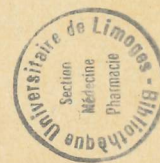


M 697/92.8

-18.193

ANNALES SCIENTIFIQUES DU LIMOUSIN



PUBLIÉES PAR

**L'ASSOCIATION UNIVERSITAIRE
LIMOUSINE POUR L'ÉTUDE ET LA
PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT**

(AULEPE)

Tome 8

1992

LIMOGES

N° ISSN: 0765-0477

Les *Annales Scientifiques du Limousin* sont publiées par l'Association Universitaire Limousine pour l'Etude et la Protection de l'Environnement (A.U.L.E.P.E.) et sont ouvertes à tous les travaux de recherche en écologie animale, végétale et humaine se rapportant à la région du Limousin.

Leur parution est en règle générale annuelle à raison d'un volume par an.

Rédaction : M. le Professeur A. GHESTEM,
Président de l'A.U.L.E.P.E.,
M. D. RONDELAUD,
Facultés de Médecine et de Pharmacie,
2, Rue du Docteur Raymond-Marcland,
87025 - Limoges cédex.

Service du Bulletin :

- Contre échange régulier de publication périodique à toute personne physique et morale en faisant la demande à la rédaction.

- Par souscription annuelle des membres de l'A.U.L.E.P.E. ou de personnes extérieures.

Directeur de la Publication : M. le Président de l'A.U.L.E.P.E.,
Secrétaire de rédaction et Gérant du volume : M. D. RONDELAUD.

Imprimé à Limoges,
Facultés de Médecine et de Pharmacie,
87025 - LIMOGES Cédex.

Dépôt légal : 4^e trimestre 1992.

**ANNALES
SCIENTIFIQUES
DU LIMOUSIN**

PUBLIEES PAR

**L'ASSOCIATION UNIVERSITAIRE
LIMOUSINE POUR L'ETUDE ET LA
PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT**

(AULEPE)

Tome 8

1992

LIMOGES

N° ISSN: 0765-0477

SOMMAIRE.

Avant-propos	1
Le contrôle de la distomatose animale à <i>Fasciola hepatica</i> . L'élimination des limnées par lutte biologique ou par lutte intégrée. Par T. XIMENES, D. RONDELAUD, C. MAGE et R. CHERMETTE.	3
La pollution de la Vienne par des mousses d'origine chimique entre Limoges et Confolens. Par L. MADRANGE, P. CHABOURY, O. FERRANDON, M. MAZET et J. RODEAUD	15
Microclimatologie de l'alvéole du Longeroux. Par P. BARRY	29
Estimation de la pollution atmosphérique acide dans un secteur de la moyenne vallée de la Vienne (région de Saint-Junien-Saillat) par l'étude des lichens épiphytes. Par M. BOTINEAU, M. LAURENT et A. GHESTEM	53

CONTENTS.

Introduction	1
The control of animal distomatosis. Snail elimination using biological control or integrated control. By T. XIMENES, D. RONDELAUD, C. MAGE and R. CHERMETTE.	3
The pollution of the Vienne river by chemical foams between Limoges and Confolens (France). By L. MADRANGE, P. CHABOURY, O. FERRANDON, M. MAZET and J. RODEAUD	15
Microclimatology of the Longeyroux cavity (Correze). By P. BARRY	29
Estimation of acid air pollution in an area of the mid-valley of the Vienne river (Saint-Junien-Saillat district) by study of epiphytic lichens. By M. BOTINEAU, M. LAURENT and A. GHESTEM	53

AVANT-PROPOS

L'Association Universitaire Limousine pour l'Etude et la Protection de l'Environnement (A.U.L.E.P.E.) est une association régie par la loi du 1er juillet 1901. Elle a été déclarée le 5 février 1976 et est agréée sur le plan régional par le Ministère de l'Environnement au titre de la loi sur la Protection de la Nature.

Cette association a pour but :

1) Regrouper les Universitaires préoccupés par les problèmes de l'environnement.

2) Entreprendre et poursuivre toute étude ou inventaire scientifique, suggérer des solutions d'aménagement et donner tout avis concernant les questions se rapportant directement ou indirectement à la protection de la nature et de l'environnement.

3) Informer le public des conclusions de ces recherches et de ces projets.

4) Sensibiliser à tous les niveaux l'opinion aux problèmes de l'environnement par des publications, des informations radio télévisées, des conférences, des excursions, etc.

5) Oeuvrer pour la mise en place de Secteurs à protéger et d'espaces expérimentaux pour l'information et l'éducation du public.

6) Coopérer avec tous autres organismes ou fédérations qui pourraient favoriser les objectifs de l'association.

Le siège social est fixé à la Faculté de Médecine et de Pharmacie de Limoges, 87025 - Limoges Cedex, au Laboratoire de Botanique et de Cryptogamie.

C'est dans le cadre de ses activités que l'A.U.L.E.P.E. édite les *Annales Scientifiques du Limousin*, périodique annuel regroupant les publications que les Membres de l'Association et les chercheurs extérieurs réalisent sur ce domaine.

Le présent volume comprend en partie des travaux entrepris dans le cadre des activités de recherche menées par la Station de Terrain de l'Université de Limoges, basée jusqu'en 1985 à Vassivière.

L'Association souhaite que les travaux relatifs à l'écologie du Limousin connaissent la plus large diffusion possible afin de promouvoir l'étude du milieu régional.

LE CONTRÔLE DE LA DISTOMATOSE ANIMALE À *Fasciola hepatica*.
L'ÉLIMINATION DES LIMNÉES PAR LUTTE BIOLOGIQUE OU PAR LUTTE INTÉGRÉE

T. XIMENES¹, D. RONDELAUD², C. MAGE³ et R. CHERMETTE¹,

*Service de Parasitologie*¹, École Nationale Vétérinaire d'Alfort,
7, avenue du Général-de-Gaulle, 94704 Maisons-Alfort Cedex;
*Faculté de Médecine*², 2, rue du Docteur-Raymond-Marcland, 87025 Limoges Cedex;
*Institut de l'Élevage*³, 7, rue Martial-Pradet, 87100 Limoges.

RÉSUMÉ. Les auteurs dressent un bilan sur quatre méthodes de lutte utilisées pour contrôler le mollusque *Lymnaea truncatula* dans la région du Limousin. Les deux premières techniques utilisent des mollusques terrestres prédateurs (*Zonitoides nitidus*). Ces derniers sont introduits avec une fauche de la végétation et son dépôt sur les gîtes à limnées au début de l'assèchement estival (première méthode) ou encore sans modification du milieu naturel (seconde méthode). Ces techniques fournissent des résultats positifs à long terme et la disparition des limnées est effective en 2 ou 3 années avec la première méthode, en 3 années au minimum avec la seconde. La troisième technique associe la première méthode à un traitement chimique préalable de l'habitat. Elle permet l'élimination des limnées en une seule année dans la plupart des cas. Un programme intégré de lutte contre le parasite adulte et l'hôte intermédiaire a, enfin, été appliqué dans une ferme de la Corrèze. Le traitement régulier du bétail avec un fasciolicide, l'isolement des gîtes à limnées du reste des pâtures et le drainage de l'eau se sont traduits par la disparition du parasite et du mollusque en deux années.

MOTS CLÉS. Contrôle biologique. Contrôle intégré. *Fasciola hepatica*. Limousin. *Lymnaea truncatula*. Pâtures.

SUMMARY. THE CONTROL OF ANIMAL DISTOMATOSIS. SNAIL ELIMINATION USING BIOLOGICAL CONTROL OR INTEGRATED CONTROL.

The authors strike a balance on four methods to eliminate the snail *Lymnaea truncatula* in the Limousin region (France). Predatory land snails (*Zonitoides nitidus*) were used in the two first methods. These snails were introduced under recently mowed grass over the molluscs' habitats at the beginning of the dry summer season (first technique) or without alteration of the natural environment (second technique). These methods were successful at long term and lymnaeid snail disappearance occurred in 2 or 3 years using the first method, and in a minimum of 3 years with the second method. The third technique associated the first method with prior chemical treatment of the habitat. Using this method, *L. truncatula* was eliminated in only one year in the majority of cases. Lastly, an integrated program to fight against the adult parasite and the intermediate hosts was run in a farm in Corrèze department. Regular treatment of cattle with a fasciolicidal agent, isolation of snail habitats from the rest of the pastures, and water draining resulted in disappearance of the parasite and the snail in two years.

KEY WORDS. Biological control. *Fasciola hepatica*. Integrated control. Limousin. *Lymnaea truncatula*. Pastures.

INTRODUCTION.

Le cycle évolutif de *Fasciola hepatica* est un cycle dihéteroène avec un hôte définitif qui héberge le parasite adulte et un hôte intermédiaire qui assure la multiplication des formes larvaires. Si l'homme est relativement peu touché par cette parasitose dans la région du Limousin (RONDELAUD, 1980; GAILLET *et al.*, 1983), il n'en est pas de même pour les bovins et les ovins qui paient un lourd tribut à cette zoonose (MAGE et RONDELAUD, 1983; MAGE, 1991). La prévention contre cette maladie impose de mettre en oeuvre toutes les techniques qui existent sur le marché pour lutter contre *F. hepatica* et son hôte intermédiaire.

Deux types de contrôle ont été développés au cours des vingt dernières années contre le mollusque (*Lymnaea truncatula*) qui joue le rôle d'hôte intermédiaire dans les prairies du Limousin:

- le premier repose sur l'élimination de la Limnée tronquée par voie biologique à l'aide d'un mollusque prédateur terrestre (*Zonitoides nitidus*, famille des Zonitidés) qui vit dans les mêmes habitats que la limnée. Trois méthodes de lutte ont été mises au point et les résultats obtenus sont rapportés dans plusieurs articles (RONDELAUD, 1975, 1981, 1986, 1988).

- le second est une lutte intégrée qui inclut le traitement anthelminthique des bovins infestés et les mesures à entreprendre contre l'hôte intermédiaire. Ce contrôle a été appliqué au départ sur une ferme de la Corrèze (MAGE *et al.*, 1989). A l'heure actuelle, il est en voie d'expérimentation sur plusieurs dizaines de fermes dans trois départements français.

Le but de cette note est de dresser un bilan de ces techniques et d'en définir les limites d'application. Elle regroupe une partie des observations et des conclusions parues dans la thèse de l'un d'entre nous (XIMENES, 1991).

MATÉRIEL ET MÉTHODES.

1. Stations d'étude.

Six types d'habitats à Limnées tronquées sont concernés par le contrôle biologique. Il s'agit des rigoles de drainage superficiel localisées dans 29 prairies marécageuses de fond de vallée, de 85 jonçaias de pente disposées autour d'une source à écoulement permanent (19 cas) ou intermittent (66 cas), de 4 zones à empreintes de sabots de bovins, de 25 berges de rivière ou d'étang, et enfin de 14 cressonnières naturelles. Ces stations se situent toutes dans le département de la Haute-Vienne, sur des terrains de nature siliceuse. Leur superficie est le plus souvent inférieure à 20 m².

Le contrôle intégré a été appliqué dans une ferme de la Corrèze pendant six années. Le troupeau comprend 29 à 34 bovins (selon l'année). Ces derniers paissent sur 8 hectares de prairies naturelles (sur les 26 que compte l'exploitation). Les coproscopies individuelles réalisées par la technique de McMaster (RAYNAUD, 1970) au niveau du troupeau montrent la présence d'oeufs de *F. hepatica* chez 100 % des bovins au départ de l'expérience (1986) et chez 84,3 % l'année suivante.

2. Les différentes méthodes de lutte.

A. Contrôle biologique.

La première technique repose sur une fauche de la végétation hygrophile au début de l'assèchement estival (fin juin ou début juillet). La végétation est déposée en tas sur les gîtes de la limnée, ce qui permet le maintien de l'humidité, attire les mollusques prédateurs locaux (*Z. nitidus*) et permet une consommation optimale des limnées présentes. Si le gîte ne contient pas de prédateurs, des *Z. nitidus* y sont introduits à raison de 20 par m² de gîte à limnées.

La seconde méthode est l'introduction massive de prédateurs (60/m² de gîte à limnées) sans modification du milieu naturel. Les mollusques sont récoltés dans les prairies du Limousin et placés dans le gîte à limnées au début de l'assèchement estival. Les *Z. nitidus* sont utilisés seuls ou encore avec 20 % d'un autre mollusque Zonitidé adulte, *Oxychilus draparnaudi* qui consomme les limnées de grande taille. Certains habitats ont été traités avec les deux espèces précitées et une troisième aquatique, *Physa acuta* (famille des Physidés), ce qui permet l'émersion rapide des limnées et une prédation accrue de la part des Zonitidés.

La dernière méthode est double. Une concentration sublétale de molluscicide (8 litres de CuCl₂ à 0,1 mg/l par habitat) est déversée au printemps dans le gîte lorsque les limnées transhivernantes s'apparient. Ceci retentit sur le nombre de descendants pour la génération de printemps. Les prédateurs sont alors introduits au début de l'assèchement estival selon les modalités de la première technique.

Quelle que soit la technique, le traitement est répété chaque année jusqu'à l'élimination complète de la Limnée tronquée dans ses gîtes.

B. Contrôle intégré.

Le dépistage de la fasciolose a été réalisé par des coproscopies individuelles pratiquées à la fin de la saison du pâturage (chaque année) et 16 semaines après la rentrée en stabulation (1986, 1987). Les bovins infestés sont alors soumis à un traitement antiparasitaire (Triclabendazole) deux semaines après la rentrée en stabulation et ce traitement est répété jusqu'à la négativation des coproscopies.

Les Limnées tronquées présentes sur l'exploitation ont été recherchées en 1988. Leurs gîtes sont isolés du reste de la pâture dans un premier temps, puis transformés par la création de fossés profonds clôturés et de zones de passage pour les bovins.

3. Expression des résultats.

Le décompte des Limnées tronquées a été réalisé dans chaque station en juin ou juillet avant la première application du contrôle biologique pour connaître les effectifs au départ de l'expérience. Les mollusques qui survivent après le contrôle sont, de plus, recensés chaque année lors de la survenue des premières pluies post-estivales.

Les chiffres obtenus en septembre ont été totalisés pour chaque année d'expérimentation en tenant compte du type d'habitat, de la technique de lutte et des prédateurs utilisés. Ils sont ensuite exprimés sous la forme de pourcentages par rapport à l'ensemble des effectifs de départ (assimilé dans ce cas à 100 %). Les tableaux I et II récapitulent les pourcentages pour les stations où des résultats positifs ont été obtenus (tableau I) et pour celles où un échec a été constaté à la fin de la première année de traitement (tableau II).

Le tableau III présente les résultats fournis par les coproscopies dans le cas du contrôle intégré. Ils se rapportent au nombre de coproscopies positives et au nombre d'oeufs de *F. hepatica* par gramme de matières fécales.

RÉSULTATS.

1. Contrôle biologique des limnées.

A. Résultats positifs (tableau I).

La technique n° 3 est la plus efficace car elle permet l'élimination des Limnées tronquées en une seule année dans 5 prairies et en deux années dans la sixième. Les résultats sont identiques dans les cressonnières naturelles avec la disparition du mollusque en une seule année dans 6 habitats et en deux années dans le dernier.

Les deux autres méthodes fournissent des résultats à plus long terme:

- technique n° 1. Deux années d'application sont suffisantes pour éliminer les limnées de la plupart des prairies, des jonçaiés à écoulement intermittent et des berges de rivière ou d'étang; une troisième année est nécessaire pour certains de ces habitats comme pour les cressonnières naturelles. En revanche, dans les jonçaiés avec un écoulement permanent, les limnées sont encore assez nombreuses (15-17 %) après un contrôle de trois années.

- technique n° 2. L'introduction massive et régulière des deux Zonitidés dans les jonçaiés et les berges se traduit par une diminution graduelle dans le nombre des limnées; par contre, dans les prairies marécageuses, elle est sans effet sur l'évolution numérique des mollusques. Les meilleurs résultats ont été obtenus avec l'association des trois prédateurs: les limnées ont disparu après un contrôle de trois années.

Type d'habitat et (nombre)	Technique n°	Prédateurs utilisés	Pourcentage de <i>L. truncatula</i> retrouvées en vie après un contrôle:				
			de 1 an	de 2 ans	de 3 ans	de 4 ans	
Prairies marécageuses	(15)	1	<i>Z. nitidus</i>	11,5	0,1	0	0
	(2)	1	<i>Z. nitidus</i> + <i>O. draparnaudi</i>	9,3	0,2	0	0
	(3)	2	<i>Z. nitidus</i>	91,2	87,3	95,3	88,7
	(6)	3	<i>Z. nitidus</i>	1,8*	0	0	0
Jonçaias de pente avec source à écoulement intermittent	(20)	1	<i>Z. nitidus</i>	5,1	0,6	0	0
	(13)	1	<i>Z. nitidus</i> + <i>O. draparnaudi</i>	1,3	0	0	0
	(4)	2	<i>Z. nitidus</i>	81,7	63,2	56,5	43,7
	(5)	2	<i>Z. nitidus</i>	62,3	31,3	24,6	NR
	(6)	2	+ <i>O. draparnaudi</i> les 3 espèces	17,3	5,1	0	0
Jonçaias de pente avec source à écoulement permanent	(5)	1	<i>Z. nitidus</i>	29,2	22,5	17,5	NR
	(1)	1	<i>Z. nitidus</i> + <i>O. draparnaudi</i>	23,1	17,5	15,6	NR
	(2)	2	<i>Z. nitidus</i>	61,3	47,6	32,1	15,4
	(5)	2	<i>Z. nitidus</i>	41,5	27,2	11,7	NR
	(6)	2	+ <i>O. draparnaudi</i> les 3 espèces	41,5	27,2	11,7	NR
Berges de rivière ou d'étang	(15)	1	<i>Z. nitidus</i>	5,0	0,2	0	0
	(5)	1	<i>Z. nitidus</i> + <i>O. draparnaudi</i>	2,1	0,1	0	0
	(2)	2	<i>Z. nitidus</i>	54,2	31,3	27,6	11,4
	(2)	2	<i>Z. nitidus</i>	39,2	17,2	7,1	NR
	(1)	2	+ <i>O. draparnaudi</i> les 3 espèces	26,3	4,3	0	0
Cressonnières	(7)	1**	<i>Z. nitidus</i>	38,7	5,5	1,3	0
	(7)	3	<i>Z. nitidus</i>	1,2***	0	0	0

* Cinq habitats n'ont plus de limnées à la fin de la première année.

** Le nombre de prédateurs est de 10 par mètre carré de cressonnière.

*** Six cressonnières n'ont plus de Limnées tronquées à la fin de la première année de contrôle.

Tableau I. Évolution numérique des *L. truncatula* sur cinq types d'habitats dans le département de la Haute-Vienne par rapport aux effectifs de départ, soit 100 %. Quatre zones à empreintes de sabots de bovins ne figurent pas sur ce tableau. Abréviation: NR = observation non réalisée.

B. Résultats négatifs (tableau II).

La survie des limnées est comprise entre 1,8 et 2 % à la fin de la première année dans les 37 stations témoins selon la technique utilisée. Par contre, les pourcentages sont plus élevés dans les autres stations et ces résultats "négatifs" peuvent s'expliquer par les effets de six facteurs physiques ou biotiques:

- la hauteur de l'eau fournie par les précipitations atmosphériques. Elle ne doit pas dépasser 8 mm de hauteur sur les 10 jours qui suivent le début de l'expérience, sinon les *Z. nitidus* se réfugient dans la végétation, au niveau de zones moins humides (DIDIER, 1986).

Technique	Nombre de stations	Survie des limnées (en %)	Facteurs incriminés
Lutte biologique* (technique n° 1)	9	29,2	Pluviométrie supérieure à 8 mm en 10 jours Présence de blocs rocheux Couverture végétale inadéquate (luzerne, trèfle) Traitement préalable de l'habitat par voie chimique Présence d'acariens phorétiques sur les <i>Z. nitidus</i> Comportement des ovins
	4	32,8	
	2	18,3	
	2	25,0	
	1	32,0	
	1	47,0	
Lutte chimique et biologique* (technique n° 3)	2	28,3	Intervalle trop court entre les traitements chimique et biologique

* La survie est de 2 % à la fin de la première année de contrôle dans les habitats témoins traités par la technique n° 1 (30 stations) et de 1,8 % dans ceux traités par la technique n° 3 (7 prairies).

Tableau n° II. Les résultats négatifs obtenus dans 21 stations à la fin de la première année avec les techniques n° 1 et n° 3. Ces stations se répartissent entre 3 prairies de fond de vallée et 18 jonçaias de pente avec une source à écoulement intermittent.

- la présence de blocs rocheux sur l'habitat. Les limnées se réfugient sous les blocs et échappent ainsi au prédateur.

- la qualité de la couverture végétale employée pour la technique n° 1. La végétation doit provenir des prairies permanentes. Il vaut mieux éviter l'utilisation de luzerne ou de trèfle en raison de l'échauffement important que présentent ces légumineuses après leur fauche.

- le traitement de l'habitat par voie chimique, juste avant l'introduction des prédateurs. Les *Z. nitidus* consomment de manière préférentielle les limnées intoxiquées mortes ou agonisantes tandis que celles plus légèrement atteintes se fixent en immobilité permanente et ont ainsi plus de chances d'échapper aux zonitoides.

- la présence d'un Acarien phorétique, *Riccardoella limacum*, sur les coquilles des Zonitidés. Cette espèce est fréquente chez les Pulmonés terrestres (GODAN, 1979), notamment chez *Helix aspersa* (MORAND, 1983). La présence de trop nombreux acariens sur les prédateurs finit par entraîner leur mort.

- le comportement particulier de certains troupeaux d'ovins qui utilisent les rigoles de drainage comme voies de passage et détruisent en partie les limnées, mais aussi les mollusques prédateurs. Cette attitude n'a pas reçu d'explication à l'heure actuelle.

2. Contrôle intégré.

Le tableau III montre que les coproscopies de 1986 ont été réalisées sur 20 vaches et qu'elles sont toutes positives. La prospection des limnées a révélé leur présence dans une seule zone où les bovins stationnaient avant d'entrer chaque jour en stabulation. La densité des mollusques est de 100 à 120 unités/m² dans ce parc d'attente en juin 1988.

Paramètres	1986		1987		1988	1989	1990	1991
	A	B	A	B	A	A	A	A
Nombre de bovins	29	29	32	32	32	32	33	34
Nombre de coproscopies	20	21	32	32	32	32	33	34
Nombre d'oeufs de <i>Fasciola hepatica</i> par gramme de fèces (valeurs moyennes)	79	0,7	32,6	2,3	0	0	0	0
Nombre de coproscopies positives	20	1	27	4	0	0	0	0
Pourcentage de coproscopies positives	100	4,1	84,3	12,6	0	0	0	0

Tableau n° III. Résultats des coproscopies individuelles réalisées pendant six années dans une ferme de la Corrèze. Abréviations. A: coproscopies réalisées à la fin du pâturage. B: coproscopies pratiquées 14 semaines après un traitement douvicide par le Triclabendazole.

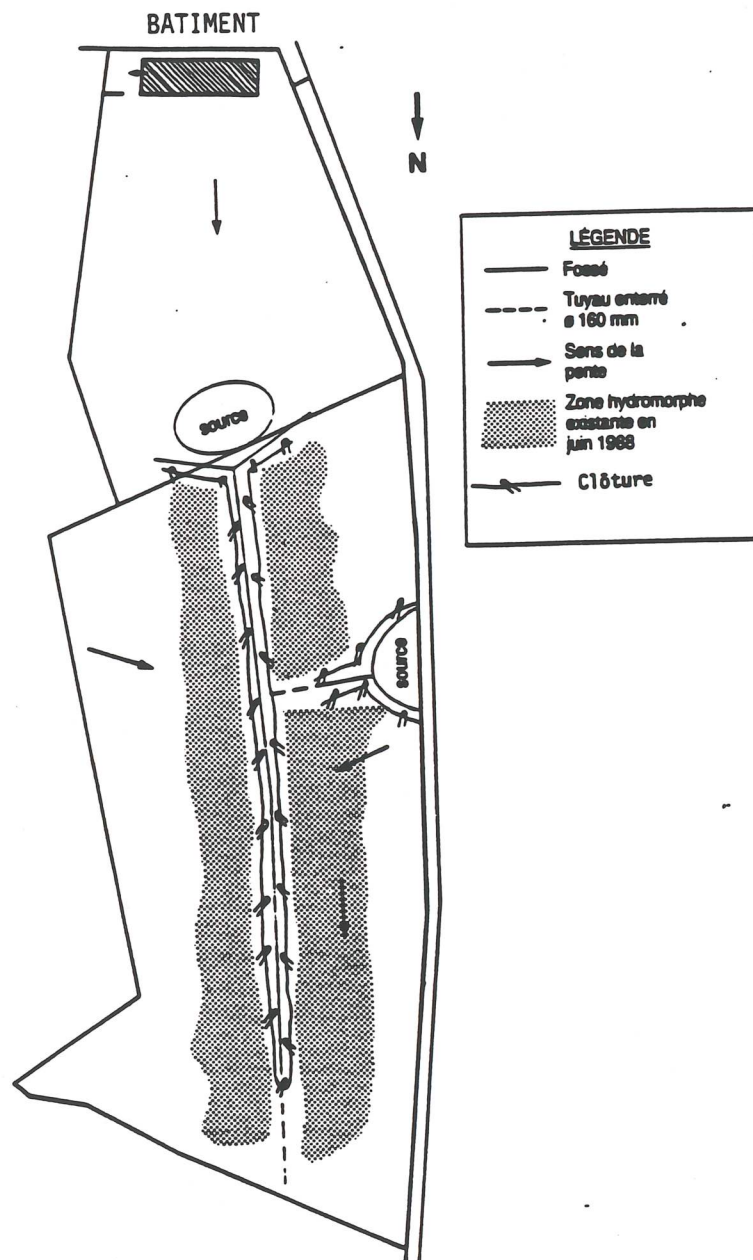


Figure 1. Mesures d'assainissement entreprises dans la ferme de la Corrèze pour contrôler la source de l'infestation parasitaire (d'après MAGE *et al.*, 1989).

Des mesures ont été entreprises en 1988 au niveau du parc d'attente (en juillet-août). La figure 1 illustre ces moyens avec la mise en place de fossés et de zones de passage pour les bovins.

Les effets de cet assainissement, associés au traitement anthelminthique des animaux se sont traduits par une négativation des coproscopies à partir de 1988 comme le montre le tableau III. Les limnées ont également disparu à la fin de la même année et les contrôles ultérieurs n'ont pas montré leur réapparition.

DISCUSSION.

Plusieurs observations peuvent se dégager des résultats fournis par le contrôle biologique:

- Les gîtes à limnées situés dans les prairies de fond de vallée et les cressonnières naturelles sont à traiter avec la troisième technique. Comme leur superficie est souvent réduite dans le Limousin et qu'ils sont fréquemment situés à l'extrémité distale des rigoles de drainage superficiel, une seule année de contrôle doit permettre l'élimination de la plupart des mollusques. Il existe, en plus, une "sécurité" car les limnées survivantes retrouvées après l'estivation peuvent être à nouveau traitées par une nouvelle dose de molluscicide identique à celle du printemps mais qui serait appliquée après les premières pluies post-estivales (en septembre).

- Les jonçaises de pente et les zones à empreintes de sabots de bovins sont nombreuses dans la région étudiée. L'emploi de la troisième technique nous paraît trop onéreux et il est préférable de les contrôler par la première méthode. La faible étendue de ces habitats et l'effectif limité des limnées peuvent conduire à utiliser un nombre plus élevé de prédateurs (30/m² par exemple) mais cette solution ne serait pas efficace dans tous les cas en raison de la "réaction de fuite" que présentent les limnées en face de *Z. nitidus* (RONDELAUD, 1978) et de l'existence d'un cannibalisme lorsque les prédateurs sont en trop grand nombre.

- Les berges de rivière ou d'étang n'ont plus un rôle important dans l'épidémiologie de la distomatose animale dans le Limousin car la plupart des troupeaux boivent maintenant dans des abreuvoirs artificiels, disposés sur les pâtures. Le contrôle de ces berges est donc le plus souvent sans objet.

Certes, les méthodes de lutte contre les Invertébrés aquatiques n'ont eu, jusqu'à présent, qu'un succès limité et ne peuvent être envisagées à brève échéance comme des solutions alternatives pour un contrôle à grande échelle (LEVEQUE, 1990). Les techniques proposées par RONDELAUD (1975, 1981, 1986) présentent cependant deux avantages. Tout d'abord, elles constituent une solution assez efficace pour détruire les limnées dans leur milieu naturel et représentent donc un moyen de lutte qui s'inscrit dans la gamme des moyens prophylactiques pour lutter contre l'hôte intermédiaire car l'emploi des molluscicides contre *L. truncatula* (EUZEBY, 1971; PECHEUR, 1974;...) est assez limité à l'heure actuelle. Le deuxième avantage est que le prédateur vit naturellement dans les gîtes de la limnée et fait partie de la même association malacologique (BOYCOTT, 1934). Cet avantage est d'un intérêt primordial car il permet d'éviter les incidents comme celui que TILLIER et CLARKE (1983) rapportent sur l'introduction volontaire de

mollusques prédateurs dans certaines îles du Pacifique: les proies théoriques (*Achatina fulica*) ont été délaissées mais les autres Pulmonés locaux ont été décimés, allant même jusqu'à la disparition totale de certaines espèces.

Les techniques de RONDELAUD ont, cependant, quelques inconvénients:

- Le prédateur vit en abondance dans les prairies marécageuses du Limousin, sur terrain siliceux.

Par contre, il est souvent absent des gîtes à limnées situés dans les zones sédimentaires, à l'exception des berges de rivière ou de canaux où les colonies sont abondantes. Comme la pousse de la végétation est différente sur les terrains sédimentaires et siliceux du Centre-Ouest en raison de l'altitude, il en ressort que l'application de ces techniques de contrôle dans les régions sédimentaires nécessite a) une couverture végétale de substitution qui soit de bonne qualité, et b) des *Z. nitidus* au stade adulte en avril ou mai, ce qui n'est pas souvent le cas dans le milieu naturel et impose donc le recours à un élevage intensif pour pallier cette difficulté.

- La nécessité d'un élevage intensif constitue, par elle-même, la deuxième difficulté. La production des zonitoides a déjà été réalisée dans les conditions du laboratoire à l'aide d'une farine composée à base de sang (DIDIER et RONDELAUD, 1983). Elle ne peut être pratiquée au stade industriel que dans un élevage en bâtiment ou en serre en raison de l'instinct prédateur de ces mollusques. De plus, il existe un cannibalisme intra-spécifique lorsque les concentrations de *Z. nitidus* sont trop importantes. Ce type d'élevage semble plus difficile à maîtriser sur le plan technique (sans parler du plan économique) et il est logique de penser qu'il n'aura pas la même extension que l'élevage des Escargots petit-gris et de Bourgogne (DAGUZAN, 1983).

- La troisième difficulté réside dans l'efficacité de ces techniques. Si l'élimination des limnées a été réalisée en une seule année dans la plupart des prairies et des cressonnières traitées par la troisième technique, il faut souvent deux ou trois années de contrôle pour obtenir le même type de résultat avec les deux autres méthodes. On peut se demander quelle sera la réaction de l'éleveur au sens large devant ce type de contrôle qui ne sera appliqué le plus souvent qu'avec l'aide du vétérinaire praticien ou des techniciens d'élevage.

La fauche de la végétation utilisée dans les techniques n° 1 et n° 3 est une modification culturale qui facilite l'action des prédateurs. Dans le Limousin, elle n'est pratiquée habituellement qu'à la fin août ou au début septembre. Par contre, lors des années sèches comme cette année, cette pratique est plus précoce, dans les premiers jours de juillet, voire même à la fin juin. Dans ces conditions, on peut se demander si ces techniques ne devraient pas être classées dans les méthodes agronomiques comme le drainage plutôt que dans celles relevant du contrôle biologique *sensu stricto*.

Le concept de la lutte intégrée représente une ouverture intéressante pour limiter, voire éradiquer la fasciolose dans la plupart des élevages français. Ce contrôle n'est pas envisageable dans deux cas: a) les marais et les prairies très marécageuses sur lesquels les opérations de drainage sont irréalisables, et b) les alpages où l'élevage extensif se pratique sur de vastes étendues. La superficie de ces prairies d'estive, le libre accès des animaux aux zones ombragées, l'abondance des eaux de ruissellement facilité par la déclivité du terrain constituent des contraintes pour la mise en place de la lutte intégrée en montagne.

Malgré ces limites, ce concept de la lutte intégrée est, à l'heure actuelle, en plein développement et fait l'objet d'une application dans des "réseaux" de fermes de démonstration au niveau de plusieurs départements comme le Cantal, la Corrèze ou le Puy-de-Dôme (XIMENES *et al.*, 1992).

On peut cependant se demander si l'intérêt de ce concept sera bien perçu par les éleveurs. Notre opinion repose sur les deux faits suivants:

- La fasciolose évolue souvent de façon chronique et échappe, de ce fait, au clinicien par suite du manque de symptômes apparents. Ce caractère insidieux de la maladie n'encouragera pas les éleveurs à entreprendre des mesures drastiques sur leur exploitation pour lutter contre le parasite et son hôte intermédiaire.

- L'application de la lutte intégrée devra être modulée en fonction des régions d'élevage par suite des différences qui existent au niveau de la conformation et de la gestion des pâturages. Ce concept sera probablement à réactualiser en fonction des premiers résultats obtenus dans les fermes de démonstration.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES.

- BOYCOTT, A.E., 1934.- The habitats of land mollusca in Britain. *J. Ecol.*, **22**, 1-38.
- DAGUZAN, J., 1983.- L'élevage de l'escargot ou héliciculture. 55-114. In: "L'escargot et l'héliciculture". Informations techniques des Services Vétérinaires, Ministère de l'Agriculture, Paris.
- DIDIER, B., 1986.- Contribution à l'étude écologique et écophysiological d'un Mollusque prédateur, *Zonitoides nitidus* Müller. Thèse Doct. Univ., Sci. Nat., Limoges, n° 4, 179 p.
- DIDIER, B., RONDELAUD, D., 1983.- Les effets d'un aliment composé sur la fécondité et la croissance de *Zonitoides nitidus* Müller. *Haliotis*, **13**, 25-28.
- EUZEBY, J., 1971.- Les maladies vermineuses des animaux domestiques et leurs incidences sur la pathologie humaine. Tome I: Maladies dues aux Plathelminthes. Fasc. 2: Trématodes. Livre 1. Vigot frères éd., Paris, 798 p.
- GAILLET, P., LIANCE, M., RIVOLLET, D., HOUIN, R., 1983.- Situation de la fasciolose en France. Enquête rétrospective portant sur les 30 dernières années. *Bull. Soc. Fr. Parasitol.*, **1**, 79-82.
- GODAN, D., 1979.- Schadschnecken und ihre Bekämpfung. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 467 p.
- LEVEQUE, C., 1990.- Impact de la lutte antivectorielle sur l'environnement aquatique. *Ann. Parasitol. Hum. Comp.*, **65**, Suppl. 1, 119-124.

- MAGE, C., 1991.- Nouvelles données épidémiologiques sur la distomatose bovine à *Fasciola hepatica* L. dans les départements de la Corrèze et de la Creuse. *Ann. Sci. Limousin*, **7**, 15-22.
- MAGE, C., RONDELAUD, D., 1983.- Réflexions sur la prévention de la fasciolose en France. *Dossiers Elev.*, **5**, 25-28.
- MAGE, C., RAYNAL, P., RONDELAUD, D., CHASTELOUX, C., 1989.- Mise en pratique du contrôle de l'infestation par *Fasciola hepatica* chez des bovins limousins. *Bull. Tech. G.T.V.*, 6-B-347, 5-10.
- MORAND, S., 1983.- Recherches préliminaires sur quelques cas de prédation et de parasitisme observés chez l'Escargot petit-gris: *Helix aspersa* (Mollusque Gastéropode Pulmoné). Mémoire D.E.A. Ecol., Rennes I, 40 p.
- PECHEUR, M., 1974.- Lutte stratégique contre la distomatose. *C. R. Rech., I.R.S.I.A.*, **38**, 85-150.
- RAYNAUD, J.P., 1970.- Étude de l'efficacité d'une technique de coproscopie quantitative pour le diagnostic de routine et le contrôle des infestations parasitaires des bovins, ovins, équins et orcsins. *Ann. Parasitol. Hum. Comp.*, **45**, 321-343.
- RONDELAUD, D., 1975.- La prédation de *Lymnaea (Galba) truncatula* Müller par *Zonitoides nitidus* Müller, moyen de lutte biologique. *Ann. Parasitol. Hum. Comp.*, **50**, 55-61.
- RONDELAUD, D., 1978.- Le comportement des Limnées tronquées (*Lymnaea (Galba) truncatula* Müller) saines ou infestées par *Fasciola hepatica* L. en présence de leurs prédateurs. *Ann. Parasitol. Hum. Comp.*, **53**, 63-74.
- RONDELAUD, D., 1980.- Données épidémiologiques sur la distomatose humaine à *Fasciola hepatica* L. dans la région du Limousin, France. Les plantes consommées et les limnées vectrices. *Ann. Parasitol. Hum. Comp.*, **55**, 393-405.
- RONDELAUD, D., 1981.- Le contrôle biologique de *Lymnaea truncatula* Müller. Bilan d'une expérimentation de neuf années en Haute-Vienne, France. *Haliotis*, **11**, 213-224.
- RONDELAUD, D., 1986.- Le contrôle mixte et alterné de *Lymnaea truncatula* Müller par voie chimique et biologique. Premiers essais expérimentaux sur le terrain. *Ann. Rech. Vet.*, **17**, 15-20.
- RONDELAUD, D., 1988.- Le contrôle mixte et alterné de *Lymnaea truncatula* Müller. A propos de trois techniques pour l'épandage du molluscicide. *Ann. Rech. Vét.*, **19**, 279-282.
- TILLIER, S., CLARKE, C., 1983.- Lutte biologique et destruction du patrimoine génétique: le cas des Mollusques Gastéropodes Pulmonés dans les territoires français du Pacifique. *Génét. Sci. Évol.*, **15**, 559-566.
- XIMENES, T., 1991.- Le contrôle biologique de *Lymnaea truncatula* Müller, hôte intermédiaire de *Fasciola hepatica* L. Possibilités et perspectives. Thèse Doct. Vétérinaire, E.N.V. Alfort, Fac. Méd. Créteil, Univ. Paris XII, n° 122, 103 p.
- XIMENES, T., RONDELAUD, D., MAGE, C., CHERMETTE, R., 1992.- L'élimination de la Limnée tronquée dans les pâturages. Contrôle biologique et lutte intégrée contre la fasciolose. *Point Vét.* (sous presse).

LA POLLUTION DE LA VIENNE PAR DES MOUSSES D'ORIGINE CHIMIQUE ENTRE LIMOGES ET CONFOLENS.

Madrangé L., Chaboury P., Ferrandon O., Mazet M., Rodeaud J.*

Laboratoire de Génie Chimique - Traitement des Eaux, Faculté des Sciences, 123 Avenue A. Thomas, 87060 LIMOGES Cédex.

***Société Aussedat Rey, 87720 Saillat/Vienne**

RESUME

Le recensement de la charge polluante rejetée dans la rivière Vienne (France) par les usines et les stations d'épuration de Limoges à Confolens a été effectué. Des campagnes de prélèvement et d'observations visuelles ont permis de localiser les lieux d'apparition des mousses en accord avec les travaux déjà menés sur ce sujet. L'étude du pouvoir moussant des principaux rejets (papeterie et cartonneries) et de leurs mélanges a permis de mettre en évidence des phénomènes de synergie entre certains constituants de plusieurs rejets amplifiant le pouvoir moussant et la stabilité de la mousse dans le temps. L'étude par "HPLC" montre l'apparition de pics supplémentaires confirmant l'interaction des rejets ; de plus, le principal effluent a pu être suivi dans la rivière et dans les mousses, pratiquement sans dégradation jusqu'à Confolens.

Mots clés : pollution rivière - mousses chimiques - pouvoir moussant analyse HPLC - traceur.

SUMMARY : The pollution of the Vienne river by chemical foams between LIMOGES and CONFOLENS (FRANCE).

The pollution of the Vienne river by chemical foams between Limoges and Confolens has been investigated by the inventory of the Industries and waste plants. The principal pollution results of paper's industries and cardboard mills. The analysis of the foaming capacity of different mixtures of the effluents shows a synergy phenomena between some constituents of industrial effluents for some of them, which increases the foaming capacity and the foam stability with time. HPLC analysis shows a supplementary peak for the same mixtures according to the previous remarks. The river pollution is also directly in relation with the effluent and foam mill composition which exhibits no biologically degradation up to Confolens.

INTRODUCTION

La présente étude a pour but de mieux cerner le phénomène d'apparition et de stabilité des écumes (mousses d'origine chimique) qui apparaissent sur la Vienne entre Limoges et Confolens.

En effet, depuis de nombreuses années, on peut constater la présence de mousses d'origine chimique persistantes, en quantités parfois importantes sur la Vienne, surtout en aval de la commune de Saillat. Cette nuisance est vraisemblablement occasionnée par les rejets d'eaux usées provenant des nombreuses usines situées sur le bord de la Vienne. Cette étude a pour but :

- de déterminer l'importance de la pollution apportée par chaque usine et notamment celle de la papeterie Aussedat Rey (International Paper)
- de quantifier la part de chacun des rejets quant à la formation et à la présence de mousses d'origine chimique.

La recherche bibliographique du travail déjà effectué sur le sujet a été facilitée par la consultation de certains documents qui nous ont été accessibles grâce à l'intermédiaire de Monsieur Rodeaud (Aussedat Rey), de la D.R.I.R.E, de la D.D.A.S.S., de la D.R.A.E. et de la D.D.E. que nous tenons à remercier pour leur collaboration.

L'étude comprend trois phases :

1. Localisation des sources de pollution.

Dans un premier temps, les principaux lieux d'apparition des mousses sur la Vienne entre Limoges et Confolens ont été localisés au cours de trois campagnes de prélèvements au mois d'octobre et de novembre 1990.

Dans un second temps, un inventaire des différentes usines et des principales collectivités locales a été réalisé avec une estimation de leurs rejets dans la Vienne.

2. Analyse des rejets urbains et industriels.

Des caractérisations physico-chimiques ont été effectuées sur les principaux rejets industriels et urbains ainsi que la recherche de traceurs spécifiques non seulement des effluents de la papeterie Aussedat Rey, mais aussi des papeteries, cartonneries et autres usines situées sur le parcours Saillat - Confolens.

Des essais de stabilité de mousses dans le temps ont été réalisés ainsi que des essais de synergie entre certains rejets susceptibles d'intervenir dans la formation des mousses.

Des analyses de séparation des constituants des effluents et des mousses par chromatographie liquide haute performance ont également été réalisées pour essayer de trouver des traceurs sur les principaux effluents permettant ensuite de suivre leur présence et leur importance relative dans l'eau et dans les mousses jusqu'à Confolens.

3. Essais de corrélation entre l'apparition des mousses et la composition de l'eau de la rivière.

Les résultats du point 2 ont été appliqués aux prélèvements d'eau et de mousse sur la Vienne en période d'étiage.

I. LOCALISATION DES SOURCES DE POLLUTION

I.1. Localisation géographique de l'apparition des mousses sur la Vienne.

Afin d'identifier les différents lieux d'apparition des mousses sur la Vienne entre Limoges et Confolens, trois campagnes de prélèvements aux mois d'octobre et de novembre 1990 ont été effectuées. D'autres observations tout au long de l'étude lors de chaque prélèvement ponctuel (1990-1991) ont également été collectées.

Les débits de la Vienne ont été calculés pour chaque campagne à partir des hauteurs relevées sur le limnigraphe du pont de Pilas :

- campagne du mercredi 24 octobre 1990 : débit = 19 m³.s⁻¹
- campagne du samedi 27 octobre 1990 : débit = 30 m³.s⁻¹
- campagne du vendredi 16 novembre 1990 : débit = 44 m³.s⁻¹

Les observations visuelles sont regroupées dans les tableaux XV, XVI et XVII en annexe du DESS MADRANGE, (1992).

Il en ressort que les mousses apparaissent surtout à partir du seuil de Pilas en aval de la commune de Saillat. Elles se forment ensuite à tous les seuils qui jalonnent la Vienne ainsi que dans les remous provoqués par les roches émergentes.

Cependant, leur apparition a également été observée au seuil juste en amont du vieux pont de Saint-Junien lors de la campagne du 16.11.90. Elles se présentaient sous forme de très petites marguerites.

La mousse qui se forme au niveau du seuil de Pilas (rive droite) est une mousse assez légère constituée de grosses bulles (photographie 1).



Photographie 1 : PILAS, barrage de l'ancienne usine électrique (rive droite).
Campagne du samedi 27.10.90

Remarque : à cet endroit la couleur marron de l'eau de la Vienne est due en grande partie à l'effluent de la papeterie Aussedat Rey, effluent qui n'est pas encore bien mélangé à l'eau de la Vienne.

Au pont de Chabanais, la mousse apparaît sous forme de marguerites qui persistent sur environ 100 mètres en aval du seuil.

Les différentes observations faites en fin d'année 1990 et en début d'année 1991 montrent que la présence de mousses à cet endroit n'est pas très importante.

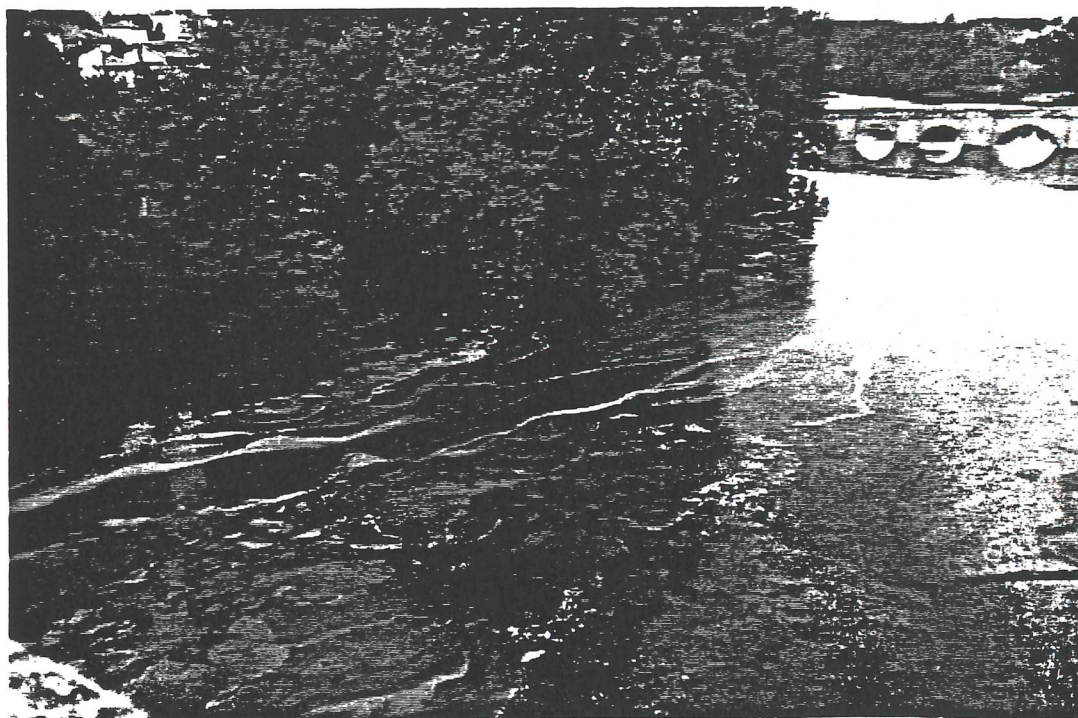
Elles réapparaissent ensuite de façon plus persistante après chaque seuil à Exideuil, Manot, Ansac et Confolens formant des marguerites et des amas de mousses sur une longueur de plusieurs mètres.

A Ansac, elles sont présentes en plus grande quantité.

A Confolens, elles forment une grande traînée blanche au milieu du lit de la rivière, traînée constituée de marguerites persistantes jusqu'en aval du pont Babaud Larivière (photo 2). Cela a été observé lors des trois campagnes ; il faut cependant souligner que le 24.10.90, jour où le débit de la rivière était plus faible, les mousses étaient plus abondantes que lors des campagnes suivantes.

Remarque : la présence de mousses a également été constatée du mois de janvier au mois d'avril 1991 sur la Glane et la Grène, rivières qui se jettent dans la Vienne respectivement à Saint-Junien et Chabanais.

Il semblerait que sur ces deux rivières les industries ne soient pas la cause de l'apparition de ces mousses. Cela a également été observé aux Etats-Unis en 1979 (NCASI, 1983), où des mousses ont été vues sur des cours d'eau drainant des bassins versants n'ayant pas une concentration en activité humaine importante. Celles-ci ont été attribuées alors à des agents tensio-actifs provenant du lessivage des sols.



Photographie 2 : CONFOLENS, la Vienne vue du pont Babaud Larivière.
Campagne du mardi 3 septembre 1991.

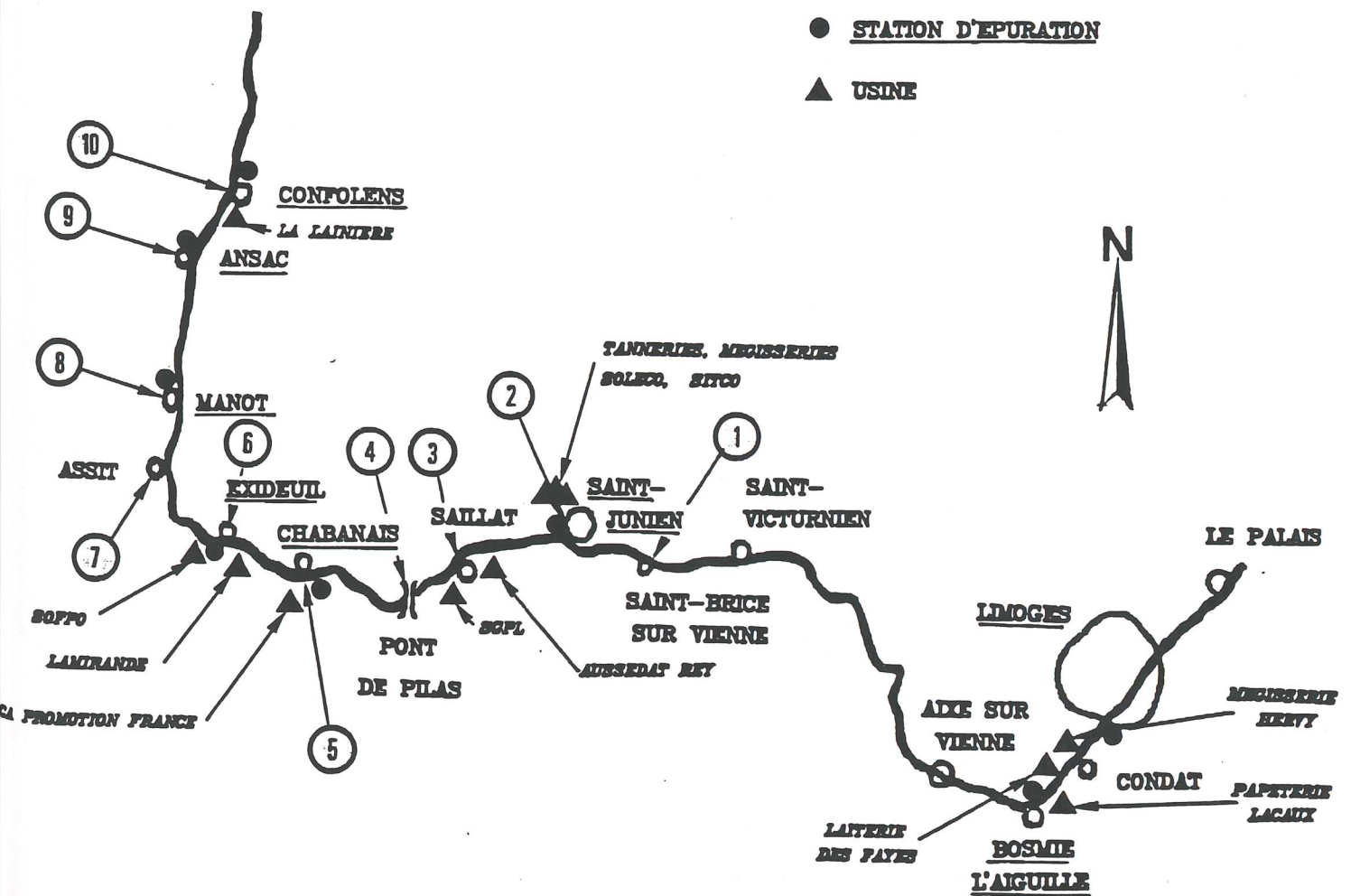
La localisation visuelle des mousses a donc permis de confirmer ce que nous avons pu lire dans la littérature (Agence de Bassin, 1989, DDE Charente, 1989, Aussedat Rey, Fondation de l'eau, 1990). Elles apparaissent surtout à partir du seuil de Pilas, mais les mousses du tronçon Pilas-Excideuil n'ont pas l'aspect des crasses persistantes du tronçon Manot-Confolens.

Ces campagnes ont permis de choisir dix points de prélèvement qui sont (carte n° 1) :

1. Pont de Saint-Brice/Vienne
2. Saint-Junien (Le Moulin de Pelgros)
3. Pont de Saillat
4. Pont de Pilas
5. Pont de Chabonais
6. Pont d'Excideuil
7. Le Moulin d'Assit (rive gauche)
8. Pont de Manot
9. Pont d'Ansac
10. Pont de Confolens (pont Babaud Larivière).

Ils sont à peu près identiques à ceux retenus dans la littérature (Agence de Bassin, 1989).

Au niveau du pont de Pilas, trois prélèvements (rive droite, milieu, rive gauche) ont été effectués afin de mettre en évidence la zonation de la rivière à cet endroit.



Carte n°1 : La Vienne entre Limoges et Confolens avec les points de prélèvement et les principaux rejets urbains et industriels.

I.2. Localisation des rejets urbains et industriels.

Un inventaire des différents sites industriels et des stations d'épuration urbaines a été effectué. Les renseignements ont été communiqués par les entreprises ainsi que par les Directions Régionales de l'Industrie, de la Recherche et de l'Environnement respectives. Le tableau récapitulatif (I) présente ces résultats.

Commune	Usines	Rejets
Limoges	Z.I. Romanet	Station d'épuration
	Z.I. Nord	Station d'épuration
	Abattoir	Station d'épuration
Isle	Papeterie Lacaux	Station d'épuration de Bosmie
	Mégisserie Hervy	l'Aiguille
	Laiterie Des Fayes	"
	Porcelaine Jammet Seignolles	"
Aixe/Vienne	SCREG Ouest	Vienne
	KPCL	"
	Manufacture Royale de Porcelaine	"
St Brice/Vienne	Société Nouvelle des Plastiques du Bouchet	"
St-Junien	Abattoir municipal	Station d'épuration
	Ets VAUGELADE (lavage laine).	"
	PERRIN (teinturerie)	"
	Peausserie de GRAMONT (teinturerie)	"
	GANTERIE COOPERATIVE	"
	Ets LAGARDE (peaux, teinturerie)	"
	Ets POMMIES (peaux)	"
	COLOMBIER (peaux, teinturerie)	"
	ZI de Boisse (SOLECO, ...)	"
	SIPC	"
	SITCO	"
SAPROCHIM	"	
Saillat	Aussedat Rey Société Générale des Papèteries du Limousin	Rejets dans la Vienne après traitement dans des lagunes extensives aérées
Chabonais	Cartonnerie SCA Promotion France Davaye (filiale Legrand)	Rejet dans la Grêne
Exideuil	Cartonnerie Lamirande Cartonnerie SOFPO	Rejet dans la Vienne Une partie du rejet dans la station, l'autre dans la Vienne.
Confolens	SOCOMETA (métallurgie) La Lainière Abattoir polyvalent	Collecte et craquage Rejet dans la Vienne Station d'épuration

Tableau I : Principales usines situées en bordure de la Vienne avec leurs points de rejets.

Le descriptif des stations d'épuration n'est pas repris ici car celles-ci interviennent peu au niveau de la formation des mousses ; ce descriptif existe cependant dans le mémoire (CHABOURY, DESS, 1991).

II. ANALYSE DES REJETS URBAINS ET INDUSTRIELS.

II.1. Analyse des effluents.

La caractérisation des différents rejets industriels d'Aussedat Rey, de la Société Générale des Papeteries du Limousin, de la cartonnerie SCA Promotion France, de la cartonnerie Lamirande et de la cartonnerie SOFPO, a été réalisée par les analyses suivantes :

- pH
- Température (°C)
- Conductivité (mS.cm⁻¹)
- Potentiel d'oxydo-réduction mesuré par rapport à l'électrode normale à hydrogène (mV)
- O₂ dissous (mg.l⁻¹)
- DCO (mg.l⁻¹ d'O₂)
- MES/MVS
- Résidu sec (g.l⁻¹)
- Tensio-actifs anioniques exprimés en mg.l⁻¹ de dodécyl sulfate de sodium (DSS)
- Tension superficielle (mN.m⁻¹)
- Pouvoir moussant (le pouvoir moussant est la hauteur de la mousse exprimée en cm que l'on obtient après agitation de la solution dans un flacon).

La totalité des résultats est regroupée dans le rapport de CHABOURY (1991). Sur le tableau II, figurent les principaux résultats de ces analyses pour les différentes usines ainsi que pour la station d'épuration de St-Junien.

	Débit m ³ /h	MES		DCO		TA anion. mg/l de DSS		Pouvoir moussant cm	Stabilité de la mousse
		mg/l	kg/j	mg/l	kg/j	kg/j	de DSS		
Station d'épuration de St-Junien	175	350	1 500	1 500	6 300	7,00	29,4	3,2	+++
Aussedat Rey	3 500	55	4 800	500	42 000	1,10	92,4	2,0	++
Société Générale des Papeteries du Limousin	138	300	1 000	2 200	7 300	4,00	13,3	2,2	+
SCA Promotion France	0,2	500	2,4	1 300	6,3	2,40	0,01	2,0	+
Lamirande	3,5	60	5,0	130	10,9	<Sd	<Sd	-	-
SOFPO	-	55	-	110	-	-	-	-	-

+++ : mousse très stable. - : instable

< Sd : inférieur au seuil de détection (50 µg.l⁻¹)

Tableau II : Principaux résultats des analyses effectuées sur les effluents des différentes usines et de la station d'épuration de St-Junien. (Moyenne des valeurs effectuée sur 3 ou 4 prélèvements ponctuels).

Les résultats des analyses mettent en évidence que les principaux rejets industriels et les rejets de stations d'épuration entre Limoges et Confolens susceptibles d'intervenir dans le phénomène d'apparition des mousses sur la Vienne sont ceux de :

- la papèterie Aussedat Rey (AR)
- la Société Générale des Papeteries du Limousin (SGPL)
- la station d'épuration de St Junien

Cependant, les résultats des essais de caractérisation globale des produits ne sont pas suffisamment spécifiques de chaque effluent pour permettre de les caractériser et de les retrouver dans les mousses prélevées sur la Vienne. La stabilité plus ou moins grande de celles-ci est probablement due à la présence de molécules ayant une structure particulière (longue chaîne aliphatique, charge ou fonction chimique spécifique, etc ...) conférant une certaine rigidité à la couche de surface ou à des effets de synergie entre les composés de plusieurs effluents.

II.2. Etude du pouvoir moussant et de la stabilité de la mousse du mélange des effluents d'Aussedat-Rey et de la Société Générale des papeteries du Limousin.

Comme le montrent des cinétiques effectuées sur certains effluents industriels et urbains, l'effluent de sortie de la lagune d'Aussedat Rey n'est pas le seul à contenir des substances tensioactives anioniques actives vis-à-vis du bleu de méthylène (MBAS) et à mousser.

Bien que cet effluent soit le plus important en volume ($3500 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ ou environ $1 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$), on peut penser qu'en plus de l'addition pure et simple des différents rejets à caractère "moussant" dans la formation des mousses sur la Vienne, des effets de synergie peuvent intervenir entre les composés de ces effluents tant dans le pouvoir moussant que dans la stabilité des mousses formées.

Des essais sur des mélanges ont donc été réalisés entre les principaux effluents industriels, à savoir ceux d'Aussedat-Rey, de la Société Générale des Papeteries du Limousin et l'effluent de la station d'épuration de St-Junien.

Des mélanges ont également été testés avec le rejet de la cartonnerie SCA Promotion France-effluent constitué principalement de fécule de pomme de terre et d'amidon de maïs - afin d'apprécier l'influence de l'amidon dans la formation des mousses et sur leur stabilité (MADRANGE, DESS, 1992).

Huit mélanges d'effluents AR et SGPL ont été réalisés et mis sous agitation magnétique. Les rapports volumiques sont les suivants :

AR/SGPL : 100/0 ; 95/5 * ; 90/10 ; 70/30 ; 50/50 ; 30/70 ; 10/90 ; 0/100.

*le mélange 95/5 représente à peu de chose près le rapport entre les débits de sortie d'AR et de la SGPL

Le pouvoir moussant et la stabilité de la mousse ont été suivis au cours du temps (ici 6 jours) pour chaque échantillon.

La cinétique a été faite sur des échantillons prélevés le mardi 12.03.91 entre 7 et 8 heures du matin. Ces derniers ont été caractérisés également par leurs MBAS :

- AR $1,0 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ exprimés en $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$ de DSS
- SGPL $5,4 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ exprimés en $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$ de DSS

Les résultats sont représentés sur la fig. 1 pour le pouvoir moussant.

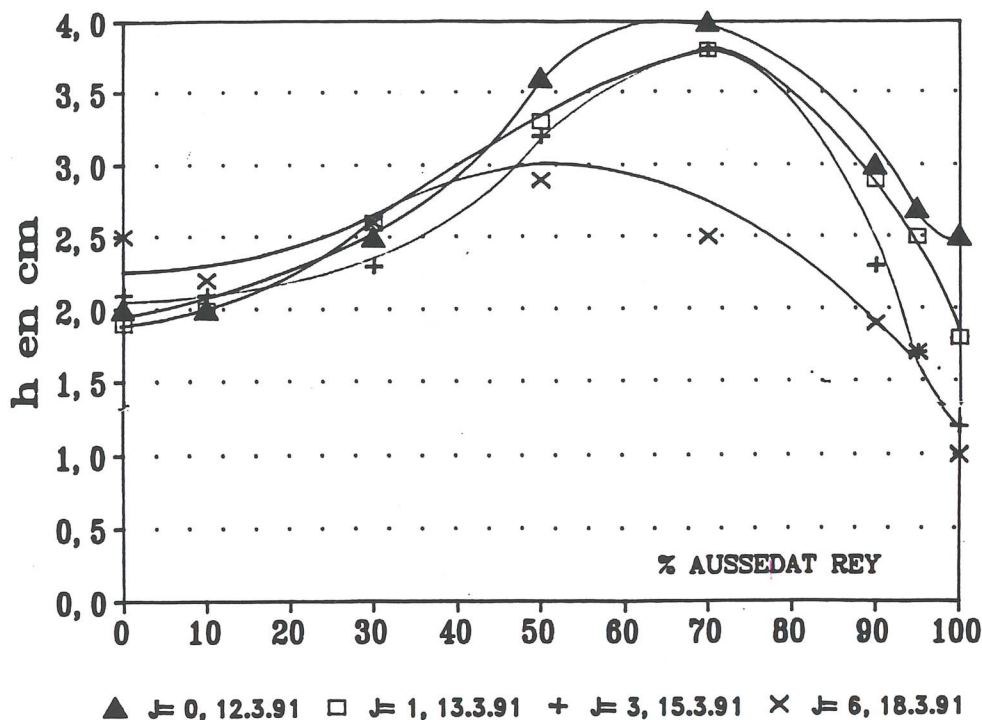


Figure 1 : Evolution du pouvoir moussant des mélanges AR/SGPL en proportion variable au cours du temps.

Les courbes obtenues montrent un maximum pour le mélange AR/SGPL : 70/30. Au cours du temps, le maximum de la courbe diminue, passant de 4 à 2,5 cm en 6 jours, se déplaçant même le dernier jour vers le mélange 50/50.

Initialement, l'échantillon d'Aussedat Rey pur présente un pouvoir moussant plus élevé que celui de l'effluent de la Société Générale des Papeteries du Limousin. Mais si le premier subit un abattement non-linéaire de 60 % de son pouvoir moussant en 6 jours, le second voit le sien augmenter linéairement de 20 % dans le même temps. La stabilité de la mousse présente une évolution similaire : les mélanges 70/30 et 50/50 ont une stabilité supérieure à celle de chaque effluent pris séparément et, au bout de 6 jours de temps de contact ces mélanges, agités, produisent une mousse qui a encore 1 cm de haut au bout de 12 h. Il faut noter que l'effet de synergie se produit dès que l'effluent d'AR n'est plus pur et que le maximum pourrait se déplacer avec la "qualité" des effluents. Ceci peut expliquer en partie pourquoi à partir de mousses peu stables après les rejets d'AR et SGPL on arrive aux "crasses" persistantes de Confolens et Lussac les Châteaux.

II.3. Analyse par chromatographie liquide haute performance (HPLC).

Suite aux essais précédemment réalisés qui montrent des effets de synergie entre les effluents AR et SGPL, nous avons cherché à savoir si ce phénomène se retrouvait par HPLC. Les conditions expérimentales sont décrites dans le rapport de DESS de Madrange (1992). Pour ne reprendre que la conclusion essentielle, il apparaît bien un effet de synergie entre les composés des deux effluents qui se traduit par l'apparition d'un composé nouveau ou complexe ayant un temps de rétention différent des autres.

III. CAMPAGNES DE PRELEVEMENTS SUR LA VIENNE EN PERIODE D'ETIAGE.

Cinq campagnes ont été réalisées entre juillet et octobre 1991.

Au cours de ces cinq campagnes, en dehors des mesures de conductivité, de pH et de température, des essais complémentaires ont été réalisés au laboratoire.

- dosage des tensio-actifs anioniques (en mg.l^{-1} de DSS)
- détermination de la tension superficielle (en mN.m^{-1})
- analyse par HPLC des échantillons prélevés.

Comme pour les campagnes préliminaires (octobre-novembre 1990), des profils longitudinaux ont été tracés (fig. 2).

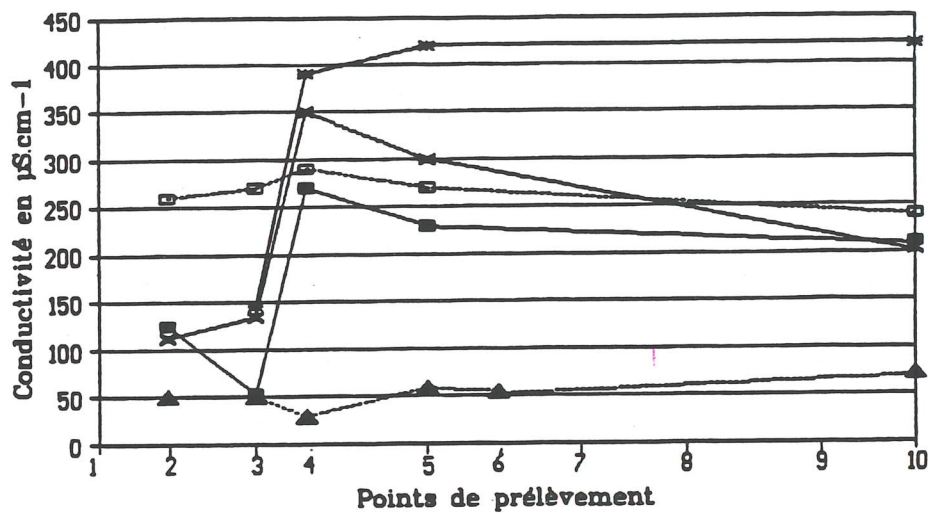


Figure 2 : Profil longitudinal de la Vienne du point 1 (St Brice sur Vienne) au point 10 (Confolens). Mesure de la conductivité pour les campagnes du 24.07 (■), 21.08 (▲), 17.09 (*), 01.10 (◄) et 15.10.1991 (□).

On observe une forte augmentation de la conductivité entre Saillat et Pilas (figure 2).

En août, la conductivité, faible, est à peu près constante tout au long de la rivière (période d'arrêt des usines).

Le 15 octobre 1991, la conductivité en amont du pont de Saillat, relativement importante, est certainement due à des rejets au niveau de St-Junien et on n'observe pas la pointe habituelle sur Saillat

L'évolution de la concentration en tensio-actifs anioniques (figure 3) est à peu près la même que celle de la conductivité ($150 \mu\text{g.l}^{-1}$ de DSS le 24.07.91 à Pilas). Les valeurs, quoique mesurables avec un domaine d'incertitude de $20 \mu\text{g.l}^{-1}$ sont considérées (d'après la norme) comme étant inférieures au seuil de détection, pour le 21 août 1991 (période d'arrêt des usines).

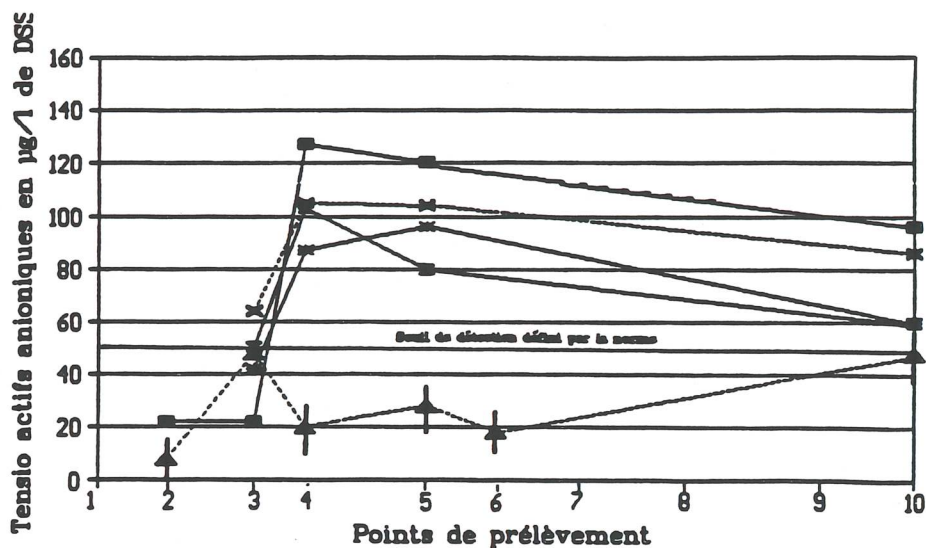


Figure 3 : Profil longitudinal de la Vienne. Mesure des tensio-actifs anioniques pour les campagnes du 24.07 (■), 21.08 (▲), 03.09 (◄) et 17.09 (*).

La mesure de la tension superficielle varie de $73,2 \text{ mN.m}^{-1}$ au pont de Saillat à $72,7 \text{ mN.m}^{-1}$ au pont de Pilas. Au mois d'août, elle est d'environ $73,2 \text{ mN.m}^{-1}$ de St-Junien à Confolens. Cette méthode est de loin beaucoup moins sensible que la détermination de la concentration en tensio-actifs par la méthode normalisée.

L'analyse par HPLC (fig. 4) montre bien l'influence du rejet d'Aussedat Rey, influence qui se retrouve pratiquement inchangée (sans dilution ou dégradation) jusqu'à Confolens ainsi que dans les mousses.

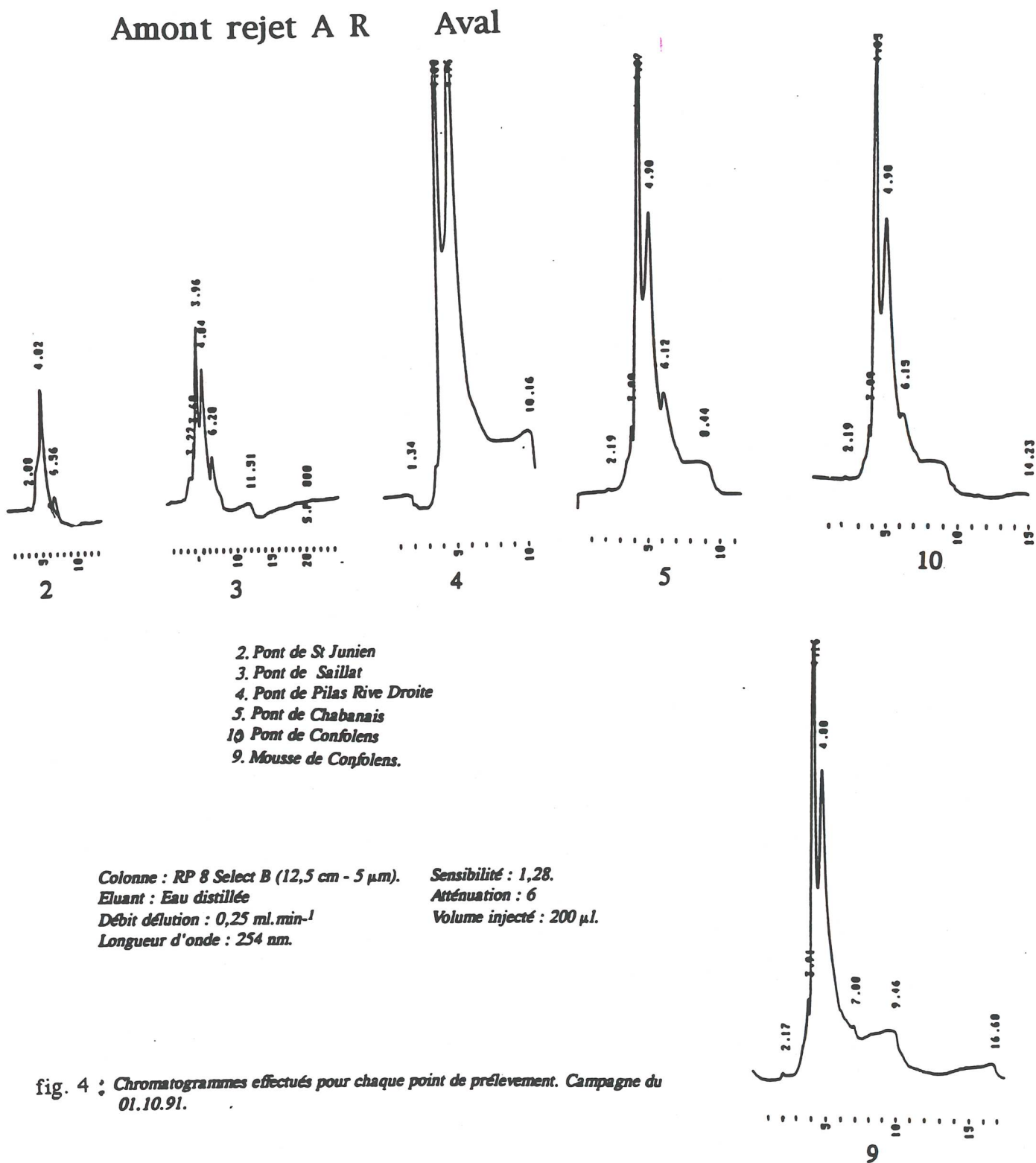


fig. 4 : Chromatogrammes effectués pour chaque point de prélèvement. Campagne du 01.10.91.

CONCLUSION

Cette étude concerne l'apparition de mousses d'origine chimique sur la rivière Vienne.

Des campagnes de prélèvements réalisées sur la Vienne entre Limoges et Confolens ont permis de situer les principaux lieux d'apparition des mousses. Elles se forment surtout en aval du pont de Pilas, et de façon persistante, sous forme de "crasses", à partir d'Exideuil (en période d'étiage). Elles sont ensuite de plus en plus persistantes jusqu'à Confolens et même jusqu'à Lussac-les-Châteaux (en aval de Confolens), où une assez grande quantité de mousses et de "crasses" flottent sur la rivière.

Les différents paramètres suivis tels que le pH, la température, la conductivité, les MES, la tension superficielle et le dosage des tensio-actifs non-ioniques et anioniques, ont montré des variations longitudinales exploitables. Ils mettent en évidence la zonation transversale au niveau du pont de Pilas, l'importante différence de la qualité de l'eau de la Vienne entre le mois de juillet et le mois d'août (période d'arrêt des principales usines) et l'effet de dilution, tant au niveau de la conductivité que de la mesure des tensio-actifs anioniques, lorsque le débit augmente.

Les observations visuelles confirment ces essais avec la diminution de la formation des mousses lorsque le débit de la Vienne augmente, et la disparition de celles-ci lorsque l'activité industrielle cesse au mois d'août.

Après un relevé relativement exhaustif des différentes collectivités urbaines et des industries qui bordent la Vienne entre Limoges et Confolens, une caractérisation physico-chimique de la plupart des effluents a permis de cerner les principales sources de formation des mousses.

Des cinétiques de dégradation des tensio-actifs anioniques, des mesures de pouvoir moussant et de stabilité de la mousse, ainsi que des essais d'analyses par chromatographie liquide haute performance ont été effectués.

Il en résulte que l'effluent de sortie de la lagune d'Aussedat Rey (AR) n'est pas le seul, se rejetant dans la Vienne, à présenter un caractère moussant. A celui-ci, s'ajoutent :

- l'effluent de la station d'épuration de St-Junien en amont contenant, en plus des eaux urbaines, la plupart des eaux industrielles des différentes usines se situant sur la commune.
- l'effluent de la Société Générale des Papeteries du Limousin (SGPL).

L'effluent de sortie d'Aussedat Rey (AR) présente cependant le plus fort débit et la charge polluante la plus grande, environ 38 tonnes de DCO par jour (chiffre pour la période de juillet 89 à juillet 90).

La mise au point d'une méthode originale de détermination du pouvoir moussant des effluents et de la stabilité de la mousse formée a permis de mettre en évidence des effets de synergie entre :

- les effluents d'Aussedat Rey et de la Société Générale des Papeteries du Limousin le maximum d'effet étant obtenu pour le mélange 70 % AR/30 % SGPL pour les rejets étudiés.
- les effluents de la station d'épuration de St-Junien et de la Société Générale des Papeteries du Limousin au niveau uniquement de la stabilité de la mousse.
- les effluents d'Aussedat Rey et de la cartonnerie SCA Promotion France tant au niveau du pouvoir moussant que de la stabilité de la mousse formée (supérieure à 72 heures le premier jour), pour le mélange 70 % AR/30 % SCAPF et 90 AR/10 SCAPF. Mais cet effet de synergie s'estompe dans le temps au cours des 6 jours de mesure.

Il faut noter toutefois que le rapport 70 % AR/30 % SCAPF est très éloigné des conditions réelles de rejet (99,99 % Aussedat Rey dans le mélange en moyenne), sauf peut-être par déversements instantanés à forte charge.

Les essais de moussage à différentes températures ont montré que le pouvoir moussant et la stabilité de la mousse augmentent lorsque la température diminue, ce qui explique le fait qu'il y ait plus de mousse le matin sur la Vienne et sur la lagune d'Aussedat Rey l'hiver.

La variation du phénomène d'apparition des mousses au cours de la journée pourrait également être due à la variabilité des différents effluents se rejetant dans la Vienne et à l'hygrométrie de l'air (sauf en principe le cas des effluents traités d'AR et SPGL).

Des analyses des effluents par HPLC ont également mis en évidence un effet de synergie entre les effluents d'Aussedat Rey et de la Société Générale des Papeteries du Limousin, avec la formation d'un composé ayant un temps de rétention variant suivant les proportions du mélange des effluents des deux usines.

Ces résultats effectués en laboratoire bien que ne représentant pas exactement ce qui se passe sur la rivière, montrent toutefois l'importance des effets de synergie entre plusieurs effluents.

Les analyses par HPLC sur différents types de colonnes chromatographiques ont également permis de déterminer la limite de détection entre AR et SGPL (proportion AR/SGPL).

Cependant, en raison de l'importance en volume du rejet Aussedat Rey et du phénomène de dilution, il semble assez difficile de détecter l'impact des effluents de toutes les autres usines, même en période de faible débit de la Vienne. Les résultats obtenus peuvent être variables selon la composition des effluents. Dans ce travail, ils correspondent à des prélèvements ponctuels.

En période d'étiage les analyses par HPLC ont été appliquées à des échantillons prélevés dans la Vienne. Ils ont permis de suivre le rejet Aussedat Rey tout au long de la rivière.

Cependant, il semble que l'effluent seul d'Aussedat Rey ne puisse pas à lui seul générer la formation et la stabilité des mousses qui apparaissent en aval de Saillat. Cette étude démontre en effet que le mélange de l'effluent d'Aussedat Rey avec celui de certaines usines conduit effectivement à la formation de mousses non seulement plus importantes mais aussi beaucoup plus stables.

Comme la dilution joue un rôle important, toute diminution du volume des rejets (et de la charge) aura un effet favorable. Les nouvelles installations doivent répondre à cet objectif.

BIBLIOGRAPHIE

"Etude de la qualité de la Vienne de l'amont de Limoges à Lussac-les-Châteaux". 1989. Agence de bassin Loire-Bretagne.

"Formation des mousses".
Document Aussedat Rey (usine de Saillat).

CHABOURY P. (1991). - La pollution de la Vienne par des mousses chimiques de surface entre Limoges et Confolens. DESS, Université de Limoges.

Rivière "La Vienne" - Compte rendu - Surveillance du 6 au 19 décembre 1989 - Document DDE Charente.

Rivière "La Vienne" - Surveillance de la pollution entre Exideuil/Vienne et St Germain de Confolens - Période du 8 au 15 décembre 1989 - Document DDE Charente.

"Proposition d'étude du traitement des effluents de la Société Générale des Papeteries du Limousin (Saillat)". Centre Technique du Papier. Document de la D.R.I.R.E.

"Etude de la qualité de la Vienne. Point zéro. Résultats de la campagne de mesures des 23 et 24 août 1990".
Document de la Fondation de l'Eau. 0647s. Limoges.

MADRANGE L. (1992). - "La pollution de la Vienne par des mousses d'origine chimique entre Limoges et Confolens." DESS, Université de Limoges.

Traduction française de l'"Etude de la formation de mousses et ses causes possibles sur la rivière Androscoggin".
NCASI. Bulletin Technique n° 395 d'avril 1983.

**MICROCLIMATOLOGIE DE L'ALVEOLE
DU LONGEYROUX**

BARRY Philippe

RESUME : A partir de relevés thermiques effectués en quatre niveaux d'altitude bien précis, l'auteur met en évidence l'existence d'un microclimat caractéristique de l'alvéole tourbeux du Longeyroux, soumis à la situation météorologique plus générale du Plateau de Millevaches. Les données obtenues révèlent une inversion thermique entre le sommet et le fond de l'alvéole et permettent d'apparenter ce microclimat local à un climat continental.

MOTS CLES : Alvéole, tourbeux, microclimat, Longeyroux.

SUMMARY : Based on thermic surveys carried out at four very precise height levels, the author puts forward the existence of a micro climate distinctive of the peaty cavity Longeyroux, which is subjected to the most broadly meteorological situation of the "Plateau de Millevaches". The collected data reveal a thermal inversion between the top and the bottom of the cavity and enable to relate this local micro climate to a continental climate.

KEY WORDS : Cavity, peaty, micro climate, Longeyroux.

INTRODUCTION

Bien que n'atteignant jamais 1000m d'altitude, le Plateau de Millevaches a de nombreux caractères montagnards, notamment de par son climat. Il suffit pour s'en assurer, d'observer les données de quelques postes météorologiques : Bugeat, Meymac, Millevaches, Peyrelevade, Saint-Merd-les-Oussines.

Les précipitations sont importantes, la pluviosité moyenne est partout supérieure à 1200mm par an, soit 300mm de plus qu'à Limoges (941mm). Bugeat est la station la plus arrosée avec 1605,9mm/an, alors que Peyrelevade et Meymac enregistrent respectivement 1362,2mm/an et 1262,5mm/an. Partout, le nombre de jours de pluie est supérieur à 150 par an, et il y a en moyenne plus de 30 jours de chutes de neige.

Les températures sont, elles aussi, nettement affectées par l'altitude et confirment le caractère montagnard du Plateau de Millevaches. Les températures moyennes sont proches de 8°C et n'atteignent jamais 9°C.

Les postes de relevés thermiques proches de la tourbière du Longeyroux enregistrent plus de 100 jours de gel par an, à Peyrelevade il y a en moyenne 130 jours où les températures minimales sont négatives. B. VALADAS et A. VILKS nous disent que d'après les statistiques, il peut geler à cet endroit tous les mois.

Les Hommes ont toujours évité de s'installer trop près des tourbières car ils avaient bien remarqué que ces milieux étaient encore plus froids que les autres sites de la Montagne Limousine. Malheureusement, jusqu'à présent aucun relevé climatique n'avait été effectué dans ce type de milieu.

Nous allons donc essayer d'apporter quelques précisions concernant le microclimat d'un alvéole tourbeux, mais seulement en prenant les mesures sur le versant d'ubac (exposition Nord).

Parmi les différents alvéoles du Plateau de Millevaches, le choix a été très facile et nous n'avons pas hésité à travailler sur celui du Longeyroux, pour plusieurs raisons. C'est un site vaste et magnifique qui a échappé aux grandes interventions anthropiques (il n'y a ni drainage, ni construction, ni lignes électriques) et qui, heureusement, bénéficie d'une inscription à l'inventaire des sites et depuis le 10 Juin 1986, d'un arrêté de protection de biotope. Il a donc fait l'objet de plusieurs études et a été aménagé pour permettre aux visiteurs de découvrir un milieu typique de la Montagne Limousine, qu'il faut absolument préserver.

Situé sur le Plateau de Millevaches, le site du Longeyroux a l'aspect d'une vaste cuvette au fond plat et aux contours irréguliers, bordée de hautes croupes convexes et de replats aux pentes douces. Ce modelé d'alvéole est caractéristique de ces hautes terres granitiques de la Montagne Limousine.

La Vézère qui prend sa source au pied du Puy Pendu et les ruisseaux qui s'y jettent drainent le fond tourbeux à une altitude variant de 880m à 870m. Entourant cette dépression, nous trouvons l'Impéradou (949m), le Puy Pendu (973m), le Puy du Longeyroux (923m), le Puy Cherau (923m) et le Puy Chavirangeas (924m).

La chênaie-hêtraie, forêt climacique de cette région, est quasiment absente du Longeyroux, alors que les plantations récentes de conifères occupent de plus en plus de place sur les cloisons de l'alvéole. Ainsi l'Epicéa commun, le "Douglas" ou le Sapin blanc, pour n'en citer que quelques uns, remplacent peu à peu le paysage traditionnel des landes de pente. Malgré cela, sur le site du Longeyroux les landes sèches sont encore bien représentées, elles sont constituées de la célèbre "Bruyère Corrézienne": la Callune. Dans ces landes poussent également le Genêt pileux et quelques arbustes comme le Sorbier des oiseleurs et l'Alisier blanc.

Selon la microtopographie du fond plat, l'hydromorphie atteint divers degrés à la tourbière se présente sous plusieurs aspects: bas-marais et tourbière active composées de Sphaignes, Laïches, Linaigrettes, mais où l'on trouve également la Canneberge et le rare Droséra à feuilles rondes, petite plante carnivore typique de ce milieu. Mais l'essentiel de la tourbière est constitué par la lande tourbeuse à Molinie, Scirpe cespiteux et Bruyère quaternée.

METHODE D'ETUDE

1) Matériel utilisé

Nous avons utilisé quatre thermo-hygromètres enregistreurs installés à environ 1,5m au-dessus du sol, dans des abris. Ceux-ci sont en fait des boîtes en bois recouvertes de peinture blanche et bien ventilées grâce à des ouvertures faites sur les côtés.

2) Situation des stations de relevés (fig. 1)

Trois des appareils ont été installés à l'extrémité Ouest du versant de l'alvéole exposé au Nord, le quatrième se trouve dans le fond de la dépression. Ces postes de relevés sont faciles d'accès et se situent sur une zone non boisée.

Nous avons positionné un thermomètre sur le haut du versant, à une altitude de 900m, il porte le numéro 1; un deuxième a été installé sur le replat (thermomètre n°2) à une altitude inférieure d'environ 15m. Le thermomètre n°3 se trouve au pied du versant, à la limite de la lande sèche et de la lande tourbeuse, environ 25m plus bas que le thermomètre n°1.

Un dernier thermomètre enfin, le n°4, se trouve, quant à lui, au fond de l'alvéole, au-dessus d'une formation tourbeuse à Sphaignes, saturée en eau.

Au cours de notre exposé, chaque thermomètre pourra être appelé aussi bien "appareil" que "poste" et nous emploierons souvent le numéro plutôt que de préciser à chaque fois sa localisation.

Les températures sont toutes données en degrés Celsius.

3) Procotole expérimental

Nous avons utilisé les températures maximales (TX) et minimales (TN) journalières de chaque poste. A partir de celles-ci ont été calculées des températures moyennes (TM) et des amplitudes thermiques (A).

Il nous a été ensuite possible de calculer des sommes de température et des écarts thermiques entre les différents niveaux de l'alvéole et de pouvoir ainsi les comparer. Toutes les données recueillies directement sur les bandes de papier millimétré de chaque thermomètre ont été traitées par informatique.

4) Caractéristiques de la période d'étude

Pour réaliser ce mémoire de maîtrise en un an, nous avons dû limiter notre étude à neuf mois, elle s'étend donc du 1er Octobre 1989 au 30 Juin 1990, soit 273 jours. Afin de caractériser le climat de cette courte période, il nous a semblé intéressant de comparer les températures de celle-ci avec les moyennes de températures sur une durée beaucoup plus longue.

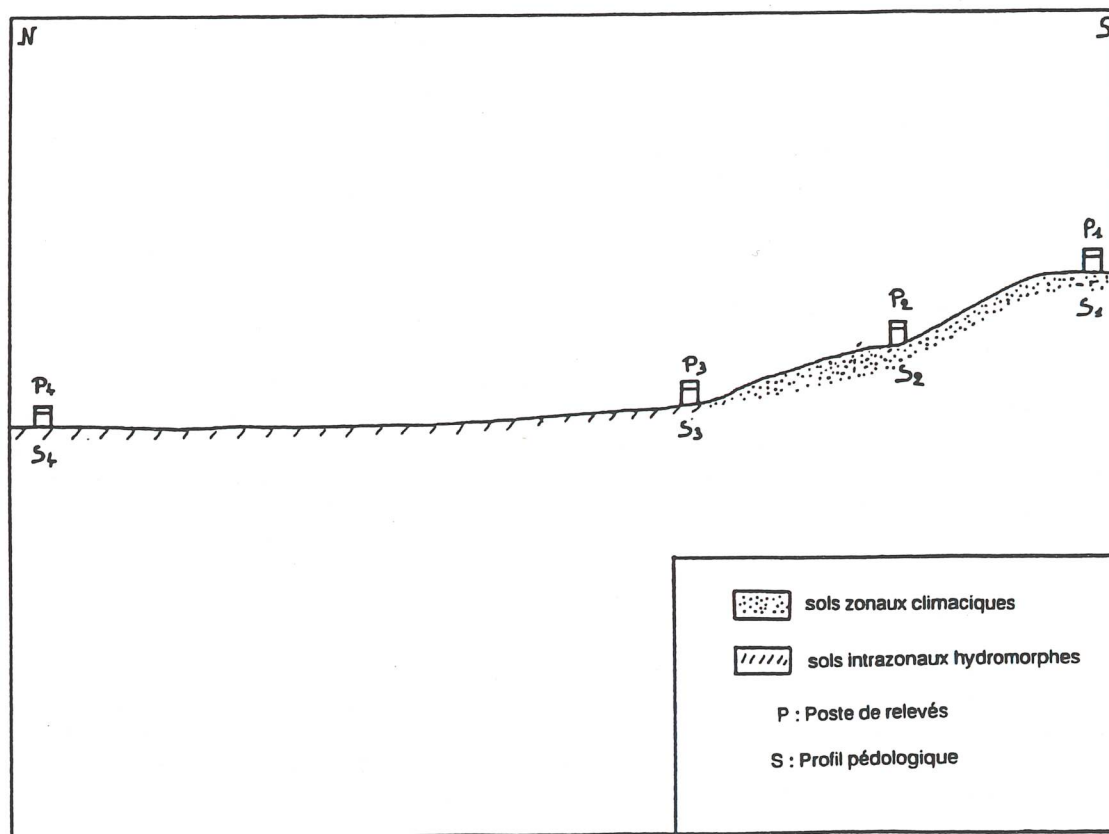
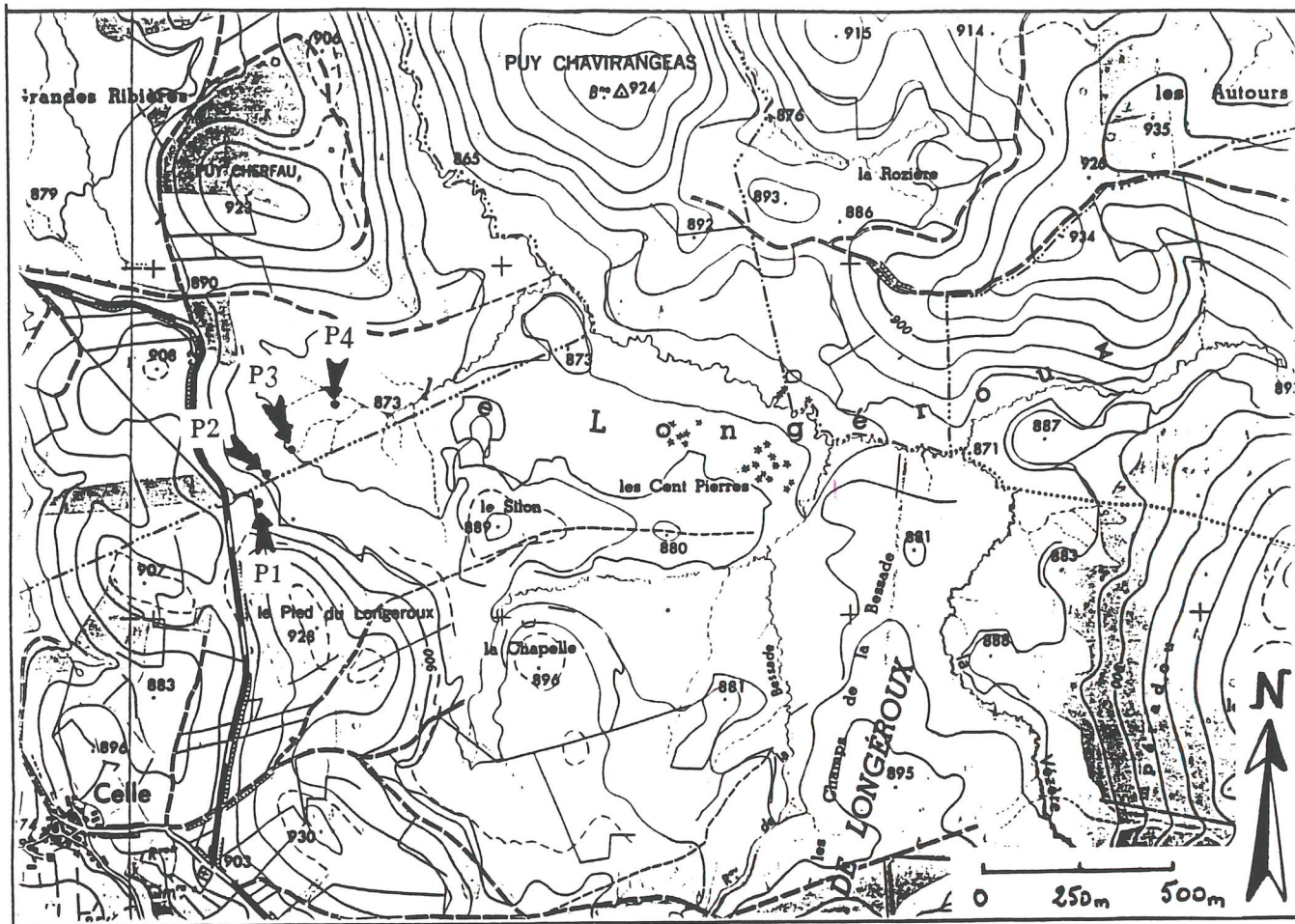


Figure n° 1 :
 Localisation des postes de relevés météorologiques
 et des profils pédologiques étudiés

Grâce aux postes de relevés installés par les météorologues à Meymac et à Peyrelevalde nous pouvons effectuer ces comparaisons. Pour cela nous avons utilisé les moyennes mensuelles des températures maximales, minimales et moyennes relevées entre 1970 et 1986. (Tableau n°1)

TABLEAU N° 1

Comparaison des TN, TX et TM entre 1970 et 1986, et 1989-90 pour les mois d'octobre à juin à Peyrelevalde et Meymac

PEYRELEVADE	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUN	Moyenne
MOY.des TN 70-86	3,3	-0,7	-1,8	-3,0	-2,8	-1,6	0,2	3,9	7,0	0,5
MOY.des TN OCT89-JUN90	6,4	2,6	2,3	-0,2	3,3	2,0	1,9	8,0	8,9	3,9
MOY.des TX 70-86	14,2	8,5	6,4	4,8	6,0	7,8	11,1	14,3	19,0	10,2
MOY.des TX OCT89-JUN90	15,7	10,7	9,9	7,1	10,0	11,3	9,3	18,2	17,3	12,2
MOY.des TM 70-86	8,7	3,9	2,3	0,9	1,6	3,1	5,7	9,3	13,0	5,4
MOY.des TM OCT89-JUN90	11,0	6,6	6,1	3,5	6,6	6,7	5,6	13,1	13,1	8,0
MEYMAC	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUN	Moyenne
MOY.des TN 70-86	4,2	0,2	-0,8	-2,2	-1,3	-0,4	1,7	5,0	8,5	1,7
MOY.des TN OCT89-JUN90	5,6	2,0	1,2	-1,0	2,7	1,5	1,8	7,2	8,7	3,3
MOY.des TX 70-86	14,8	8,5	6,6	5,3	6,9	9,2	12,7	16,5	21,2	11,3
MOY.des TX OCT89-JUN90	13,7	10,1	9,2	6,5	8,8	12,0	11,3	19,7	18,2	12,2
MOY.des TM 70-86	9,5	4,4	2,9	1,6	2,8	4,4	7,2	10,8	14,8	6,5
MOY.des TM OCT89-JUN90	9,7	6,1	5,2	2,8	5,8	6,8	6,6	13,5	13,5	7,8

Notre période d'étude a été marquée par un fort déficit des précipitations, mais aussi, par une exceptionnelle douceur (fig. 2 et 3).

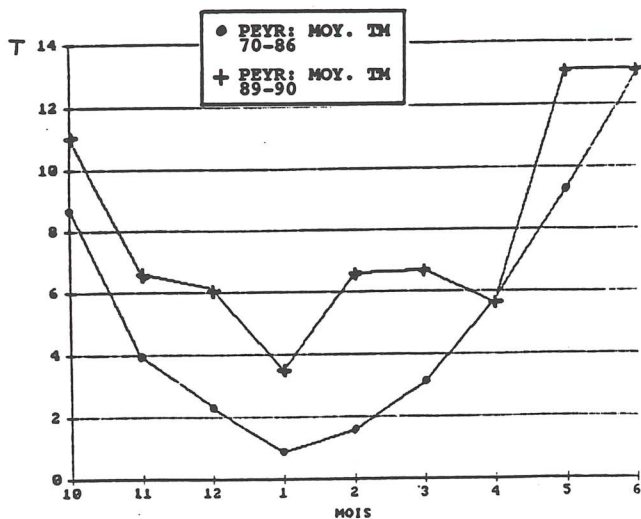


Figure n° 2

Moyennes des TM de PEYRELEVADE entre 1970 et 86 et 1989-90 pour les mois d'octobre à juin

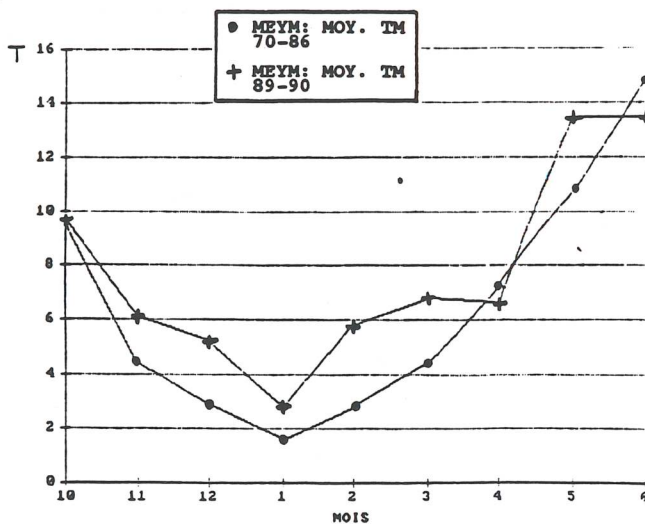


Figure n° 3

Moyennes des TM de MEYMAC entre 1970 et 86 et 1989-90 pour les mois d'octobre à juin

A Peyrelevade, la température moyenne entre Octobre 1989 et Juin 1990 atteint 8° alors qu'elle n'est que de 5,4° pour les années 70 à 86, pour les températures maximales l'écart est de 2° en faveur de l'année 89-90.

Mais la différence la plus sensible concerne les températures minimales, en effet elles atteignent 3,9° pour notre période et sont seulement négatives au mois de Janvier, alors que pour la période 70-86, la moyenne des minima n'est que de 0,5° avec 5 valeurs mensuelles négatives.

Bien que les écarts soient un peu moins sensibles à Meymac qu'à Peyrelevade, la tendance est bien évidemment la même.

Limites de la méthode d'étude

Nous devons tout d'abord déplorer la trop courte période d'étude qui ne recouvre pas une année complète, mais seulement neuf mois. Les mois d'été n'ont pas pu être pris en compte alors qu'il aurait été intéressant d'observer le comportement microclimatique estival.

De plus, si nous pouvons discuter les écarts selon les différents niveaux de l'alvéole, nous ne pouvons pas tenir compte des températures qui sur une seule année ne constituent que des valeurs relatives, il faudrait disposer d'au moins 10 ans de relevés.

Afin d'étudier très précisément le microclimat de l'alvéole, il aurait été intéressant d'installer des appareils de mesure sur les autres versants, notamment celui exposé au Sud. De plus, nous aurions pu prendre en compte les phénomènes astronomiques et d'après le mouvement apparent du soleil au cours des saisons, calculer l'apport calorifique aux différents niveaux de l'alvéole.

Mais il nous semble que le plus important aurait été de relever très précisément chaque jour la situation météorologique qui régnait sur le site du Longeyroux car, nous le verrons, de nombreux phénomènes ne peuvent pas être expliqués par la seule situation météorologique générale.

Concernant l'étude microclimatique, l'absence de recherches similaires et, par conséquent, de références bibliographiques a rendu le début du travail particulièrement hasardeux.

Nous avons divisé cette partie microclimatologique en trois chapitres :

- Situation météorologique et microclimat d'alvéole
- Les conditions microclimatiques aux différents niveaux de l'alvéole
- Commentaires et analyse. (Analyse des valeurs extrêmes, des amplitudes journalières, des sommes de températures et commentaire de bandes d'enregistrement).

I - LES CONDITIONS MICROCLIMATIQUES AUX DIFFERENTS NIVEAUX DE L'ALVEOLE

A - LE SOMMET DU VERSANT

L'abri contenant le thermomètre n°1 est situé sur la cloison de l'alvéole. Il ne bénéficie d'aucun abri topographique, ni végétal pouvant influencer les conditions microclimatiques. Les quelques Sorbiers des oiseleurs poussant à proximité sont de faible taille.

Quelles que soient les conditions météorologiques générales, situation anticyclonique ou dépressionnaire, le poste 1 est celui qui a enregistré les températures maximales les plus élevées. La moyenne mensuelle des températures maximales est toujours supérieure à 6°, la plus basse ayant été relevée au mois de Janvier avec 6,85°. La moyenne des TX sur les 9 mois est de 11,78° (tableau n° 2).

Le mois de Mai a été le plus doux de notre période d'étude, avec une moyenne de 18,69°, ce n'est pourtant qu'en Juin que fût enregistré le maximum absolu avec 28,5°.

Au mois d'Octobre le thermomètre a atteint ou dépassé la barre des 20° à cinq reprises, avec un maximum mensuel de 23°, il a fallu attendre un mois de Février très doux pour que le même phénomène se reproduise, mais seuls les 21° furent atteints. C'est seulement au mois de Juin que nous avons relevé, au sommet de l'alvéole, des températures supérieures à 25°.

Au niveau du poste 1, les moyennes mensuelles des températures minimales sont elles aussi les plus douces, sauf aux mois d'Octobre et de Décembre, où les deux autres postes du versant enregistrent des moyennes supérieures de quelques dixièmes de degrés seulement. Une explication est difficile à fournir car la situation météorologique de ces deux périodes se retrouve à d'autres moments de l'année sans pour autant entraîner des conséquences similaires.

C'est en Janvier qu'est relevée la moyenne la plus basse avec -3,05° et un minimum absolu de -8,5°, la même valeur fut notée en Mars, mais la moyenne de ce mois est bien moins basse (-0,77°). Il faut souligner que le minimum du haut de versant n'a jamais atteint les -10°. Sur les 9 mois la moyenne des TN est de 1,14° (tableau n° 2).

Le mois de Juin, avec 6,72°, a enregistré la moyenne des TN la plus élevée de notre période d'étude, tous postes confondus.

Evidemment, c'est au poste 1 que nous relevons les moyennes mensuelles des TM les plus fortes avec 6,44° sur l'ensemble des neuf mois, et un minimum de 1,9° en Janvier contre un maximum de 12,38° en Juin (tableau n° 2).

Au sommet du versant, les amplitudes thermiques journalières sont plus élevées que le long de celui-ci, mais généralement plus basses qu'au fond de la dépression, sauf aux mois d'Avril et de Juin. Durant ces deux mois les moyennes des amplitudes ont été les plus fortes au niveau du poste 1, mais la différence avec le poste 4 est minime (quelques dixièmes de degré) (tableau n° 5).

Bien que les températures moyennes enregistrées au poste 1 ne soient pas très élevées, c'est la une relative "douceur" qui domine au sommet de la cloison. Il est vrai que nous sommes dans une année exceptionnellement clémente mais nous pouvons tout de même émettre quelques hypothèses concernant cet état de fait.

Le haut du versant, bien qu'exposé au Nord, reçoit un bon ensoleillement puisque, comme nous l'avons dit, ni la topographie, ni la végétation ne lui font de l'ombre. Le terrain étant, à cet endroit, relativement plat, l'apport calorifique des rayons du soleil par unité de surface est plus fort, en moyenne, que sur le versant lui aussi exposé au Nord.

Un autre élément climatique important est le vent, qu'il soit de secteur Nord ou de secteur Ouest, il affecte fortement le sommet de l'alvéole.

Les différences d'intensité avec laquelle il souffle produit des variations de températures sur une courte durée. Cela ne défavorise pas le poste 1 qui, même lorsque le vent est fort, enregistre les températures les plus douces. Ce fut notamment le cas durant la deuxième décennie de Décembre et la première moitié de Février. Le vent peut entraver le gel et ainsi favoriser le poste 1. Le sommet de la cloison est donc le secteur de l'alvéole le plus doux, mais aussi le plus venteux.

B - LE REPLAT

Le thermomètre n°2 a été installé à mi-pente sur le replat de l'alvéole. Orienté au Nord, il bénéficie d'un abri topographique le protégeant en partie des vents de Sud et des vents d'Ouest, de loin les plus nombreux. A cet abri naturel vient s'ajouter, sur la cloison Ouest de l'alvéole, une haie d'Epicéas d'environ dix mètres de haut, située à moins de cent mètres du thermomètre.

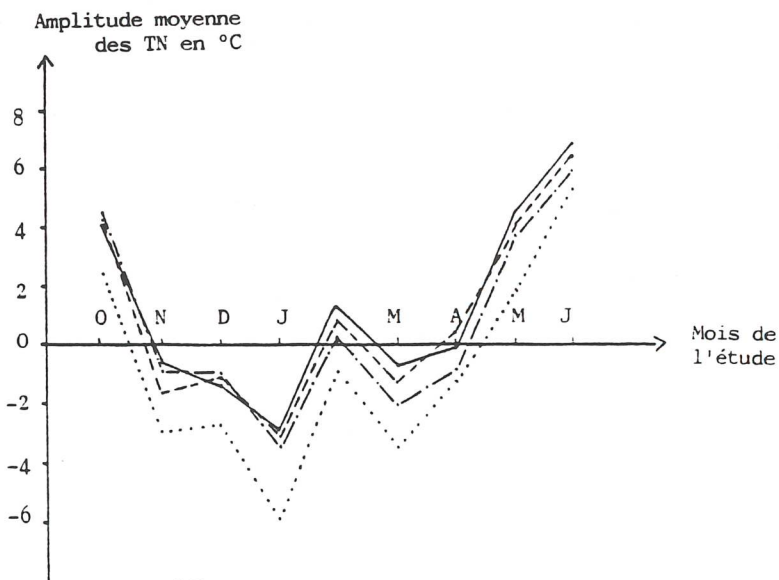
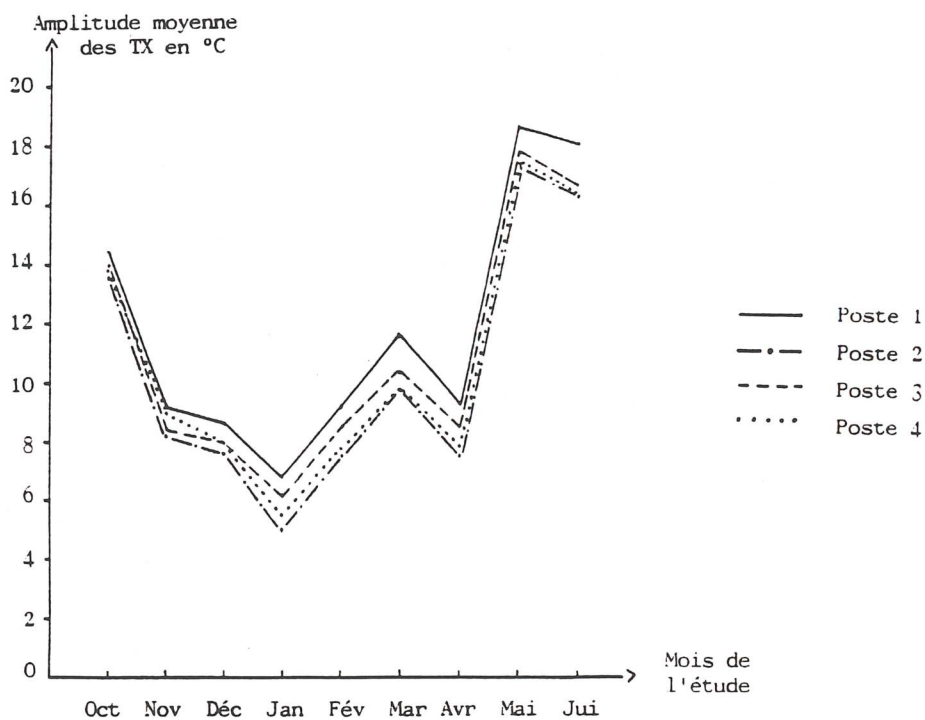
Sur le replat nous enregistrons les moyennes mensuelles des TX les moins élevées, avec 10,28° sur l'ensemble des neuf mois d'enquête. Le mois le plus froid est bien sûr Janvier, durant lequel nous avons relevé 4,98°. A l'opposé, les températures maximales du mois de Mai accusent une moyenne de 17,16° (tableau n° 2). Le maximum absolu, de 26°, a été enregistré en Juin. Au mois d'Octobre le thermomètre a seulement atteint à deux reprises la barre des 20°, ensuite il a fallu attendre le mois de Mars avec là aussi deux jours à plus de 20°. Au mois de Juin, deux journées ont connu un maximum supérieur à 25°.

Sur l'ensemble de notre période d'étude, la moyenne des TN est de 0,58°, ce chiffre étant inférieur à ceux relevés aux postes 1 et 3. Les moyennes mensuelles sont négatives de Novembre à Avril, Janvier étant le mois le plus froid avec -3,63°. C'est également au cours du premier mois de l'année que le thermomètre a atteint son record absolu de froid, et on a noté, le 21, -11,5°. Pas un autre jour durant ce mois, la barre des -10° n'a été atteinte. Ce fut par contre le cas, une fois en Mars et aussi un fois en Avril. Sur les neuf mois d'étude, donc, les températures minimales du replat ont été inférieures ou égales à -10°, seulement à trois reprises. La moyenne la plus élevée des TN a été enregistrée au mois de Juin avec 5,88° (tableau n° 2).

A mi-pente la moyenne mensuelle des TM journalières est inférieure de plus d'un degré aux moyennes relevées sur le sommet de la cloison, et de

TABLEAU N°2 : MOYENNES MENSUELLES DES TX, TN ET TM DES QUATRE POSTES.

MOIS	TX1	TX2	TX3	TX4	TN1	TN2	TN3	TN4	TM1	TM2	TM3	TM4
OCTOBRE	14,40	13,56	14,03	13,85	4,13	4,40	4,34	2,53	9,27	8,98	9,19	8,19
NOVEMBRE	9,27	8,20	8,35	8,92	-0,75	-0,97	-1,67	-3,03	4,26	3,62	3,34	2,94
DECEMBRE	8,66	7,63	8,00	8,08	-1,41	-1,06	-1,15	-2,82	3,41	3,28	3,43	2,63
JANVIER	6,85	4,98	6,10	5,55	-3,05	-3,63	-3,11	-5,90	1,90	0,68	1,49	-0,18
FEVRIER	9,21	7,46	8,50	7,79	1,14	0,11	0,80	-0,98	5,18	3,79	4,65	3,40
MARS	11,55	9,82	10,47	10,39	-0,77	-2,30	-1,52	-3,58	5,39	3,90	4,48	3,40
AVRIL	9,38	7,48	8,53	7,88	-0,07	-0,90	0,32	-1,33	4,66	3,29	4,43	3,28
MAI	18,69	17,16	17,81	17,35	4,34	3,66	4,03	1,85	11,52	10,41	10,92	9,60
JUIN	18,03	16,25	16,67	16,37	6,72	5,88	6,35	5,12	12,38	11,07	11,51	10,74
MOYENNE	11,78	10,28	10,94	10,69	1,14	0,58	0,93	-0,90	6,44	5,45	5,94	4,89



quelques degrés à celles notées au bas du versant. Sur les neuf mois d'étude, la température moyenne du poste 2 est de 5,45°, avec un minimum de 0,68° en Janvier et un maximum de 11,07° en Juin (tableau n° 2).

C'est sur le replat que nous enregistrons les amplitudes journalières les plus faibles, avec 9,68° de moyenne (tableau n° 5). Au mois de Février nous avons relevé 7,36°, ce qui constitue la moyenne mensuelle la plus basse, tous postes confondus. Ce phénomène s'explique par le fait que ce mois a été très pluvieux et exceptionnellement doux, avec des gelées faibles et très peu nombreuses. Le mois de Mai, par contre, a connu une moyenne record des amplitudes avec 13,5°, ce fut un mois très chaud. L'amplitude journalière maximale a été atteinte au mois de Mars avec 23° et quatre jours durant lesquels la différence entre le maximum et le minimum a dépassé les 20°. Il faut préciser que le mois de Mars a connu quelques jours avec des températures maximales estivales et des températures minimales basses, égales aux normales, avec de nombreuses gelées.

Le thermomètre n°2, bien que situé sur un petit replat, est le seul à être vraiment sur le versant de l'alvéole et dans une situation typique d'ubac.

Aux heures chaudes de la journée, l'apport calorifique des rayons du soleil par unité de surface est plus faible que sur le sommet de la cloison ou sur le fond plat, si bien que le réchauffement est moindre, ainsi que le révèle la relative "faiblesse" des températures maximales. Les températures minimales sont, elles aussi, influencées par cette situation topographique.

De plus, en fin de journée, ce thermomètre est le premier à être à l'ombre des Epicéas qui bordent le versant Ouest de l'alvéole, diminuant ainsi la quantité de chaleur accumulée à cet endroit.

Ce site est protégé des vents d'Ouest mais reçoit les vents de secteur Nord, si bien que cette position de "semi-abri" n'a pas d'influence favorable sur les températures.

C - LE PIED DU VERSANT

Au pied du versant, à la limite de la lande sèche de pente et de la lande tourbeuse du fond de l'alvéole, nous avons installé l'abri contenant le thermomètre n°3. Cette situation lui permet d'être, en partie, abrité des vents de secteur Ouest grâce au versant.

Les moyennes mensuelles des TX enregistrées au niveau du poste sont légèrement inférieures à celles relevées au sommet du versant, mais plus élevées que celles des deux autres postes (tableau n° 2). Sur les neuf mois d'étude nous obtenons une moyenne des maximums de 10,94°, le mois de Mai a été le plus chaud avec 17,16°, mais ce n'est qu'au mois de Juin que les températures ont franchi à deux reprises la barre des 25° et nous avons obtenu un maximum absolu de 26°. Comme ailleurs sur le versant, Janvier enregistre la moyenne des maxima la moins forte avec 6,1°.

Au mois d'Octobre, le bas du versant a connu quatre journées à plus de 20°, mais il a fallu ensuite attendre le mois de Mars pour voir le thermomètre atteindre un tel niveau, et cela ne s'est produit que deux fois dans le mois.

Au pied du versant, les moyennes mensuelles des TN sont supérieures à celles du replat et du fond de l'alvéole, mais inférieures aux moyennes relevées au sommet de la cloison.

Avec $-3,11^{\circ}$ de moyenne, Janvier est le mois le plus froid, alors qu'au mois de Juin, la moyenne des minima est de $6,35^{\circ}$ (tableau n° 2). Le record de froid au pied du versant (-12°) a été atteint en Janvier, mois durant lequel il y a également eu un autre jour à -10° , tout comme au mois de Décembre.

Durant notre enquête, la température moyenne a été de $5,94^{\circ}$ avec, comme pour les autres niveaux de l'alvéole, un mois de Janvier frais ($1,49^{\circ}$) et un mois de Juin doux ($11,51^{\circ}$) (tableau n° 2).

Les moyennes mensuelles des amplitudes journalières du poste 3 sont voisines de celles enregistrées aux postes 1 et 2, bien que légèrement inférieures à ces dernières. Elles s'échelonnent de $7,70^{\circ}$ au mois de Février à $13,77^{\circ}$ au mois de Mai, pour une moyenne générale de $10,02^{\circ}$ (tableau n° 5).

Une amplitude journalière record de 23° et cinq jours où celle-ci a dépassé les 20° ont été relevés au mois de Mars.

Situé au pied du versant, entre un replat frais et un fond d'alvéole froid, le thermomètre n°3 a enregistré des températures relativement douces. Il ne se trouve pas en position d'ubac aussi nette que le poste 2 mais il est situé sur la bordure du fond plat qui, lui, est très froid. Il est vrai que ce poste n°3 n'est pas au-dessus d'un sol en permanence saturé en eau, mais il est tout de même difficile d'expliquer cette interruption dans la décroissance régulière des températures du haut vers le bas de l'alvéole.

D - LE FOND DE L'ALVEOLE

Nous avons installé le thermomètre n°4 dans la partie la plus basse de l'alvéole, au-dessus d'une formation végétale à Sphaignes, constamment imbibée d'eau. Cette situation de fond de cuvette confère au poste 4 une position d'abri "partiel". En effet, le fond plat, d'une superficie de 250 hectares est long et large, si bien que les cloisons de l'alvéole sont assez éloignées du site de relevé des températures.

La moyenne des températures maximales enregistrées au fond de la dépression est de $10,68^{\circ}$, inférieure d'environ 1° à celle relevée au sommet de la cloison et de quelques dixièmes à celle notée au pied du versant, mais plus élevée que sur le replat d'ubac. Comme pour les autres sites étudiés, le mois de Mai a été le plus chaud ($17,35^{\circ}$ de moyenne) et le mois de Janvier, le plus frais ($5,55^{\circ}$) (tableau n° 2).

Au mois de Juin, la température maximale a dépassé à deux reprises les 25° pour atteindre un maximum absolu de $26,5^{\circ}$. Du mois de Novembre au mois de Février inclus, Les températures n'ont jamais atteint les 20° .

Le poste n°4 a enregistré les TX les plus fortes lorsque la région était soumise à des conditions météorologiques anticycloniques car le fond de l'alvéole recevait une quantité importante de chaleur, les rayons du soleil n'étant interceptés par aucun abri topographique ni végétal.

Le fond de la dépression de l'alvéole du Longeyroux a connu des températures minimales beaucoup plus basses que les autres niveaux du site (tableau n° 2). Sur les neuf mois d'étude, la moyenne des TN est négative ($-0,9^{\circ}$), l'écart avec les autres postes étant supérieur à $1,5^{\circ}$.

Si la moyenne des températures minimales relevées en Juin est de $5,12^{\circ}$, elle tombe à $-5,9$ au mois de Janvier et le minimum absolu est de -16° alors que, nous devons le rappeler, l'hiver 1989-90 a été exceptionnellement doux. Cela permet d'imaginer le niveau du thermomètre durant les hivers rigoureux de 1985-86 ou 1986-87, par exemple.

Pendant ce mois de Janvier 1990, le thermomètre n°4 a enregistré 28 jours de gel - comme sur le replat - mais à 9 reprises, la température a été inférieure à -10° .

Quel que soit le type de temps, c'est toujours au fond de la dépression que sont enregistrés les minima les plus bas.

La faiblesse des températures minimales n'est pas compensée par la bonne tenue des températures maximales, si bien que nous enregistrons, au fond de l'alvéole, la moyenne des TM la plus basse avec $4,89^{\circ}$, soit $1,5^{\circ}$ de moins qu'au sommet du versant. Les moyennes mensuelles des TM du poste 4 sont toujours les plus basses. Celle du mois de Janvier est même négative ($-0,18^{\circ}$), cela ne s'est jamais produit aux autres niveaux de l'alvéole. Les $10,74^{\circ}$ de moyenne mensuelle font de Juin le mois le plus doux de notre période d'étude (tableau n° 2).

C'est au fond de la dépression, à un mètre au-dessus du sol, que nous avons enregistré les amplitudes thermiques journalières les plus fortes. Entre le mois d'Octobre 1989 et le mois de Juin 1990, la moyenne de celles-ci est de $11,59^{\circ}$. Si l'on observe les moyennes mensuelles des amplitudes, on se rend compte qu'il y a de fortes différences selon les mois, la plus faible de ces moyennes a été notée en Février avec $8,77^{\circ}$ et la plus forte en Mai avec $15,5^{\circ}$ (tableau n° 5).

Le mois de Mars est cependant celui qui a connu les records d'amplitudes journalières. Une fois, la différence entre le maximum et le minimum de la journée a atteint $27,5^{\circ}$. Cela constitue la plus forte amplitude journalière des neuf mois d'étude, tous postes confondus.

Le thermomètre n°4 est relativement abrité des vents dominants, qu'ils soient de secteur Ouest ou de secteur Nord. De plus, sur le vaste fond plat, les rayons du soleil ont une faible incidence et l'apport calorifique par unité de surface est au moins aussi important que sur le sommet du versant, trente mètres plus en altitude. Cela entraîne des températures maximales relativement douces, Malgré tout, la caractéristique climatique principale de ce fond d'alvéole est le froid.

Il se produit une inversion de température, très sensible au niveau des minima, surtout lorsque ceux-ci sont négatifs ou seulement supérieurs à 0 de quelques degrés.

Cela met nettement en évidence le phénomène de "lac d'air froid", très facilement observable les jours de brouillard.

E - SYNTHÈSE

Après avoir présenté les caractéristiques microclimatiques de chaque niveau de l'alvéole étudié, il apparaît des différences assez importantes selon le site pris en compte. Ainsi nous avons pu mettre en évidence une nette inversion de température entre le sommet de l'alvéole, relativement "tempéré", et le fond de celui-ci, froid. Afin de préciser ce phénomène il semble intéressant d'observer plus précisément les écarts de températures enregistrés entre les quatre postes de relevés (tableau n° 3).

TABLEAU N° 3 : ECARTS MOYENS ENTRE LES POSTES.

MOIS	TX1/TX2	TX1/TX3	TX1/TX4	TX2/TX3	TX2/TX4	TX3/TX4	TN1/TN2	TN1/TN3	TN1/TN4	TN2/TN3	TN2/TN4	TN3/TN4	TM1/TM2	TM1/TM3	TM1/TM4	TM2/TM3	TM2/TM4	TM3/TM4
OCTOBRE	0,84	0,37	0,55	-0,47	-0,29	0,18	-0,27	-0,21	1,6	0,06	1,87	1,81	0,29	0,08	1,08	-0,21	0,79	1,00
NOVEMBRE	1,07	0,92	0,35	-0,15	-0,72	-0,57	0,22	0,92	2,28	0,7	2,06	1,36	0,64	0,92	1,32	0,28	0,68	0,40
DECEMBRE	1,03	0,66	0,58	-0,37	-0,45	-0,08	-0,35	-0,26	1,41	0,09	1,76	1,67	0,13	-0,02	0,78	-0,15	0,65	0,80
JANVIER	1,87	0,75	1,3	-1,12	-0,57	0,55	0,58	0,06	2,85	-0,52	2,27	2,79	1,22	0,41	2,08	-0,81	0,86	1,67
FEVRIER	1,75	0,71	1,42	-1,04	-0,33	0,71	1,03	0,34	2,12	-0,69	1,09	1,78	1,39	0,53	1,78	-0,86	0,39	1,25
MARS	1,73	1,08	1,16	-0,65	-0,57	0,08	1,53	0,75	2,81	-0,78	1,28	2,06	1,49	0,91	1,99	-0,58	0,5	1,08
AVRIL	1,9	0,85	1,5	-1,05	-0,4	0,65	0,83	-0,39	1,26	-1,22	0,43	1,65	1,37	0,23	1,38	-1,14	0,01	1,15
MAI	1,53	0,88	1,34	-0,65	-0,19	0,46	0,68	0,31	2,49	-0,37	1,81	2,18	1,11	0,6	1,92	-0,51	0,81	1,32
JUIN	1,78	1,36	1,66	-0,42	-0,12	0,3	0,84	0,37	1,6	-0,47	0,76	1,23	1,31	0,87	1,64	-0,44	0,33	0,77
MOYENNE	1,50	0,84	1,10	-0,66	-0,40	0,25	0,57	0,21	2,05	-0,36	1,48	1,84	0,99	0,50	1,55	-0,49	0,56	1,05

1) Les écarts des températures moyennes

La différence de moyenne la plus importante a été enregistrée entre le haut du versant et le fond de l'alvéole, elle atteint 1,55° et met ainsi en évidence l'importante inversion de température. Pourtant ces deux postes ne sont distants que de quelques centaines de mètres et la différence d'altitude entre les deux niveaux n'est que de trente mètres.

Cela donne un gradient inverse de 5,12°/100 m.

Il faut également noter la différence de 1° entre la moyenne des postes 1 et 2, et celle des postes 3 et 4 alors que la distance et l'altitude qui les séparent sont encore plus faibles.

Le bas du versant est plus frais que le sommet de celui-ci, mais plus doux que le replat, lui-même plus doux que le fond de la dépression. Mais dans ces trois cas, la différence n'est que de 0,5° environ.

2) Les écarts des températures maximales

Les plus fortes moyennes mensuelles des TX (14,78°) sont relevées au sommet de la cloison, alors qu'une dizaine de mètres plus bas, sur le replat, nous enregistrons les plus faibles maxima (10,28°), la différence étant de 1,5°. Aux mois de Janvier et d'Avril, cette différence était proche de 2°.

L'écart entre les deux extrémités du site étudié est de 1,09°, il a atteint sa plus forte valeur au mois de Juin (1,66°) avec une différence record de 4,5°.

Entre le pied du versant et le fond de la dépression l'écart des températures maximales n'a été que de 0,25° sur l'ensemble des neuf mois et il est même descendu à moins de 0,1° en Décembre et en Mars.

Les écarts de TX les plus importants ont été enregistrés entre le sommet de la cloison et les autres niveaux de l'alvéole, confirmant une fois encore que le poste 1 est caractérisé par une relative douceur, comparé aux autres postes.

3) Les écarts des températures minimales

Nous pouvons subdiviser les résultats en deux catégories mettant en évidence des conclusions précédemment énoncées. Nous avons d'une part des moyennes d'écarts (sur les neuf mois d'étude) situées entre 0,21° et 0,56°. Elles correspondent aux écarts de TN enregistrées entre les différents niveaux du versant (postes 1 à 3) et sont relativement faibles. Rappelons que les moyennes des minimums, entre Octobre 1989 et Juin 1990, sont positives tout au long du versant, elles s'échelonnent de 0,58° au poste 2 à 1,14° au poste 1.

Par contre le fond de la dépression enregistre, sur les neuf mois d'enquête, une moyenne négative (-0,9°) si bien que les écarts entre ce poste et ceux du versant sont très importants.

Avec le replat et le pied du versant, les différences sont respectivement de 1,48° et 1,83°. Chaque mois il y a au moins un jour pour lequel l'écart a atteint 3,5°.

Les records ont été enregistrés, en Novembre avec le poste 2 (6,5°) et en Octobre et Février avec le poste 3 (5°). C'est en Janvier que nous avons noté l'écart mensuel le plus important. Ce fut également le cas en ce qui concerne l'écart des minima entre le sommet de la cloison et le fond de la dépression. Celui-ci a en effet été de 2,85° le premier mois de l'année 1990, pour une moyenne de 2,05° sur l'ensemble de notre période d'étude.

Nous le montrons encore une fois, le creux de la dépression est caractérisé par le froid et se distingue ainsi nettement des autres niveaux du site.

II - COMMENTAIRES ET ANALYSES

A - ANALYSE DES VALEURS EXTREMES ET DU NOMBRE DE JOURS REMARQUABLES PAR LEURS TEMPERATURES (tableau n° 4)

1) Maxima absolus et jours chauds

Les maxima absolus enregistrés aux différents niveaux de l'alvéole du LONGEYROUX ne présentent pas de grande différence, ils s'échelonnent de 28,5° au sommet de la cloison à 26° sur le replat et au pied du versant. Au fond de la dépression nous avons relevé une valeur proche de celle du versant: 26,5°. La barre des 25° a été atteinte à trois reprises au poste 1 et à deux reprises aux autres postes.

Si l'on compare le nombre de jours durant lesquels la température maximale a franchi la limite des 20°, le haut du versant s'individualise logiquement avec 35 jours, soit 12,8% du nombre de jours étudiés. Vient ensuite le pied du versant avec 22 jours (8%) et enfin le fond de la dépression et le replat avec respectivement 19 jours (6,9%) et 18 jours (6,6%).

TABEAU N° 4 : PERIODE DU 01/10/89 AU 30/06/90

Valeurs extrêmes			Nombre de jours avec : et pourcentage					
POSTE	MINI. ABSOLU	MAXI. ABSOLU	TN<=-10	TN<=-5	TN<=0	TX<=0	TX>=20	TX>=25
1	-8,5	28,5	0 0%	34 12,4%	107 39,2%	4 1,5%	35 12,8%	3 1,1%
2	-11,5	26	3 1,1%	44 16,1%	113 41,4%	8 3%	18 6,6%	2 0,7%
3	-12	26	3 1,1%	40 14,6%	105 38,5%	5 1,8%	22 8%	2 0,7%
4	-16	26,5	23 8,4%	59 0,2%	156 57,1%	8 3%	19 6,9%	2 0,7%

2) Minima absolus et jours de gel

Les minima absolus ont eux, par contre, des valeurs bien différentes: ils varient presque du simple au double entre les deux extrémités du site.

Au mois de Janvier nous avons enregistré les records de froid de notre période d'étude, ceux-ci allant de $-8,5^{\circ}$ au poste 1 à -16° au poste 4, en passant par $-11,5^{\circ}$ et -12° aux postes 2 et 3.

La différence du nombre de jours de gel est également très significative, il a en effet gelé 105 jours au pied du versant, soit 38,5% des journées étudiées, 107 sur le sommet (39,2%) et 113 jours sur le replat (41,4%).

Par contre, dans le fond de la tourbière, nous avons relevé 156 jours de gel, soit plus d'un jour sur deux (57,1%) avec des températures minimales négatives et 23 jours où le thermomètre est descendu à -10° , voire plus bas. Les postes 2 et 3 n'ont enregistré qu'à trois reprises des minima égaux ou inférieurs à -10° , et le poste 1, aucun.

Certains jours, lorsqu'il a neigé, les températures maximales ne sont pas montées au-dessus 0° et il a donc gelé toute la journée. Cela s'est produit 8 fois sur le replat et dans le fond de la dépression, 5 fois au pied du versant, et seulement à 4 reprises sur le sommet de la cloison.

Il est bien évident qu'il a neigé de la même façon à tous les niveaux de l'alvéole, mais nous retrouvons à travers ces valeurs le "classement" des niveaux tel qu'il a été établi d'après les TN.

B - LES AMPLITUDES THERMIQUES JOURNALIERES

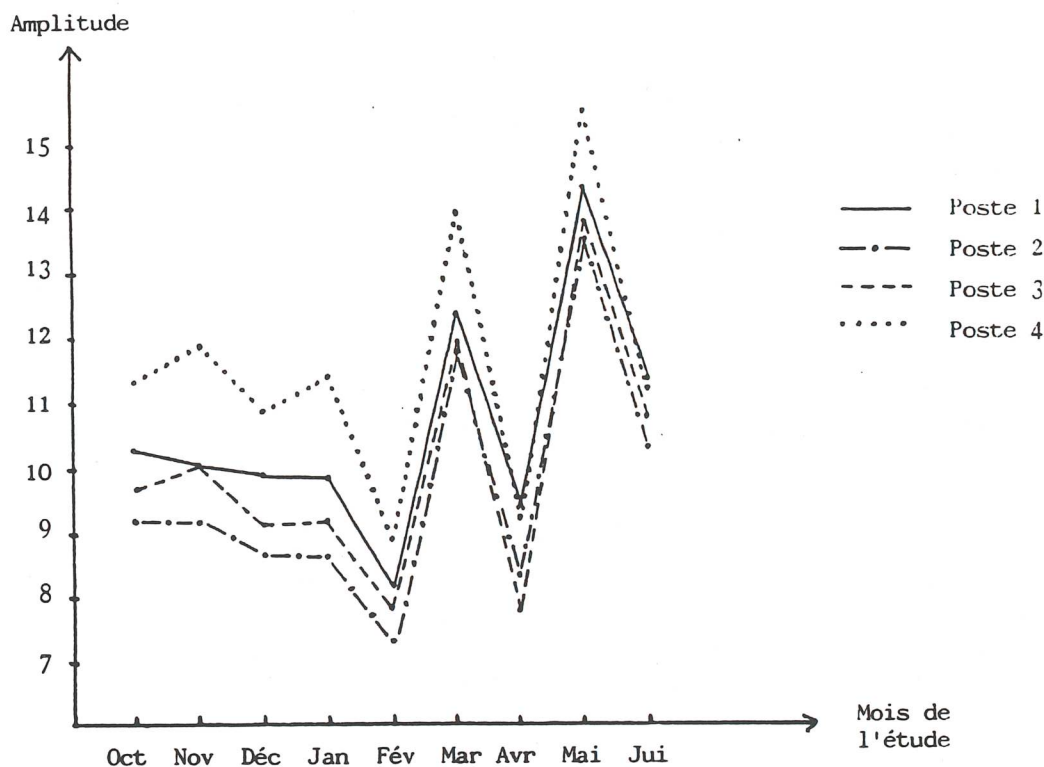
La différence entre le minimum et le maximum journaliers est significative du niveau de l'alvéole d'une part et de la situation météorologique, d'autre part.

La moyenne des amplitudes thermiques journalières la plus basse est enregistrée sur le replat avec $9,68^{\circ}$, alors qu'elle atteint $11,59^{\circ}$ au poste 4, soit 2° d'écart. Elle est de $10,02^{\circ}$ au poste 3 et $10,64^{\circ}$ au poste 1, ce qui est plus fort qu'au niveau du replat mais nettement moins que dans le fond de la tourbière (tableau n° 5).

Tableau N° 5

Amplitudes thermiques moyennes mensuelles
des quatre postes

POSTE \ MOIS	1	2	3	4
OCTOBRE	10,27	9,16	9,63	11,32
NOVEMBRE	10,02	9,17	10,02	11,95
DECEMBRE	9,94	8,69	9,14	10,90
JANVIER	9,90	8,61	9,21	11,45
FEVRIER	8,07	7,36	7,70	8,77
MARS	12,32	11,85	11,98	13,97
AVRIL	9,45	8,38	8,22	9,22
MAI	14,35	13,50	13,77	15,50
JUIN	11,32	10,37	10,32	11,25
MOYENNE	10,63	9,68	10,00	11,59



Cette tendance mise en évidence par les amplitudes moyennes est confirmée par l'observation des amplitudes maximales.

Les chiffres records ont été relevés au mois de Mars. Le 07, au poste 2, les températures ont oscillé entre -8° et 15° , soit une amplitude de 23° . Celle-ci était également de 23° au poste 3. Le 05 Mars, au poste 4, le thermomètre est descendu à -12° puis remonté à $15,5^{\circ}$, soit une amplitude de $27,5^{\circ}$, le même jour elle était de $23,5^{\circ}$ au poste 1.

Au niveau du replat, l'écart journalier entre le minimum et le maximum a atteint ou dépassé 20° à 6 reprises, ce fut le cas à 9 reprises au sommet et au pied du versant. Mais une fois encore, le fond de l'alvéole s'individualise avec 37 jours d'amplitude thermique égale ou supérieure à

20°. Cela est dû au fait que, comme nous l'avons vu précédemment, le poste 4 enregistre des températures minimales très basses, et connaît un assez fort réchauffement diurne qui permet aux températures maximales d'atteindre un bon niveau.

Nous observons deux phénomènes liés aux conditions météorologiques. Lorsqu'une situation anticyclonique règne sur la région, les amplitudes thermiques journalières sont très importantes, elles dépassent 10°, voire 15° et même davantage. De plus sous un régime de hautes pressions, le fond de l'alvéole s'individualise nettement, avec des amplitudes encore plus fortes qu'au niveau des autres postes.

Lors d'une situation dépressionnaire, par contre, ce sont les phénomènes inverses qui se produisent. Ainsi les amplitudes thermiques journalières sont considérablement réduites, inférieures à 10° et même à 5°.

Nous le voyons sur les graphiques, les courbes sont quasiment confondues, cela signifiant que l'écart entre les amplitudes de chaque niveau de l'alvéole est très faible, voire nul.

C - LES SOMMES DE TEMPERATURE

Nous avons calculé des sommes de températures moyennes afin d'observer la quantité de chaleur accumulée aux différents niveaux de l'alvéole. Les résultats sont surtout intéressants s'ils sont rapportés à la phénologie c'est pour cette raison que nous ne prenons en compte que les mois allant de Mars à Juin, période durant laquelle la croissance des végétaux est maximale.

Au début du printemps, la quantité de chaleur accumulée est faible et contribue peu à la croissance des plantes, ensuite elle augmente assez rapidement et son rôle dans le développement des plantes est beaucoup plus important.

Le sommet de la cloison est le niveau de l'alvéole qui accumule la plus grosse quantité de chaleur (1044° sur les quatre mois pris en compte), vient ensuite le bas du versant (966,5°), puis le replat (899,75°). Logiquement, le fond de la dépression se distingue à nouveau avec seulement 844,25° accumulés en quatre mois (tableau n° 6).

La figure n°4 nous montre que les écarts entre les courbes sont à peu près réguliers au cours de la période étudiée.

La différence de quantité de chaleur arrivant aux différents niveaux de l'alvéole est sensiblement toujours la même. Si l'on observe la tendance générale, il n'y a pas d'importants bénéfices ou déficits de chaleur affectant un site et pas les trois autres. Cependant en étudiant plus précisément le mois de mars, il apparaît qu'au début, les courbes des postes 1 et 3 d'une part, et celles des postes 2 et 4 d'autre part, sont très proches l'une de l'autre.

Ensuite le sommet du versant reçoit une quantité de chaleur plus importante que les autres sites. Les courbes du replat et du bas de versant se rapprochent très sensiblement, montrant ainsi que l'énergie calorifique accumulée à ces deux niveaux est quasiment la même. Par contre la quantité de chaleur du fond de la dépression augmente assez faiblement, comparée aux autres postes.

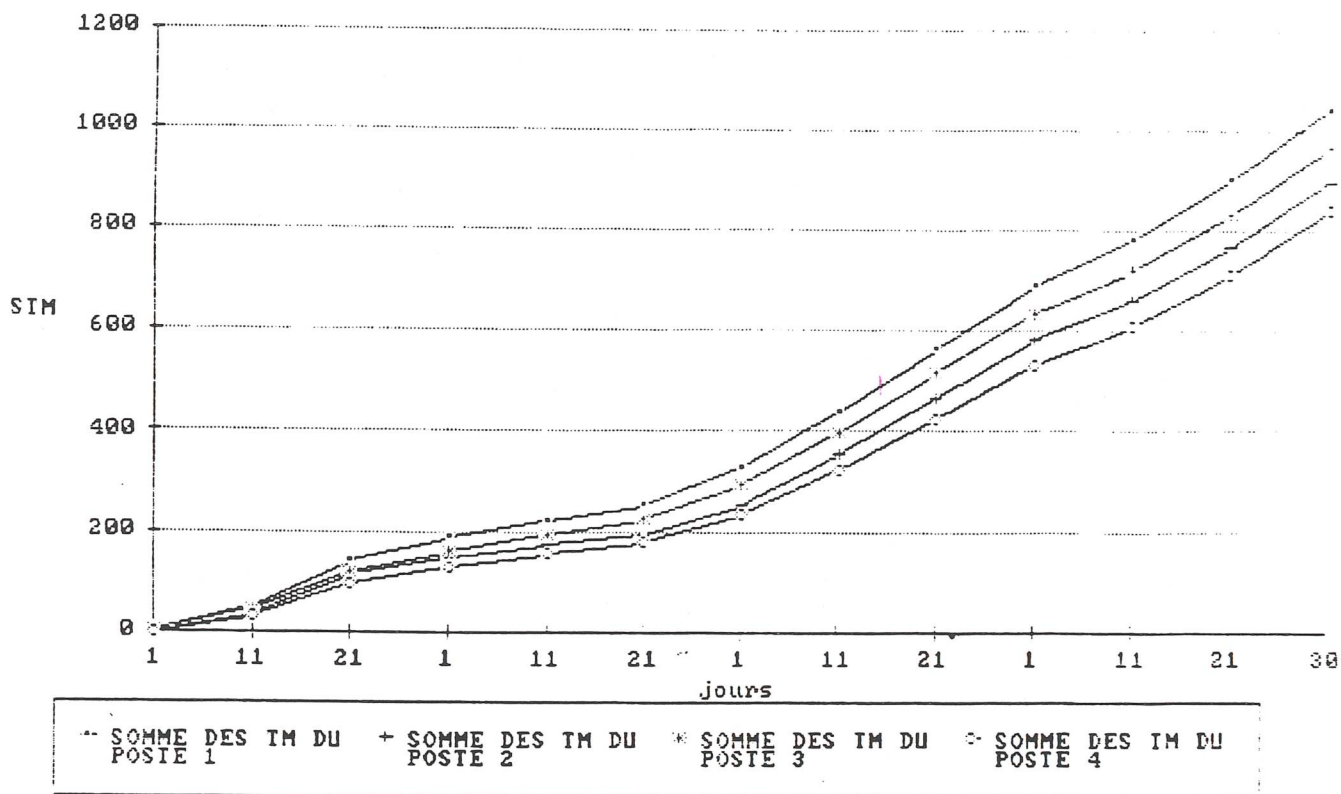


Figure n°4 :
Somme des TM des quatre postes, par décades
du 01/03/1990 au 30/06/1990

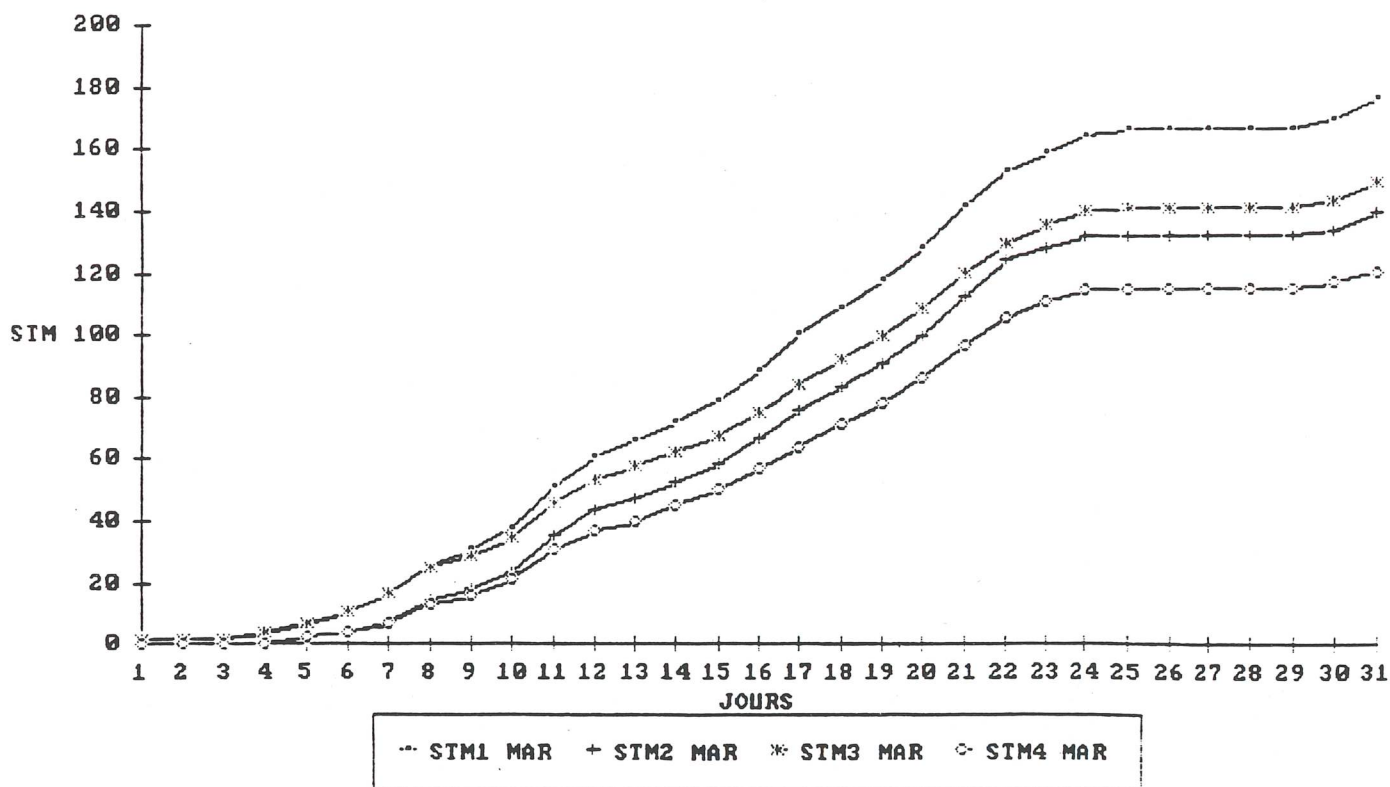


Figure n°5 :
Somme des TM des quatre postes au mois de Mars 1990

Les valeurs du tableau 6 confirment les observations faites d'après les courbes. Ainsi le 11 mars la différence entre les postes 1 et 3, et entre les postes 2 et 4 est de $5,5^{\circ}$.

Le 21, elle atteint $21,75^{\circ}$ entre P1 et P3, et seulement $7,5^{\circ}$ entre P2 et P3. L'écart entre le sommet du versant et le fond de la tourbière atteint déjà $45,25^{\circ}$.

Nous voyons donc que les courbes sont quasiment équidistantes l'une de l'autre, l'écart variant de $55,5^{\circ}$ entre le poste 2 et le poste 4, à $78,25^{\circ}$ entre les postes 1 et 3.

Si l'on se réfère à l'Atlas agroclimatique publié par la station météorologique de Limoges Bellegarde nous nous apercevons que certaines plantes cultivées (comme par exemple le Maïs) ne pourraient pas se développer dans le fond de la dépression.

En ce qui concerne la quantité de chaleur accumulée pendant ces quatre mois, l'écart entre le sommet et le creux de l'alvéole est aussi important que celui qui correspond à une différence moyenne d'altitude de 200 mètres.

Les courbes mensuelles des sommes de températures peuvent être aisément mises en rapport avec la situation météorologique. Prenons par exemple le cas du mois de Mars (fig.5):

- Du 1er au 4, un front froid neigeux entraîne des températures moyennes très basses, voire négatives, les courbes sont confondues et ne quittent guère la ligne du 0° .
- Du 5 au 7, période anticyclonique avec gel assez fort, les TM sont basses notamment aux postes 2 et 4.
- Le 8, les TM augmentent puis diminuent jusqu'au 10, les courbes ne sont que faiblement ascendantes.
- Jusqu'au 14, les pressions sont élevées mais les nuages empêchent une forte hausse des températures moyennes. La quantité de chaleur augmente quelque peu, en deux paliers successifs.
- Du 15 au 22, les courbes connaissent une hausse spectaculaire, la quantité de chaleur augmente de plus de 70° en 8 jours. Cela est dû au temps estival qui règne sur la région.
- Du 23 au 30, changement complet de situation météorologique avec l'apparition d'un courant océanique puis d'un flux de secteur Nord apportant de la neige, l'énergie calorifique apportée sur l'alvéole du Longeyroux est nulle, les courbes des sommes de températures marquent un net palier.

D - COMMENTAIRE DES BANDES D'ENREGISTREMENT DES TEMPERATURES DU 03 AU 06 MARS 1990

En consultant cet enregistrement nous pouvons observer la variation des températures au cours de la journée, entre le 03 et le 06 Mars 1990 (fig.6).

Le front froid qui s'était installé sur la région le 1er Mars est encore présent le 03. Ce jour là, sous les nuages, les températures minimales sont relativement basses, elles s'échelonnent de -5° au pied du versant à $-7,5^{\circ}$ dans le fond de la dépression.

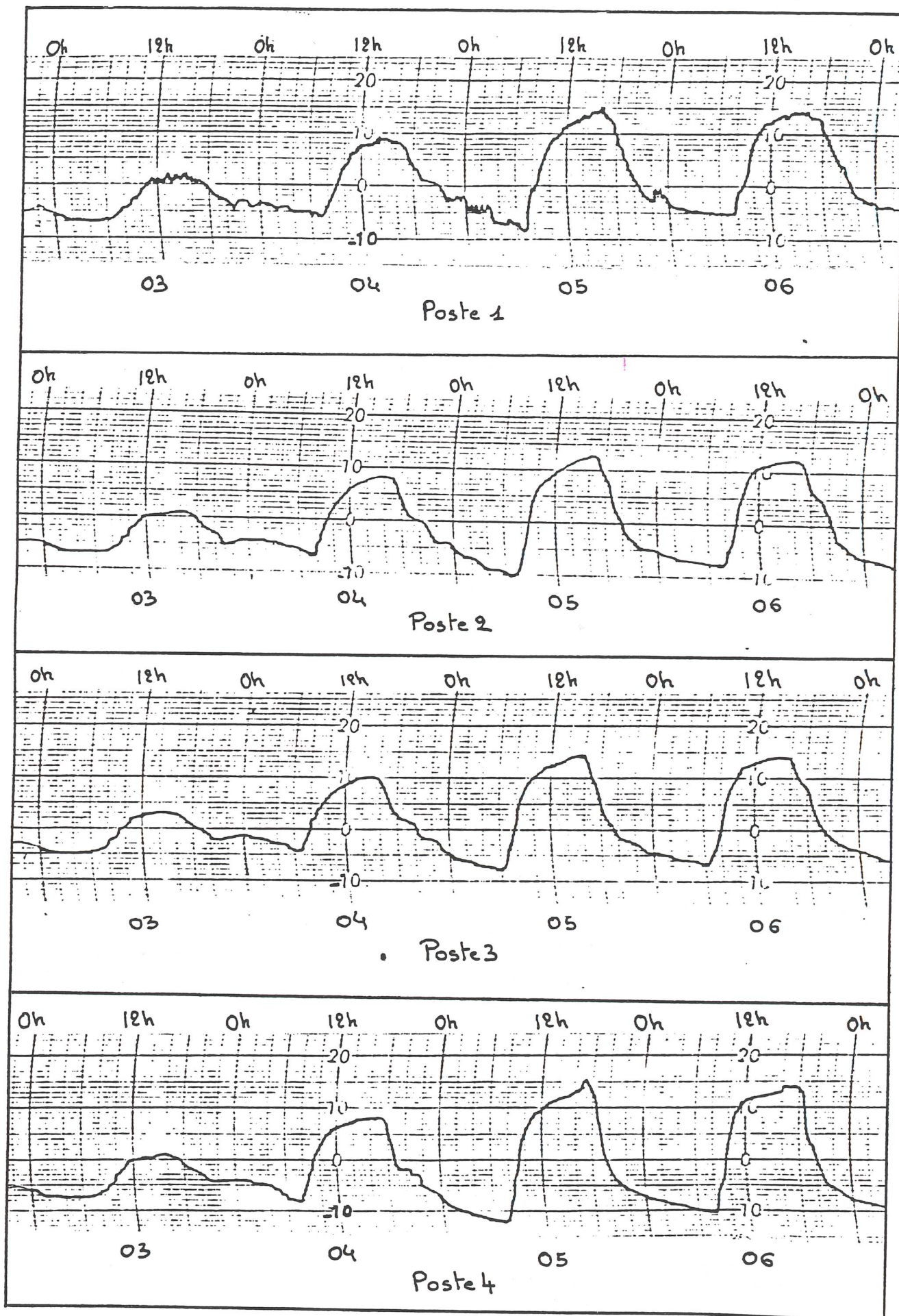


Figure n° 6 :
Bandes d'enregistrement des températures des quatre postes
du 03 au 06 Mars 1990

Le vent de secteur Nord empêche la remontée des températures diurnes et si les TX atteignent 7° au sommet du versant, elles ne dépassent pas 1° sur le replat et dans le creux de l'alvéole.

Comme nous pouvons le constater sur les courbes, les températures augmentent très progressivement de 8 heures à 12 heures, atteignent leur maximum vers 16 heures, puis diminuent jusqu'au lever du jour. Il faut toutefois noter une très légère remontée du thermomètre (1 à 2°) vers minuit.

A partir du 03, un puissant anticyclone s'installe sur le pays et avec lui un ciel clair. Ses effets se font sentir dès le 04, et ce jour là, on note des températures maximales de 8 à 10°, puis de 16 heures à 19 heures elles perdent près de 10° et poursuivent leur baisse jusqu'au lever du jour.

Le 05, nous enregistrons les températures minimales les plus basses du mois de Mars, allant de -8° au poste 3 à -12° au poste 4.

Ce jour là, également, sont relevées les amplitudes journalières les plus fortes de toute notre période d'étude, pour les postes 1 (23,5°) et 4 (27,5°). Les postes 2 et 3 enregistrent une amplitude de 22,5°, proche du record atteint le 07 avec 23°.

Durant la période anticyclonique, les courbes de températures des différents postes ont une forme générale voisine.

De 7 heures à 10 ou 11 heures, le réchauffement est très rapide et les températures gagnent au moins quinze degrés, ensuite il est beaucoup plus lent mais le thermomètre continue cependant à monter jusqu'aux environs de 16 heures où le maximum de la journée est atteint.

Il y a ensuite un net refroidissement et à 20 heures le thermomètre repasse sous la barre du 0° et continue à baisser jusqu'au lever du jour, mais de façon lente.

Il faut noter que l'augmentation et la diminution de la température est beaucoup plus soudaine dans le fond de l'alvéole qu'au sommet de la cloison. Au poste 4, les variations thermiques sont brusques alors qu'elles sont légèrement atténuées au niveau du poste 1.

CONCLUSION

Cette recherche sur le microclimat d'un alvéole tourbeux de la Montagne Limousine, bien qu'ayant été menée sur une période relativement courte de neuf mois, permet de mettre en évidence quelques phénomènes caractéristiques.

Le premier chapitre montre que la situation météorologique générale influence, bien sûr, le microclimat mais elle ne permet pas toujours de l'expliquer et celui-ci dépend le plus souvent de la situation météorologique locale.

S'il y a un microclimat d'alvéole, il y a aussi un microclimat, plus vaste, propre à ces hautes terres du Plateau de Millevaches, et c'est ce dernier qu'il aurait fallu pouvoir noter chaque jour.

Nous avons choisi d'enregistrer les températures du site à quatre niveaux d'altitude différents et caractérisés par leur position topographique. Chacun d'eux possède des particularités climatiques. Comparé aux autres postes, le sommet de la cloison jouit d'une très relative douceur, il enregistre les températures maximales et minimales les plus douces et des amplitudes thermiques journalières plus élevées que le long du versant.

A mi-pente, sur le replat, à l'abri des vents d'Ouest, mais dans une position d'ubac, sont relevées les températures maximales les plus basses des quatre niveaux étudiés. Les températures minimales et moyennes sont les plus fraîches du versant. C'est donc ici que se rencontrent les amplitudes journalières les plus basses.

Au pied du versant, à la limite de la lande sèche et de la lande tourbeuse, il fait plus frais qu'au sommet de la cloison, mais plus doux que sur le replat et dans le creux de la dépression.

Dans le fond de l'alvéole, au-dessus de la tourbière à Sphaignes, les températures maximales, bien qu'inférieures à celles relevées au sommet de la cloison, sont plus élevées que le long du versant. Les températures minimales y sont toujours plus basses qu'aux autres niveaux de l'alvéole et il se forme un "lac d'air froid". Nous relevons ici des amplitudes thermiques journalières très fortes, supérieures à toutes les autres.

Ces données microclimatiques permettent de mettre en évidence une inversion thermique entre le sommet et le fond de l'alvéole. La décroissance des températures n'est toutefois pas régulière du haut vers le bas, le pied du versant étant plus doux que le replat de mi-pente.

La caractéristique dominante mise en évidence par cette étude est la rigueur du microclimat de l'alvéole et plus particulièrement du fond tourbeux.

Le grand nombre de jours de gel et les températures minimales très basses montrent que la tourbière à Sphaignes est un milieu très froid. Selon J. TOUFFET (1969), les bombements de Sphaignes constituent une masse spongieuse, constamment mouillée, où l'évapotranspiration est intense, produisant ainsi du froid.

L'inversion thermique dans les alvéoles granitiques est tout de même de moindre importance que dans les dolines. En effet, dans celles-ci l'inversion thermique est telle qu'il se produit un étagement de la végétation symétriquement opposé à celui des montagnes (GAMS, 1974). Du sommet vers le fond de la doline poussent les feuillus, puis les conifères et enfin les pelouses "alpines". Dans l'alvéole granitique, la différence de végétation est avant tout due à la nature des sols.

Le fond tourbeux de l'alvéole a des caractères microclimatiques l'apparentant à un climat continental.

BIBLIOGRAPHIE

1. Bulletins météorologiques mensuels, Octobre 1989 à Juin 1990. Station météorologique de Limoges-Bellegarde.
 2. CLEMENT, B., 1984. - Les conditions de la vie dans la tourbière. Penn ar bed, n° 117, 59-65.
 3. ESCOURROU, G., 1978. - Climatologie pratique, Collection Géographie. Paris, Ed. Masson.
 4. GAMS, I., 1974. - Kras, Ljubljana.
 5. GEZE, B., 1965. - La Spéléologie scientifique. Collection Microcosme. Le Rayon de la Science, n° 22. Paris, Ed. du Seuil.
 6. GRISSOLET, H., GUILMET, B., ARLERY, R., 1962. - Climatologie, méthodes et pratiques. Paris, Ed. Gauthier-Villars.
 7. HRIBAR, F., 1960. - Temperatur und vegetationsumkehrungen in Trnovski Gozd VI int. Tagung Alp Meteorologie. Bled, Jugoslawien, Ljubljana.
 8. JAKUCS, L., 1977. - Morphogenics of karst regions. Bristol.
 9. TOUFFET, J., 1969. - Les Sphaignes du Massif Armoricaïn. Recherches phytogéographiques et écologiques, in Botanica Rhedonica. Rennes.
 10. VALADAS, B., VILKS, A., 1989. - Le climat des environs de la Tourbière, in "La Tourbière du Longeyroux et son pays", p. 22-24, Ass. Prot. Promotion Tourbière du Longeyroux et de son Environnement. Limoges, Centre Impression.
-

**ESTIMATION DE LA POLLUTION ATMOSPHERIQUE ACIDE
DANS UN SECTEUR DE LA MOYENNE VALLEE DE LA VIENNE
(REGION DE SAINT-JUNIEN - SAILLAT)
PAR L'ETUDE DES LICHENS EPIPHYTES**

BOTINEAU M., LAURENT M. et GHESTEM A.

Laboratoire de Botanique, Faculté de Pharmacie
2, Rue du Docteur Marcland - 87025 Limoges Cedex

RESUME

Les auteurs confirment l'intérêt des lichens comme bioindicateurs de la pollution atmosphérique acide à l'occasion d'un inventaire des lichens épiphytes d'un secteur de la moyenne vallée de la Vienne. La méthode phytosociologique liée au calcul d'un indice de poléotolérance leur permet de cartographier la pollution atmosphérique acide de cette région.

MOTS CLES : Lichens, Groupements épiphytiques, Bio-indicateurs, Pollution atmosphérique, Limousin.

SUMMARY

The authors confirm the interest of lichens as bio-indicators of acid air pollution, in a "survey" of epiphytic lichens in the mid-valley of the river Vienne. The phytosociological method, associated with the assesment of a "poleotolerance" rate, allowed them to achieve a repartition-map of the acid air pollution in this area.

KEY WORDS : Lichens, Epiphytic communities, Bio-indicators, Air pollution, Limousin.

INTRODUCTION

Saillat sur Vienne est l'un des plus importants sites industriels de la région Limousin. Son activité papetière entraîne des rejets atmosphériques de divers composés soufrés.

Notre démarche a donc été d'évaluer l'impact de la pollution atmosphérique acide, due à l'anhydride sulfureux, sur la flore lichénique épiphytique de la région.

I - GENERALITES

a) Constitution des lichens

Les lichens sont des végétaux symbiotiques formés par la réunion de deux "partenaires" de nature différente :

- d'une part une algue qui, par la photosynthèse, apporte les nutriments carbonés
- et d'autre part un champignon qui assure la protection de l'algue et lui fournit eau et sels minéraux.

Les algues qui s'associent aux champignons dans les lichens appartiennent à une trentaine de genres différents, soit du groupe des Cyanophycées (algues bleues, *Nostoc*), soit le plus souvent du groupe des Chlorophycées (algues vertes, *Trentepohlia* et *Trebouxia*).

Les champignons sont le plus souvent des Ascomycètes (chez les Ascolichens), plus rarement des Basidiomycètes (chez les Basidiolichens).

b) Morphologie

Les lichens sont des Thallophytes : leur appareil végétatif est un thalle (ne présentant ni feuille, ni tige, ni racine, ni appareil conducteur) en lames plus ou moins découpées ou en axes plus ou moins ramifiés. Nous pouvons distinguer plusieurs grands types morphologiques :

- Les thalles fruticuleux : le thalle est divisé en tiges cylindriques ramifiées ou en lanières aplaties entières ou divisées. Il adhère au support par un crampon réduit et peut donner des touffes pendantes ou dressées d'assez grande dimension (*Usnea florida*, *Ramalina fraxinea*, *Evernia prunastri*)

- Les thalles foliacés : ils sont formés par des lames plus ou moins lobées, étalées sur le substrat auquel elles sont fixées par de nombreux petits crampons appelés rhizines ou par un seul pour les thalles dits ombiliqués (*Parmelia caperata*, *Xanthoria parietina*)

- Les thalles squamuleux : ils sont formés de petites écailles juxtaposées ou imbriquées adhérent assez étroitement au substrat.

- Les thalles crustacés : Ils sont fortement appliqués au substrat et il est impossible de les en détacher. Le thalle semble parfois être totalement incorporé au support (*Pertusaria amara*, *Phlyctis argena*).

- Les thalles gélatineux : ce sont des thalles foliacés particuliers, d'aspect noirâtre : coriaces, friables et opaques à l'état sec, ou bien gélatineux, souples et translucides à l'état humide, car il existe une dominance de Cyanophycées (*Collema* sp.).

- Les thalles complexes : sur un thalle primaire foliacé, squamuleux, parfois fugace, se dresse un thalle secondaire fruticuleux formé d'éléments appelés "Podétions" simples ou ramifiés (*Cladonia* sp.).

Dans notre étude il n'y a pas d'exemples de thalle squamuleux ni de thalle gélatineux.

c) Caractères particuliers des lichens justifiant leur choix comme bioindicateurs

Les lichens possèdent de nombreuses particularités et des différences fondamentales avec les végétaux supérieurs expliquant leur choix comme bioindicateurs.

- A la différence des végétaux supérieurs qui perdent leurs feuilles l'hiver, les lichens présentent une activité photosynthétique ininterrompue au cours de l'année. Ils subissent donc les effets continus de la pollution résultant de l'augmentation d'émission de polluants au cours de l'hiver (chauffage domestique, brouillards toxiques ...) et de leur manque d'élimination par perte des feuilles. Cette pérennité est une caractéristique essentielle expliquant la sensibilité des lichens à la pollution atmosphérique.

- Le métabolisme très lent des lichens entraîne un faible taux de croissance et une grande longévité permettant de suivre l'évolution de la pollution

- Les cellules lichéniques accumulent de façon non sélective des substances prélevées dans l'atmosphère (soufre, plomb, fluor, éléments radioactifs, etc...). Cette capacité d'accumulation permet d'utiliser les lichens comme bioindicateurs d'une pollution spécifique.

Les lichens absorbent les aliments par toute la surface de leur thalle. La pression osmotique élevée des cellules leur permet de capter la vapeur d'eau en atmosphère non saturée. Ceci souligne l'importance des brouillards qui augmentent au cours des pollutions atmosphériques.

II - L'INFLUENCE DE LA POLLUTION ATMOSPHERIQUE SUR LA FLORE LICHENIQUE

a) Historique

A la suite de nombreuses observations, on soupçonnait depuis longtemps l'influence néfaste des villes sur le développement lichénique. Par ses travaux, dès 1866, NYLANDER confirme cette hypothèse. Il constate que les lichens se raréfient au sein des villes et ne présentent souvent qu'un développement incomplet. NYLANDER est le premier à parler des lichens comme une sorte "d'hygiomètre très sensible" et à établir ainsi une relation entre la salubrité de l'air et la population lichénique (DERUELLE, 1978).

En 1926, les travaux de SERNANDER, effectués dans la région de Stockholm (Suède), déterminent trois zones autour du centre ville. Ces zones sont en relation avec la pollution urbaine et correspondent à différents degrés de développement des lichens.

En 1930, HAUGSJA publie les premières cartes de répartition concernant la distribution d'une vingtaine d'espèces de lichens dans la région d'Oslo (Norvège). Actuellement, plus de cent zones urbaines réparties dans le monde entier ont été étudiées.

En France, les études ont concerné jusqu'ici les régions suivantes :

- le midi de la France, Toulouse, VINCENT en 1968
- la région Parisienne, DERUELLE en 1971 et 1983

- le Nord de la France, DELZENNE-VAN HALUWYN en 1973
- la Normandie, LEROND en 1975 et 1981
- la Champagne, DERUELLE, LALLEMAND et ROUX en 1979
- les Alpes, ASTA en 1980
- le Limousin, Limoges, HENRION-GIRAUD en 1984
- la région Rhône-Alpes, Lyon, BELANDRIA

Incontestablement, ces nombreuses études soulignent l'influence de l'atmosphère urbaine sur la disparition des lichens.

En 1964, DE SLOOVER et LAMBINON définissent un indice de pureté atmosphérique (IPA ou IAP) dont la formule actuelle, après de nombreuses modifications, est celle de LEBLANC et DE SLOOVER (1970).

En 1970, HAWKSWORTH et ROSE établissent une échelle quantitative d'estimation de la pollution atmosphérique en SO₂ en Angleterre et au Pays de Galles. De nombreuses études sont depuis effectuées à l'aide de cette méthode (HENRION, 1984).

b) Les effets sur la flore lichénique

La flore lichénique, à l'approche des villes et des zones industrielles, présente une diminution du nombre et du recouvrement des espèces mais aussi une régression de leur fertilité. On donne à cet ensemble de modifications le terme de poléophobie (ERICHSEN, 1928, in DERUELLE, 1978).

La réduction du nombre d'espèces dans le temps est mise en évidence par comparaison de listes et d'herbiers anciens avec la flore actuelle. Cette réduction va de pair avec l'augmentation de la pollution acide.

A l'inverse, on a observé la réinstallation de lichens dans des lieux dont la qualité de l'air s'est améliorée. Le jardin du Luxembourg, à Paris, en est l'exemple le plus récent.

III - METHODE DE TRAVAIL

A - Présentation des différentes techniques habituellement utilisées

a) Méthodes qualitatives

1 - La méthode de HAWKSWORTH et ROSE

HAWKSWORTH et ROSE (1970), à l'aide d'observations de terrain et de mesures physico-chimiques, ont mis au point une échelle quantitative d'estimation de la teneur en SO₂ atmosphérique (tableau n° 1).

Cette échelle met en correspondance une zone de pollution caractérisée par une teneur en SO₂ en µg/m³ (soit 11 gradients) avec la présence d'un ensemble d'espèces caractéristiques (80 espèces lichéniques) que l'on peut ensuite cartographier.

Cette méthode s'applique uniquement aux lichens épiphytes.

Le niveau de pollution d'une station est déterminé en comparant les relevés de la station et l'échelle de HAWKSWORTH et ROSE.

Zones	Espèces caractéristiques	Teneur en SO ₂ (µg/m ³)
0	Epiphytes absents.	> 170
1	<i>Pleurococcus viridis</i> s.l. présent mais limité à la base du tronc.	170
2	<i>Pleurococcus viridis</i> s.l. s'étend sur le tronc; <i>Lecanora conizaeoides</i> limité à la base.	150
3	<i>Lecanora conizaeoides</i> s'étend sur le tronc.	125
4	<i>Parmelia physodes</i> et/ou <i>Parmelia saxatilis</i> ou <i>Parmelia sulcata</i> apparaissent à la base du tronc mais ne s'étendent pas.	70
5	<i>Parmelia physodes</i> ou <i>Parmelia saxatilis</i> s'étendent jusqu'à 2,5 m ou plus; <i>Lepraria candelaris</i> , <i>Pertusaria amara</i> peuvent apparaître; si <i>Ramalina farinacea</i> et <i>Evernia prunastri</i> sont présents, ils sont limités à la base.	60
6	<i>Parmelia caperata</i> présent au moins à la base; riches communautés de <i>Pertusaria albescens</i> ; <i>Parmelia furfuracea</i> présent dans les régions montagneuses.	50
7	<i>Parmelia caperata</i> s'étend sur le tronc; apparition de <i>Pertusaria hemisphaerica</i> , <i>Usnea subfloridana</i> .	40
8	<i>Usnea ceratina</i> et <i>Parmelia perlata</i> apparaissent.	35
9	<i>Lobaria pulmonaria</i> ou <i>Usnea florida</i> présents; si ces espèces sont absentes, les lichens crustacés sont très développés avec généralement plus de 25 espèces sur des arbres bien illuminés.	30
10	<i>Lobaria scrobiculata</i> .	"pur"

Tableau n° 1

ECHELLE QUALITATIVE UTILISANT LES LICHENS EPIPHYTES
DES ARBRES A ECORCE NON EUTROPHISEE
(d'après DERUELLE et LALLEMANT, 1983)

Cependant, cette méthode nécessite, quand elle est utilisée hors de Grande-Bretagne, quelques correctifs car les modifications des facteurs climatiques entraînent des variations de la flore locale et par conséquent du comportement des lichens.

En outre, il faut pouvoir justifier la présence ou l'absence des espèces retenues dans l'échelle. Une espèce peut être présente ou absente pour d'autres raisons que la qualité de l'air (influence du substrat).

2 - La méthode phytosociologique

Il est vite apparu (ISERENTANT et DE SLOOVER, 1976 in VAN HALUWYN et LEROND, 1988) qu'une communauté végétale apporterait une indication plus précise sur les conditions ambiantes que les espèces considérées isolément.

Des travaux ont été effectués sur la variation de la composition floristique des groupements épiphytes selon l'intensité de la pollution atmosphérique (Nord/Pas-de-Calais par VAN HALUWYN, 1978, Normandie orientale par LEROND, 1981).

Ces travaux ont débouché sur l'élaboration de tableaux de végétation présentant une structure en escalier. Ces décrochements correspondent à des démantèlements progressifs du synsystème lichénique (VAN HALUWYN et LEROND, 1988) directement en relation avec l'intensité de la pollution.

Par cette méthode, le choix des espèces indicatrices correspond obligatoirement à la flore locale et au type de pollution ambiante. Il n'y a donc ni extrapolation de résultats, ni limite géographique.

b) Méthode quantitative

2 - La méthode de LEBLANC et DE SLOOVER

Cette méthode permet le calcul d'un indice de pollution à partir d'une formule mathématique faisant intervenir différents paramètres relatifs à la flore lichénique épiphyte observée :

$$I.A.P. = 1/10 \times \sum_{i=1}^n Q \times f$$

n = nombre d'espèces dans chaque station

f = coefficient de recouvrement et de fréquence de chaque espèce évalué de 1 à 5

Q = indice écologique de chaque espèce (moyenne du nombre d'espèces accompagnantes d'une espèce donnée)

B - Protocole opératoire choisi

a) Cartographie en réseau

Cette pratique permet des observations de terrain uniformément réparties dans l'espace. Nous avons utilisé le quadrillage U.T.M. des cartes au 1/50.000^{ème} de l'I.G.N. (Feuilles de Rochechouart et Oradour-sur-Glane).

Nous n'avons pas pu effectuer un relevé dans chaque maille, ceci en raison de la grande étendue de la région d'étude. De plus, nous avons eu beaucoup de difficulté à trouver dans chaque carré des arbres isolés correspondant aux conditions exposées ci-après.

b) Choix des stations

Pour effectuer des relevés "homogènes", nous avons évité les milieux forestiers (microclimats particuliers) en ne prenant en considération que des arbres isolés ou d'alignement, ou exceptionnellement en lisières forestières.

Les observations se font sur des troncs d'un diamètre supérieur à 20 centimètres (entre 0,50 et 1 m) et à 1 m au dessus du sol (jusqu'à environ 2 m).

c) Réalisation des relevés et élaboration des tableaux

Les relevés sont réalisés suivant la méthode phytosociologique classique (B. DE FOUCAULT, 1987), adaptée à l'étude des cryptogames (B. DE FOUCAULT et C. VAN HALUWYN, 1973) et ordonnés en tableaux :

- un tableau brut où sont rassemblés tous les relevés tels qu'ils se présentent, sans ordre particulier ou par ordre chronologique,
- un tableau de croissance, les relevés classés par ordre décroissant du nombre d'espèces par relevé à l'horizontale, et par ordre croissant de fréquence des espèces (nombre de relevés où l'espèce est présente par rapport au nombre total de

relevés) à la verticale,

- un tableau élaboré : dans le tableau de croissance, on cherche à rapprocher les espèces qui vont ensemble (c'est à dire celles qui sont simultanément présentes dans quelques relevés et absentes dans d'autres). On fait alors apparaître une structure en escalier.

Seul ce dernier est présenté dans notre étude.

La nomenclature utilisée pour les lichens est celle de LIKENOJ DE OKCIDENTA EUROPO de CLAUZADE et ROUX (1985). Celle des Bryophytes est de PIERROT (1982).

4 - Calcul de l'indice de poléotolérance

Adapté de la méthode de LEBLANC et DE SLOOVER, l'indice de poléotolérance est calculé de la façon suivante :

$$X = Cs \cdot Cf \cdot N$$

X = Indice de Poléotolérance

Cs = coefficient de pollution spécifique de l'espèce fixé selon l'échelle de HAWKSWORTH et ROSE que nous avons adapté en tenant compte d'autres travaux réalisés en France.

Cf = coefficient de présence : il permet d'intégrer la notion de vitalité de l'espèce.

N = nombre d'espèces par relevé; celui-ci permet de préciser l'appauvrissement lichénique en fonction d'une pollution croissante.

Ces indices permettent de classer en six groupes les relevés indiquant un appauvrissement lichénique progressif.

IV - RESULTATS

a) Tableau de végétation n°2 et schématisation (tableau n°3)

Dans ce tableau, nous avons regroupé les lichens par affinités phytosociologiques. Nous avons isolé :

* Dans un premier groupe, des lichens réputés les plus poléophobes et qui apparaissent très localisés dans nos relevés. Il s'agit de *Lobaria scrobiculata* et des thalles d'*Usnea*. Pour cette dernière espèce, soulignons que nous n'avons observé que des thalles de petite taille, d'environ un centimètre de longueur. Ceci correspond aux relevés 1 à 7, que l'on peut considérer comme des reliquats d'une alliance qui devait être plus abondante autrefois : *Usneion florido-ceratinae*, Barkman 1958.

* Un deuxième groupe est constitué par des lichens à affinité nitrophile. L'alliance phytosociologique rassemblant ces formations est celle du *Xanthorion parietinae* Ahsner, 1928 emend. Barkman, 1958 et plus précisément de l'association du *Ramalinetum fastigiatae* Duvigneaud, 1942.

Les espèces caractéristiques de ce groupement, *Ramalina fraxinea*, *Ramalina farinacea* et *Ramalina fastigiata*, sont associées à *Evernia prunastri*, l'une des espèces corticoles les plus banales.

Ces thalles fruticuleux sont accompagnés régulièrement d'autres espèces à thalle foliacé, *Parmelia acetabulum*, ou crustacé, *Caloplaca ferruginea*, présentant également des affinités nitrophiles et qui définissent une alliance voisine.

Si *Evernia prunastri* est observée dans une grande partie de nos relevés, on remarque cependant sa régression puis sa disparition vers la droite du tableau. Les autres espèces définissant ce groupement apparaissent plus localisées (relevés n° 8 à 33).

Nous remarquons que l'espèce la plus sensible, *Ramalina fraxinea* n'a été observée qu'une seule fois (relevé n° 8).

* Le troisième groupe est défini par les lichens à thalle foliacé correspondant essentiellement au genre *Parmelia*. La répartition de ce cortège apparaît assez homogène; seuls les six relevés de la droite du tableau montrent une forte régression.

Cet ensemble correspond à l'alliance du *Parmelion caperatae* (Barkman, 1958), Delzenne et Gehu 1977, qui apparaît typiquement au niveau des relevés n° 34 à 58 à l'état pur. Nous l'appellerons "*Parmelion caperatae* type".

* Dans le quatrième groupe enfin, plus ou moins imbriqué avec le précédent, apparaît une communauté de lichens crustacés correspondant à l'association du *Pertusarietum amarae* Hil. 1925 emend. Barkman 1958.

On constate, par une concurrence plus faible du fait de la réduction du nombre d'espèces, que les coefficients d'abondance des *Pertusaria* sont plus importants à ce niveau.

On remarque à l'extrême droite du tableau la localisation de *Lecanora conizaeoides* et de l'algue *Pleurococcus viridis*, corrélativement à la régression et même disparition des lichens précédemment énumérés.

Pour chaque relevé, nous avons calculé et mis en corrélation l'indice de poléotolérance précédemment défini. Les valeurs des indices sont placés à la base du tableau.

Dans une colonne à l'extrême droite du tableau, nous avons inscrit, pour chaque espèce, le nombre de relevés où elle est présente.

b) Cartographie de la pollution atmosphérique (voir carte)

Cette carte a été établie d'après les indices de poléotolérance.

Le mode de calcul de l'indice de poléotolérance permet d'avoir une large amplitude de valeurs allant de 5 à 756, ce qui permet de classer assez facilement les relevés.

Nous pouvons ainsi de différencier 6 zones selon la valeur des indices; à chacune d'elle est attribuée une couleur différente permettant de les repérer plus facilement sur la carte.

Indice de poléotolérance (X)

1ère zone	X > 600	bleu
2ème zone	600 > X > 500	vert
3ème zone	500 > X > 400	jaune
4ème zone	400 > X > 300	rose
5ème zone	300 > X > 150	orangé
6ème zone	X < 150	noir

En bas du tableau, nous avons signalé la couleur de la zone de poléotolérance à laquelle appartient chaque relevé.

1 - Zone bleue : Indice de poléotolérance supérieur à 600

Nous retrouvons ici 3 relevés correspondant à la "zone à Usnée" (relevés n° 1, 2 et 7) ainsi que les trois premiers relevés de la "zone des nitrophiles" (relevés n° 8, 9 et 10), avec en particulier le relevé n° 8 qui est la seule localisation de *Ramalina fraxinea*, espèce la moins tolérante des *Ramalina*.

On retrouve une localisation relativement en périphérie de notre zone d'étude.

2 - Zone verte : Indice compris entre 500 et 600

Sont retrouvés ici, le relevé n° 6 qui présente encore des thalles d'Usnée, mais aussi cinq relevés de la "zone des nitrophiles" et enfin le relevé n°34, correspondant à la "zone du *Parmelion caperatae* type".

La répartition de ces relevés semble se disposer de façon plus ou moins circulaire dans un rayon de 4 à 5 km de Saint-Junien.

3 - Zone jaune : Indice compris entre 400 et 500

Cette zone se superpose assez nettement à la "zone du *Ramalinetum fastigiatae*" puisque la moitié des relevés de cette communauté phytosociologique y sont inclus. On trouve également un relevé à *Usnea* et quatre relevés du "*Parmelion caperatae* type".

Nous constatons que ces relevés présentent une répartition assez disséminée, mais qu'ils peuvent se rapprocher assez près des zones urbanisées (à 2 km de Saint-Junien et à la limite Sud de Saillat).

4 - Zone rose : Indice compris entre 300 et 400

Sont regroupés ici seulement quatre relevés des "groupements à *Ramalina*" et huit relevés correspondant au "*Parmelion caperatae* type".

Ces relevés, par rapport aux zones précédentes, se localisent dans la vallée de la Vienne, particulièrement entre Saillat et Saint-Junien, et autour de Saint-Brice.

5 - Zone orange : Indice compris entre 150 et 300

Cette zone correspond dans le tableau phytosociologique à la moitié droite des relevés appartenant au "*Parmelion caperatae* type".

Son isolement semble se justifier pour plusieurs raisons :

- régression sensible d'*Evernia prunastri* dont les coefficients de présence ne dépassent pas 5% d'une part, et disparition de *Pertusaria albescens*, *Lecanora gpe subfusca* et *Lecanora atra* d'autre part.

- le nombre des lichens dans chaque relevé ne dépasse généralement pas six,

- la localisation de ces relevés se superpose un peu à la précédente avec une présence dans l'agglomération de St Junien.

6 - Zone noire : Indice inférieur ou égal à 150

Elle correspond à un appauvrissement des communautés lichéniques avec moins de 4 espèces par relevé. Un tel appauvrissement a été constaté dans trois carrés correspondant à Saint-Junien et un relevé situé au bord de la N 141, à l'Est de Saint-Victournien, de même que dans un autre carré situé à 2 km à l'Ouest de Saillat.

7 - Synthèse

Il n'est pas possible d'établir des courbes d'isopollution du fait des variations sans doute faibles de pollution atmosphérique, et d'autre part de l'influence de la topographie induisant des microclimats éventuellement plus favorables au développement des lichens.

Cette carte de synthèse montre une certaine orientation dans la disposition des carrés présentant des indices de poléotolérance similaires.

Si pour les indices > 500 les carrés apparaissent en ordre dispersé et relativement éloignés des zones urbanisées et industrialisées, on remarque une orientation Sud-Ouest / Nord-Est pour les carrés présentant des indices entre 400 et 500 (zone jaune) et une orientation Ouest / Est, c'est à dire suivant la vallée de la Vienne à ce niveau pour les pollutions supérieures (indice < 300 - zone orange ou noire).

Ceci montre l'influence des vents dominants Sud-Ouest et des brouillards qui peuvent s'accumuler dans la vallée (LAURENT, 1991).

Reprenant la méthode de HAKSWORTH et ROSE qui met en relation la présence d'un lichen avec le taux de SO₂ atmosphérique, et en comparant nos observations avec une étude faite précédemment sur l'agglomération de Limoges (HENRION-GIRAUD, 1984), nous pouvons dire que globalement nous nous situons dans la zone 7 correspondant à une pollution de 40 µg de SO₂ par m³.

Les six premiers relevés appartiennent à la zone 8 (35 µg de SO₂ par m³) et la partie extrême droite du tableau (relevés n° 59 à 64) correspond à une zone 4 (taux > 60 µg de SO₂ par m³).

V - CONCLUSION

De façon globale, on peut considérer que dans le secteur étudié, la pollution atmosphérique acide demeure assez faible, du fait de sources peu nombreuses, agglomération de St Junien et papeterie de Saillat, cette dernière rejetant jusqu'à présent une petite quantité d'anhydride sulfureux. D'autre part, ces effluents sont répartis et dilués grâce au caractère de vallée largement ouverte.

Toutefois, le doublement de l'activité de l'usine de Saillat accompagné d'une modification dans le traitement des rejets risquent d'entraîner une forte augmentation de l'émission d'anhydride sulfureux.

La présente étude peut donc constituer un état presque initial dans l'estimation de la qualité de l'air. Il conviendrait d'en effectuer le suivi pour en observer l'évolution.

BIBLIOGRAPHIE

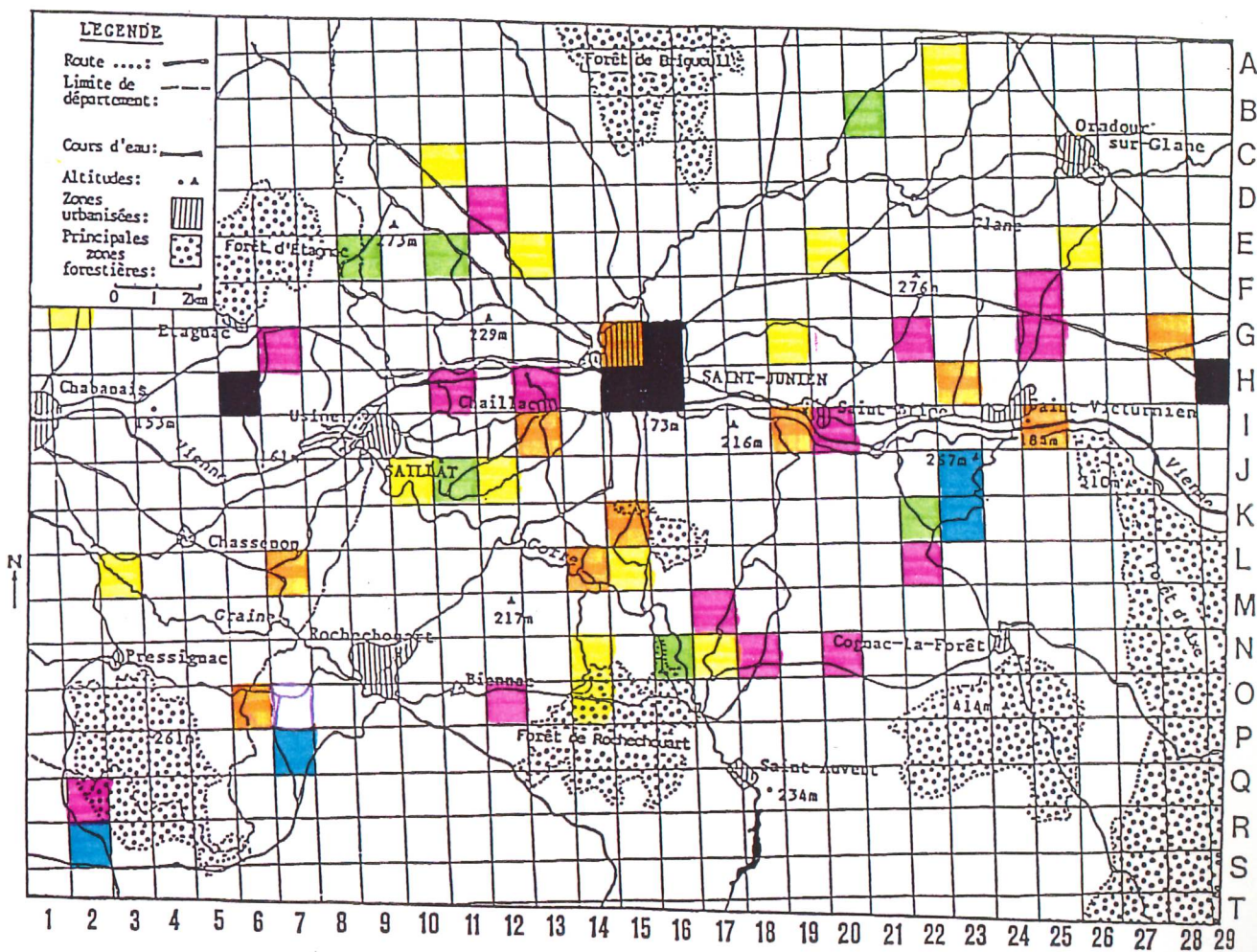
- BARKMAN, J.J., 1958. - Phytosociology and ecology of cryptogamic epiphytes. Including a taxonomy survey and description of their vegetation units in Europe. - Assen, Netherlands, 628p.
- CLAUZADE, G. ROUX, C., 1985. - Likenoj de okcidenta europo : ilustrita determin libro. *Bull. Soc. Bot. Centre-Ouest*, Royan, 833p.
- DELZENNE - VAN HALUWYN, C., 1973. - Contribution à l'étude de la distribution des lichens épiphytes dans le Nord de la France. Application au problème de la pollution atmosphérique. Thèse Doct. Etat Pharm., Univ. Lille II, 162p.
- DELZENNE, C., GEHU, J.M., 1978. - Sur deux associations épiphytiques du *Parmelion caperatae* des plaines et collines françaises. *Documents Phytosociologiques*, Lille, N.S., II, 117-126.
- DERUELLE, S., 1983. - Ecologie des lichens du Bassin Parisien. Impact de la pollution atmosphérique (engrais, SO₂, Pb) et relations avec les facteurs climatiques. Thèse Doct. Etat ès Sciences Nat., Univ. Paris VI, 360p.
- DERUELLE, S., 1978. - Les lichens et la pollution atmosphérique. *Bull. Ecol.*, 9, 2, 87-128.
- DERUELLE, S., LALLEMANT, R., 1983. - Les lichens témoins de la pollution. Vuibert éd., Paris, 108p.
- FOUCAULT, B. de, VAN HALUWYN, C., 1980. - Séminaire de phytosociologie cryptogamique. *Documents Phytosociologiques*, Lille, N.S., V, 503-521.
- FOUCAULT, B. de, 1987. - Petit manuel d'initiation à la phytosociologie sigmatiste. CRDP Amiens, 51p.
- HENRION-GIRAUD, M., 1984. - Estimation de la pollution atmosphérique dans l'agglomération de Limoges par l'étude des lichens corticoles. Thèse pour le Diplôme d'Etat de Docteur en Pharmacie, Univ. Limoges, 149p.
- LAMY DE LA CHAPELLE, E., 1880. - Catalogue des lichens du Mont-Dore et de la Haute-Vienne. *Bull. Soc. Bot. de France*, Paris, 200p.
- LAURENT, M., 1991. - Intérêt de l'étude des lichens comme bioindicateurs (pollution atmosphérique acide - métaux lourds). Application à la région de Saillat et Saint-Junien (Haute-Vienne et Charente). Thèse pour le Diplôme d'Etat de Docteur en Pharmacie. Univ. Limoges, 152p.
- LEROND, M., 1980. - Lichénogéographie de la Basse Seine (Application à la cartographie de la pollution atmosphérique). *Actes du Muséum de Rouen*, 35-69.
- LEROND, M., 1981. - Les lichens épiphytes en Normandie orientale : distribution, sociologie et application à la cartographie de la pollution atmosphérique. *Actes du Muséum de Rouen*, 299p.

- PIERROT, R.B., 1982. - Les Bryophytes du Centre-Ouest : classification, détermination et répartition. *Bull. Soc. Bot. Centre-Ouest*, Royan, 123p.
- VAN HALUWYN, C., LEROND, M., 1987. - La lichénosociologie dans l'évaluation de la qualité du milieu. *Colloques phytosociologiques : phytosociologie et conservation de la nature*, XV, Strasbourg, 234-250.
- VAN HALUWYN, C., LEROND, M., 1988. - Lichénosociologie et qualité de l'air : protocole opératoire et limites. *Cryptogamie, Bryol., Lichénol.*, 9 (4), 313-336.
-

Número des relevés	1	2	3	4	5	6	7	8	...	33	34	...	58	59	60	61	62	63	64	
Lobaria scrobiculata Usnea sp.	<i>Usneion florido-ceratinae</i>																			
Physcia tenella Candelaria vitellina Caloplaca ferruginea Parmelia tiliacea Physcia elaeina Xanthoria parietina Anaptychia ciliaris Parmelia acetabulum Ranalina fraxinea Ranalina farinacea Ranalina fastigiata Evernia prunastri	<i>Xanthorion parietinae</i>																			
Cladonia cf. coniocraea Parmelia borrieri Parmelia subaurifera Hypogyania tubulosa Hypogyania physodes Parmelia sulcata Parmelia fuliginosa Parmelia saxatilis Parmelia perlata Parmelia caperata	<i>Parmelion caperatae</i>								<i>Parmelion caperatae</i> type											
Pertusaria flavida Lecanora atra Lecanora ssp. sulfusca Pertusaria albescens Lecidea parasena var. elaeochrona Pertusaria pertusa Phlyctis argena Pertusaria anara Lepraria aeruginosa Lepraria candelaris	<i>Pertusarietum amarae</i>																			
Lecanora conizaoides (Pleurococcus viridis)																			groupement 1 <i>Lecanora conizaoides</i> et <i>Pleurococcus viridis</i>	
Coef. de Poldotolérance	756																			0

Tableau n° 3

SCHEMATISATION DU TABLEAU DE VEGETATION



Indice de
poléotolérance (X)

1 ^{ère} zone	$X \geq 600$	
2 ^{ème} zone	$600 > X \geq 500$	
3 ^{ème} zone	$500 \geq X \geq 400$	
4 ^{ème} zone	$400 \geq X \geq 300$	
5 ^{ème} zone	$300 \geq X > 150$	
6 ^{ème} zone	$X \leq 150$	

Cartographie des zones de pollution atmosphérique

INSTRUCTIONS AUX AUTEURS

Les articles destinés aux *Annales Scientifiques du Limousin* seront publiés en français ou en anglais. Ils seront adressés en double exemplaire à la Rédaction, Facultés de Médecine et de Pharmacie, 2, Rue du Dr.-Raymond-Marcland, 87025 - Limoges cédex. L'acceptation définitive ne sera réalisée qu'après l'approbation de ces articles par deux lecteurs choisis de manière anonyme parmi les Membres du Comité de Lecture.

La longueur de chaque article sera de 10 pages, y compris les illustrations et les tableaux. Le coût des pages supplémentaires sera facturé aux auteurs.

Présentation du texte : Le texte sera dactylographié en utilisant une machine à écrire électrique ou une imprimante double densité. La dactylographie du texte portera sur la page entière sans marges ; le texte subira en effet une réduction de 40 % lors de l'impression (par offset).

Un espace de 5 cm sera laissé en haut de la première page afin que la Rédaction puisse mettre les références de l'article. Le titre de l'article sera dactylographié en majuscules (sauf pour les noms latins qui seront en minuscules). Le nom de chaque auteur sera suivi de son prénom en abrégé et de son adresse professionnelle (ou à la rigueur de son adresse privée).

Le résumé anglais comportera à son début le titre traduit en bon anglais. Des mots clés ("key words") seront placés à la fin du résumé anglais.

Il est recommandé d'espacer les lignes du texte de 1,5 interligne. Par contre, il n'y aura qu'une interligne entre deux lignes successives pour les résumés, les légendes des figures et des tableaux.

Figures et tableaux : Les figures seront numérotées successivement avec des chiffres arabes et auront chacune une légende descriptive. Les tableaux seront numérotés de même avec des chiffres romains et seront pourvus chacun d'un titre. Les figures et les tableaux seront mis en place dans le texte par les auteurs eux-mêmes. Ils devront pouvoir subir une réduction de 20 % et conserver leur lisibilité : la hauteur des lettres et des chiffres ne devrait pas être inférieure à 1,5 mm après réduction.

Photographies : Les photographies en noir et blanc seront les plus nettes possibles, sur papier brillant et normalement contrastées. Elles seront mises en place dans le texte par les auteurs et devront comporter une légende. Les photographies en couleur ne seront pas acceptées.

Références bibliographiques : Les noms des auteurs seront mentionnés dans le texte avec l'année de publication entre parenthèses. Les références seront classées par ordre alphabétique à la fin du texte selon les exemples suivants :

CHAUDONNERET, J., 1978. - La phylogénèse du système nerveux annélido-arthropodien. *Bull. Soc. Zool Fr.*, 103, 69-95.

PATT, D.I., PATT, G.R., 1968. - Comparative vertebrate histology. Harper and Row éd., New-York, 438 p.

Les références seront dactylographiées avec un espace de 1,5 interligne entre deux références successives. L'espace sera de 1 interligne entre deux lignes successives pour la même référence.

Epreuves et tirés-à-part : Les auteurs ne recevront pas d'épreuves pour la correction. Les *Annales* n'assurent pas un nombre de tirés-à-part gratuit.