration en protéines voisine de 40 g/l.

TABLEAU II
Reproductibilité à concentration constante

Numéro des plaques	Pourcentages		
	Dépôt	I	D
1	4,5	44,5	51,0
2	5,0	40,0	55,0
3	4,0	40,0	56,0
4	4,5	37,5	58,5
5	5,0	42,0	53,0
6	3,5	37,5	59,0
7	3,0	38,5	58,5
8	4,5	43,0	52,5
9	4,5	42,0	53,5
10	4,5	44,0	51,5
11	5,5	41,5	52,5
12	5,0	41,5	53,0
13	4,5	40,5	55,5
14	4,5	42,5	52,0
15	6,0	42,5	51,0
16	5,0	38,0	57,0
17	4,5	42,5	53,0
18	4,5	42,0	53,5
19	5,0	39,0	56,0
20	4,5	41,5	54,0
21	3,5	44,5	52,0
22	5,0	41,5	53,5
23	4,0	40,5	55,5

Conclusions

La technique que nous proposons permet, d'une part, de mettre en évidence dans l'hémolymphe de *Carcinus maenas* L. plusieurs fractions protéiques, pluralité qui a été trop souvent négligée jusqu'à présent ; d'autre part, de faire, dans des conditions relativement simples et rapides, l'évaluation quantitative de ces fractions.

Elle a l'avantage de n'exiger que des quantités minimales d'hémolymphe, donc de rendre possible l'étude quantitative de l'évolution de la protidémie chez un même individu en effectuant des prélèvements non nocifs à plusieurs jours d'intervalle.

La proportionnalité entre la densité optique des fractions colorées à l'amidoschwarz et la teneur en protéines a été établie. La reproductibilité des mesures, sans être parfaite, est largement

satisfaisante, surtout si l'on considère l'amplitude très importante de la variation de la protidémie de *Carcinus maenas* L. au cours du cycle d'intermue (valeurs extrêmes observées 5 et 110 g/l).

Les meilleurs résultats s'obtiendront par le respect de quelques règles simples :

- Opérer dans des conditions expérimentales constantes ;
- Ajuster la concentration en protéines des sérums à une valeur voisine de 40 g/l ;
- Régler la longueur de la fente lumineuse de l'enregistreur d'extinction sur la longueur du réservoir de dépôt.

Il est évident que cette technique pourrait également être adaptée à l'étude quantitative de la protidémie chez d'autres Crustacés d'une taille suffisante et chez d'autres Invertébrés.

*(Institut de Biologie générale,
Faculté des Sciences de Nancy,
Directeur : A. VEILLET).*

BIBLIOGRAPHIE

- (1) FRENTZ (R.). — *C. R. Acad. Sci.*, 1958, **247**, p. 2204-2206.
 - (2) FRENTZ (R.). — *Bull. Soc. Sci. Nancy*, 1960, nouvelle série, **19**, mém. I, p. 1-176.
 - (3) TEISSIER (G.), VEILLET (A.). — *C. R. Soc. Biol.*, 1939, **131**, p. 1195-1198.
 - (4) GRABAR (P.), WILLIAMS (C.). — *Biochim. Biophys. Acta*, 1953, **10**, p. 193-194 et 1955, **17**, p. 67-74.
 - (5) FRENTZ (R.). — *Clin. Chim. Acta*, 1959, **4**, p. 340-345.
 - (6) URIEL (J.), SCHEIDEGGER (J.J.). — *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 1955, **37**, p. 165-170.
 - (7) URIEL (J.). — *Clin. Chim. Acta*, 1958, **3**, p. 234-247.
 - (8) URIEL (J.). — *Clin. Chim. Acta*, 1958, **3**, p. 384.
-

L'INDICE DE PETROLE DE COUSSEY (Vosges) (*)

par

Pierre L. MAUBEUGE

J'ai fait état dans des publications relatives aux problèmes pétroliers du bassin de Paris (1), de l'existence d'un indice de pétrole un peu au Nord de Neufchâteau (Vosges). Il s'agit de la localité de Coussey, plus précisément près de l'ancienne halte, sur la voie ferrée Nancy - Neufchâteau, donc à quelque distance du village.

Là, a été exécuté un petit forage carotté, destiné à étudier les changements de faciès de la série Bajocien - Bathonien, sur une ligne partant de Ruppes (Vosges), jusqu'à Saint-Blin (Haute-Marne). Ceci en avril 1957, dans le cadre des travaux de la Société Nationale des Pétroles d'Aquitaine, pour tenter de résoudre les problèmes stratigraphiques que j'avais montré exister dans ces régions, avec changements de faciès importants. Le forage de Coussey était à faible distance du pont routier, en direction de la station, sur l'espace dégagé longeant les voies ferrées et ayant servi de dépôt de matériel aux armées des différentes nations qui s'y sont installées depuis 1939.

Dès la sortie des carottes, tous les observateurs avaient été frappés par des fortes odeurs d'hydrocarbures, avec des imprégnations sèches. Les premiers douze mètres n'avaient pas permis de sortir des carottes. Les indices se situaient dans les calcaires oolithiques compacts du Bathonien de 12 à environ 15 m. Il n'y a plus eu aucun indice jusqu'en fin de forage stratigraphique arrêté à 142 m 70 de profondeur.

(*) Note présentée à la séance du 10 janvier 1963.

(1) P. L. MAUBEUGE. — Erdölprobleme im östlichen Pariser Becken, *Erdöl und Kohle*, 1961, pp. 441-445.

— P. L. MAUBEUGE. — Le problème du pétrole dans le bassin de Paris et plus spécialement dans sa partie Est. *Bull. Soc. Sc. Nancy*, 1960, pp. 29-85, 1 carte dépl.

Toutes ces coupes n'ont jamais été publiées. Quant aux rapports internes originaux, aucun d'entre eux ne mentionne le moindre indice. Sans compter les foreurs, une demi-douzaine de géologues a constaté ces indices avec moi, lors des travaux. J'ignore totalement pourquoi ils n'ont jamais été signalés. Un fait est rigoureusement certain, cette méconnaissance ne résulte en aucun cas d'une mise en doute ou d'une preuve du caractère accidentel des indices.

A l'époque, ces traces d'hydrocarbures à forte odeur aromatique, type produits volatils, étaient assez énigmatiques. Le magasin est déplorable ; il n'y a pas de structure anticlinale fermée à cet endroit ; tout au plus une petite faille vient hacher les terrains (visible dans la tranchée du chemin de fer, couronnée par le Callovien inférieur). On pouvait concevoir un piège stratigraphique aidé par une fissuration liée à la faille, la roche mère étant au moins dans le Jurassique inférieur.

Aucune tentative d'extraction, ni étude chimique, n'a été faite ; je me souviens cependant que les essais de fluorescence en lumière de Wood étaient positifs.

N'ayant aucune raison de douter de cet indice, trouvé d'ailleurs déjà hors de la zone d'affleurement, je considérais pour ma part que ceci était très normal. En effet, on sait que le Callovien inférieur quand il a le faciès calcaire oolithique, le Bathonien, et le Bajocien, livrent des beaux indices et même des productions dans le centre du bassin de Paris.

Ce fait, même isolé, pouvait d'ailleurs conduire à considérer comme valable l'exploration des magasins calcaires du Bathonien en Lorraine méridionale, pour autant qu'il y ait des structures et que le magasin se révèle exister.

Or, tout récemment, des conditions inattendues m'ont amené à réviser mon opinion et à considérer ces indices comme accidentels, la preuve en étant établie.

Appelé à trouver de l'eau par forages sur le plateau entre Coussey et la sation, j'apprenais l'existence d'une petite source dans l'emprise de la S.N.C.F., un peu au NE de la station, donc en direction du forage de 1957. Manifestement liée aux terrains imperméables et perméables, alternant, de la base du Callovien, alimentant des venues indigentes, cette source avait été détruite. En effet, elle s'était révélée fortement polluée par les hydrocarbures, à une date indéterminée, pendant la dernière guerre, soit très

approximativement vers 1945. Les quelques maisons du secteur de la halte étant habitées par intermittence, ou ayant subi des changements d'occupants, tout était vague. Mais la rumeur publique évoquait des vengeances paysannes contre le chemin de fer, dont on avait voulu altérer la source.

L'eau sentait les hydrocarbures et longtemps montra des irisations en surface.

A ce moment, je pensai sérieusement à incriminer des pollutions par suite du dépôt de matériel militaire américain qui avait demeuré longtemps le long de la voie ferrée ; il y avait là des tentes, un atelier mobile et des petits dépôts de bidons d'essence, que j'avais moi-même vus jadis. Cependant, ces bidons étaient de faible capacité et une perte accidentelle suffisante devenait incertaine ; il fallait penser à un jet volontaire de quantités importantes (centaines de litres) pour polluer aussi loin et pendant un temps appréciable. On pouvait d'ailleurs ne pas exclure cela, comme un rejet d'hydrocarbure utilisés massivement pour nettoyage quelconque.

Cependant, il n'y avait pas une concordance chronologique nette, puisque, pour certains, la pollution de la source d'ailleurs assez indigente, était antérieure à l'installation du dépôt évoqué.

La présomption de pollution restait donc cependant sérieusement posée, sans que la preuve soit faite.

Or, parlant à une autre occasion, avec le propriétaire de la maison avoisinant la halte, j'apprenais, cette fois à Nancy, un fait qui paraît tout éclaircir.

Un peu avant la Libération, un train des armées allemandes passait à cette station, chargé entièrement d'essence ; quelques citernes le composaient, mais surtout des plateformes chargées de fûts métalliques. Engagé dans la tranchée, avant le viaduc, et en partie devant la station, ce convoi était attaqué en plein jour par un groupe de maquisards qui engageaient le combat avec les soldats allemands. Ils réussissaient à incendier le convoi, de façon si heureuse pour leurs buts, qu'il fut anéanti. Selon le témoin, les fûts explosaient et volaient à plusieurs dizaines de mètres dans toutes les directions ; si la date exacte n'a pas été retrouvée, la période est certaine : les moissons n'étaient pas rentrées, et les céréales brûlaient en tas et sur pied, les gens du secteur ayant dû lutter contre l'incendie des champs. On conçoit que, dans ces conditions, des centaines, sinon des milliers de litres d'essence

et produits plus lourds se soient à coup sûr répandus un peu partout sur le lieu du combat. Une infiltration a été possible, avec une diffusion latérale assez importante. La source a drainé pendant quelques années des hydrocarbures ; mais une fraction importante est restée en imprégnation, à des profondeurs variables, au hasard des perméabilités selon les points d'infiltration au jour (*).

Une analyse, si elle avait eu lieu et eut été possible, aurait montré dans les carottes du sondage, vraisemblablement du plomb tétrahétyle, ou quelque autre preuve de produit raffiné.

En résumé, il me paraît, sur ces faits, que l'indice de Coussey est à rayer de la liste des rares indices d'hydrocarbures du bassin de Paris.

(*) Le forage pour recherche d'eau en face de la halte n'a montré, en 1962, aucun indice d'hydrocarbures ; si les questions de distance ont pu jouer, bien que la source polluée était assez proche, on peut aussi penser que les hydrocarbures sont montés conformément à la loi anticlinale, pétrolière. Ils se sont donc rassemblés au NE, vers la faille, dans le sens de remontée des couches. Il est possible aussi qu'un très lent lessivage naturel commence enfin à faire sentir ses effets régionalement, éliminant les hydrocarbures.

**UNE UNION SINGULIERE
DANS LE MONDE VEGETAL (*)**

par

R. G. WERNER

Introduction

Bientôt, en 1966, on fêtera un centenaire qui, probablement, passera inaperçu, mais dont l'intérêt réside pourtant, dans une découverte de haute importance biologique ayant profondément modifié l'idée que l'on se faisait de certains Végétaux. Tout le monde connaît ces Plantes singulières nommées « Lichens » et recouvrant les rochers, les troncs d'arbres et même la terre. Les uns les confondent avec des Mousses, les autres les considèrent comme des Champignons sans se douter de leur nature véritable. Leurs formes sont extrêmement variées, soit crustacées et complètement appliquées contre le support, soit foliacées et présentant l'aspect de lames plus ou moins lobées adhérant par des rhizines, soit fruticuleuses et dressées en arbuscules. Les Anciens les avaient classées, comme nous le faisons encore aujourd'hui, en familles, genres et espèces, classification commode et perfectionnée depuis, laissant croire à un groupe cohérent. On essaye vainement et à tort de le dissocier actuellement pour l'incorporer dans l'ensemble immense des Champignons, parmi lesquels il sera noyé et perdu ; ses appareils de reproduction ressemblent, évidemment, à diverses classes de Champignons (Ascomycètes et Basidiomycètes), mais la configuration des spores et des organes de multiplication est, souvent, totalement différente et spéciale, d'où la difficulté de

(*) Conférence du 14 mai 1964.

rattacher ces organismes avec précision à des genres mycologiques sans les désunir. Leur nature particulière, d'ailleurs, plaide en faveur d'un maintien dans un groupement spécial. On ne connaît pas la date d'apparition des Lichens, des fossiles ont été trouvés depuis l'ère secondaire ; mais il est certain qu'ils existaient auparavant, puis se sont modifiés et adaptés aux conditions offertes.

En 1866, le mycologue allemand DE BARY [3] (**) osa douter de la nature simple de certains Lichens et les considéra comme formés par l'association d'une Algue et d'un Champignon. Cette union curieuse d'une Algue menant, en principe, une vie aquatique et d'un Champignon normalement terrestre, fut nommée, plus tard, par lui, symbiose. A cette idée, se rallièrent, bientôt, de 1867 à 1869, le Suisse SCHWENDENER [22, 23] et, en 1872, le Français BORNET [6], tous deux Algologues, en l'étendant à tous les Lichens. Cette énonciation se basait sur des observations dans la Nature. Elle provoqua des réactions violentes de la part des pontifes lichénologistes, le Finlandais NYLANDER, Parisien d'adoption [18, 19], le Suisse MULLER - D'ARGOVIE [16, 17] et l'Anglais CROMBIE [8], qui défendaient àprement l'ancien point de vue, selon lequel la cellule verte, appelée gonidie, était issue du Champignon. La nouvelle doctrine, cependant, prit rapidement de l'extension et les preuves s'accumulèrent lentement, mais sûrement. La Science ignore la durée des travaux, et ce n'est pas la première fois qu'une question mette plus de cent ans pour être éclaircie, voire celle de l'assimilation et de la synthèse chlorophyllienne, pour laquelle il a fallu presque deux cents ans avant d'aboutir à une explication satisfaisante.

La théorie de la nature double des Lichens demandait à être assise sur des bases solides, expérimentales. Or, autour de 1870, les travaux de PASTEUR commençaient à être connus et, avec eux, les conceptions de la culture pure en milieu aseptique privé de germes. Il semblait logique d'appliquer ces méthodes aux Lichens, de façon à prouver ou infirmer la dualité, soit en pratiquant leur analyse par dissociation des deux organismes présumés vivre ensemble, soit en faisant leur synthèse par la réunion des deux associés. En conséquence, nous négligerons volontairement, dans la suite se rapportant à l'expérimentation, tout travail non basé sur les méthodes pasteurienues, les seules satisfaisantes en la matière.

(**) Les chiffres entre crochets se rapportent à la bibliographie en fin de travail.

I. — Cultures analytiques

L'analyse des Lichens avec l'isolement de la gonidie dans le sens pasteurien, ne prêtant pas à équivoque, date de 1913, avec CHODAT [7] et son Ecole genevoise [11, 14, 21, 24]. Ces travaux ont été poursuivis par d'autres, dont ceux de WARREN [31], QUISPEL [20], TOMASELLI et CIFERRI [25, 27], DEGELIUS [9] et les nôtres [32, 36, 38 à 40]. L'Algue croît parfaitement sans le secours d'aucun autre organisme et forme des amas parfois différenciés [36], de couleur verte variable, d'aspects différents, lisse ou ridé, mat ou brillant, sec ou humide, avec ou sans marge, plat ou élevé, de comportement spécial sur les divers milieux de culture. On peut les ramener à des espèces d'Algues libres, mais elles semblent présenter des races nombreuses, particulières, souvent distinctes non seulement selon le Lichen, mais encore suivant la région dont elles proviennent.

L'analyse avec l'isolement du Champignon a été réalisée, pour la première fois, par l'Allemand MOELLER [15]. Il a obtenu un grand nombre de Champignons, issus de Lichens incrustants, à partir des spores qu'il faisait projeter vers le bas sur un milieu nutritif stérile. Après trois semaines, le mycélium devenait visible à l'œil nu et donnait, peu à peu, des amas crustacés composés d'une couche corticale et d'une médulle. Malheureusement, cette étude manque de figures et de précisions qui, par la suite, se sont avérées importantes. — Quarante ans après, depuis 1927, nous avons [32, 33, 35, 37] repris ce travail sur des bases plus modernes avec des Lichens foliacés, fruticuleux et crustacés. La projection des spores est réalisée, vers le haut, sur un milieu gélosé stérile disposé au-dessus des fragments lichéniques fructifiés, diminuant les chances de contamination surtout, ensuite, avec un repiquage fréquent du Champignon. Nous avons, alors, découvert, pour ces spores, un phénomène comparable à la dormance des graines des plantes supérieures. Leur projection s'effectue soit en des mois bien déterminés, variables selon les genres traités, soit durant toute l'année, mais sans toujours être suivie de la germination. La maturité des spores s'étend sur une période depuis la fin de l'hiver jusqu'au début de l'été et, généralement, toutes germent à ce moment, du premier au troisième jour après la projection. Une germination se produisant après le troisième jour n'est, le plus souvent, pas suivie de croissance. La durée de la faculté germinative peut être très réduite pour certains cas [32], fait confirmé par M^{me} KOFLER [12]. Nous maintenons cette opinion

pour les Lichens étudiés sans généraliser pour le moment, car M^{me} KOFLER et M^{lle} BOUZON, dans un travail récent [13], émettent un avis contradictoire ; il est vrai qu'elles ont opéré sur des Lichens différents, sauf dans le cas du *Xanthoria parietina* et sans avoir, pour tous, poursuivi la culture. Au sujet du *Xanthoria*, nous n'avons jamais parlé de « fertilité strictement limitée au printemps », comme ces auteurs le laissent entendre, le mot de « strict » devant, à notre avis, être évité en Science. Les résultats obtenus par nos collègues ne nous étonnent pas, mais contribuent à éclaircir la question, bien qu'elle soit loin d'être épuisée et demande encore de nombreuses nouvelles recherches. Selon ces auteurs, il semblerait que des conditions microclimatiques interviennent pour déplacer, occasionnellement, la faculté germinative dans le temps ; mais, d'après nos propres constatations, nous ne croyons pas que la germination puisse s'effectuer « à n'importe quel moment de l'année », nos collègues avouant, d'ailleurs, avoir obtenu, pour les *Parmelia* examinés entre fin novembre et début février, peu « de germinations tardives », malgré une projection abondante de spores. Toutes ces observations laissent penser également, pour le moment, en attendant d'autres preuves expérimentales, à une spécificité du Champignon à l'intérieur d'un même genre avec l'existence de races, soit régionales, soit géographiques, comme JAAG [10] l'a constaté pour certaines gonidies et nous-même, en particulier pour la gonidie du *Xanthoria parietina* [36]. Ultérieurement, le développement est lent. En l'espace de un à trois mois, selon les genres, un mycélium floconneux se forme, entre deux et cinq mois, un amas minuscule, convexe ; entre cinq et douze mois, selon le genre, avec l'augmentation de taille, la structure commence par se différencier ; enfin, entre un et deux ans, le stade adulte est atteint ; extérieurement alors, chaque Champignon prend une coloration et un aspect qui lui sont particuliers et se rapprochant du Lichen correspondant.

Deux cas plus précis, parmi d'autres [32], peuvent nous servir d'exemples. Le premier est le *Xanthoria parietina* (L.) Th. Fr., Lichen foliacé récolté près de Strasbourg. Son appareil végétatif, le thalle jaune-orange, comprend trois assises bien délimitées, une écorce fongique extérieure, une assise composée surtout d'Algues et une médulle entièrement fongique, filamenteuse, soit une structures hétéromère ; par place, le cortex inférieur s'allonge en rhizines issues de la soudure de poils et servant à la fixation du thalle sur le support. Les spores germent de novembre à mai - juin avec un maximum en mars (pl. I, fig. 1),

se développent en un mois en stade floconneux (pl. I, fig. 2), puis en quatre mois en stade conique (pl. I, fig. 3) de teinte rose, fixé par des poils et différencié en trois couches. Celui-ci devient, en sept mois, un organisme lacuneux (pl. I, fig. 4) en forme de feuille massive et de coloration orange, principalement fixé par un faisceau de poils agglomérés en rhizine ; il produit, par bourgeonnement, de nombreuses colonies secondaires qui, en se développant, atteignent, à l'âge d'un an, un aspect plus aplati se rapprochant davantage du Lichen naturel (pl. I, fig. 5 et 6). Un tel stade présente distinctement les trois assises constitutives, une écorce se repliant sur les côtés et se transformant en cortex inférieur, qui produit, à droite et à gauche, des rhizines, une zone sans gonidies, mais homologue de l'assise gonidiale, une couche médullaire plus lâche et lacuneuse émettant, à sa partie basale centrale, des poils. Caractéristiques sont aussi, dans toutes ces phases du développement, les filaments boudinés, resserrés aux cloisons.

Le second cas est un Lichen fruticuleux provenant d'Alsace, le *Ramalina fraxinea* (L.) Ach. à larges lanières vert-amande, fixé par un disque adhésif. Sa structure anatomique est hétéromère radiaire avec, sous le cortex, une assise gonidiale circulaire. Le Champignon en culture pure, caractérisé par ses longs filaments minces, grêles, traverse initialement des phases semblables à celles du *Xanthoria*. Il donne, en un mois, le stade floconneux, en deux mois 1/2, un amas blanc, conique de la grosseur d'une tête d'épingle (pl. II, fig. 10) qui grandit rapidement et fournit, en trois mois, un amas (pl. II, fig. 11), dans lequel on distingue un début de différenciation avec un cortex dense, une médulle lâche au centre, bordée d'une assise plus claire, et des poils garnissant toute la face inférieure. La colonie gagne, peu à peu, en largeur, se crevasse et prend, entre dix ou douze mois, l'aspect d'un amas vermiculaire ou cérébriforme blanc avec reflets grisâtres ou rosés ; la surface, comme dans le Lichen, est finement gaufrée. Intérieurement, on remarque un cortex externe protecteur, des cavités enveloppés d'une zone corticale interne et, entre ces deux cortex, des portions plus claires correspondant à la médulle ; l'homologue de l'assise gonidiale est moins prononcé que chez le *Xanthoria*, mais se laisse deviner par ses filaments plus resserrés de texture intermédiaire entre l'écorce externe et la médulle (pl. II, fig. 12). Un colonie de un an 1/2 à deux ans forme une masse trapue, subfruticuleuse, de teinte brun-violet à sa base, blanc-rose au sommet (pl. II, fig. 13), de structure anatomique semblable au stade précédent.

Mentionnons deux Lichens incrustants, dont il sera question plus loin, le *Caloplaca vitellinula* (Nyl.) Oliv. et le *Lecania cyrtella* Wain (*), récoltés au Maroc, près de Rabat. La culture de leurs Champignons a été entreprise. Le *Caloplaca*, après germination des spores, donne, en un mois, une colonie en tête d'épingle, blanche, humide, à tendance floconneuse. A deux mois, le stade s'agrandit, devient blanc-rosé, à trois mois, blanc ou rose au centre, blanc sur le pourtour. En cinq mois, il se transforme en un amas incrustant massif, mamelonné, de couleur rose intense qui se maintient de même à un an. — Le *Lecania* se développe identiquement avec, en un à deux mois, une colonie en tête d'épingle blanche teintée de citrin ou de brunâtre. En quatre mois, l'amas se bombe, devient blanc-farineux ; en cinq mois, il est très élevé, ocre clair ou foncé, blanc-floconneux, plus ou moins mamelonné. A sept mois, la colonie de forme incrustante offre l'aspect de grosses masses duvetées, cérébriformes, roses, ne changent plus. L'examen anatomique est à l'étude.

Malheureusement, ces amas ne fructifient pas et ne se laissent rapporter à des Champignons libres, desquels ils divergent beaucoup. Leurs exigences nutritives sont conformes à celles du Lichen dont ils proviennent. Le sucre leur est indispensable comme à tout Champignon, et ils croissent généralement mieux sur des milieux contenant des substances azotées.

Ces cultures ont été confirmées ultérieurement par d'autres Biologistes, dont particulièrement THOMAS [24], QUISPEL [20], TOMASELLI [26, 28].

II. — Cultures synthétiques

La synthèse en culture pure et sous un courant d'air stérile a été entreprise, entre 1886 et 1889, par G. BONNIER [5], qui a réuni l'Algue et la spore germée du Champignon. Cet auteur a assisté à la formation de Lichens, dont le *Xanthoria parietina*, mais ne nous donne aucun détail sur la succession dans la croissance, ni sur les stades intermédiaires avant la constitution définitive. Seuls figurent un dessin du début comme nous en avons également

(*) C'est la f. *octospora* (Choisy), R.G. WERNER (*Syn. Lecania cyrtellinoides* (Choisy) R.G. WERNE décrit in *Bull. Soc. Bot. Fr.*, 1931, 78, p. 456, sous le nom de genre *Lecaniella*.

vu (pl. I, fig. 8) et le stade final. La critique la plus dure sur ses cultures est formulée par CHODAT [7] qui, lui reproche, avant tout, l'absence de pureté initiale pour les Algues. Fâcheusement, personne après lui, même en utilisant une technique identique, mais plus perfectionnée, n'a obtenu un résultat analogue à *partir de la réunion de la spore germée du Champignon et de l'Algue* [1, 2, 20, 24, 29, 32]. Des conditions complexes, variables pour chaque espèce et, de ce fait, actuellement irréalisables en culture pure, semblent jouer dans la formation d'un Lichen synthétique au laboratoire. Des essais tentés à partir de fragments lichéniques, donc d'un Lichen en substance, qui semblent réussir sporadiquement [1, 2, 24], déplacent la question, n'éclaircissent rien et ne nous paraissent pas probants.

Le problème reste ainsi posé.

III. — Observations dans la Nature

Le seul moyen pour surprendre, en dehors de la culture pure, l'élaboration d'un Lichen consistait à découvrir ce développement dans la Nature avec tous ses stades. Cette méthode nous fut suggérée par notre Maître KILLIAN, mais à l'époque, le matériel nécessaire nous manquait. Vers 1930, nous avons eu la bonne fortune de récolter ces stades sur des supports appropriés, très mous, comme les Mousses dans les Vosges et les Plantes succulentes (Agave et Opuntia) au Maroc, qui se laissaient débiter après fixation, en coupes sérielles à l'aide du microtome. L'étude [34] a porté sur des Lichens de forme incrustante, foliacée et fruticuleuse du type hétéromère avec Algues formant une assise dans le thalle, et sur un Lichen fruticuleux homéomère, dans lequel les Algues sont réparties uniformément.

Les deux Lichens de forme incrustante étaient le *Caloplaca vitellinula* et le *Lecania cyrtella* croissant sur Agave et Opuntia. Le premier a un thalle jaune d'or très réduit, des filaments composés d'articles courts petits et resserrés aux cloisons les distinguant nettement du *Xanthoria* et des spores analogues, mais moins grandes. Le *Lecania* possède un thalle cendré-verdâtre également peu développé, des hyphes remplies de gouttelettes d'huile, des spores fusiformes. FREY [10], avec justesse, nous fait remarquer que les Systematiciens considèrent ces deux Lichens comme hétéromères ; nous rectifions volontiers notre opinion émise précédem-

ment [34], basée sur nos coupes dans lesquelles ces thalles apparaissent souvent comme homéomères. Le Lichen foliacé était le *Xanthoria parietina* récolté cette fois sur Agave. Pour les Fruticuleux, notre choix a porté sur un autre *Ramalina*, le *R. evernioides* Nyl. à larges lanières molles, membraneuses et gaufrées, de couleur vert-jaunâtre, de type hétéromère à filaments minces, grêles, se trouvant sur *Opuntia*, et sur le *Leptogium lichenoides* (L.) Zahlbr. (Syn. *L. lacerum* S. Gray) recueilli dans les Vosges, à lobes petits, plus ou moins lacérés, plombées à brun-noirâtre, de type homéomère avec Algues en chapelet et envahissant les Mousses.

Le développement de ces Lichens pris comme types s'effectue en plusieurs phases correspondant à divers états. Dans une première phase, la phase germinative, les spores du Champignon germent et émettent des tubes germinatifs qui rampent sur le support à la recherche de l'Algue. Il n'est pas rare de remarquer, dans les inégalités de ce support, des Algues libres, isolées ou en petites colonies (pl. I, fig. 7 ; pl. II, fig. 7), peut-être échappées d'un ancien Lichen dégénéré. Vraisemblablement, elles conviennent, car les filaments du Champignon s'insinuent entre elles et le substratum pour les isoler et les emprisonner entre des ramifications (pl. II, fig. 1 et 6). Cette constatation contribue à démontrer la dualité des Lichens. L'Algue, probablement stimulée par des substances de nature hormonale émanant du Champignon, augmente de volume et se divise. De nouvelles ramifications mycéliennes séparent les cellules-filles et les entourent (pl. II, fig. 2 et 5). C'est la deuxième phase avec constitution d'un jeune embryon lichénique étroitement appliqué au support, le protothalle. Ce terme, emprunté à TULASNE d'après MEYER et autres [30, p. 33-34, 91], nous est reproché par notre ami Ed. FREY [10], parce qu'amendé ultérieurement par ZUKAL et NIENBURG [*in* 10] et réservé au mycélium à hyphes enchevêtrées et serrées les unes contre les autres, issu de la spore et encore dépourvu de gonidies ; un tel stade correspondrait, en somme, au mycélium floconneux des Champignons lichéniques isolés en culture pure (pl. I, fig. 2). Par homologation avec un tel mycélium, nous avons repris ce même terme pour la deuxième phase de la lichénisation. Si l'on tient cependant à faire les distinctions nécessaires, il faudrait alors appeler l'embryon lichénique *protérothalle*. Dans une troisième phase, le protérothalle s'accroît par un mécanisme identique et forme bientôt un amas conique de type homéomère et de forme incrustante, qui est l'ébauche du thalle primaire ou métathalle. Cette ébauche avec écorce plus ou moins esquissée, que l'on pourrait nommer le promé-

tathalle, évolue rapidement, en une quatrième et cinquième phase en métathalle, par suite d'une différenciation interne. Dans le cas d'un *Leptogium* homéomère, un cortex typique se forme ; intérieurement, les branches mycéliennes, issues de l'esquisse corticale, pénètrent entre le chapelet algal plus ou moins enroulé qui se divise. S'il s'agit de thalles hétéromères de forme incrustante comme le *Caloplaca* ou le *Lecania*, le prométathalle très lacuneux augmente le nombre de ses éléments qui s'intercalent entre les anciens dans les couches externes, évitant leur rupture, et s'infiltrent entre les gonidies, afin de les pousser et les répartir dans les lacunes (pl. II, fig. 3). L'écorce et la médulle restent encore peu différenciées. Chez un Lichen hétéromère, de forme foliacée comme le *Xanthoria*, le prométathalle progresse en métathalle par formation d'une écorce typique, des rhizines font leur apparition, les gonidies se trouvent distribuées en assise gonidiale (pl. I, fig. 9, 10). Le mécanisme du transport des gonidies sous la couche corticale s'effectue d'une façon très originale ; la gonidie, qui était enlacée par les filaments comme la main prenant un objet (pl. II, fig. 6) est amenée dans l'assise gonidiale par l'allongement de l'hyphe, où elle va ensuite se multiplier avec nouvelle séparation des cellules-filles par des ramifications hyphales. — Des processus analogues s'opèrent pour le *Ramalina* fruticuleux, hétéromère (pl. II, fig. 14), sauf qu'ici l'organisme produit, à droite et à gauche, des faisceaux filamenteux fixateurs. Protéothalle et métathalle émettent des stolons correspondant à l'hypothalle des Systématiciens, qui s'éloignent à la recherche d'autres Algues pour fonder, lors d'une rencontre, de nouveaux foyers (pl. II, fig. 8).

Ces cinq phases sont communes à tous les Lichens étudiés. Le métathalle est une forme de résistance apte à supporter des conditions mauvaises comme les chaleurs de l'été marocain. Ces différentes étapes sont entrecoupées de périodes de repos permettant aux éléments de reprendre leur état normal.

En une sixième phase, le métathalle se développe en thalle secondaire ou télouthalle, sur lequel apparaissent, ensuite, les organes de multiplication ou de reproduction. — Chez les Lichens incrustants étudiés, le métathalle s'étend, peu à peu, en longueur et en largeur, peu en hauteur ; il fusionne même avec d'autres et subit, grâce au mécanisme indiqué, une légère différenciation interne en assises plus ou moins nettement déterminées (pl. II, fig. 4). L'ensemble persiste dans la forme incrustante. — Chez les Foliacés et Fruticuleux, le développement se polarise maintenant, de sorte

que l'appareil végétatif progresse soit horizontalement, soit verticalement en longueur. Autrement dit, la croissance en longueur, tant marginale qu'apicale, intervient de concert avec l'interposition dans le cortex, provoquant tantôt l'amincissement, tantôt l'élargissement du petit thalle. Pour les Foliacés, le point végétatif se porte à l'une des extrémités produisant une progression horizontale, centrifuge. Les poils s'agencent en rhizines. L'ensemble prend l'aspect d'une languette qui s'étale en lame plus ou moins remifiée (pl. I, fig. 11). Certaines gonidies, coincées dans les parties basales, finissent par mourir asphyxiées et constituent une zonze nécrale. Chez les Fruticuleux, tantôt le métathalle s'allonge en hauteur comme dans le *Leptogium* (pl. II, fig. 9) par accroissement marginal et apical ; les hyphes entraînent et soulèvent les Algues tout en déroulant les pelotons dans leur allongement vers le sommet thallin, où ils entrent à nouveau en division. Grâce au cortex semi-rigide, très extensible, une telle croissance s'effectue sans blessure. Tantôt, comme pour le *Ramalina*, deux modes sont possibles. La prolifération peut se produire à partir d'un endroit quelconque de l'écorce, au voisinage du sommet du métathalle (pl. II, fig. 16). Dans une colonie déjà solidement fixée, la tension due à la rigidité du cortex cartilagineux est souvent telle qu'il en résulte la rupture brusque de l'assise corticale en un point de faible résistance ; la languette, projetée verticalement en l'air, se maintient dans cette position grâce au cortex rigide, épaissi, contre lequel adhère la couche gonidiale souple, lacuneuse. La médulle, qui est mise à nu, se noue bientôt en pseudo-cortex et la structure radiaire s'organise. Le métathalle reste, parfois, encore visible. Très souvent, dans les stades très jeunes et moins bien fixés, la polarisation se manifeste plutôt vers leur base et agit en direction parallèle au support. Tout le thalle, du côté où s'exerce l'accroissement, est, alors, décollé et se redresse plus ou moins (pl. II, fig. 15). L'arrachement est reconnaissable par la présence de fragments d'hyphes qui restent encore appliqués au support. L'érection complète s'opère avec l'alternance de dessiccation et d'humidité par un phénomène semblable à celui de l'ouverture de l'anneau des sporanges de Fougères. Maintenant, le jeune *Ramalina* s'étire et produit des ramifications avec l'apparition de nouveaux points végétatifs.

Lorsque le Lichen engendre des soralies provoquées par l'éclatement du cortex et émet, en conséquence, des granules composés d'Algues et d'hyphes, chaque granule, appelé sorédie, une fois échappé, commence par se fixer et par bourgeonner (pl. II, fig. 5).

Ces sorédies sont comparables à des boutures et l'homologue d'un protérothalle vagabond.

IV. — Comparaison

Une comparaison entre les Champignons isolés en culture pure et les stades synthétiques observés dans la Nature est très instructive. Considérons les Lichens foliacés et fruticuleux étudiés chez lesquels nous allons trouver le développement complet.

Une colonie, au stade floconneux ou protothalle des Champignons de *Xanthoria* ou de *Ramalina* (pl. I, fig. 2 ; pl. II, fig. 10), n'est jamais que l'homologue du stade synthétique, du protérothalle (pl. I, fig. 9). Par conséquent, les termes employés pour les désigner sont de même valeur et peuvent, nous semble-t-il, être utilisés indifféremment. Le stade conique de trois à quatre mois du Champignon (pl. I, fig. 3 ; pl. II, fig. 11) ressemble singulièrement au stade synthétique encore homéomère ou ébauche du thalle primaire, le prométathalle (pl. II, fig. 3). Une colonie de sept mois, massive, du Champignon du *Xanthoria* (pl. I, fig. 4) ou de dix à douze mois de *Ramalina* (pl. II, fig. 12) rappelle le stade synthétique hétéromère ou métathalle (pl. I, fig. 10 ; pl. II, fig. 14). Enfin, une colonie foliacée d'un an du Champignon du *Xanthoria* (pl. I, fig. 5, 6) ou fruticuleuse de deux ans du *Ramalina* (pl. II, fig. 13) représente grossièrement le télothalle jeune, synthétique, soit de forme foliacée (pl. I, fig. 11), soit de forme fruticuleuse (pl. II, fig. 15, 16).

Ainsi, aussi bien l'expérimentation que l'observation dans la Nature démontrent la prééminence du Champignon qui détermine la forme lichénique et le rôle secondaire joué par l'Algue.

Conclusions

A la suite de l'énoncé de la nature double des Lichens composés d'une Algue et d'un Champignon, les preuves justifiant cette théorie reposaient sur deux modes opératoires possibles : l'expérimentation au laboratoire ou l'observation dans la Nature, afin de découvrir la formation des Lichens.

L'expérimentation consistait en cultures pures dans le sens pasteurien, soit par dissociation ou analyse des deux êtres unis,

soit par la réunion ou synthèse des deux organismes obtenus isolément dès les stades les plus jeunes. L'analyse permet, d'une part, l'obtention des Algues, d'autre part celle du Champignon. Les Algues ont fourni des amas généralement peu différenciés, mais distincts, selon les espèces, par divers caractères et un comportement spécial dépendant du milieu de culture. Les Champignons se sont révélés cultivables, le plus souvent, à partir des spores ; celles-ci, arrivées à maturité à une époque variable et sur une période s'étendant depuis la fin de l'hiver au début de l'été, selon les espèces étudiées, germaient et donnaient un développement identique jusqu'à l'âge de 3 à 6 mois pour tous les Champignons expérimentés. A partir de ce moment, une différenciation s'opérait, tant morphologique qu'anatomique. Finalement, chaque Champignon acquérait des caractères spéciaux le rapprochant du Lichen correspondant.

Par conséquent, des êtres fort différents, l'un aquatique, l'Algue, l'autre terrestre, le Champignon, pouvaient contracter une union d'ailleurs relativement fragile et dépendant des conditions très complexes du milieu extérieur. Il résultait de ces cultures que les Algues ne pouvaient procéder du Champignon selon l'opinion des Anciens. La théorie de la nature double des Lichens était justifiée.

La synthèse ou réunion des deux êtres isolés fut, également tentée, en culture pure à partir de la spore du Champignon et de l'Algue. Elle a toujours échoué jusqu'ici, soit à cause des conditions trop complexes, pour ainsi dire, spécifiques et irréalisables au laboratoire, soit par manque de preuves suffisantes démontrant la succession des étapes dans la formation des Lichens. Des essais à partir de fragments de thalles déjà bien constitués, avec succès d'ailleurs sporadiques et aléatoires, ne peuvent être pris en considération et n'expliquent pas les détails nécessaires.

La clé du mystère nous fut donnée à la suite de l'observation, dans la Nature, de stades de tous âges, depuis la germination de la spore à l'état adulte des Lichens. Ceux-ci, pour s'édifier, traversent six phases. Les deux premières sont marquées par la germination de la spore, la recherche de l'Algue par le tube germinatif et la constitution d'un jeune embryon lichénique, preuve supplémentaire de la dualité des Lichens. Les milieux poussiéreux et farcis de Bactéries ou autres organismes, sur lesquels se produit cette croissance, traduisent l'aptitude du Champignon à réaliser, grâce à l'émission de substances antibiotiques, une véritable culture pure naturelle, dont le résultat est la constitution du Lichen. Les

trois phases suivantes correspondent à l'organisation de l'embryon en un massif de forme plus ou moins conique, dans lequel s'opère, selon le cas, une différenciation. Ces états sont communs à tous les Lichens étudiés. Durant la dernière phase, l'organisme évolue en thalle adulte, soit de forme incrustante, soit de forme foliacée, soit de forme fruticuleuse selon la catégorie de Lichen. Le développement s'effectue par croissance intercalaire, croissance marginale et apicale, finalement polarisée pour les Foliacés et Fruticuleux, et par un élargissement dans le plan. Si la structure est hétéromère, les Algues sont réparties uniformément sous l'écorce par l'allongement des hyphes qui les enlacent et les poussent dans les lacunes du thalle. La durée dans le temps des différentes phases est impossible à préciser. Elle est variable suivant la région botanique, les conditions climatiques locales et l'espèce lichénique ; seule, la culture pure, synthétique, si jamais elle réussissait au laboratoire, pourra la déterminer. Une indication relative pourrait être tirée de la culture pure du Champignon, bien que celle-ci soit plus régulière et se produise dans un milieu confiné, non soumis aux conditions extérieures. Il est certain que la croissance rapide du début se ralentit par la suite, et que l'opération complète, jusqu'à l'aboutissement d'un thalle fructifié, exige, en général, un temps assez long.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] AHMADJIAN (V.). — Investigations on Lichen synthesis.
Americ. Journ. Bot., 1962, 49, 3 (277 - 283), avec la bibliographie des autres travaux de cet auteur.
- [2] ANDERSON (K. A.) et AHMADJIAN (V.). — Investigations on the development of Lichen structures in laboratory controlled cultures.
Svensk. bot. Tidskr., 1962, 56, 4 (501 - 506).
- [3] DE BARY (A.). — Morphologie und Physiologie der Pilze, Flechten und Myxomyceten.
Leipzig, 1866.
- [4] DE BARY (A.). — Die Erscheinung der Symbiose.
Naturf. Vers. Cassel, 1879, 51.
- [5] BONNIER (G.). — Recherches sur la synthèse des Lichens.
Ann. Sci. nat., 1889, 7, 9 (34 pp.).
- [6] BORNET (E.). — Recherches sur les gonidies des Lichens.
Ann. Sci. nat., 1873, 5, 17 (45 - 110).

- [7] CHODAT (R.). — Monographie d'Algues en culture pure.
Mat. Fl. crypt. Suisse, 1913, 4, 2.
- [8] CROMBIE (J.). — Observations on microgonidia.
Grevillea, 1879.
- [9] DEGELIUS (G.). — The Lichen genus *Collema* in Europe.
Symb. bot. upsal., 1954, 13, 2.
- [10] FREY (Ed.). — Die Spezifität der Flechtengonidien.
Ber. schweiz. bot. Ges., 1932, 41, 2 (180-198).
- [11] JAAG (O.). — Recherches expérimentales sur la gonidie des Lichens appartenant aux genres *Parmelia* et *Cladonia*.
Thèse, Genève, 1929.
- [12] KOFLER (M^{me} L.). — Emission et germination des spores chez quelques Lichens de la famille des Umbilicariacées.
Bull. Soc. bot. Fr., 1957, 104, 1-2 (46-52).
- [13] KOFLER (M^{me} L.) et BOUZON (M^{lle} F.). — Emission et germination des spores chez quelques Champignons des Lichens.
85^e Congr. Soc. Sav., 1960 (389-399).
- [14] LETELLIER (A.). — Etude de quelques gonidies de Lichens.
Thèse, Genève, 1917.
- [15] MOELLER (A.). — Ueber die Kultur flechtenbildender Ascomyceten ohne Algen.
Diss., Münster, 1887.
- [16] MULLER-ARGOVIENSIS (J.). — Ein Wort zur Gonidienfrage.
Flora, 1874 (27-29).
- [17] MULLER-ARGOVIENSIS (J.). — Notice sur la nature des Lichens.
Arch. Sci. phys. et nat., 1879.
- [18] NYLANDER (W.). — Animadversiones de theoria gonidiorum algologica.
Flora, 1870.
- [19] NYLANDER (W.). — De gonidiis et eorum formis diversis animadversiones.
Flora, 1877, n° 23.
- [20] QUISPÉL (A.). — The mutual relations between algae and fungi in Lichens.
Rev. Trav. bot. néerl., 1943-1945, 40 (413-541).
- [21] RATHS (M^{lle} H.). — Experimentelle Untersuchungen mit Flechtengonidien aus der Familie der Caliciaceen.
Ber. schweiz. bot. Ges., 1938, 48 (330-416).
- [22] SCHWENDENER (S.). — Ueber die Natur der Flechten.
Verh. schweiz. naturf. Ges. Rheinfelden, 1867.
- [23] SCHWENDENER (S.). — Die Algentypen der Flechtengonidien.
Basel, 1869.

- [24] THOMAS (E. A.). — Ueber die Biologie von Flechtenbildnern.
Beitr. Krpftfl. Schweiz, 1939, 9, 1 (208 pp.).
- [25] TOMASELLI (R.). — Primi dati su ecotipi italiani di *Cystococcus Xanthoriae parietinae*.
Arch. bot. et biogeogr. ital., 1956, 32, 4 (8 pp.).
- [26] TOMASELLI (R.). — Osservazioni su ceppi di *Xanthoriomyces* isolato da Licheni italiani.
Arch. bot. et biogeogr. ital., 1956, 32, 4 (14 pp.).
- [27] TOMASELLI (R.) et CIFERRI (O.). — Un terreno preferenziale per lo sviluppo di alghe lichenizzanti (*Cystococcus* ssp.).
Atti. Ist. bot. et labor. critt. Univ. Pavia, 1957, 4 (8 pp.).
- [28] TOMASELLI (R.). — Modalità di crescita di vari ceppi italiani di *Xanthoriomyces* (Fungo lichenizzante).
Arch. bot. et biogeogr. ital., 1957, 33, 4 (42 pp.); 1963, 39, 4 (20 pp.).
- [29] TOMASELLI (R.). — Esperienze di simbiosi « innaturali » di Licheni « in vitro ».
Atti Ist. bot. et labor. critt. Univ. Pavia, 1958, 5, 15 (134-159).
- [30] TULASNE (L. R.). — Mémoire pour servir à l'histoire organographique et physiologique des Lichens.
Ann. Sci. nat., 1852, 3, 17 (5-128, 153-249).
- [31] WAREN (H.). — Reinkulturen von Flechtengonidien.
Finska Vet. Soc. Förh., 1918, 19, 61, A, 14 (79 pp.).
- [32] WERNER (R. G.). — Recherches biologiques et expérimentales sur les Ascomycètes de Lichens.
Thèse, Paris, 1927, Braun et Cie. Ed., Mulhouse (80 pp.).
- [33] WERNER (R. G.). — Etude comparative de la germination des spores de Lichens.
Bull. Soc. mycol. Fr., 1930, 46 (199-206).
- [34] WERNER (R. G.). — Histoire de la synthèse lichénique.
Mém. Soc. Sci. nat. Maroc, 1931, 27 (45 pp.).
- [35] WERNER (R. G.). — Cultures pures des Champignons des Lichens incrustants.
Bull. Soc. Hist. nat. Afr. Nord, 1934, 25 (130-137).
- [36] WERNER (R. G.). — La gonidie marocaine du *Xanthoria parietina* (L.) Beltr.
Bull. Soc. Sci. Nancy, 1954, N. S. 13, 1 (8-26).
- [37] WERNER (R. G.). — Nouvelles recherches sur les ascospores des Lichens et leur germination.
Bull. Soc. Sci. Nancy, 1956 (2-15).
- [38] WERNER (R. G.). — La gonidie marocaine du *Parmelia tinctoria* Mah et Gill.
Bull. Soc. Sci. Nancy, 1958, N. S. 17, 4 (262-274).

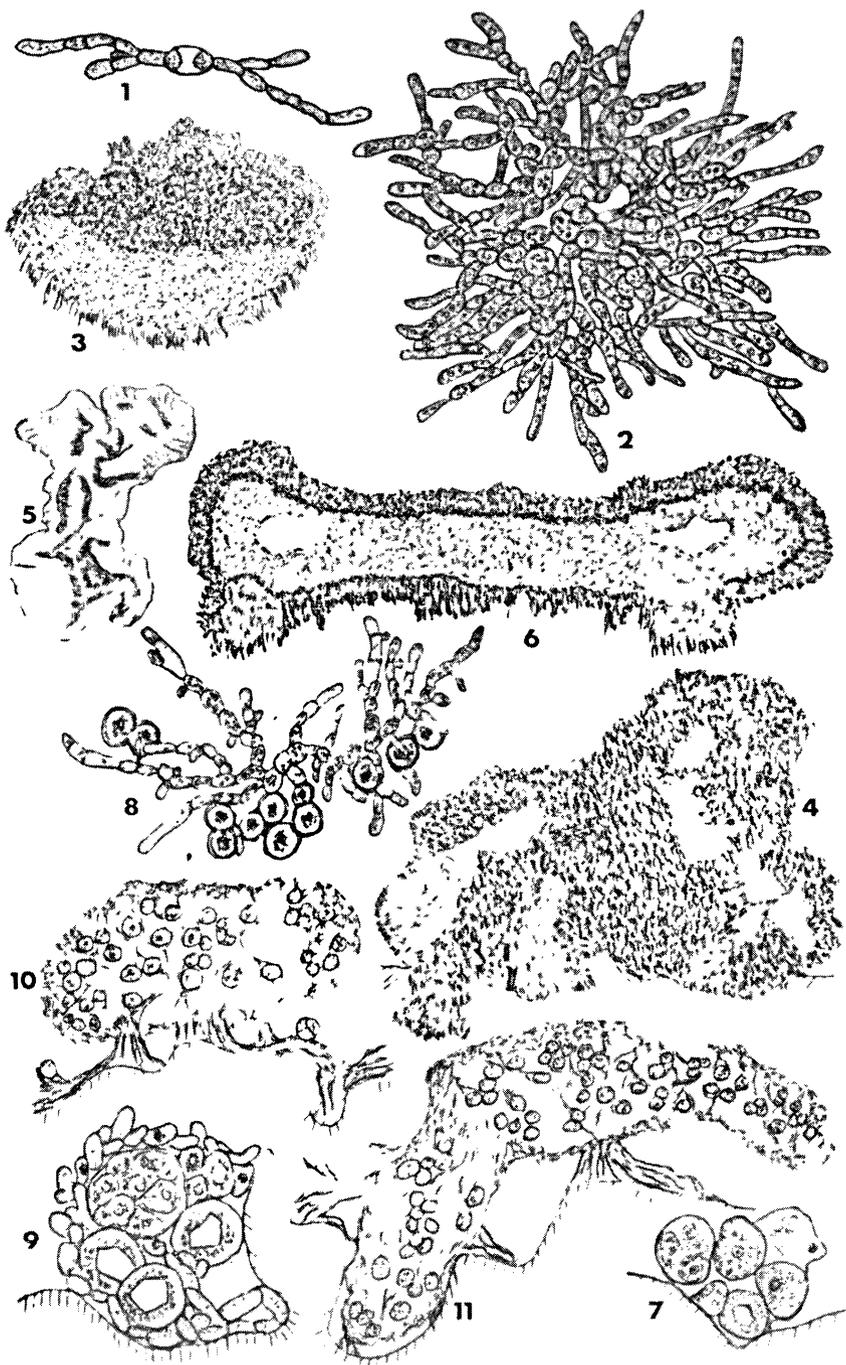


PLANCHE I

- FIG. 1. — *Xanthoria parietina*, germination d'une spore (gross. 400).
- FIG. 2. — *Xanthoria parietina*, Champignon en culture pure, stade floconneux d'un mois (gross. 400).
- FIG. 3. — *Xanthoria parietina*, Champignon en culture pure, forme conique âgée de quatre mois, en coupe transversale (gross. 45).
- FIG. 4. — *Xanthoria parietina*, Champignon en culture pure, colonie massive, âgée de sept mois, en coupe transversale (gross. 20).
- FIG. 5. — *Xanthoria parietina*, Champignon en culture pure, colonie de dix mois, aspect extérieur (gross. 4).
- FIG. 6. — *Xanthoria parietina*, Champignon en culture pure, colonie foliacée, âgée d'un an, en coupe transversale (gross. 20).
- FIG. 7. — *Caloplaca vitellinula*, gonidies à l'état libre sur Agave (gross. 560).
- FIG. 8. — *Xanthoria parietina*, germination de spores avec gonidies en culture pure (gross. 360).
- FIG. 9. — *Xanthoria parietina*, protérothalle sur Agave (gross. 560).
- FIG. 10. — *Xanthoria parietina*, métathalle hétéromère (gross. 266).
- FIG. 11. — *Xanthoria parietina*, téllothalle de forme foliacée, type hétéromère (gross. 266).

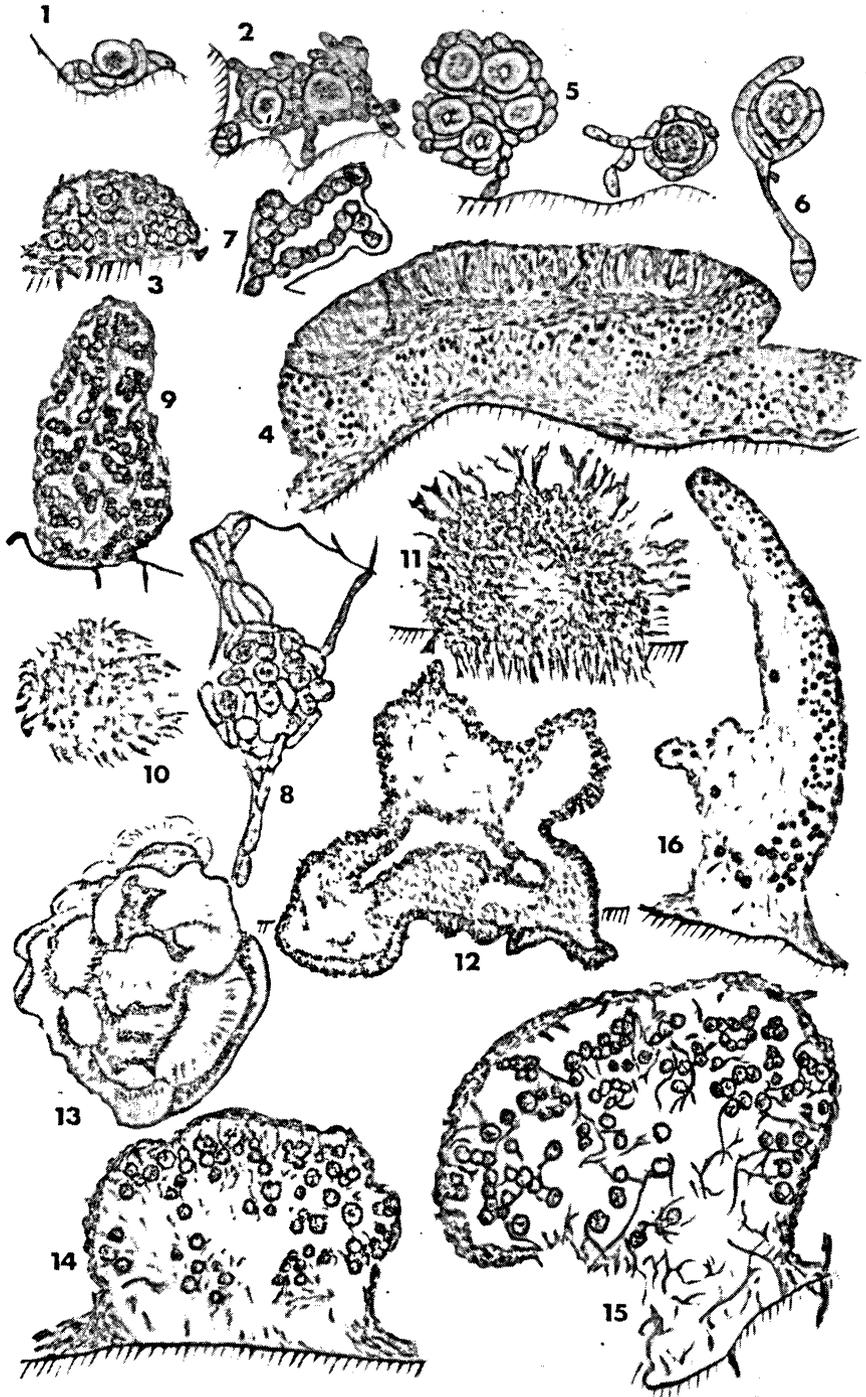


PLANCHE II

- FIG. 1. — *Caloplaca vitellinula* sur Agave, germination d'une spore et captation d'une Algue (gross. 560).
- FIG. 2. — *Caloplaca vitellinula*, formation du protérothalle (gross. 560).
- FIG. 3. — *Caloplaca vitellinula*, métathalle (gross. 266).
- FIG. 4. — *Caloplaca vitellinula*, télothalle de forme incrustante fructifié (gross. 80).
- FIG. 5. — Sorédies et leur développement en protérothalle (gross. 560).
- FIG. 6. — *Lecania cyrtella*, germination d'une spore et captation d'une Algue (gross. 560).
- FIG. 7. — Nostocs à l'état libre sur les Mousses (gross. 560).
- FIG. 8. — *Leptogium lichenoides*, protérothalle sur Mousses (gross. 560).
- FIG. 9. — *Leptogium lichenoides*, télothalle de forme fruticuleuse à structure homéomère sur Mousses (gross. 266).
- FIG. 10. — *Ramalina fraxinea*, Champignon en culture pure, stade de deux mois et demi, en coupe transversale (gross. 45).
- FIG. 11. — *Ramalina fraxinea*, Champignon en culture pure, colonie de trois mois, en coupe transversale (gross. 45).
- FIG. 12. — *Ramalina fraxinea*, Champignon en culture pure, colonie de dix à 12 mois, en coupe transversale (gross. 7).
- FIG. 13. — *Ramalina fraxinea*, Champignon en culture pure, colonie de deux ans, aspect extérieur (gross. 4).
- FIG. 14. — *Ramalina evernioides* sur *Opuntia*, métathalle (gross. 209).
- FIG. 15. — *Ramalina evernioides*, métathalle hétéromère se détachant du support (gross. 199).
- FIG. 16. — *Ramalina evernioides*, télothalle issu du métathalle (gross. 104).

- [39] WERNER (R. G.). — Etude biologique de la gonidie hyméniale de l'Endocarpon pallidum Ach.
Bull. Soc. Sci. Nancy, 1960 (212-220).
- [40] WERNER (R. G.). — La gonidie marocaine du Diploschistes scruposus (Schreb.) Norm.
Bull. Soc. Sci. Nancy, 1961 (158-165).
- [41] WERNER (R. G.). — La gonidie marocaine du Ramalina Usnea (L.) R. H. Howe.
Acad. et Bull. Soc. Sci. Lorraine, 1964 (à l'impression).
-

**UN CONTACT RHETIEN - HETTANGIEN
DANS LE GRAND DUCHE DE LUXEMBOURG (*)**

par

Pierre L. MAUBEUGE

On sait que, si le stratotype de l'Hettangien est pris à Hettange - Grande (Moselle), la situation locale rend accessible seulement la moitié supérieure de la formation du « Grès d'Hettange » (1). Il faut aller plus au Nord pour trouver les affleurements fragmentaires et désespérément peu fossilifères, des horizons marno-calcaires, encore partiellement détritiques, situés entre la masse du grès et les argiles rouge lie de vin du Rhétien terminal. On ne dispose donc là d'aucune coupe continue permettant d'étudier à loisir le contact Trias - Jurassique, décrite ailleurs en détail dans la littérature régionale. Or, il se trouve que, depuis quatre années, une importante coupe artificielle permet d'étudier ce contact, dans le Grand Duché de Luxembourg. On est, certes, là à une quarantaine de kilomètres au Nord d'Hettange - Grande. Mais, contrairement à la Province de Luxembourg, en Belgique, où les faciès changent et s'amorcent des biseaux lithologiques, la coupe en question reste dans la zone de faciès « Grès de Luxembourg », qui est le synonyme du « Grès d'Hettange ». Le Rhétien, malgré ses réductions de puissance, montre encore les « Argiles de Levallois » terminales. C'est donc une occasion, pour les divers spécialistes intéressés, d'étudier une série complète avec la base de l'Hettangien pour compléter, faute de mieux, les notions sur le stratotype. Les caractères notés confirment, d'ailleurs, le peu de données stratigraphiques de portée générale, qui pourraient être tirées d'un forage à l'aplomb du stratotype, comme le pensaient

(*) Note présentée à la séance du 12 novembre 1964.

les géologues familiers avec la géologie régionale ; en effet, l'éventualité d'un sondage spécial, à buts stratigraphiques, avait été évoquée à un certain moment.

Le nouvel affleurement a été succinctement signalé, sans description des horizons jurassiques, dans la très belle étude de P. ANTUN (2). Consacrée au Rhétien, au problème de ses conglomérats, celle-ci souligne et décrit les réductions de puissance considérables du Trias terminal dans le Grand Duché, avec des données entièrement nouvelles. Ce travail décrit également la coupe de la route de Remich - Wellenstein, où le contact du « Grès infraliasique » et des « Marnes irisées » est bien visible. (Depuis, le contact Rhétien - Hettangien y est bien dégagé ; mais comme il s'agit de l'Hettangien de faciès souabe habituel, « Calcaire à Gryphées », sans superposition du « Grès d'Hettange », je ne rapporte pas cette coupe : elle n'offre aucun élément nouveau pour et qui est déjà connu). Ce travail de P. ANTUN, publié seulement en 1960, est en réalité, vu la date de dépôt, bien antérieur à celui paru presque simultanément (3) et rapportant d'ailleurs très brièvement, sans tirer les conclusions générales établies par P. ANTUN, les éléments sommaires de la coupe locale.

La section que je décris ici, pour la base de l'Hettangien, est la continuation ascendante de celle décrite par ANTUN pour le Rhétien, à laquelle je renvoie à ce sujet. Les affleurements sont déterminés par l'énorme tranchée de la nouvelle route (Route E 42) entre l'émetteur de T.S.F. de Radio-Luxembourg, à Junglinster, et la butte de Graulinster.

On notera simplement ici, à propos du Rhétien, qu'il n'a pas été trouvé de plissements dans les grès, ce qui paraît inconcevable si des mouvements cimmériens s'étaient manifestés ; et l'explication que j'ai autrefois avancée (4) des déformations du Rhétien, par suite de mouvements récents, non loin de là, reste la seule vraisemblable.

On lève de haut en bas :

- quelques décimètres de sable jaune à jaune-fauve : « Grès de Luxembourg » ;
- 2 m 50 : bancs de calcaire gréseux brun-jaune à filets ou taches gris-bleu, plus ou moins calcaires, et intercalaires identiques en marno-calcaire feuilleté ; les lits calcaires ont, en général, 0 m 20 ; les manor-calcaires, 0,30 - 0,40 ; pas de fossiles, sauf un jeune *Nautilus* indéterminable vers le milieu ;

- 5 m 80 : les bancs calcaires deviennent bien plus épais, bien que très pauvres en fossiles, ils livrent quelques formes : huitres plates, débris de *Liogryphea* indéterminables ; à 2 m 80 du sommet, une empreinte de petite Ammonite *Schlotheimia* ind. ble ; à 3 m 20, de même ;
- 2 m : marne argileuse, gris-bleu foncé, du faciès des mano-calcaires du « Calcaire à Gryphées », à rares passées plus calcaires en plaquettes minces. Tout en haut, un seul gros coprolithe de Reptile [cf. FIRTION (5)] ;
- 0 m 70 : calcaire marneux brun-jaunâtre par altération, légèrement grésio-micacé, feuilleté et schisteux ; des fins débris indéterminables de Lamellibranches, avec passées irrégulières de marne schisteuse, bitumineuse, papyracé, surtout en bas ;
- 2 m 40 : argile et marne à rares *Radula*, plus ou moins feuilletée, grise à gris-noir, alors très finement micacée ; à 0 m 80 du sommet, une ligne de nodules calcaires, cristallins, de 0 m 30 au maximum, sans fossiles ;
- 0 m 20 : banc de calcaire brun-jaune à taches bleues, un peu sablo-micacé. Un *Plagiostoma gigantea* Sow., rares débris coquilliers indéterminables ; des radioles de *Miocidaris* ;
- 2 m 40 : marne et argile plus ou moins feuilletée, grise à gris-noir, très finement micacée ; des bancs marno-calcaires plus ou moins feuilletés ; des passées de schiste bitumineux papyracé ; des lumachelles dans les bancs marno-calcaires : moules internes de Lamellibranches indéterminables avec *Astarte Heberti* TERQ. et PIET., *Modiola*, *Cardinia* ind. bles, grande *Radula bettangiensis* TERQ., écailles de Poissons, débris de Cephalothorax de Crustacé.
- 0 m 20 : banc de calcaire marneux à rares débris coquilliers et Huitres, mais bois fossilisés en lignite ou jayet, fréquents ;
- 2 m : masse irrégulière formée de bancs marno-calcaires feuilletés, discontinus, brun-jaune à roux et calcaire à taches et filets bleus, plus ou moins sablo-micacé, cryptocristallin ; parfois, c'est un grès calcareux scintillant, surtout pour le banc de base, épais de 0,20 - 0,30. Quand les bancs se décalcifient secondairement, on a un sable roux très friable

et malléable. Fossiles rarissimes : moules indéterminables de Bivalves ; une vertèbre d'*Ichtyosaurus* ; un *Chlamys* sp. ; des *Chondrites* dans les marnes comme dans le calcaire ; quelques *Entolium hebli* d'ORB. et *Entolium* sp. indéterminés. Après de longues recherches, j'ai fini par trouver, dans la partie supérieure, un banc calcaire livrant une demi-douzaine de *Caloceras* engagés dans la roche, le plus souvent indéterminables ; j'y ai reconnu cependant : *Caloceras* aff. *torus* var. *hercynum* LANGE, 1 C. cf. *Johnstoni* Sow. (in DEAN, DONOVAN, HOWARTH, pl. 63).

Le banc de grès calcaire, basal, repose directement sur les « Argiles de Levallois » du Trias terminal : mince bande sommitale d'argile gris-bleu laiteux, taché de rouille orangé, puis argile gr's-bleu clair, peu épaisse passant, à son tour, aux argiles rouge lie de vin, bien connues.

On notera ici le développement de véritables schistes bitumineux, papyracés par altération, comme j'en ai déjà signalés en différents points de l'auréole du Jurassique inférieur de l'Est du Bassin de Paris, dans le faciès « Calcaires à Gryphées ».

Cette coupe confirme si besoin en était le caractère peu fossilifère de la base de l'Hettangien et la rareté des Ammonites. Dans l'état actuel, il est même impossible de tracer la limite entre les zones à *planorbis* et à *angulata* et d'y reconnaître éventuellement, entre les deux, la zone à *Alsatites liasicus* admise par DEAN, DONOVAN et HOWARTH. Ceci est certainement lié au faciès à tendances sableuses ; le stratotype, gréseux, a été malheureusement choisi, pour des raisons historiques et d'usage, avec un affleurement riche en Lamellibranches spéciaux, anormal par rapport au faciès souabe habituel.

Il est cependant certain que la zone à *Psiloceras planorbis* est peu épaisse, comme en Lorraine, bien en-dessous de 2 mètres, vu les trouvailles de *Caloceras*. Il est possible que, seul, le banc de base corresponde à la zone à *planorbis*. La présence de la zone à *Caloceras Johnstoni* est nettement prouvée pour la première fois dans le Grand Duché. Ce profil apporte donc, malgré ses imperfections, de détail, quelques intéressantes précisions biostratigraphiques éclairant le problème de l'Hettangien dans la région des faciès gréseux du stratotype.

Il n'en est pas de même dans le faciès « Calcaire à Gryphées », puisque les fines divisions zonales établies en d'autres points du bassin anglo-parisien ont pu y être retrouvées en Lorraine centrale (1).

BIBLIOGRAPHIE

- (1) MAUBEUGE (P. L.). — Quelques remarques à propos de l'Hettangien, du Sinémurien et du Lotharingien.
Colloque du Jurassique, 1964, *Institut Grand Ducal, Sect. Sc.*, pp. 127-133.
 - (2) ANTUN (P.). — Sur la lithologie des conglomérats rhétiens du Luxembourg et les caractères de leurs galets siliceux pseudoolithiques.
Archives, Sect. Sc., Inst. Grand Ducal, Luxembourg, t. XXVII, 1960, pp. 25-55.
 - (3) LAUGIER (R.). — Observations sur le contact du Rhétien et du Keuper dans le quart Nord-Est du Bassin de Paris.
Colloque sur le Lias Français.
Mém. B. R. G. M., n° 4, 1961, pp. 605-616.
 - (4) MAUBEUGE (P. L.). — Un problème méconnu de géologie appliquée et de géographie physique : les structures superficielles.
Bull. Soc. Sc. Nancy, déc. 1949, t. VIII, n° 213, pp. 24-30.
 - (5) FIRTION (F.). — Coprolithes du Lias inférieur d'Alsace et de Lorraine.
Bull. Serv. Carte Géol. Als.-Lor., t. V, 1938, pp. 27 suiv., pl. IV-VIII.
-