

# **Académie & Société Lorraines des Sciences**

**Etablissement d'Utilité Publique  
(Décret ministériel du 26 avril 1968)**

**ANCIENNE  
SOCIÉTÉ DES SCIENCES DE NANCY  
fondée en 1828**

**BULLETIN  
TRIMESTRIEL**

**1970**

**TOME 9 • NUMERO 4**

## AVIS AUX MEMBRES

---

**COTISATIONS.** — Les cotisations (25 F) peuvent être réglées à M. le Trésorier Académie et Société Lorraines des Sciences, Biologie Animale 1<sup>er</sup> Cycle, Faculté des Sciences, boulevard des Aiguillettes, Nancy. Chèque bancaire ou C.C.P. Nancy 45-24.

**SÉANCES.** — Les réunions ont lieu le deuxième jeudi de chaque mois, sauf vacances ou fêtes tombant ce jour, à 17 heures, Salle d'Honneur de l'Université, 13, place Carnot, Nancy.

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

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

**BULLETIN.** — Afin d'assurer une parution régulière du Bulletin, les Membres ayant fait une communication sont invités à remettre leur manuscrit en fin de séance au Secrétaire du Bulletin. A défaut, ces manuscrits devront être envoyés à son adresse (5, rue des Magnolias, parc Jolimont-Trinité, 54-Malzéville), dans les quinze jours suivant la séance. Passé ce délai, la publication sera ajournée à une date indéterminée.

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

Les clichés sont à la charge des auteurs.

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

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

## AVIS AUX SOCIÉTÉS CORRESPONDANTES

---

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

L'envoi des échanges doit être faite à l'adresse :

Bibliothèque de l'Académie et Sociétés Lorraines des Sciences  
5, rue des Magnolias, parc Jolimont-Trinité, 54-Malzéville

---

**BULLETIN**  
**de l'ACADEMIE et de la**  
**SOCIETE LORRAINES DES SCIENCES**

(Ancienne Société des Sciences de Nancy)  
(Fondée en 1828)

---

**SIÈGE SOCIAL :**

Laboratoire de Biologie animale, 1<sup>er</sup> cycle  
Faculté des Sciences, boulevard des Aiguillettes, Nancy

---

**S O M M A I R E**

R. BRASSART : La docimologie .....	510
H. COURBET : Etude de différents procédés d'extraction du contenu des spores de fougères .....	525
J.-F. PIERRE : Le ruisseau de Foirou : Contribution à l'étude hydrobiologique des affluents de la Meurthe .....	534

## LA DOCIMOLOGIE \*

par  
R. BRASSART \*\*

Docimologie, mot fabriqué par Henri PIERON à partir de deux mots grecs « Dokimasia » épreuve et « logos » science, serait donc la science des examens. En réalité, ce mot a vu son sens sinon déformé, tout au moins étendu. La docimologie est aujourd'hui la science de la notation et le problème de l'examen comme celui du contrôle continu des connaissances ne sont que des aspects particuliers de la docimologie.

Je ne suis pas un professionnel de la docimologie. C'est en 1945, à propos des Classes Nouvelles à Angers, que j'ai découvert ce problème mais c'est en 1962, à Montpellier, à propos des Classes Homogènes, que j'ai été amené à remettre complètement en cause la valeur de la notation. Ce sont donc des problèmes concrets qui m'ont poussé à m'intéresser aux travaux antérieurs sur la notation et à rechercher des solutions.

En réalité, il est curieux de constater — et j'en ai fait l'expérience en octobre 1968, lorsque je publiais dans le département de Meurthe-et-Moselle une circulaire sur la notation — combien sont peu nombreux les enseignants, a fortiori les personnes étrangères à l'enseignement, qui connaissent les travaux de PIERON et de LAUGIER. Ceux-ci ne sont cependant pas récents puisque c'est en 1922 qu'ils furent réalisés sur le certificat d'études primaires et que c'est en 1936 que furent publiés les résultats de l'enquête réalisée sur le baccalauréat.

Peut-être cet état de choses a-t-il son origine dans le fait que, dès le départ, la docimologie s'est engagée dans une voie plus négative que positive. Les travaux devinrent immédiatement des travaux de critique des méthodes traditionnelles d'évaluation des résultats scolaires et universitaires. Or, comme le signalait récemment la Revue de pédagogie :

« Le système traditionnel des examens a, en effet, reçu en France une telle consécration qu'il a pris une sorte de dimension philosophique et sociale. Jusqu'à ces derniers temps, il a semblé réunir toutes les conditions requises pour réaliser la justice et répondre aux aspirations

---

\* Conférence donnée à la séance du 8 janvier 1970.

\*\* Inspecteur d'Académie en résidence à Nancy.

les plus sainement démocratiques. L'anonymat des épreuves, les obligations d'âge et d'études, l'impartialité des examinateurs, la souveraineté de jurys imperméables aux influences extérieures : tout paraissait concourir à rendre indiscutées et indiscutables les décisions sans appel des jurys. »

Critiquer les examens, c'était donc porter atteinte à l'équilibre social, détruire les raisons mêmes d'une société basée sur le diplôme. On préféra le silence dont les enseignants furent complices car, eux-mêmes notateurs, ils craignaient de voir leur autorité sapée par les conclusions de ces travaux.

Noter, c'est mesurer. Quoi ? J'y reviendrai plus loin. Mais toute mesure nécessite l'emploi d'un instrument. Il était donc normal que la docimologie se préoccupât dès le début de savoir si cet instrument était juste, fidèle, sensible. Ce sont là les qualités d'une balance. Demandons-nous même si les poids ne sont pas truqués ou tout au moins si l'étalon de mesure est un invariant.

Les recherches entreprises à ce sujet sont nombreuses et diverses. Je me contenterai d'en citer quelques-unes. Des copies du baccalauréat de la série Philosophie ont été réparties entre dix-sept jurys en ne tenant compte que de l'ordre alphabétique et non des établissements dont elles étaient issues ni d'aucun autre critère. On peut donc considérer que ces dix-sept lots de copies étaient absolument identiques. De même les copies de Mathématiques élémentaires furent réparties entre treize jurys. Les moyennes obtenues diffèrent profondément : pour l'épreuve écrite de Mathématiques en mathématiques élémentaires, la moyenne de chacun des lots varie suivant le jury de 5,81 à 9,06 et pour celle de Philosophie de 8,20 à 9,50. Je rappelle qu'il s'agissait de lots identiques.

Remarquons que la dispersion des moyennes est nettement plus grande en Mathématiques qu'en Philosophie. Remarquons également que les conséquences de ces fluctuations des moyennes des lots étaient graves sur le résultat de l'examen puisqu'en série Philosophie le pourcentage des admissibles variait d'un jury à l'autre de 48 % à 61 % et en Mathématiques élémentaires de 31 % à 53 %.

Une deuxième série de mesures a consisté à faire corriger cent copies par cinq correcteurs, en s'arrangeant évidemment pour que chaque correcteur ignore les appréciations de ses collègues. La moyenne des notes données par chacun des cinq correcteurs varie de l'un à l'autre. C'est ainsi qu'en :

	Moyenne la plus basse	Moyenne la plus élevée	Ecart
Version latine .....	5,15	9,37	4,22
C. F. ....	6,32	10	3,68
Philosophie .....	7,65	11,23	3,58
Anglais .....	7,17	9,60	2,43
Mathématiques .....	7,01	9,16	2,15
Physique .....	7,11	9,48	2,37

Mais c'est sur l'accord réalisé par les cinq correcteurs sur une même copie que l'intérêt est plus grand :

	Accord pour une note supérieure à la moyenne	Accord pour une note inférieure à la moyenne
sur cent copies de Mathématiques ..	22	42
Physique .....	13	37
Version latine ..	10	40
Anglais .....	16	37
Français .....	9	21
Philosophie .....	10	9

Le hasard intervient donc pour :

- 36 % en Mathématiques
- 50 % en Physique
- 50 % en Version latine
- 43 % en Anglais
- 70 % en Français
- 81 % en Philosophie

La moyenne des écarts de notation pour une même copie entre les cinq correcteurs est de :

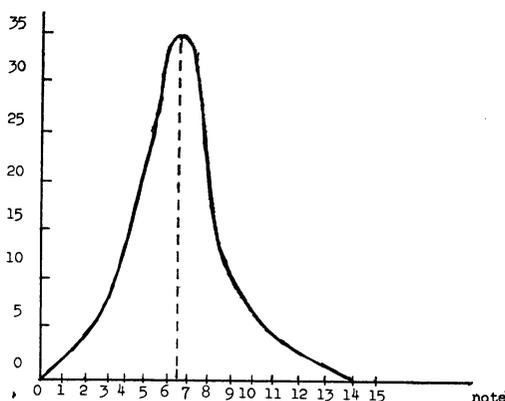
- 2,05 en Mathématiques
- 1,88 en Physique
- 2,97 en Version latine
- 2,24 en Anglais
- 3,29 en Français
- 3,36 en Philosophie

L'écart maximum pour une copie entre deux des cinq correcteurs était de :

- 9 points en Mathématiques
- 8 points en Physique
- 12 points en Version latine
- 9 points en Anglais
- 13 points en Français
- 12 points en Philosophie

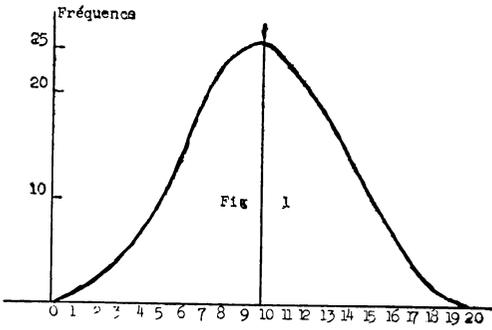
Certains réclament depuis quelques années la double correction dans les deux disciplines dont la notation est la plus contestée, Français et Philosophie. Remarquons immédiatement que les écarts entre les notes données par cinq correcteurs sont tels qu'on peut mettre en doute l'efficacité d'un tel système.

La courbe ci-dessous donne le graphique de distribution de notes données à une même composition française par soixante-seize correcteurs. La note moyenne est de 6,5 mais il est facile de constater qu'on n'obtiendra ce résultat avec deux correcteurs que s'ils se placent de part et d'autre de la note moyenne. Or, il y a autant de chances qu'ils se placent tous les deux du même côté.

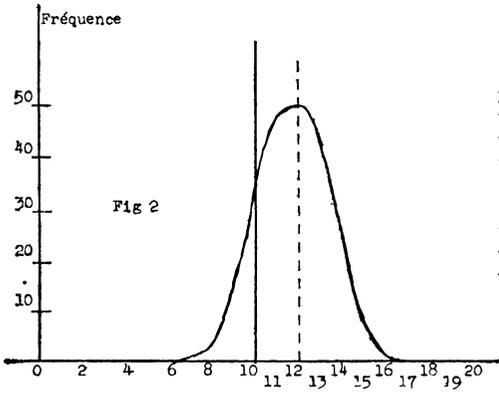


On a pu calculer à partir des résultats précédents le nombre de correcteurs nécessaire pour obtenir la note « exacte ». Ce nombre varie beaucoup d'une discipline à l'autre. De 13 en mathématiques, 16 en physique, 19 en version latine, il atteint 78 en français et 127 en philosophie.

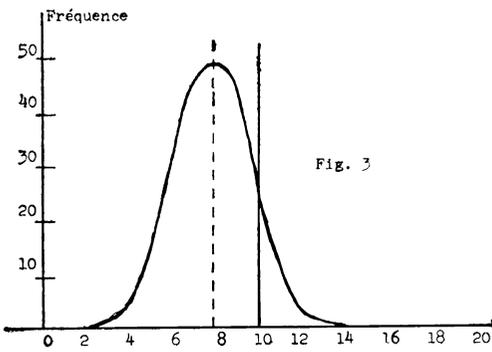
Nous avons beaucoup insisté sur les différences de notation entre divers correcteurs d'une même copie, et pour un même lot de copies sur les différences de moyenne. En réalité, il y a lieu de tenir compte d'un autre phénomène, la dispersion des notes.



Notes	Fréquence	Effectifs cumulés
19 ou 1	1	1
18 ou 2	2	3
17 ou 3	5	8
16 ou 4	8	16
15	13	29
14	16	45
13	18	63
12	22	85
11	24	109
10	25	134
	<hr/> 134	



Notes	Fréquence	Effectifs cumulés
20	0	
19	0	
18	0	
17	0	
16 ou 8	2	2
15 ou 9	12	14
14 ou 10	28	42
13 ou 11	44	86
12	48	134
	<hr/> 134	



Notes	Fréquence	Effectifs cumulés
20		
19		
18		
17		
16		
15		
14		
13		
12 ou 4	2	2
11 ou 5	12	14
10 ou 6	28	42
9 ou 7	44	86
8	48	134

Les figures 1, 2, 3 donnent la répartition des notes attribuées à 268 copies par trois correcteurs. En ce qui concerne la moyenne des notes, nous constatons une première différence. Elle est égale à 10 pour le premier correcteur, 12 pour le deuxième, 8 pour le troisième. Mais en ce qui concerne la dispersion des notes, la différence est encore plus grande : pour l'un, elle est égale à 18, les notes s'étalant de 19 à 1, pour le second et le troisième, elle est égale à 8, les notes s'étalant de 16 à 8 et de 12 à 4.

Imaginons un candidat excellent dans une discipline à coefficient 4 et faible dans une discipline à coefficient 1. C'est, si nous supposons un examen limité à ces deux disciplines, un candidat très valable. Précisons qu'il est dans les douze meilleurs sur 268 dans la première discipline et dans les douze derniers pour la seconde. Si pour la première épreuve, il est corrigé par un correcteur de type I, il obtient 16 sur 20 et si, pour la seconde, il est corrigé par un correcteur de type II, il obtient 9, soit avec le jeu des coefficients  $64 + 9 = 73$ , soit 14,6 sur 20. C'est la mention Bien. Inversement, si pour la première épreuve, il est corrigé par le correcteur de type III, il obtient 11 et pour la deuxième épreuve, corrigé par un correcteur de type I, il obtient 4, soit, avec le jeu des coefficients,  $44 + 4 = 48$ , soit 8,6 sur 20, c'est l'échec. Ainsi, la dispersion des notes peut, se combinant avec l'effet de la moyenne, fausser complètement le jeu des coefficients.

Remarquons également que s'il s'agissait d'un concours où la moyenne 10 est exigée, nous aurions avec le correcteur n° 1 134 reçus, avec le correcteur n° 2 254 reçus, avec le correcteur n° 3 seulement 28 reçus.

On s'efforce parfois, dans les examens, de placer dans le même jury un correcteur sévère à côté d'un correcteur indulgent, mais si l'on tient compte alors de la moyenne, on néglige l'effet de la dispersion. Ainsi, le correcteur n° 2 est alors considéré comme plus indulgent que le correcteur n° 1. Or, il ne donnera à notre candidat excellent dans sa discipline que la note 15. Avec le jeu des coefficients, ce dernier n'obtiendra que 60 (correcteur n° 2) + 5 = 65. C'est la mention Assez Bien.

Une autre absurdité réside dans le fait que la moyenne exigée dans les examens est 10. Or, par le jeu des compensations — indulgence, sévérité —, on aboutit souvent à une courbe plus ou moins étalée dont le maximum est justement situé à la note 10. En admettant une incertitude d'un point, on peut prétendre que les candidats ayant une note supérieure à 9 méritent d'être reçus autant que ceux ayant eu la note 11. Or, par le fait que nous sommes placés à la note

10, un déplacement d'un point conduit à recevoir vingt-quatre candidats supplémentaires, soit près de 10 %. Nous verrons plus loin, dans le système des niveaux, que sont placés dans le même groupe les élèves ayant sensiblement des notes comprises entre 8 et 12. Le système actuel des examens conduit donc à faire un tri arbitraire entre cent dix-sept candidats de valeur sensiblement égale.

Ces résultats inquiétants sont-ils dus à l'incompétence des correcteurs, à leur insouciance ou sont-ils mathématiquement normaux ? Une expérience machiavélique a été faite en demandant à trois professeurs de physiologie de la Faculté des Sciences de Paris et à une jeune bachelière de philosophie de corriger une même série d'épreuves du Certificat d'Etudes Supérieures de Physiologie de cette Faculté. Les notes données par la lycéenne présentaient avec celles données par les professeurs la même corrélation que celle existant entre les professeurs eux-mêmes.

Ceci ne doit pas nous étonner car le correcteur est un homme qui, à certains moments de fatigue, peut laisser passer des fautes, qui peut s'impatienter du retour fréquent de la même erreur et noter plus impitoyablement les dernières copies corrigées, qui peut se laisser influencer positivement ou négativement par la copie qu'il vient de corriger immédiatement avant. Il peut être impulsif et surnoter ou sousnoter telle copie où il aura trouvé une idée intéressante ou une erreur grave. Enfin, il est normal qu'il soit influencé par le niveau même de la classe dans laquelle il enseigne. Or, il serait faux d'imaginer que ce niveau est sensiblement le même. Une enquête a été réalisée il y a quelques années, sur le niveau *moyen* des classes de troisième en français et en mathématiques. Les résultats figurent dans le tableau ci-dessous. (Précisons que les épreuves utilisées et le barème appliqué permettaient d'arriver à une certaine objectivité).

	Lycées classiques (164 classes)	Lycées techniques (72)	C.E.G. (165)
Français maximum . . . . .	15	12	13,5
minimum . . . . .	6,75	5,75	6,5
Mathématiques maximum	13,5	12	13,5
minimum.	3,25	3,75	4

Une remarque est cependant nécessaire. L'enquête a été faite à une époque où la démocratisation de l'enseignement n'était encore qu'à ses débuts. En absence de C.E.S., les lycées recrutaient les meilleurs élèves en français, laissant aux C.E.G. les moins brillants. Il n'en reste pas moins que les écarts dans une même catégorie d'établissements sont considérables tant en français qu'en mathématiques.

La source principale d'erreur réside cependant dans le fait que les correcteurs n'attachent pas la même importance aux différents facteurs. Dans l'enquête réalisée par les soixante-seize correcteurs et dont j'ai parlé plus haut, on a pu constater que certains de ces professeurs de français se fiaient à l'impression globale suscitée chez eux par la lecture de la copie, que d'autres exigeaient une parfaite compréhension du sujet, d'autres une rigueur du plan, d'autres une richesse des idées, d'autres une correction de la forme. Les correcteurs réagissant selon leurs goûts propres et selon leur conception de la culture ne « mesurent » pas la même chose. Ils « notent » donc différemment.

Un même correcteur est-il fidèle à lui-même ? L'expérience a été faite en confiant à un même correcteur, à deux mois d'intervalle, le même paquet de copies. On constate que la dispersion des notes varie assez peu, qu'il en est de même pour la moyenne mais que le classement des copies varie considérablement d'une correction à l'autre. Tout se passe comme si la courbe de GAUSS ayant été conservée, on avait chargé une autre personne de répartir les copies. Ceci remet en cause la validité de la composition trimestrielle et du classement puisque la même composition corrigée à deux mois d'intervalle ne donnerait pas les mêmes résultats, à l'exception peut-être des premières et des dernières.

Les mêmes défauts se retrouvent-ils à l'oral ? On a enregistré sur bande magnétique des interrogations de physique quelques jours avant que les élèves ne passent les épreuves du Baccalauréat de Mathématiques Élémentaires. Ces enregistrements furent soumis au jugement de professeurs chevronnés. Les divergences sont encore beaucoup plus grandes qu'à l'écrit tant en ce qui concerne la moyenne, que la dispersion ou le classement. Aussi, à un moment où certains réclament la substitution d'épreuves orales aux épreuves écrites, on peut être très inquiet et se demander si les intéressés ont la moindre notion docimologique !

Un autre type d'épreuves orales est l'« entretien » qui, portant sur la culture générale du candidat, sur ses intérêts, ses goûts... semble avoir la faveur d'étudiants ou de professeurs. Or, une expérience faite en Angleterre il y a une quarantaine d'années a montré que les notes obtenues par un même groupe de candidats devant deux jurys différents étaient telles qu'on peut prétendre à une corrélation nulle.

En France, l'oral est considéré comme un facteur corrigeant les erreurs de l'écrit. Des études ont été faites pour déterminer la corrélation entre l'écrit et l'oral dans divers examens. Elles ont abouti à

des résultats décevants puisqu'entre les notes obtenues par les candidats à l'écrit et à l'oral la corrélation est si faible qu'on peut pronostiquer plus exactement la note d'un candidat à l'oral en la tirant au sort compte tenu de la dispersion des notes et de la moyenne de l'interrogation, qu'en considérant la note obtenue à l'écrit.

Je n'ai considéré jusqu'ici que le côté « correcteurs ». En admettant que nous puissions déterminer la note *vraie* méritée par un élève, celle-ci représente-t-elle sa vraie valeur ?

Je ne désire pas insister sur les aspects psychologiques de la docimologie — deux élèves intelligents, aussi travailleurs l'un que l'autre auront un comportement différent devant l'examen ou simplement la composition —, sur l'aspect social — certains élèves poussés par leurs parents négligeant tout le travail ordinaire pour préparer la composition —, sur l'aspect moral — la fin justifie les moyens même la fraude — ou sur l'utilisation de certaines spécialités pharmaceutiques.

Mais il y a un aspect de la composition ou de l'examen qu'on ne peut négliger : le rôle de la chance. Elle intervient avant l'épreuve — le candidat est en plus ou moins bonne forme —, elle intervient pendant l'épreuve — erreur de calcul —. Elle intervient surtout par le choix du sujet qui peut favoriser l'un ou défavoriser l'autre (en mathématiques, nature du problème de géométrie ; en français, intérêt pour tel sujet).

A ces critiques techniques sur la valeur des examens s'en ajoutent d'autres tout aussi importantes. Il y a, en premier lieu, l'influence de l'examen sur l'enseignement lui-même. On ne peut nier l'existence d'un bachotage qui a été mis en valeur par une expérience très simple : elle a consisté à donner aux mêmes élèves, à un an d'intervalle, les mêmes épreuves. Il s'agissait, la première année, d'élèves de cours moyen au nombre de 1.000. Les trois quarts furent, à la suite de ces épreuves, admis en sixième. L'année suivante, les élèves restés à l'Ecole primaire dominèrent très nettement leurs camarades entrés en sixième, ce qui met en évidence le rôle du maître dans la préparation de l'examen.

Ce bachotage prend même, à un niveau supérieur, celui de la préparation au concours de recrutement aux grandes Ecoles, un aspect assez scandaleux ! En essayant de placer ses élèves dans une position meilleure que celles d'autres taupes, le professeur de Spéciales fausse le concours car finalement les différents candidats ne partent plus avec des chances égales et c'est plus le métier du professeur que les qualités du candidat que jugent les correcteurs.

On ne peut nier également la responsabilité qu'ont les examens dans la désorganisation de l'année scolaire. Enfin, les examens sont-ils justifiés dans un système scolaire qui veut scolariser 95 % des enfants d'une tranche d'âge ? Ne contribuent-ils pas à dégoûter les élèves moyens et faibles des études ? Ne renforcent-ils pas l'individualisme égoïste des meilleurs élèves ? Ne s'opposent-ils pas à cet esprit coopératif, à ce travail d'équipe qu'implique la rénovation pédagogique ?

C'est pourquoi certains ont préconisé leur suppression. Mais par quoi alors les remplacer ? Par les compositions ? Il ne peut en être question car, nous l'avons vu, on ne peut faire confiance au classement d'un professeur puisqu'il varie d'une correction à l'autre. D'autre part, notre système scolaire nous oblige alors à comparer les notes données par les divers professeurs. Le vrai problème reste donc de faire en sorte que les notations soient comparables.

La circulaire ministérielle du 6 janvier 1969 déclare :

« Il est bon de prendre conscience de la relativité de la note et par suite d'écartier les procédés dont la précision apparente est trompeuse. La notation chiffrée de 0 à 20 peut être abandonnée sans regret » et elle préconise tout d'abord l'emploi d'appréciations globales telles que : Très satisfaisant, Satisfaisant, Moyen, Insuffisant, Très insuffisant. Si les défenseurs de cette conception espèrent trouver une échelle de référence absolue, ils se trompent, car il est bien évident que tous les correcteurs ne peuvent mettre sous ces mots le même sens puisqu'ils ne sont pas d'accord sur ce qui peut être exigé.

Cependant, dans l'appréciation ponctuelle, c'est-à-dire dans la notation donnée à chaque exercice isolé, leçon, devoir, je ne vois que des avantages à utiliser ce système à condition qu'il s'agisse là d'une information ponctuelle et à usage externe et qu'elle ne soit pas utilisée pour apprécier la valeur d'un élève par rapport à un autre élève.

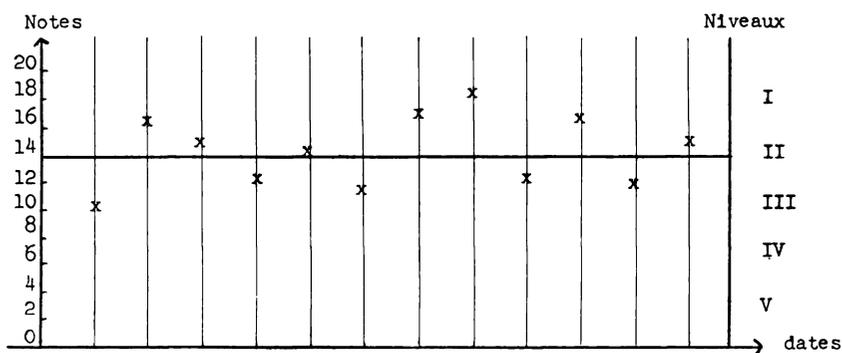
La même circulaire ministérielle envisage également la notation sur cinq. Sa substitution à l'échelle de 0 à 20 a provoqué une levée de boucliers. Il est regrettable qu'à l'origine il y ait un malentendu. Noter un exercice isolé à l'intention des parents sur 5 au lieu de le noter sur 20, je n'y vois aucun inconvénient, bien au contraire. Il n'y a d'ailleurs aucune différence avec la notation verbale ou la notation littérale A B C D E. Mais c'est se tromper que d'espérer par là obtenir une précision plus grande.

Certes, on peut croire que le professeur utilisant la notation de 0 à 5 sera amené à augmenter la dispersion de ses notes ; autrement,

les correcteurs n° 2 et n° 3 (voir page 515) bloqueraient toutes leurs notes sur 3/5 ou 2/5. Mais il serait ridicule de croire à une précision plus grande car l'incertitude absolue est de 1 point et l'incertitude relative est supérieure à 1/5 soit 20/100 alors que dans la notation de 0 à 20 elle était de l'ordre de 10/100 à 15/100.

Ce que, personnellement, je défends et essaie de généraliser dans le département de Meurthe-et-Moselle, ce n'est donc pas la *notation* dans l'échelle de 0 à 5, mais le *classement* en cinq niveaux, ce qui est très différent. Expliquons-nous :

Après la récitation d'une leçon ou la correction d'un devoir, le maître donne à l'élève et aux parents une information — information ponctuelle et externe — exprimée par l'une des expressions verbales vues plus haut. Mais pour son usage externe, le maître conservera une note chiffrée de 0 à 20 de préférence. Périodiquement, il fera la moyenne graphique des notes données à un même type d'exercice.



On remarquera sur le graphique un résultat aberrant 4/20 dont on ne tiendra pas compte. La droite horizontale détermine alors le niveau atteint par l'élève dans cette discipline.

Ce procédé présente sur la composition l'avantage d'éliminer l'erreur de classement d'un correcteur (voir page 517). Sur une dizaine de corrections, on peut en effet estimer valablement que l'erreur est nettement inférieure à celle qui entache une seule correction. Si elle précise ainsi la position d'un élève pour cette discipline dans sa classe, elle ne diminue en rien cependant les erreurs dues aux différences de moyenne et de dispersion.

Avant d'étudier d'autres palliatifs, je voudrais préciser que cette évaluation *continue* des connaissances ne doit pas devenir une évaluation *permanente*. Tous les exercices ne doivent pas être notés pour

ne pas bloquer inutilement les élèves timides ou lents, pour ne pas empêcher un enfant de s'exprimer de crainte de dire une bêtise. D'autre part, tous les exercices ne présentent pas le même intérêt et on peut, au moins dans l'enseignement primaire, ne pas noter les simples exercices de contrôle quotidiens. D'autre part, ces exercices, que j'appellerai « bilan » doivent être assez variés pour éviter que tel élève ne soit avantagé par rapport à tel autre. Certains de ces exercices se feront à livre ouvert, qui permettront à celui qui sait utiliser intelligemment la documentation mise à sa disposition de se révéler. Mais comme il ne faut pas non plus négliger le rôle de la mémoire, comme il faut aussi susciter le travail, d'autres exercices se feront sans document. Les exercices seront plus ou moins longs, plus ou moins difficiles. Parfois, ils seront improvisés, parfois ils seront précédés d'une révision.

Deuxième palliatif : la notation analytique. Elle consiste, au lieu de noter globalement un exercice, dans l'analyse des différents facteurs qui contribuent à la réussite et à l'échec. J'ai fait remarquer (page 516) que l'une des sources d'erreur résidait dans le fait que les correcteurs ne notaient pas la même chose. La notation analytique pallie cet inconvénient. C'est ainsi qu'en rédaction, on notera séparément :

- a) la richesse des idées, l'imagination,
- b) la logique des idées, l'exposition, le plan,
- c) le style, sa correction, la richesse du vocabulaire,
- d) l'orthographe.

Cette notation analytique est critiquée par certains, qui lui reprochent d'aboutir finalement dans les examens à l'attribution d'une note moyenne à tous les candidats par la combinaison des notes données à chacun des facteurs. Ainsi fait remarquer l'Anglais HURROG, on donnera la moyenne à un candidat exprimant des idées fausses avec élégance et correction ou à un autre exprimant des pensées intéressantes dans un charabia. Ces critiques sont ridicules car en prônant la notation analytique nous ne cherchons pas à la faire suivre d'une synthèse mais à utiliser séparément les renseignements qu'on possède sur chaque facteur.

Les professeurs reprochent à la notation analytique une perte de temps. Il est vrai qu'une telle correction exige beaucoup plus de soin mais j'ai indiqué à plusieurs reprises qu'il n'était pas nécessaire de vouloir noter chaque fois et qu'il était même possible de trouver des exercices spécifiques pour chaque facteur.

Peut-être pour le Français, la définition des facteurs est-elle relativement facile dans le premier cycle et surtout à l'École primaire.

Elle l'est beaucoup moins dans le deuxième cycle et nous pouvons nous interroger sur le but de cet enseignement et, a fortiori, nous demander ce que nous devons noter.

Dans d'autres disciplines, comme les Langues vivantes et la Physique, l'accord est encore moins facile à réaliser. On a jugé longtemps les candidats en Langues vivantes uniquement sur des épreuves écrites. Quant aux problèmes de Sciences physiques, à quelles qualités font-ils appel ?

On peut s'étonner de voir se poser si tardivement un problème aussi grave : les buts de l'éducation, ou plus exactement de voir les gens s'interroger sur le contenu pratique de formules aussi vagues que

1° « L'enseignement vise en premier lieu à développer complètement et harmonieusement la personnalité du sujet, conformément à ses caractéristiques individuelles » (Conseil de l'Europe) ;

2° Il vise à transmettre aux nouveaux venus le patrimoine social ou culturel accumulé par les générations (Conseil de l'Europe) ;

3° L'enseignement vise à former l'esprit des enfants et à leur donner une culture générale. Son rôle est moins de les pourvoir d'un bagage de connaissances utiles que de favoriser le libre et complet développement de leurs facultés et d'en faire des hommes en cultivant chez eux tout ce qui fait l'excellence de l'homme : l'intelligence, le cœur, le caractère, le sens moral, le goût du beau (Instructions de 1938) ;

4° L'enseignement doit faire acquérir « à l'homme un vaste, solide et riche savoir. arsenal d'idées et de moyens qui lui permettra de comprendre l'Univers matériel et humain qui s'offre à lui, de s'y insérer et d'agir sur lui... » (Instructions de 1952).

Le but d'un examen est de vérifier chez un individu donné si les objectifs qui ont été fixés sont atteints. Tant qu'on n'aura pas fait passer dans la pratique, pour chaque discipline, les formules aussi générales que celles que nous venons de citer, nous laisserons à chaque correcteur le soin d'apprécier la réussite de l'éducation reçue par le candidat. Pourquoi ces différentes appréciations concorderaient-elles ? Des recherches sont entreprises actuellement sur ce sujet soit par des chercheurs isolés comme l'Anglais BLOOM, soit au sein du Conseil de l'Europe. On a donné à cette nouvelle science le nom de « Taxonomie des buts de l'Education » (Taxis = classement, nomos = loi, science ; la taxonomie est la science du classement...).

Comment éviter les différences de moyenne et de dispersion d'un correcteur à l'autre ? Je ne cache pas que, quelque temps, j'avais espéré

pouvoir obtenir de chaque professeur qu'il respecte une répartition entre les cinq niveaux, qui aurait été fixée à l'avance pour chaque catégorie de division. C'est la méthode utilisée en Suède

Niveau	I	II	III	IV	V
%	7	24	38	24	7

Or, bien que je sois persuadé que les différences entre le niveau moyen des Troisièmes ne soient plus aussi grandes aujourd'hui, il paraît impossible de négliger ce fait (voir page 520). Cependant, le chef d'établissement peut jouer un rôle fort utile :

a) en comparant les courbes en cloche de tous les professeurs d'une même division. Ces courbes doivent être identiques tant en ce qui concerne la moyenne que la dispersion ;

b) en comparant les courbes en cloche des diverses divisions d'un même niveau, Troisième par exemple, et en évitant d'une discipline à l'autre des distorsions. Ce travail étant réalisé par le chef d'établissement, on pourra ensuite fixer sur le plan départemental une fourchette pour le nombre des élèves de chaque niveau dans chaque discipline.

Il me paraît inutile de développer ici le problème de l'Orientation qui consiste à comparer le profil des niveaux atteints par chaque élève pour tous les facteurs avec le profil robot d'une section considérée. Restant dans le domaine de la docimologie, je veux, pour terminer, rappeler qu'il existe d'autres procédés d'évaluation des connaissances auxquels, dans certains pays et même en France, on fait appel. Ce sont, par exemple, les examens par questions à choix multiple. Leur objectivité est absolue mais peut-être peut-on se demander à leur sujet ce qu'ils permettent d'apprécier.

Les tests utilisés aux Etats-Unis, en Grande-Bretagne, dans les pays scandinaves m'on paru mériter une attention toute particulière. Ils obligent l'élève à une réflexion plus qu'à un exposé de ses connaissances. Eux aussi sont très objectifs mais on peut craindre que leur emploi systématique n'aboutisse à une production industrielle. Notre enseignement risquerait alors de se déformer, les élèves ne cherchant plus à se cultiver mais à répondre aux tests.

Enfin, il faut signaler une méthode qui, utilisée actuellement dans deux domaines très différents, est peut-être celle de l'avenir. C'est la méthode des points capitalisables utilisés par les partisans de l'École Moderne et également par le C. U. C. E. S. (1) pour la délivrance des C. A. P. dans le bassin de Briey. Après avoir analysé les objectifs à atteindre, on admet que le premier est atteint lorsque l'élève est « capa-

---

(1) Centre Universitaire de Coopération Economique et Sociale.

ble de... ». Ses points sont alors capitalisés et son effort doit ensuite consister à atteindre le deuxième puis le troisième objectif. Lorsque tous sont atteints, l'auditeur du bassin de Briey obtient son C. A. P. Nous savons toutes les critiques qui peuvent être faites, en particulier qu'entre le moment où il a atteint le premier objectif et celui où il a atteint le dernier, le temps peut être si long qu'il a oublié ce qu'il a appris au début.

L'avantage d'un tel système est cependant très grand car l'élève connaît l'objectif. Il peut évaluer l'effort à réaliser pour l'atteindre. L'émulation ne s'exerce pas par rapport à ses camarades mais par rapport à lui-même. Enfin, avantage appréciable, l'élève ne peut que s'élever, il ne redescend jamais, le rôle du maître consiste à lui permettre de consolider sa position avant d'essayer d'atteindre un autre objectif. Il est évident qu'une telle méthode exige une individualisation de l'enseignement... qui, à la limite, devient un Enseignement programmé.

Au moment où j'écrivais ces lignes, je recevais une longue et fort intéressante lettre d'un père d'élève appartenant à un milieu intellectuellement élevé et de formation scientifique.

Les remarques faites révèlent un fossé entre la conception des parents, celle des administrateurs de l'Education Nationale, et celle des pédagogues partisans d'une rénovation pédagogique.

Pour les uns, notre devoir est de leur fournir une information aussi précise et aussi fréquente que possible sur le niveau atteint par leur enfant et de leur permettre ainsi, quelles que soient ses aptitudes, de le pousser le plus haut possible.

Pour les seconds, ils s'agit de différencier les individus qui constituent cette population nombreuse et anonyme de nos établissements scolaires, non pas d'après leur niveau actuel, mais surtout d'après celui qu'ils pourront atteindre ultérieurement et d'éviter ainsi des orientations malheureuses tant pour eux-mêmes que pour la Société.

Pour les troisièmes enfin, la pédagogie rénovée qu'ils veulent voir s'instaurer est une pédagogie coopérative qui implique l'idée de travail en équipe et l'existence d'un esprit de dialogue entre les jeunes et les adultes, qui rejette toute émulation basée sur une compétition individuelle et qui souhaite au contraire apprendre aux élèves à travailler pour eux-mêmes et non pour dominer tel camarade.

Il n'est pas impossible de parvenir un jour à concilier ces trois points de vue. Mais la route sera longue et nous ne parviendrons au but qu'à condition que chacun veuille bien admettre le point de vue des autres.

## **ETUDE DE DIFFÉRENTS PROCÉDÉS D'EXTRACTION DU CONTENU DES SPORES DE FOUGÈRES \***

par

H. COURBET

### **RÉSUMÉ**

On étudie les avantages et les inconvénients de différents procédés de broyage et d'extraction du contenu des spores de Fougères. Le dernier procédé, broyant le matériel au moyen de perles de verre dans un mélange à base de chloroforme, fournit d'excellents résultats.

Le matériel utilisé pour cette étude provient de la Fougère : *Osmunda regalis* L. En juin 1968, nous avons récolté, en Sologne, entre Argent-sur-Sauldre et Lamotte-Beuvron, les parties terminales des frondes fertiles de nombreux pieds d'Osmonde. Mises à sécher au laboratoire, dans de grands cornets de papier lavés à l'éthanol à 95°, en quinze jours, elles libèrent leurs spores. Celles-ci, recueillies et mises en réserve dans des flacons de verre lavés à l'éthanol et bouchés par une capsule de polyéthylène, ont été placées dans un congélateur à une température de — 18 °C. Dans ces conditions, la durée de leur pouvoir germinatif atteint trois ans (Des spores de 1965 ont germé en 1968, mais pas en 1969) (3).

L'humidité de ces spores entreposées, pendant six mois, dans les conditions décrites ci-dessus, est déterminée par passage à l'étuve à 105 °C, pendant 48 heures. Cette teneur s'établit à 10,5 %.

L'exospore est imperméable à l'eau. Cette propriété tient à ce que la partie la plus externe ou exine est formée de lipides hautement polymérisés. Cette couche est, ici, plus mince que celle qui entoure les spores des Polypodiacees, et offre une plus grande souplesse qui rend sa rupture plus malaisée.

Dans l'espoir d'obtenir une extraction aussi complète et un contenu aussi peu altéré que possible, nous avons procédé à l'essai de différents procédés dont voici la description.

---

\* Note déposée à la séance du 12 mars 1970.

### **PREMIER PROCÉDÉ : Broyage à sec**

500 mg de spores sont broyés dans un mortier avec 2 g de sable de Fontainebleau soigneusement lavé à l'eau distillée et séché. Après 15 minutes, un examen microscopique révèle que 45 % des spores ont éclaté. L'ensemble, ainsi traité, est mis dans une cartouche en papier filtre introduite dans un extracteur continu de Soxhlet. On opère l'épuisement des spores par de l'éthanol à 70 %, pendant trois heures. Ce temps est nécessaire pour que le dernier extrait soit totalement incolore. L'extrait alcoolique, coloré en vert, est ensuite concentré de moitié (ramené à 50 ml afin d'éviter une trop longue filtration), dans un évaporateur rotatif, puis passé sur une série de trois filtres à charbon actif Schleicher et Schull qui retiennent les pigments (chlorophylles, caroténoïdes), gênants pour les séparations chromatographiques ultérieures. Cet extrait, devenu totalement incolore, est concentré presque à sec, repris par 10 ml d'eau distillée, puis lyophilisé dans un ballon taré. Le poids des substances extraites par ce procédé, après lyophilisation, est de 126 mg pour 500 mg de spores.

Afin d'évaluer la quantité de substances adsorbées par le charbon actif, nous avons réservé la moitié de l'extrait et l'avons soumis à un processus identique, mais sans l'avoir dépigmenté. Dans ces conditions, le poids des substances, après lyophilisation, s'établit à 240 mg pour 500 mg de spores.

### **Discussion**

— Le broyage, lent, s'effectue à l'air et peut provoquer des oxydations spontanées et des dégradations enzymatiques.

— Le broyage est incomplet : plus de la moitié des spores reste intacte après 15 minutes de travail. La taille des spores, en moyenne de 50  $\mu$ , rend malaisée la fragmentation d'éléments ténus et nombreux (environ  $2.10^7$  par gramme).

— Le procédé est long et la température d'extraction (55 °C) fait courir des risques de dégradations.

— Comme l'indique la différence des résultats pondéraux précédents, la dépigmentation complète après passage sur charbon actif, entraîne aussi l'élimination d'autres substances : en particulier des lipides dont les dépôts se voient sur les parois du ballon de lyophilisation de l'extrait non dépigmenté.

### **DEUXIEME PROCEDE : Extraction directe par un solvant**

Les spores (500 mg) sont projetées dans 50 ml d'éthanol bouillant à 70 % sous réfrigérant à reflux. L'opération est poursuivie pendant

trente minutes. L'extrait alcoolique, coloré en vert, est refroidi à température ambiante, puis filtré sur buchner. Le filtrat est ensuite concentré sous vide, repris par 10 ml d'eau, puis lyophilisé. Le rendement en extrait est de 101 mg pour 500 mg de spores.

Un prélèvement des spores traitées, examiné au microscope, révèle qu'aucune spore n'a éclaté. Toutefois, elles apparaissent moins opaques que les spores vivantes par suite de la diffusion d'une partie de leur contenu.

Afin de compléter l'extraction, les spores sont passées pendant dix minutes à l'homogénéiseur (10.000 tours/minute) en présence de sable de Fontainebleau et d'éthanol froid à 70 %.

La solution d'éthanol colorée en vert, est dépigmentée sur filtre à charbon actif. Après concentration de cet extrait presque à sec, on reprend par 10 ml d'eau distillée et on lyophilise. Le poids de l'extrait ainsi obtenu est de 46 mg.

Un comptage montre que l'homogénéiseur a rompu moins de 2 % des spores restées intactes après le premier traitement.

Les deux opérations consécutives aboutissent ainsi à un poids total d'extrait lyophilisé de 147 mg pour 500 mg de spores.

#### **Discussion**

— Le procédé a l'avantage de fixer rapidement les spores mais présente l'inconvénient de ne libérer qu'une faible partie de leur contenu.

— Le broyage conduit à des résultats médiocres malgré sa durée.

— En outre, l'extraction à chaud risque de provoquer l'altération des constituants les plus fragiles.

Pour supprimer cet inconvénient, nous avons eu recours à un protocole d'extraction à température ambiante.

#### **TROISIEME PROCEDE : Hydrolyse alcaline à froid par la soude**

Nous laissons, pendant six heures, 5 grammes de spores, en contact avec 50 ml de soude 2N, et sous atmosphère d'azote, pour limiter l'autooxydation éventuelle. Un comptage de spores effectué en fin de traitement, montre qu'environ 90 % ont éclaté.

Pour libérer les acides combinés à la soude, il est nécessaire de neutraliser par HCl 1N, jusqu'à l'obtention d'un pH voisin de 2.

L'extrait, vivement coloré en vert, est filtré puis dépigmenté par le procédé précédent ; la concentration sous vide entraîne, malheu-

reusement, la formation d'une quantité importante de cristaux de NaCl dont l'élimination s'est avérée impossible.

#### **Discussion**

Bien que le rendement en spores éclatées soit très élevé, ce procédé n'a pu être retenu à cause des difficultés à éliminer le chlorure de sodium formé.

#### **QUATRIÈME PROCÉDÉ : Hydrolyse alcaline à froid par la baryte**

Le processus expérimental reste le même que le précédent, à la différence près que l'on remplace la soude par de la baryte, dont l'élimination par l'acide sulfurique, sous forme d'un précipité de sulfate de baryum, est pratique et complète.

Pour éliminer ce précipité, nous procédons à une centrifugation à 2.000 tours par minute du mélange obtenu précédemment, pendant deux minutes. Il apparaît, ainsi, dans les tubes à centrifuger, plusieurs couches bien séparées :

- Au fond, le précipité de sulfate de baryum.
- Au-dessus, une couche de couleur rousse, formée des débris des spores éclatées et de leurs enveloppes.
- Une couche liquide, fortement colorée en vert, où flottent des débris cellulaires.
- Une couche surnageante formée de spores intactes.

Les différentes couches sont séparées et recueillies. Après passage à l'homogénéiseur, dans les conditions déjà décrites, nous ne sommes pas parvenus à broyer les spores demeurées intactes.

#### **Discussion**

Seul, ce procédé nous a permis d'obtenir une séparation satisfaisante, sans pour cela avoir recours à une centrifugation prolongée, la densité de la solution de baryte en étant responsable. C'est là un élément intéressant qui nous a incité à mettre au point d'autres procédés dont le rendement serait meilleur. Car, dans ces conditions, la proportion des spores broyées n'atteint plus que 70 % des spores traitées.

D'autre part, l'attaque alcaline risque de provoquer des dégradations profondes. C'est pourquoi, à la lumière de ces résultats, nous avons reconsidéré ce problème et fixé de nouvelles conditions d'extraction du contenu des spores.

Afin de rompre les enveloppes avec un meilleur rendement, nous avons été amené à opérer un fractionnement mécanique, à l'abri de l'air et évitant toute élévation de température au-dessus de 4 °C ; puis à séparer les éléments broyés par sédimentation dans un liquide aussi neutre que possible, en mettant à profit les différences de densité des divers constituants.

#### **CINQUIÈME PROCÉDÉ : Extraction par broyage mécanique sous pression**

Dans un moule cylindrique de 10 ml de capacité, on introduit 500 mg de spores, que l'on soumet à l'écrasement par l'intermédiaire d'un piston en acier cémenté sur lequel on exerce une pression de 16 tonnes par cm<sup>2</sup>. Le broyage des spores est satisfaisant, mais une partie, environ 5 %, se glisse entre cylindre et piston et y adhère fortement, ce qui entraîne une perte non négligeable.

La pastille, ainsi obtenue, est dispersée, à l'aide d'un homogénéiseur, dans un mélange organique, de densité 1,317, formé de chloroforme et d'hexane (20 : 5) v/v.

Dans ces conditions, les éléments broyés des spores se séparent spontanément, leurs vitesses de sédimentation étant différentes. Par simple décantation, on obtient trois couches :

- Une couche inférieure, beige clair, formée des débris cellulaires.
- Une couche intermédiaire, très fortement colorée en vert, qui contient les substances solubles dans le mélange organique.
- Une couche surnageante, verte, constituée par les spores non broyées (63 mg).

#### **Discussion**

Ce procédé présente l'avantage de libérer le contenu des spores sans intervention d'un agent chimique et sans élévation de température.

Par contre, les inconvénients suivants subsistent :

- Les spores broyées restent longtemps en contact avec l'air, à cause des difficultés de récupération. Un essai de broyage des spores dans du chloroforme s'est traduit par un échec complet.
- Le rendement n'atteint que 83 %, ce qui nous paraît encore insuffisant.

#### **AUTRES PROCÉDÉS DE BROYAGE MÉCANIQUE**

Nous avons essayé de broyer les spores dans un mortier rotatif en agate. Ce procédé s'est révélé lui aussi inefficace, les spores se déplaçant le long des parois du mortier et échappant au pilon.

Nous avons encore utilisé l'homogénéiseur à créneaux « Ultra-Turrax » dont la vitesse de rotation est de l'ordre de 14.000 tours/minute. Un broyage prolongé jusqu'à cinq minutes ne permet de briser que quelques spores sur les 100 mg traités.

Un résultat analogue a été obtenu à l'aide d'un broyeur de tissus (« Thomas Tissue Grinders ») dont le pilon en téflon tourne à 10.000 tours/minute.

Un broyeur à boulet en acier (« Moulin oscillant Grindomat ») a, par contre, permis d'écraser en totalité 100 mg de spores après une minute de fonctionnement, l'élévation de température ne dépassant pas 2 °C.

### **PROCÉDÉ EMPLOYÉ**

Nous utilisons un broyeur oscillant à perles de verre (Braun-Mel-sungen-R.F.A.), conçu à l'origine pour le broyage des levures et des tissus.

Un gramme de spores d'Osmonde est introduit dans le flacon avec 20 ml du mélange organique chloroforme - hexane décrit précédemment, ainsi qu'avec 40 g de perles de verre d'un diamètre de 1 mm. Le broyage comporte deux périodes d'une minute chacune, à la cadence de 4.000 vibrations par minute. Un courant de CO<sub>2</sub> liquide maintient le flacon à basse température.

Le rendement du broyage est excellent puisque le comptage indique moins d'une spore restée intacte pour 1.000 broyées.

Le liquide obtenu, vivement coloré en vert (fluorescence rouge en U.V.) est séparé des éléments solides par une courte centrifugation. Le flacon, les perles de verre et le broyat sont ensuite rincés dans le mélange organique précédent maintenu à 4 °C, jusqu'à l'obtention d'une solution incolore. L'extrait, après évaporation préliminaire du solvant organique, est soumis à lyophilisation. Le poids du résidu sec est de 233 mg. Cet extrait contient, entre autres, les pigments et les lipides.

La seconde étape de l'extraction s'effectue par lavages successifs du broyat, du flacon et des perles de verre par de l'eau distillée maintenue à une température de 4 °C. Au préalable, il convient d'éliminer toute trace du mélange organique par évaporation sous pression réduite.

L'extrait aqueux, de couleur jaunâtre, contient les substances hydrosolubles : glucides, acides aminés, peptides, sels minéraux. Après lyophilisation, on obtient 330 mg de produit sec.

La partie résiduelle, de teinte grise avec de légères traces vertes (les spores restées intactes), est formée des débris cellulaires, des organites et des substances insolubles dans les deux solvants du traitement. Après lyophilisation, son poids est de 348 mg.

En résumé, ce procédé présente les avantages suivants, malgré l'inconvénient des nombreuses manipulations qu'il suscite :

— Le rendement du broyage est très satisfaisant : en effet, le pourcentage de spores non écrasées est très petit (inférieur à 1 pour 1.000).

— Le broyage au sein d'un liquide neutre empêche les dégradations éventuelles dues au contact avec l'air.

— La dépigmentation est complète et s'effectue sans perte.

— L'utilisation du système chloroforme - hexane permet une élimination rapide et complète par évaporation à température ambiante.

— L'extrait aqueux obtenu est immédiatement utilisable pour les séparations chromatographiques.

— Les opérations de clarification sont effectuées par centrifugation et, de ce fait, les pertes, malgré les nombreuses manipulations, restent dans des limites acceptables :: 22 mg pour 1 gramme de spores traitées.

— Enfin, le rendement de ce procédé d'extraction est très supérieur à celui des autres procédés essayés : 563 mg d'extrait pour 1 g de spores.

Nous avons finalement retenu ce procédé de broyage et d'extraction.

## RÉSULTATS OBTENUS AVEC D'AUTRES SPORES DE FOUGÈRES

### a) Spores de *Polystichum Filix-mas*

L'application de ce procédé d'extraction à 1 g de spores de *Polystichum Filix-mas*, récoltées en 1962 et conservées au congélateur jusqu'en 1968, a fourni les résultats suivants :

Humidité totale: 4,1 %.

Extrait sec après épuisement par le mélange organique. 619 mg

Extrait aqueux lyophilisé ..... 41 mg

Résidu insoluble lyophilisé ..... 301 mg

### b) Spores d'*Athyrium Filix-femina*

1 g de spores d'*Athyrium Filix-femina*, récoltées en 1962, entreposées au congélateur jusqu'en 1968, donnent à la suite de ce traitement :

Humidité totale: 4,4 %.

Extrait sec après épuisement par le mélange organique.	552 mg
Extrait aqueux lyophilisé .....	69 mg
Résidu insoluble lyophilisé .....	338 mg

Les extraits secs, après épuisement par le mélange organique, sont désignés ainsi parce qu'ils ne contiennent pas d'eau. Cependant, ils sont liquides à la température ordinaire, car ils contiennent une grande quantité d'huiles. Ils sont colorés, respectivement, en brun pour les spores de *Polystichum*, et en jaune d'or pour les spores d'*Athyrium*.

### CONCLUSION

L'élaboration d'un procédé de broyage et d'extraction des spores de Fougères a nécessité de nombreux essais de rendement jugé insuffisant, qui, finalement, ont abouti à la mise au point d'une technique dont nous sommes très satisfait, malgré son apparente complexité.

Nous l'avons appliquée aux spores d'*Osmunda regalis*, de *Polystichum Filix-mas* et d'*Athyrium Filix-femina*, et avons observé qu'elle est parfaitement adaptée à l'extraction de leur contenu. Elle se prête particulièrement bien au traitement des spores chlorophylliennes, desquelles on peut éliminer aisément les pigments.

Cette technique, par son excellent rendement et par le minimum d'altérations qu'elle apporte, permet de procéder à des estimations quantitatives de substances, beaucoup plus proches de la réalité que celles obtenues par les modes opératoires utilisés habituellement, ainsi que le montrent les poids des extraits recueillis. Elle laisse une partie résiduelle, très peu altérée chimiquement qui peut, éventuellement, être soumise à une extraction plus complète au moyen d'agents de dégradation.

A notre connaissance, une telle technique n'a jamais été employée pour l'extraction du contenu des spores de Ptéridophytes. Des travaux, déjà anciens, de Sosa (1) et de Sosa-Bourdouil (2) faisaient appel aux méthodes traditionnelles d'extraction à chaud par des solvants divers (éthanol, éther éthylique, acétone, méthanol, etc.), parfois suivies d'un broyage au mortier.

### REMERCIEMENTS

Nous exprimons notre profonde gratitude à tous ceux qui nous ont aidé à résoudre ce problème, en particulier à ceux qui nous

ont permis d'utiliser les appareils en usage dans leur service : M. BOURGEOIS, de l'Ecole Supérieure de Brasserie et de Biochimie Appliquée ; M. PIZELLE, de l'Ecole Nationale Supérieure Agronomique, les Techniciennes et les Techniciens de l'E.S.B.B.A., du Laboratoire d'Histologie de la Faculté de Médecine et du Laboratoire du Centre de Recherches de Pédologie.

*Laboratoire de Biochimie Appliquée  
Ecole Supérieure de Brasserie  
1, rue Grandville, Nancy*

*Service des Travaux Pratiques  
de Biologie Végétale  
Centre du Premier Cycle  
Boulevard des Aiguillettes, Nancy*

#### RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- (1) SOSA. — *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 31, n° 1, 1949.
- (2) SOSA-BOURDOUIL. — *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 31, n° 1, 1949.
- (3) COURBET. — *Bull. Acad. et Soc. Lorr. Sci.*, 3, n° 1, 1963.

**LE RUISSEAU DE FOIROU :  
CONTRIBUTION A L'ÉTUDE HYDROBIOLOGIQUE  
DES AFFLUENTS DE LA MEURTHE \***

par

Jean-François PIERRE

**RÉSUMÉ**

**A.** Etude hydrobiologique de cet affluent de la rive gauche de la Meurthe, qui circule sur des terrains appartenant au Muschelkalk. Influence du substrat et des facteurs climatiques sur l'évolution des populations algales.

Le ruisseau de Foirou, affluent de la rive gauche de la Meurthe, rejoint celle-ci en aval de Chenevières. Il coule d'abord en direction sud-ouest-nord-est jusqu'à l'ouest de Vathiménil, puis fait un coude et se dirige vers le nord-ouest pour rejoindre un méandre de la Meurthe. Prenant sa source sur les terrains marno-calcaires du Muschelkalk supérieur, le cours d'eau passe ensuite sur les alluvions pléistocènes puis les alluvions modernes qui longent le lit de la Meurthe. Le Foirou est issu d'une source possédant un régime karstique, avec des alternatives de crues rapides et de mises à sec. Au cours des périodes de sécheresse, il ne subsiste plus que quelques rares flaques, séparées par des portions à peine humides du fond du lit. En cas de pluies violentes ou d'orages, l'eau se trouble rapidement.

La station est située à la sortie ouest de Vathiménil, à l'endroit où un chemin d'exploitation franchit le ruisseau. La largeur moyenne, à cet endroit, est de un mètre, et la profondeur n'y excède pas 20 à 30 cm.

**Etude hydrologique**

Les résultats des analyses physiques et chimiques de l'eau sont rassemblés dans le tableau I.

Les eaux du Foirou, coulant sans dilution sur des terrains marno-calcaires, présentent un pH faiblement alcalin. Il y a très peu d'ions

---

\* Note déposée à la séance du 12 mars, présentée à la séance du 9 avril.

	1967			1968	1969	
	16 juin	30 juin	13 octobre	28 mai	16 mai	30 septembre
Température °C .....	11	19	12	14	14	14
Résistivité Ω/cm .....	2000	2000	2000	6000	6000	2000
pH .....	7,8	7,2	7,3	7,8	7,5	8,3
O <sub>2</sub> dissous mg/l .....	14,1	14,5	17,0	11,2	8,0	6,6
Cl <sup>-</sup> mg/l .....	2,0	0	5,0	1,0	0	0
Dureté totale °f .....	25,0	30,0	33,0	26,0	11,0	28,0
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> mg/l .....	0,1	0	0	0	0	0
Oxydabilité mg O <sub>2</sub> /l...	0,3	0,1	0,3	1,0	1,0	0,3
Fe <sup>+</sup> + mg/l .....	0,3	0,3	0,6	0,6	0,7	0,6
Silice mg SiO <sub>2</sub> /l .....	7,5	8,0	9,5	9,5	8,0	5,8
Phosphates mg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /l	1,7	0,8	0,8	0,8	0,7	0,7

Tableau I  
Caractéristiques physiques et chimiques des eaux du Foirou

chlore, mais la dureté est le plus souvent importante, par suite de la présence de sulfates, et dépasse de plusieurs fois les valeurs trouvées dans la Meurthe au même niveau. La silice est toujours rencontrée en quantité suffisante. La pollution organique est faible, ainsi qu'en témoignent l'oxydabilité, les teneurs en ions ammonium et en phosphates. Les eaux sont riches en oxygène dissous, parfois même fortement sursaturées, lorsque la végétation algale et l'agitation due au courant combinent leurs effets.

Le Foirou possède donc des eaux douces, oligohalines, oligosaprobies, meso- à polyoxybiontes, faiblement alcalines mais bien tamponnées.

#### **Etude de la végétation algale**

Le régime particulier du ruisseau de Foirou exerce une influence certaine sur la communauté algale. C'est ainsi qu'en périodes d'eaux abondantes, ce milieu se trouve pratiquement dépourvu d'Algues macroscopiques. Par contre, au cours des périodes d'étiage, le ralentissement du courant d'eau lié à la diminution du flot débité, favorise l'apparition et le développement massif d'Algues qui forment de volumineux coussins sur le fond ou qui s'étendent à la surface de l'eau et finissent par la recouvrir entièrement. Lors de nos premières visites à la station, en juin 1967, la couverture algale était constituée par un feutrage dense de *Rhizoclonium* et *Zygogonium* en association avec des *Cladophora glomerata* (L.) Kütz., quelques Chlorococcales non déterminables, *Closterium moniliferum* (Bory) Ehr. et de rares filaments de *Phormidium* sp. Cette couverture algale a disparu à la suite de la dessiccation estivale prolongée, et les précipitations de l'automne et du printemps n'ont permis l'installation que de rares filaments d'*Ulothrix* stériles.

A côté de ces formes, de très nombreuses Diatomées se développent dans cette station. Nous avons rassemblé, dans le tableau II, la liste des espèces récoltées, ainsi que leur abondance, figurée par un chiffre compris entre 1 (espèce très rare) et 16, pour les formes dominantes. Le numérotage des colonnes, de 1 à 6, correspond à la succession chronologique des récoltes.

Pour les déterminations, nous avons suivi la Sussw. Flora Mitteleuropas et la Rabh's Krypt. Flora.

Tableau II

Liste des Diatomées récoltées dans le Ruisseau de Foirou

Récolte :	1	2	3	4	5	6
<i>Achnanthes lanceolata</i> .....	2	4	1	16		
et var. <i>elliptica</i> .....	1	1	1	16	2	1
<i>Amphipleura pellucida</i> .....			1			
<i>Amphora ovalis</i> .....	1	1	1	8	1	2
et var. <i>pediculus</i> .....	4	16	1	1	1	2
<i>Caloneis bacillum</i> .....		1				
<i>C. silicula</i> .....	1	1				1
et var. <i>truncatula</i> .....			1	1		
<i>Cocconeis pediculus</i> .....		1		1	1	2
<i>C. placentula</i> .....	4	16	1	1	2	8
et var. <i>euglypta</i> .....	8	16			2	4
<i>Cyclotella iris</i> .....			1			
<i>C. meneghiniana</i> .....				1		
<i>Cymatopleura elliptica</i> .....	1	2	1			1
<i>C. solea</i> .....	2	1	4	1		8
et var. <i>regula</i> .....	1					2
<i>Cymbella parva</i> .....					1	
<i>C. sinuata</i> .....	1	2				1
<i>C. turgida</i> .....			1			
<i>C. ventricosa</i> .....	1	4	4	2	1	16
<i>Diatoma hiemale</i> var. <i>mesodon</i> .....				1		
<i>D. vulgare</i> var. <i>brevis</i> .....	1					
<i>Diploneis ovalis</i> .....	1					1
et var. <i>oblongella</i> .....	1		1			
<i>Epithemia turgida</i> var. <i>granulata</i> .....						1
<i>Eunotia pectinalis</i> .....				1		
et var. <i>minor</i> .....						1
<i>Frustulia vulgaris</i> .....	1	1	2	1	4	2
<i>Gomphonema angustatum</i> .....	16	4				
et var. <i>producta</i> .....	8	4		16		
<i>G. lanceolatum</i> .....	1		1	4		
<i>G. longiceps</i> var. <i>subclavata</i> .....	1					
et fo. <i>gracilis</i> .....		1				
<i>G. parvulum</i> .....	16	16	1	16		8
et var. <i>micropus</i> .....	1	16		8	2	4
<i>Gyrosigma acuminatum</i> .....	1					
<i>G. attenuatum</i> .....		1	1			
<i>G. kützingii</i> .....	1	1			1	2

Récolte :	1	2	3	4	5	6
<i>G. scalpoides</i> .....	1		4			4
<i>Hantzschia amphioxys</i> .....	1	1	1			2
et fo. <i>capitata</i> .....			1			
<i>Melosira granulata</i> var. <i>angustissima</i> ....					1	
<i>M. varians</i> .....		1			1	
<i>Meridion circulare</i> .....	1	1	1	1		1
et var. <i>constricta</i> .....	1			1		
<i>Navicula bacillum</i> .....			1			
<i>N. cocconeiformis</i> .....						1
<i>N. cryptocephala</i> .....	4	4	8	1	1	16
<i>N. cuspidata</i> var. <i>ambigua</i> .....			1		1	2
<i>N. dicephala</i> var. <i>neglecta</i> .....			1			
<i>N. gracilis</i> .....	1	1			1	1
<i>N. hungarica</i> var. <i>capitata</i> .....	2	2	2	1		1
<i>N. mutica</i> .....			1			
et var. <i>cohnii</i> .....			1			
<i>N. neoventricosa</i> .....			2			
<i>N. placentula</i> .....	1					
et fo. <i>jenisseyensis</i> .....	1	1	1			4
et fo. <i>rostrata</i> .....	1			2		
<i>N. pupula</i> .....	1	1	1	2	1	2
et var. <i>capitata</i> .....	1	1	1	4		2
et var. <i>elliptica</i> .....					1	
<i>N. radiosa</i> .....	1	1	1	1		1
<i>N. rhyngocephala</i> .....	1		2	1		1
<i>N. viridula</i> .....	2	1				
<i>Neidium affine</i> var. <i>amphirhynchus</i> ....	1					
<i>N. dubium</i> .....						1
<i>N. iridis</i> var. <i>ampliata</i> .....	1					1
<i>N. productum</i> .....						1
<i>Nitzschia acicularis</i> .....	1		4			
<i>N. acuta</i> .....	1		1			1
<i>N. amphibia</i> .....	1		16	16		
<i>N. apiculata</i> .....	1	1	4			
<i>N. dissipata</i> .....	2	4	8	4	1	2
<i>N. dubia</i> .....	1					
<i>N. gracilis</i> .....		1				
<i>N. linearis</i> .....	4	1	4		1	8
<i>N. palea</i> .....			1	1		
<i>N. recta</i> .....		2				1
<i>N. sigma</i> .....	1	1				

Récolte :	1	2	3	4	5	6
<i>N. sigmoidea</i> .....		1	1			1
<i>N. stagnorum</i> .....			1			
<i>N. sublinearis</i> .....		1				
<i>N. tryblionella</i> var. <i>victoriae</i> .....			1			
<i>N. vermicularis</i> .....	1					
<i>Pinnularia divergens</i> var. <i>undulata</i> .....				1		
<i>P. interrupta</i> .....		1		1		
<i>P. mesolepta</i> .....	1			2		
<i>P. microstauron</i> .....	1				2	
et var. <i>brebissonii</i> .....	1					
<i>P. subcapitata</i> var. <i>hilseana</i> .....				1		
<i>P. subsolaris</i> .....				1		
<i>P. viridis</i> .....	1		1	1		
et var. <i>sudetica</i> .....	1					1
<i>Rhoicosphenia curvata</i> .....	4	4	2		8	2
<i>Rhopalodia gibba</i> .....			1	1		1
et var. <i>ventricosa</i> .....			1			
<i>Stauroneis anceps</i> .....					1	
et fo. <i>gracilis</i> .....				1		
<i>S. phoenicenteron</i> .....						1
<i>S. smithii</i> .....	1	2	2	1	1	2
<i>Surirella angustata</i> .....	1	1	16	1		16
<i>S. angustiformis</i> .....			1			
<i>S. ovata</i> .....	16	4	16	1	2	4
et var. <i>pinnata</i> .....	2	1	8			1
<i>S. ovalis</i> .....	1					
<i>S. robusta</i> .....			1			
et var. <i>splendida</i> .....	1					1
<i>S. tenuis</i> .....	1					
<i>S. tenera</i> .....						4
et var. <i>nervosa</i> .....	1	1	2			2
<i>Synedra acus</i> .....			1			
<i>S. ulna</i> .....	1	1	2	4		1
et var. <i>oxyrhynchus</i> .....	1		3		1	1

Cent quatorze Diatomées au total ont été recueillies, mais la population diatomique moyenne recensée à l'occasion de chaque récolte est seulement d'une cinquantaine d'espèces différentes.

La consultation du tableau de répartition fait constater que seules quelques espèces sont dominantes dans la station et représentent la partie principale de la flore algale. Leur abondance semble limitée

dans le temps et paraît ne pas se reproduire aux mêmes périodes d'une année à l'autre. L'irrégularité hydraulique du Foirou exerce certainement une influence marquée sur ce phénomène.

Nous estimons que la répartition de quelques genres reflète assez précisément l'aspect biologique d'une station, ce qui peut être obtenu par un examen rapide. C'est ainsi que l'on relève la pauvreté ou l'absence d'espèces appartenant aux genres caractéristiques que sont *Eunotia*, *Fragilaria*, *Diatoma* et *Pinnularia*, ce qui est en accord avec la nature de ces eaux oligotrophes mais alcalines. Les genres *Navicula* et *Nitzschia*, renfermant de nombreuses espèces eurytopes, sont bien représentés, en compagnie de nombreuses formes appartenant aux genres *Cymbella* et surtout *Gomphonema*, contribuant à caractériser ce milieu.

L'analyse au niveau des espèces permet de relever les Diatomées dominantes qui constituent la base de la communauté algale de la station, soit par leur présence constante, soit par leur abondance périodique. Il s'agit de :

- Achnanthes lanceolata* Breb.
- A. lanceolata* var. *elliptica* Cleve
- Amphora ovalis* Kütz. var. *pediculus* Kütz.
- Cocconeis placentula* Ehr.
- C. placentula* var. *euglypta* (Ehr.) Cleve
- Cymbella ventricosa* Kütz.
- Gomphonema angustatum* (Kütz.) Rabh.
- G. angustatum* var. *producta* Grun.
- G. parvulum* (Kütz.) Grun.
- G. parvulum* var. *micropus* (Kütz.) Cleve
- Navicula cryptocephala* Kütz.
- Nitzschia amphibia* Grun.
- Surirella angustata* Kütz.
- S. ovata* Kütz.

Toutes ces Diatomées sont alcaliphiles, à l'exception de *Cymbella ventricosa*, *Gomphonema parvulum* et var. *micropus* qui sont eury-ioniques.

Elles sont également euryoxybiontes, quelques-unes polyoxybiontes, et se plaisent dans les eaux oxygénées et peu chargées en matières organiques du Foirou.

Les conditions de pH et d'oxygénation favorisent l'établissement de ces espèces dominantes. Mais est-il possible d'expliquer, malgré le taux très faible en chlorures, l'abondance de ces Diatomées que l'on

a l'habitude de considérer comme caractéristiques d'eaux faiblement saumâtres ? En effet, en ce qui concerne leur comportement envers la salinité, neuf sont leptomesohalobes, quatre euryhalobes et une seule, *Surirella angustata*, oligohalobe, fait exception. A notre avis, il est nécessaire de faire la part due à deux facteurs qui se renforcent et sont susceptibles de compenser la faible salinité :

- d'une part, la dureté élevée, qui peut atteindre l'équivalence de 330 mg/l de carbonate de calcium, et correspond à une minéralisation importante,
- d'autre part, l'alcalinité des eaux, favorable pour ces espèces.

L'action conjointe de ces deux facteurs paraît être suffisante pour assurer le développement des espèces diatomiques dominantes. Il s'y ajoute l'action, encore mal précisée, de la température et de l'éclairement, facteurs climatiques qui interviennent certainement dans l'évolution des populations algales de la station.

A côté de ces Diatomées dominantes, il faut remarquer le nombre élevé d'espèces rencontrées uniquement à une ou deux reprises, le plus souvent à l'état d'exemplaire isolé.

Sur la base de nos travaux antérieurs, nous avons rassemblé dans le tableau III, le nombre d'espèces E, leur productivité P, somme de leur abondance, et le rendement R, correspondant au rapport P/E.

La flore diatomique apparaît peu diversifiée, avec un nombre restreint d'espèces différentes. On note en particulier la pauvreté de la récolte de mai 1969. Nous avons déjà relevé un résultat similaire lors d'une étude effectuée à la même époque sur le Sânon, affluent de la rive droite de la Meurthe (PIERRE, 1970).

La productivité présente peu de variations, les nombres obtenus étant compris entre 146 et 160. Le déficit en espèces de mai 1969 se traduit par une chute brutale de la productivité.

Le rendement élevé de la station aux différentes périodes de récolte, R variant entre 2,3 et 3,6, est la preuve de la présence d'espèces bien adaptées aux conditions locales et qui atteignent par conséquent une grande abondance. C'est en mai 1968 que ce rendement est maximum, la productivité relativement réduite étant compensée par un nombre limité d'espèces. Bien entendu, le chiffre obtenu pour mai 1969 est de loin inférieur, par suite du nombre restreint d'espèces et de leur rareté.

**Tableau III**  
**Caractéristiques écologiques de la station**

	1967			1968	1969	
	16 juin	30 juin	13 oct.	28 mai	16 mai	30 sept.
E	66	48	58	41	28	54
P	147	152	157	146	42	160
R	2,3	3,2	2,7	3,6	1,5	3,0

La composition physico-chimique des eaux, étroitement dépendante du substrat où naît et circule le ruisseau de Foirou, se traduit ainsi dans la dynamique et l'écologie de la communauté algale. Si les périodes précédant l'étiage estival paraissent favorables au développement d'Algues non siliceuses, les Diatomées restent toujours présentes, et donnent des genres et des espèces caractéristiques pour ce milieu. L'intégration des résultats apportés par cette étude, intéressant une région géologiquement bien délimitée, permettra une tentative de reconstitution de l'histoire algologique du bassin de la Meurthe.

*Laboratoire de Biologie Végétale  
Bd des Aiguillettes, 54 - Nancy*

#### SUMMARY

Hydrobiological study of a left side tributary of the Meurthe river, which flows on rock formations of the Muschelkalk. Relations between this substratum, the climatic factors and the evolution of the algal populations are studied.

#### BIBLIOGRAPHIE

- PIERRE (J.F.). 1968. — Etude hydrobiologique de la Meurthe. Contribution à l'écologie des populations algales. *Bull. Acad. Soc. Lorr. Sci.*, 7, 4, 261-412.
- PIERRE (J.F.) 1970. — Hydrobiologie du Sânon : Contribution à l'étude des affluents de la Meurthe. *Bull. Acad. Soc. Lorr. Sci.*, 9, 3, 469-478.