

M697  
8.9.88.



**ANNALES  
SCIENTIFIQUES  
DU LIMOUSIN**

PUBLIÉES PAR

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

**Tome 4**

**1988  
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 : Mr. le Professeur A. GHESTEM,  
Président de l'A.U.L.E.P.E.,  
Mr. D. RONDELAUD,  
Faculté de Médecine et de Pharmacie,  
2, Rue du Docteur Raymond-Marcland,  
87025 - Limoges Cedex.

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 : Mr. le Président de l'A.U.L.E.P.E.,

Sécretaire de Rédaction et Gérant du volume : Mr. D. RONDELAUD,

Imprimé à LIMOGES.  
Faculté de Médecine et de Pharmacie,  
87025 - LIMOGES CEDEX.

Dépôt légal : 3<sup>e</sup> trimestre 1988.



# **ANNALES SCIENTIFIQUES DU LIMOUSIN**

**PUBLIÉES PAR**

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

**(AULEPE)**

**Tome 4**

**1988**

**LIMOGES**

**N° ISSN: 0765-0477**

## SOMMAIRE

Avant-propos . . . . .	1
Circulation des eaux en milieu fissuré. Exemple du granite de Saint-Sylvestre (Limousin, Massif Central français). Par M. CHALIER et G. SABOURDY . . . . .	3
Projet d'utilisation d'une ancienne mine à ciel ouvert d'uranium comme réservoir d'eau potable. Exemple de la carrière de Chanteloube (COGEMA, Division de la Crouzille, Limousin, Massif Central français). Réflexions sur l'hydrogéologie des milieux fissurés. Par M. CHALIER. . . . .	13
Les effectifs du Mollusque prédateur, <i>Zonitoides nitidus</i> Müller, dans le département de la Haute-Vienne. A propos de quelques observations. Par B. DIDIER et D. RONDELAUD . . . . .	25
Le contrôle mixte et alterné de <i>Lymnaea truncatula</i> Müller. A propos de quelques observations sur la dynamique des autres Pulmonés aquatiques dans les habitats à malacofaune polypécifique. . . . .	35
Le site du Longeroux (Corrèze) : premiers documents phytosociologiques (bas marais tourbeux, tourbière active et landes tourbeuses). Par A. CHESTEM, M. BOTINEAU, C. DESCUBES-GOUILLY et A. VILKS. . . . .	43

## CONTENTS

Introduction . . . . .	1
Circulation of waters in fractured environment. Example of granite of Saint-Sylvestre (Limousin, french Massif Central). By M. CHALIER and G. SABOURDY . . . . .	3
Plan for the use of an old opencast mine of uranium as a drinking water reservoir. Example of the quarry of Chanteloube (COGEMA, Division of the Crouzille, french Massif Central). Reflexions about the hydrogeology of fissured environments. By M. CHALIER . . . . .	13
The effectives of the predatory mollusc, <i>Zonitoides nitidus</i> Müller, in the department of Haute-Vienne, France. About some observations. By B. DIDIER and D. RONDELAUD. . . . .	25
The combinate and alternate control of <i>Lymnaea truncatula</i> Müller. About some consequences on the dynamics of other aquatic pulmonate snails in the habitats with a polyspecific malacofauna. By D. RONDELAUD. . . . .	35
The site of the "Longéroux" (Corrèze) : first phytosociological studies (low peaty marshes, active peat-bog and peaty heathes). By A. CHESTEM, M. BOTINEAU, C. DESCUBES-GOUILLY and A. VILKS. . . . .	43

## 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.

CIRCULATION DES EAUX EN MILIEU FISSURE.  
EXEMPLE DU GRANITE DE SAINT-SYLVESTRE  
(LIMOUSIN, MASSIF CENTRAL FRANCAIS).

CHALIER M. et SABOURDY G.

Laboratoire de Géologie Régionale et Appliquée.

Faculté des Sciences, 123 rue Albert Thomas, 87060 - LIMOGES CEDEX.

RESUME. - L'eau s'infiltré dans le granite de St Sylvestre par l'intermédiaire des diaclases et le drainage du massif est assuré par les filons de lamprophyre et microgranite. La plupart des sources leur sont liées. Les failles se comportent essentiellement comme des barrages, susceptibles de créer des ressources exploitables. Enfin, nous proposons, à partir de l'interprétation des débits d'exhaure de mine, une valeur d'environ 100 mm pour l'infiltration, arène comprise.

MOTS CLES : Hydrogéologie - Granite - Lamprophyre - Microgranite - Faille - Diaclase - Exhaure - Infiltration.

SUMMARY. - CIRCULATION OF WATERS IN FRACTURED ENVIRONMENT, EXAMPLE OF GRANITE OF SAINT-SYLVESTRE (LIMOUSIN, FRENCH MASSIF CENTRAL).

The water percolates the granite of St Sylvestre into the joints and the collection of water is made by the dykes of lamprophyre and microgranite, most of springs are related to. The faults behave essentially as barrages, able to create exploitable resources. As last, we suggest, from the interpretation of the debits in unwatering mine, approximative values of 100 mm, of the infiltration, sand included.

KEY WORDS : Hydrogeology - Granite - Lamprophyre - Microgranite - Fault - Joint - Unwatering - Infiltration.

INTRODUCTION

Cette étude s'inscrit dans le cadre des recherches effectuées depuis 1984 par le laboratoire régional de l'équipement de Clermont Ferrand sur le granite de Saint Sylvestre. Sous la direction de M. LIVET, une prospection hydrogéologique du secteur RAZES-BESSINES a été entreprise, l'orientation adoptée étant celle de l'exploitation de la ressource profonde afin de s'affranchir des problèmes de pollution et de tarissement de l'arène. Trois séries de forages ont été effectuées sur des sites préalablement reconnus en photos aériennes et géophysique. L'hypothèse retenue pour leur implantation a été la suivante : les massifs granitiques sains mais fissurés sont le siège d'écoulements favorables qui buttent contre le système faillé qui joue le rôle de barrage. L'exploitation de la ressource se fait au contact fissure-faille en recherchant à se situer plus dans le compartiment sain que dans la faille. L'aménagement du site de Lavaud-Jaloulaud a constitué une première confirmation de cette hypothèse, puisque sur trois forages, deux donneront en régime permanent 10 m<sup>3</sup>/h et 17 m<sup>3</sup>/h, pour des profondeurs de, respectivement, 70 et

30 mètres (LIVET, 1986). L'équipement des sites de Grammont-Lavaud et Chanteloube devait par contre souligner la complexité du problème quand les niveaux de fracturation sont particulièrement denses et entrecroisés, avec pour des forages d'environ 80 mètres de profondeur, des débits d'exhaure de 3 à 8 m<sup>3</sup>/h (LIVET, 1986).

Si les recherches effectuées ont permis d'avancer quelques hypothèses, elles ont surtout mis en évidence de nombreux problèmes, et la difficulté de réaliser dans le contexte lithostructural du leucogranite de Saint-Sylvestre, des forages profonds économiquement intéressants.

Suite à ces travaux, nous avons élaboré un programme ayant pour but de préciser la circulation des eaux dans le massif (CHALIER, 1987). Mené sur la division minière COGEMA de la Crouzille, nous l'avons orienté autour de trois axes.

- Premièrement, la confrontation de la position des captages à la structure géologique du massif.
- Deuxièmement, l'analyse des relations "venues d'eau - structures" sur l'ensemble des sites miniers. Elle s'est appuyée sur une enquête auprès des mineurs, échantillonneurs, prospecteurs et géologues, et sur des visites en mine.
- Troisièmement, la quantification des débits d'exhaure de mine et leur interprétation en vue d'évaluer les potentialités hydrogéologiques du massif.

## 1 - ANALYSE DES RELATIONS ENTRE LA LOCALISATION DES CAPTAGES ET LA STRUCTURE GÉOLOGIQUE DU MASSIF.

### 1.1. Cadre géologique

Le granite à deux micas de St Sylvestre recouvre la partie Ouest des Monts d'Ambazac, il se présente comme un faciès clair à grain variable, moyen à grossier, avec des pointements de granite à grain fin (voir FRIEDRICH, 1984, MOLLIER, 1984).

Il est recoupé par environ 70 filons de lamprophyre et microgranite de directions NNE à NE et de pendages NW de 35 à 70°. Ils peuvent changer de pendage, s'anastomoser, se relayer aussi bien dans le plan vertical que dans le plan horizontal (LEROY, 1978). Les lamprophyres ont des puissances variant de 1 à 10 m avec une majorité de filons entre 2 et 5 m, les microgranites varient de 5 à 30 m (CHALIER, 1986).

Du point de vue tectonique, trois directions prédominent, E - W et NW - SE porteuses de la minéralisation et N - S à NNE - SSW qui correspond aux grandes failles argileuses d'importance régionale.

### 1.2. Relations entre la localisation des captages et la structure géologique du massif.

Sur une carte structurale précise, obtenue à partir de données COGEMA et d'observations personnelles, nous avons reporté la position des 23 captages (fig.1). Pour la plupart d'entre eux, il s'agit de captages de sources par drains.

- 20 captages tombent sur le réseau filonien, avec 5 sur les microgranites et 15 sur les lamprophyres. Parmi ceux-ci, deux sont situés à l'intersection d'un plan et d'une faille argileuse.

- 2 captages sont localisés au contact d'une faille argileuse N-S.

- 1 captage n'apparaît pas directement relié à une structure, cependant, il

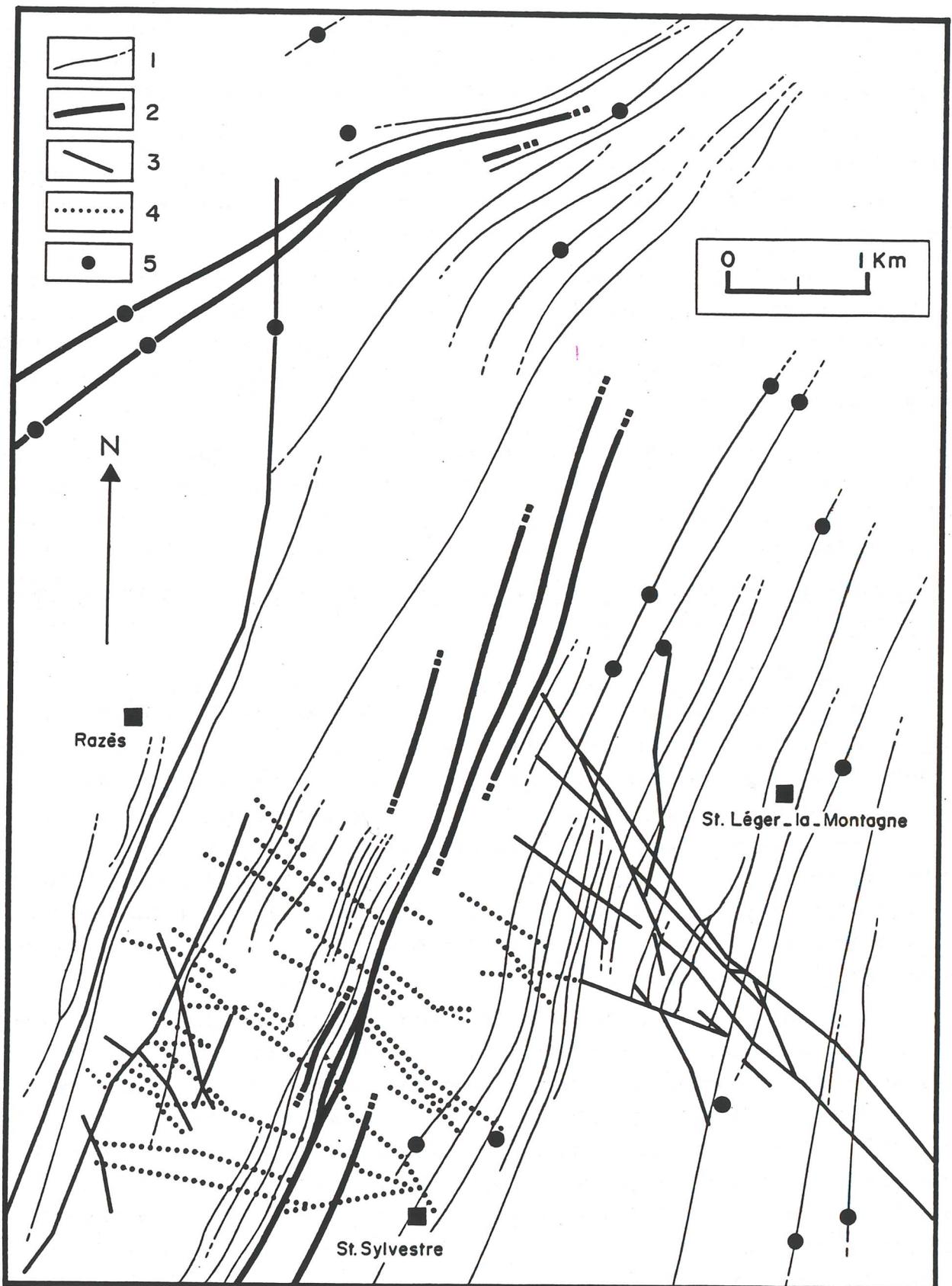


FIGURE 1 - RELATION ENTRE LA LOCALISATION DES CAPTAGES ET LA STRUCTURE GEOLOGIQUE DU MASSIF.  
 1. lamprophyres - 2. microgranites - 3. failles - 4. failles minéralisées - 5. captages.

91 % des captages apparaissent donc raccordés aux lamprophyres et microgranites. A ce stade-là, plusieurs questions peuvent se poser. Ces sources sont-elles liées à une simple différence de degré d'altération entre le filon et son encaissant, ou bien les filons ont-ils réellement un rôle dans la circulation des eaux ?

On peut très bien envisager, en effet, que ces sources apparaissent de la même manière que les sources d'arène au contact altération-roche saine, les filons de lamprophyre s'altérant très facilement et ce sur de grandes profondeurs (une conséquence étant qu'ils n'affleurent généralement pas).

Signalons qu'il existe sur le secteur de nombreuses sources d'arène aux possibilités très réduites, l'arène ayant souvent de faibles épaisseurs. La notice de la carte géologique d'Ambazac (1:50 000) précise que sur les Monts d'Ambazac les affleurements de roche cohérente saine ou peu altérée sont plus fréquents que les arènes.

Si les filons jouent un rôle dans la circulation des eaux, il faudra déterminer s'ils se comportent comme des drains ou comme des barrages. Peut-on appliquer enfin, la théorie des failles barrages aux captages situés au contact de failles N - S argileuses ?

## 2 - ANALYSE DES RELATIONS VENUES D'EAU - STRUCTURES SUR LES SITES MINIERS DE LA DIVISION DE LA CROUZILLE.

### 2.1. L'enquête

Dès que nous avons commencé notre enquête auprès du personnel de la COGEMA, la première réflexion que l'on nous a faite était : "Chez nous, il n'y a pas d'eau". Cette réponse émane de gens qui, pour la plupart, ont déjà eu à travailler dans le sédimentaire ; pour eux, arrivés dans le granite, il n'y a pas d'eau. En réalité, cela signifie qu'il n'existe pas de nappe, comme on l'entend en domaine sédimentaire et donc pas de niveaux inondés correspondants à la traversée d'une couche aquifère. D'autre part, cette affirmation est formellement démentie par l'observation des débits d'exhaure, le granite laisse s'infiltrer certaines quantités d'eau, comment ?

En poussant plus loin nos entretiens plusieurs faits ont été dégagés :

- On peut avoir des venues d'eau importantes au contact de grandes failles argileuses. Sur le siège de Margnac, au L401, la galerie a recoupé perpendiculairement la faille Noémie, faille argileuse de plusieurs mètres de puissance orientée NNE - SSW ; les sondages de reconnaissance de 100 m de long réalisés de part et d'autre de la galerie parallèlement à la faille ont été artésiens et durant 6 mois la pression était suffisante pour que le jet atteigne le parement d'en face (BAUDRY, communication orale). Encore aujourd'hui, cette zone est particulièrement humide. Toujours sur Margnac, au L450, au contact de la faille Norma, mêmes caractéristiques que Néomie, durant 10 ans, on a pu observer une venue d'eau relativement importante (BAUDRY, communication orale).

- L'éponte des filons de lamprophyre est presque systématiquement le siège de faibles écoulements.

- Aucune venue d'eau importante n'a été remarquée au travers de failles. Des failles ouvertes, aquifères, avec des débits notables, n'ont jamais été recoupées.

- Près de la surface, jusqu'à 20 m, on peut avoir des venues plus ou moins faibles.

Cette enquête permet d'étayer l'hypothèse que les grandes failles argileuses peuvent jouer un rôle de barrage. Elle indique que les lamprophyres ont un rôle effectif dans la circulation des eaux. Elle exclut un drainage du massif par l'intermédiaire des failles. Enfin, elle confirme que la nappe d'arène possède des possibilités réduites.

## 2.2. Visite en mines

Il est frappant, lorsqu'on se déplace dans les galeries, de constater que le granite est un milieu relativement sec. Les venues d'eau importantes sont exceptionnelles. (A cet égard, étant donné la superficie explorée, cela conduit à se poser des questions quant à la possibilité de réussite d'un forage de recherche d'eau).

Afin que nos observations soient valables, il a été nécessaire de les réaliser dans des galeries au-dessus desquelles n'existait pas de travaux miniers. Une étude menée sur le siège de Bellezane a permis d'établir les faits suivants :

- L'eau s'infiltré dans le granite par l'intermédiaire du réseau de diaclases. Plus le granite est diaclasé, plus il est humide. En mine, cela se traduit par des trous de sondages de reconnaissance secs, remplis d'eau, ou artésiens suivant le nombre de fractures recoupées.

- Les failles argileuses, minéralisées ou non, sont sèches. Elles ne drainent pas l'eau, elles jouent un rôle de barrage. Ainsi on peut noter de faibles venues d'eau à l'intersection : zone très diaclasée - faille argileuse ; faille non argileuse - faille argileuse. En ce qui concerne ces failles non argileuses, elles sont très rares, voire inexistantes, il faudrait plutôt parler de failles plus ou moins argileuses. On atteint ici la notion de limite faille drainante - faille barrage. Une faille n'est drainante que dans la mesure où elle n'est pas entièrement argilisée. Les accidents majeurs le sont totalement, ils ne drainent pas. Par contre, il existe des zones moins argilisées correspondant aux petites failles qui peuvent drainer de faibles quantités d'eau. La limite faille drainante - faille barrage peut être considérée pour une bonne part comme la limite diaclase - faille.

- Les lamprophyres et les microgranites drainent d'importantes quantités d'eau et ce, suivant trois processus :

+ l'éponte, grâce à une zone broyée, draine souvent de faibles quantités d'eau ;

+ l'intersection d'une faille et d'un filon est une zone particulièrement favorable, la bréchification du filon entraînant toujours des venues d'eau plus ou moins importantes ;

+ au sein de gros filons, il existe des zones particulièrement diaclasées susceptibles de donner des débits de plusieurs  $m^3/h$  (microgranite de Belle-

### 2.3. Conclusions

L'eau s'infiltré par l'intermédiaire des diaclases. Les failles se comportent comme des barrages vis-à-vis de l'écoulement et non comme des drains. Le drainage est effectué par les filons de lamprophyre et microgranite. L'intersection d'un filon avec une faille apparaît comme une zone hydrogéologiquement favorable.

## 3 - UTILISATION DES DÉBITS D'EXHAURE DE MINE POUR QUANTIFIER L'INFILTRATION.

### 3.1. Introduction

Les débits d'exhaure de mine sont généralement liés à la pluviométrie ; cette bonne corrélation peut être perturbée par l'extension de la mine en activité.

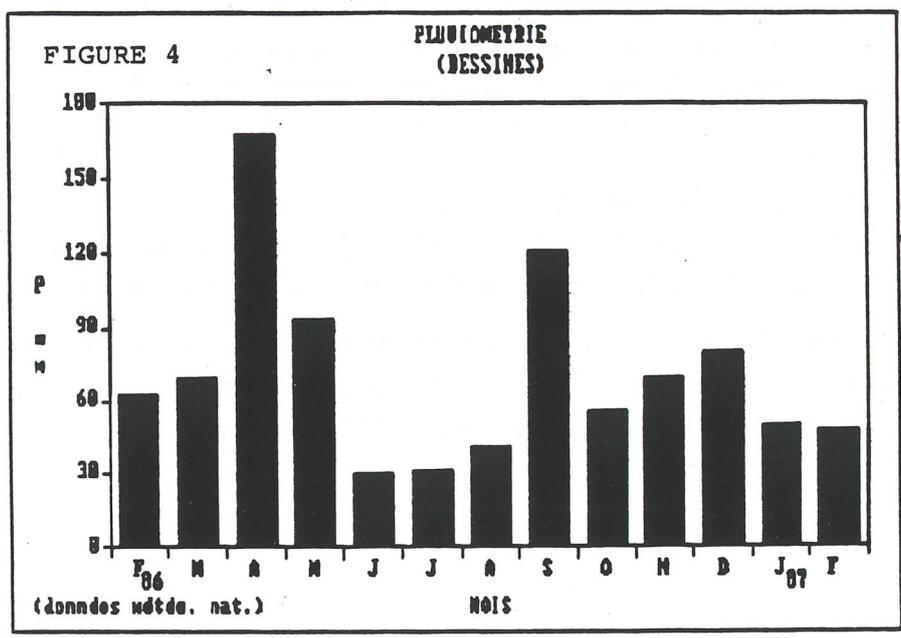
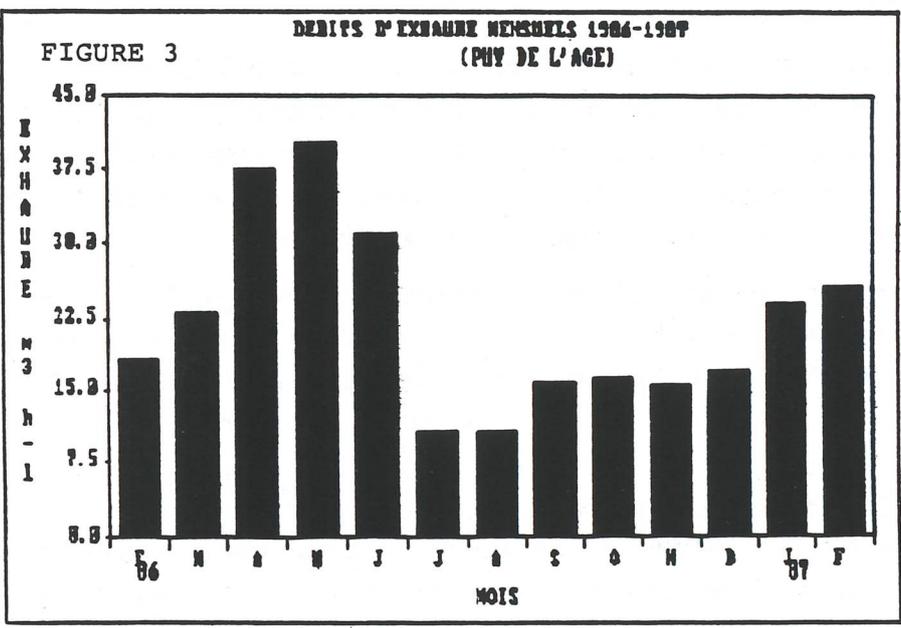
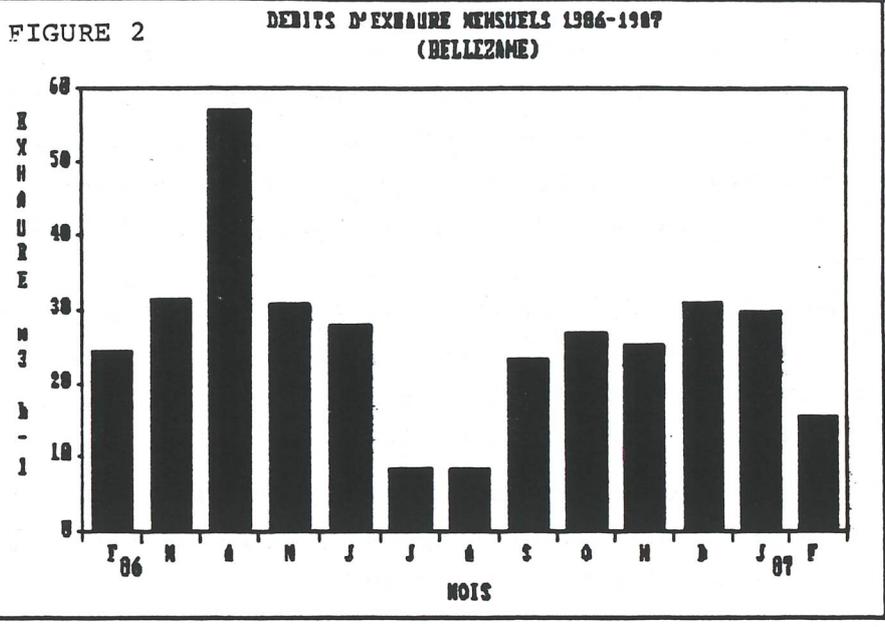
Avant tout calcul, il faut préciser quelle est la signification des débits d'exhaure. Dans l'eau pompée, est comptabilisée d'une part l'eau provenant de l'infiltration, d'autre part, l'eau nécessaire au fonctionnement de la mine. Cette eau est fournie par le recyclage de l'exhaure. Il faut y ajouter l'eau provenant directement de la surface (descenderie, divers tuyaux...).

L'observation des débits d'exhaure mensuels montre qu'ils sont liés au régime des précipitations. On distingue une période de forts débits (janvier, février, mars, avril), une période d'étiage (juillet, août) et une période intermédiaire (septembre, octobre, novembre, décembre). Si on développe le raisonnement sur les sites de Bellezane et Puy de l'Age (figures 2, 3, 4), on note sur Bellezane, une bonne corrélation entre la pluviométrie et les débits d'exhaure excepté aux mois de juin et septembre. En juin, avec une pluviométrie de 30,4 mm, les débits sont de 28,8 m<sup>3</sup>/h, alors qu'en septembre avec 121,5 mm de précipitation, l'exhaure est de 24,2 m<sup>3</sup>/h. Ceci peut s'interpréter en terme de bilan hydrique. Début juin, nous sommes excédentaires, le déficit n'apparaît qu'à la fin du mois, l'infiltration n'est que partiellement affectée, elle représente pour partie une vidange de l'arène. Par contre, en septembre, les premières pluies rechargent le système ce qui explique la faible valeur de l'infiltration. Sur Puy de l'Age, la corrélation existe mais elle est moins bonne. Ainsi, outre ce que nous avons décrit précédemment, l'exhaure le plus important, en mai, ne correspond pas aux précipitations les plus fortes, qui se situent en avril. Ceci est dû soit au fonctionnement de la mine, ce qui est peu probable, étant donné les quantités d'eau impliquées, soit à des phénomènes plus complexes que nous aborderons plus loin.

La corrélation débit d'exhaure - précipitation, montre que l'exhaure reflète les quantités d'eau qui s'infiltrèrent dans le massif. On peut donc envisager de quantifier l'infiltration à partir de ces débits.

### 3.2. Quantification de l'infiltration

Il faut garder à l'esprit que le réseau de galeries constituant la mine augmente la perméabilité du massif et par conséquent peut favoriser les conditions d'infiltration.



### a. Cas de Bellezane

Partant de l'exhaure brut, il nous a fallu retirer l'eau de fonctionnement de la mine. Il faut connaître les longueurs forées, les types de machine utilisés, leur débit à la minute, et leur vitesse de foration ; tenir compte des quantités d'eau consommées pour le lavage et de celles provenant de la surface.

- L'exhaure brut annuel sur Bellezane est de 250 000 m<sup>3</sup>, soit 28,5 m<sup>3</sup>/h en moyenne.

- L'exhaure corrigé, correspondant aux quantités d'eau qui s'infiltrerent est de 220 000 m<sup>3</sup>, soit 25 m<sup>3</sup>/h en moyenne.

- Le bassin versant de la mine est d'environ 2 km<sup>2</sup>.

- L'infiltration est donc de 110 m<sup>-2</sup> an<sup>-1</sup>.

C'est une valeur forte mais pas absurde si on remarque que l'on comptabilise, au moins en partie, l'eau de l'arène (la mise en place de la mine a asséché la plupart des puits existants auparavant.)

### b. Cas de Puy de l'Age

- L'exhaure brut annuel est de 210 000 m<sup>3</sup>, soit 24 m<sup>3</sup>/h en moyenne.

- Une fois corrigé, on obtient 190 000 m<sup>3</sup>, soit 22 m<sup>3</sup>/h en moyenne.

- Le bassin versant est de 76 ha. Pour une mine 2,6 fois plus petite que Bellezane, on obtient des débits d'exhaure du même ordre de grandeur.

- L'infiltration obtenue est de 250 mm.

C'est une valeur énorme, absolument incompatible avec un terrain granitique. Pourtant, elle témoigne d'une réalité, toutes les personnes interrogées ayant travaillé au Puy de l'Age, ont confirmé qu'il s'agissait d'une mine très humide. Aujourd'hui fermée, nous n'avons pu la visiter.

Ce chiffre de 250 mm signifie qu'il y a apport d'eau, il ne reflète pas uniquement l'infiltration. Le bassin hydrogéologique ne correspond pas seulement au bassin topographique : des structures drainent l'eau. Etant donné le contexte géologique du Puy de l'Age et le nombre des filons de lamprophyres qui s'y trouvent, nous pensons que l'eau est amenée par ceux-ci ; si l'on se reporte au paragraphe précédent, le décalage qui existait entre la pluviométrie et l'exhaure provient sans doute de leur apport.

### 3.3. Conclusions

Cette étude met en évidence :

- l'existence de potentialités hydrogéologiques dans le granite ;
- l'existence de zones hydrogéologiquement favorables.

Etudier la petite mine de Puy de l'Age a permis de dégager des hétérogénéités qui, à plus grande échelle, pourraient disparaître. Ainsi, sur Bellezane, il s'infiltrer 25 m<sup>3</sup>/h en moyenne, mais au sein de la mine, il existe une venue d'eau ponctuelle d'environ 5 m<sup>3</sup>/h (cf. § 2.2.).

#### 4. CONCLUSIONS

Cette étude montre qu'il existe des potentialités hydrogéologiques au sein du leucogranite de Saint Sylvestre. Nous pouvons admettre une valeur d'environ 100 mm pour l'infiltration, arène comprise.

L'écoulement au sein du granite se fait par l'intermédiaire des diaclases. Il peut être repris par les filons de lamprophyre ou <sup>de</sup> microgranite qui jouent le rôle de drains, ce sont les seules structures susceptibles de provoquer de grosses venues d'eau. Les failles se comportent essentiellement comme des barrages, en particulier les grosses structures argileuses N-S ou NNE-SSW à l'éponte desquelles il peut s'accumuler d'importantes quantités d'eau. Ce phénomène semble surtout important dans la zone où les filons sont rares (Magnac).

Les zones hydrogéologiquement les plus intéressantes sont à l'intersection des gros filons avec des failles. Si d'autres forages sur le secteur Razès-Bessines sont envisagés, c'est dans ce contexte qu'il faudra porter ses efforts.

#### BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE

- CHALIER M., 1986 - Les lamprophyres de granite de Saint Sylvestre (Division de La Crouzille, Haute Vienne)  
*DEA, Fac. Sci. Univ. Clermont II, 59 p.*
- CHALIER M. et SABOURDY G., 1987 - Les lamprophyres du granite hyperalumineux de Saint Sylvestre (Limousin, Massif Central français). Caractères pétrologiques et origine.  
*C.R. Acad. Sci. Paris, t. 305, série II, p. 99-104.*
- CHALIER M., 1987 - Potentialités hydrogéologiques du massif de Saint Sylvestre (Limousin, France).  
*DES, Fac. Sci. Univ. Limoges, 43 p.*
- FRIEDRICH M., 1984 - Le complexe granitique hyperalumineux de Saint Sylvestre, Nord-Ouest du Massif Central français.  
*Géol. Géochim. Uranium, Mém. Nancy, 5, 361 p.*
- LEROY J., 1978 - Métallogénie des gisements d'uranium de la division de La Crouzille.  
*Sc. Terre, Mém. Nancy, XXXVI, 271 p.*
- LIVET M., 1986 - Essais de pompage à Lavaud-Jaloulaud.  
*Lab. Rég. Equip. Clermont Fd, Dossier n° 87/85/0133.*
- LIVET M., 1986 - Reconnaissances géologiques et géophysiques du secteur de Grammont, Lavaud et Chanteloube.  
*Lab. Rég. Equip. Clermont Fd, Dossier n° 87/86/0301.*
- LIVET M., 1986 - Suivi des forages AEP et essais de pompage à Chanteloube.  
*Lab. Rég. Equip. Clermont Fd, Dossier n° 87/86/301.*
- MOLLIER B., 1984 - Le granite Brême St Sylvestre - St Goussaud, ses structures magmatiques. Une étude de la distribution de l'uranium à l'échelle du grain.  
*Géol. Géochim. Uranium; Mém. Nancy, 7, 141 p.*

PROJET D'UTILISATION D'UNE ANCIENNE MINE A CIEL OUVERT  
D'URANIUM COMME RESERVOIR D'EAU POTABLE.  
EXEMPLE DE LA CARRIERE DE CHANTELOUBE (COGEMA, Division  
de LA CROUZILLE, LIMOUSIN, Massif Central français).  
REFLEXIONS SUR L'HYDROGEOLOGIE DES MILIEUX FISSURES

M. CHALIER

Laboratoire de Géologie Régionale et Appliquée.  
Faculté des Sciences, 123 rue Albert Thomas,  
87060 - LIMOGES CEDEX.

RESUME. - Les études entreprises sur le plan d'eau occupant l'ancienne mine à ciel ouvert de Chanteloube n'ont pas abouti à son utilisation pour l'alimentation en eau potable. Différents problèmes dans la définition des conditions d'alimentation en eau, des fuites, et des rapports avec une source située à l'aval ont été rencontrés. Ces travaux permettent un certain nombre d'hypothèses, ils soulignent surtout la complexité des problèmes hydrogéologiques en socle granitique. Par ailleurs, l'utilisation de cette ressource, comme réservoir d'eau potable pose le problème du coût du traitement.

MOTS CLES : Carrière - Plan d'eau - Source - Eau potable - Pluviométrie - Evapotranspiration - Hydrogéologie.

SUMMARY. - PLAN FOR THE USE OF AN OLD OPENCAST MINE OF URANIUM AS A DRINKING WATER RESERVOIR. EXAMPLE OF THE QUARRY OF CHANTELOUBE (COGEMA, Division of the CROUZILLE, french Massif Central). REFLEXIONS ABOUT THE HYDROGEOLOGY OF FISSURED ENVIRONMENTS.

The studies began on the stretch of water occupying the old opencast mine of Chanteloube have not ended in its use for the supply of drinking water. Different problems in the definition of conditions of supplying water, of leaks and of the relationships with a spring situated downstream have been met. These works allow a certain number of hypothesis, they above all accentuate the complexity of hydrogeologic problems in granitic platform. Otherwise, the use of this resource, as drinking water reservoir poses the problem of the cost of the treating.

KEY WORDS : Quarry - Stretch of water - Spring - Drinking water - Pluviometry - Evapotranspiration - Hydrogeology.

#### INTRODUCTION

Cette étude s'intègre dans le cadre des recherches hydrogéologiques entreprises par M. LIVET du Laboratoire Régional de l'Équipement de Clermont Ferrand sur le massif granitique du secteur Razès-Bessines, elle a été menée en parallèle avec des travaux sur la circulation des eaux dans le granite de Saint Sylvestre (CHALIER 1987).

Nous devons déterminer dans quelles mesures le plan d'eau occupant l'ancienne mine à ciel ouvert COGEMA de Chanteloube (division de La Crouzille), 3 km au Sud de Bessines/Gartempe (H.Vienne), pourrait servir de réservoir d'eau potable. Le but étant de disposer en grosses quantités d'une eau peu onéreuse pour faire face à la

Une utilisation systématique de cette réserve implique d'une part de connaître ses conditions d'alimentation en eau, de savoir si elle est régie par un cycle précipitation - évapotranspiration, ou si elle entretient des relations hydrogéologiques avec le socle. Il convient également de définir les éventuels rapports qui peuvent exister avec une source située 500 m à l'aval et qui fait déjà l'objet d'un captage. Il s'agit d'autre part, de s'assurer de ses qualités sanitaires, sur le plan physicochimique, bactériologique, mais également du point de vue de la radioactivité, compte tenu du contexte géologique.

L'actuelle carrière de Chanteloube, exploitée de 1977 à 1979, est la plus importante d'un ensemble de trois mines à ciel ouvert dont deux ont été comblées et disparaissent dans le cadre du réaménagement paysager. L'ensemble minier est complété par des travaux souterrains, antérieurs aux carrières, constitués d'un travers banc à peu près horizontal, à la cote 427 m, à partir duquel se développe un réseau de recoupes que l'exploitation de la carrière a entamé.

- La surface du plan d'eau, à une cote proche de 432 m, est de 6500 m<sup>2</sup>, sa profondeur maximale de 25 m, son volume d'environ 60 000 m<sup>3</sup>. La surface du bassin versant est de 36 000 m<sup>2</sup>, soit au total un bassin de 42 500 m<sup>2</sup>.

- La source est à une altitude de 400 m, et possède un débit subconstant de 2 l.s<sup>-1</sup> qui contraste avec la plupart des sources captées du massif.

Du point de vue géologique, la carrière de Chanteloube a été implantée sur la faille N-S de la RN 20. Elle est recoupée au Sud par un filon de microgranite. L'analyse structurale des parements met en évidence trois directions privilégiées de discontinuités N-S, N 140° et N 150°.

L'analyse du fonctionnement du système hydrogéologique comprend trois volets :

- suivi de la qualité des eaux : physicochimie, bactériologie, oxygène 18, radioactivité.

- suivi de la température.

- mesure et calcul d'un bilan hydrogéologique.

## 1. ASPECTS CHIMIQUES

### 1.1. Résultats physicochimiques

#### a. Classification des eaux de Chanteloube

Les eaux du plan d'eau et de la source de Chanteloube sont chlorurés sodiques.

Sur la carrière, à l'exception de la couche superficielle, les caractéristiques sont constantes quelle que soit la profondeur et la période de l'année. La surface est occupée par de très nombreuses algues vertes qui provoquent une teneur élevée en oxygène dissout, et l'absence de gaz carbonique.

Il n'y a pas de variations importantes de la composition chimique de la source dans le temps.

#### b. Comparaison des eaux de Chanteloube aux eaux du massif

Les eaux du massif sont des eaux chlorurées sodiques, mais tout à fait différentes des eaux de Chanteloube. Elles sont moins minéralisées (tableau I).

Les conductivités des captages du massif sont en moyenne de 36  $\mu\text{S}/\text{cm}$  à 20°C alors qu'elles sont de 146 pour les eaux de la carrière et de 187 pour la source.

La dureté totale de 0,9° F en moyenne pour les captages est de 4,8° F pour les eaux de la carrière et de 5,3° F pour la source.

Pour le titre alcalimétrique complet, on obtient des valeurs de 0,7° F en moyenne pour les captages, alors qu'il est de 2,7° F pour la carrière et de 2,0° F pour la source.

D'un point de vue ionique (tableau III), les eaux de Chanteloube sont fortement enrichies par rapport aux eaux du massif en chlorures, sulfates et magnésium.

#### c. Comparaison des eaux de la carrière à l'eau de source

Les eaux de la carrière ont une composition physicochimique proche de l'eau de la source, cependant :

- l'eau de la source est plus minéralisée que l'eau de la carrière (cf. tableau I, Conductivités).
- elle est significativement enrichie en chlorures (tableau III).
- les concentrations en Fe, Mn, Al de la source (0,5 ; 0,11 ; 0,16) sont très supérieures à celles rencontrées dans le plan d'eau (0,0 ; 0,01 ; 0,03). Au fond de la carrière, on peut obtenir des valeurs de l'ordre de la source, mais on pense qu'il s'agit de Fe et Mn liés aux matières organiques provenant de la mort du phytoplancton de surface.
- le pH de la source, identique aux pH des eaux du massif, est plus acide que celui de la carrière (tableau I). En moyenne, on obtient pour la source pH 5,56 et pour la carrière pH = 6,5. Nous n'avons pas pris en compte les pH alcalins de la surface dus à la photosynthèse.
- la concentration du  $\text{CO}_2$  dans la source est très supérieure à celle des eaux du massif, elle-même supérieure à celle des eaux de la carrière (tableau II).
- un dosage du Barium a révélé sa présence dans la source et son absence dans la carrière.

#### d. Conclusions

Les eaux de Chanteloube, carrière et source, ont des compositions physicochimiques totalement différentes des eaux des captages du massif de Saint Sylvestre.

L'eau de la carrière et l'eau de la source sont très proches mais pas identiques. Ceci implique que la source n'est pas une résurgence directe de la carrière. La forte minéralisation de l'eau de la carrière exclut qu'elle soit alimentée uniquement par la pluie. Les possibilités sont les suivantes :

- ou bien les eaux de la carrière et de la source ne sont pas en connexion mais traversent des structures minéralisées identiques. Cette hypothèse est difficile à défendre pour trois raisons :

PRINCIPALES CARACTERISTIQUES PHYSICOCHIMIQUES  
DES EAUX DE CHANTELOUBE ET DES CAPTAGES DU MASSIF

SOURCE	PH	CONDUCTIVITE	DURETE TOTALE (°F)	TAC (°F)
	5,6	172	5	2
	5,6	190	5,6	2
	5,52	195	5,5	2
	5,53	189	5,2	2,0
- 1 M	10,2	141	4,6	2,4
	9,25	143	4,7	2,6
	10,10	151	4,2	2,2
	9,85	147	4	4,2
- 5 M	9,05	126	4,6	2,4
	7,07	139	4,75	2,4
	6,60	154	4,7	2,4
	6,23	158	5,0	2,8
-15 M	6,60	131	4,8	2,4
	6,55	142	4,7	2,4
	6,53	154	4,8	2,4
	6,40	153	5,4	3,0
-25 M	6,60	133	5	2,6
	6,55	144	4,7	2,75
	6,52	158	5,1	3,4
	6,42	158	5,8	4,0
CAPTAGES*	5,5 $\sigma$ = 0,2	36 $\sigma$ = 14,5	0,9 $\sigma$ = 0,5	0,7 $\sigma$ = 0,3

\* Moyennes réalisées sur 34 captages avec 13 analyses par captage.

TABLEAU I

GAZ CARBONIQUE LIBRE EN CO<sub>2</sub> DANS LES EAUX DE  
CHANTELOUBE ET LES CAPTAGES DU MASSIF.

	CARRIERE				SOURCES	CAPTAGES*
	- 1 M	- 5 M	-15 M	-25 M		
CO <sub>2</sub>   MGL <sup>-1</sup>	0	0	5,85	7,8	74,1	35,53
	0	11,7	15,6	19,5	87,75	= 20,76

TABLEAU II

CONCENTRATIONS DES PRINCIPAUX IONS DANS LES EAUX DE  
CHANTELOUBE ET LES CAPTAGES DU MASSIF.

	Captages (1)	Source (2)	Carrière (3)
(Ca <sup>2+</sup> ) mg.l <sup>-1</sup>	3,1 ± 2,0	13,2 ± 0,7	10,1 ± 0,1
(Mg <sup>2+</sup> ) mg.l <sup>-1</sup>	0,6 ± 0,3	4,5 ± 0,7	5,2 ± 0,1
(Na <sup>+</sup> ) mg.l <sup>-1</sup>	4,3 ± 1,3	17,8 ± 0,3	12,2 ± 0,4
(K <sup>+</sup> ) mg.l <sup>-1</sup>	0,9 ± 0,8	2,5 ± 0,1	2,3 ± 0,1
(Cl <sup>-</sup> ) mg.l <sup>-1</sup>	5,3 ± 1,6	33,5 ± 1,5	20,0 ± 0,0
(SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ) mg.l <sup>-1</sup>	4,6 ± 4,1	25,0 ± 1,0	21,0 ± 0,7

(1) Moyennes réalisées avec 11 captages et 13 analyses par captage.

(2) Moyennes réalisées avec 2 analyses.

(3) Moyennes réalisées avec 8 analyses.

TABLEAU III

\* le massif est lardé de structures minéralisées alors comment expliquer que l'on ne retrouve pas des eaux de type Chanteloube ailleurs ?

\* les eaux ne circulent pas au travers de failles minéralisées (CHALIER, 1987). On peut nuancer cette affirmation en remarquant qu'il existe de la minéralisation liée aux lamprophyres et microgranites (LEROY, 1978) qui peuvent drainer l'eau.

\* dans cette hypothèse, comment justifier les pH proches de la neutralité de la carrière ?

- ou bien la carrière et la source sont en connexion, mais cela nécessite un transfert en profondeur de l'eau de la source, où elle se chargera en CO<sub>2</sub> et chlorures. Le plan d'eau étant alimenté par des eaux typiques du massif, mais stagnant dans la carrière, elles se minéralisent en attaquant leur encaissement qui rend compte des pH plus alcalins.

### 1.2. Résultats d'analyses d'oxygène 18

A l'échelle annuelle le signal de la pluie en oxygène 18 varie de manière cyclique. Pour appréhender le fonctionnement des aquifères, on analyse la transformation de ce signal par le réservoir.

Nous voulions tenter de mieux définir les conditions de réalimentation de la carrière : soit strictement Précipitation-Evapotranspiration, soit un complexe Précipitation-Evapotranspiration et socle.

Les données figurant dans le tableau IV permettent d'affirmer :

- que l'eau de la source est différente de l'eau de la carrière, ce n'est pas une simple résurgence du plan d'eau,

- que la surface du plan d'eau est sujette à une forte évaporation, très nette jusqu'à - 5 m en août.

ANALYSES D'OXYGENE 18 DU PLAN D'EAU DE CHANTELOUBE, DE LA SOURCE DE CHANTELOUBE ET DE LA PLUIE.

	$\delta^{\circ}/\text{‰}/\text{SMOW} \pm 0,20$ (écart type)				
	Avril 09.04.87	Mai 13.05.87	Juin 19.06.87	Août 12.08.87	Octobre 06.10.87
Plan d'eau CHANTELOUBE niveau - 1 m	- 6,62	- 6,00	- 5,55		
Plan d'eau CHANTELOUBE niveau - 5 m	- 6,59	- 6,33	- 6,48	- 6,17	
Plan d'eau CHANTELOUBE niveau - 15 m	- 6,53	- 6,68	- 6,38	- 6,39	- 6,41
Plan d'eau CHANTELOUBE niveau - 25 m	- 6,33	- 6,39	- 6,30		
Source CHANTELOUBE	- 7,39	- 6,93	- 6,96	- 7,20	- 6,80
Echantillon pluviomé- tre (BESSINES/Gartempe)	-12,22	- 5,06	- 6,60	- 7,07	- 8,44

TABLEAU IV

### 1.3. Résultats des analyses de la radioactivité

Dans l'eau de la carrière, il a été décelé du radium 226 ( $0,13 \text{ Bq.l}^{-1}$ ) et de l'uranium naturel, toutefois, les niveaux d'activité mesurés pour ces radioéléments ne posent pas de problèmes sur le plan sanitaire. Sur la source, il a été mis en évidence du radon 222 et de l'uranium naturel, et l'on note une activité relativement importante pour le radium 226 ( $0,80 \text{ Bq.l}^{-1}$ ). Pour l'utiliser régulièrement comme eau d'alimentation, il faudrait assurer sa constante dilution au 1/10 par une eau non radioactive.

Ces résultats confirment que :

- la source et la carrière ne sont pas directement liées,
- l'eau alimentant la carrière ne transite pas par des structures minéralisées.

L'eau de la source rencontre des minéralisations, ceci peut se produire dans les derniers mètres avant son émergence quand elle traverse les remblais COGEMA.

### 1.4. Aspects sanitaires

#### - Sur le plan d'eau

L'eau est correcte du point de vue bactériologique, à noter toutefois la présence de nombreux germes banaux. Cependant, elle est impropre à la consommation : en surface elle est troublée par les algues vertes, au fond les matières organiques entraînent la présence d'ammoniaque, d'humates de fer et de manganèse. Son utilisation pour l'alimentation en eau potable impliquerait un traitement lourd et coûteux avec une oxygénation à la base du plan d'eau, un traitement au chlore, et une filtration qui, étant donné la densité des algues, nécessiterait le nettoyage des filtres deux fois par jour. L'installation d'une telle station de traitement ne se justifierait que pour une utilisation intensive du plan d'eau sur toute l'année et non comme prévue, limitée à la période d'étiage.

#### - Sur la source

La plupart du temps elle n'est pas potable, parfois impropre bactériologiquement, elle est surtout trop chargée en fer, pour partie lié à des ferrobactéries et manganèse. Son taux de radioactivité est deux fois supérieur aux normes françaises.

## 2. OBSERVATION DES TEMPERATURES

Sur le plan d'eau du mois d'avril au mois de septembre, on note que :

- la température de la couche - 1 m est corrélée à la température externe. Elle est la seule à connaître un réchauffement important, jusqu'à  $21^\circ\text{C}$ .
- les couches plus profondes se réchauffent très peu,  $2^\circ\text{C}$  au maximum pour la couche la plus froide qui ne dépassera pas  $6,5^\circ\text{C}$ . On mesure jusqu'à  $14,5^\circ\text{C}$  d'écart entre la couche - 1 m et la couche la plus froide et  $9^\circ\text{C}$  entre la couche - 1 m et la couche - 5 m.

- Durant l'été il se crée une stratification du plan d'eau avec inversion de température, la couche - 15 m étant plus froide que la couche - 25 m.

La source a gardé une température presque constante de  $10^\circ\text{C}$  qui correspond à

### 3. ETUDE DES VARIATIONS DU NIVEAU DU PLAN D'EAU

#### 3.1. Introduction

Nous avons recherché, en suivant l'évolution du niveau du plan d'eau et en la raccordant à l'évapotranspiration ainsi qu'à la pluviométrie, à déterminer quelles étaient les conditions d'alimentation en eau de la carrière. Fait-elle partie d'un grand aquifère ? est-elle alimentée par des structures ? fuit-elle ? fonctionne-t-elle par un cycle précipitation - évapotranspiration ? la chimie a déjà apporté des éléments de réponse que nous essayerons de préciser.

Il est primordial de connaître le fonctionnement du plan d'eau. On ne peut envisager son exploitation que dans deux cas, Soit, il est en connexion avec une nappe ou structure apportant de grosses quantités d'eau qui seront à même de reconstituer le stock hors pompage, soit, cet apport n'existe pas, mais il ne fuit pas. On peut alors envisager durant l'hiver de le régénérer avec la source située à l'aval.

Les variations de niveau obtenues en août et septembre (figure 2 et figure 4) prouvent que la carrière fuit. Les 39,5 cm de baisse en août ne peuvent être expliqués par les 116,30 cm de l'ETP (figure 1). En septembre, sur les deux premières décades, on note 35 mm de perte par jour avec une ETP de 4 mm/j.

Afin de mieux cerner les variations de niveau, nous avons tenté d'établir un bilan hydrique du site. Dans un premier temps, il est nécessaire de calculer le débit de fuite. Nous avons fait deux hypothèses.

- Durant la deuxième décade de septembre, qui correspond à une période d'étiage, où les précipitations ont été nulles (figure 3), aucune venue d'eau n'a alimenté la carrière. Nous avons une baisse de 31 mm/j due à la fuite, le débit de fuite est donc de 2,33 l/s.

- Le débit de fuite est constant. Ceci est justifié étant donné la linéarité des graphes d'août et septembre (figure 2 et figure 4), qui implique que la fuite (unique ou multiple) soit profonde. Dans le cas contraire, on aurait un amortissement des courbes, le débit étant fonction de la hauteur d'eau. La fuite ne s'effectue donc pas comme on aurait pu le penser par les anciens travaux miniers souterrains.

#### 3.2. Bilan hydrique

Sur les 36 000 m<sup>2</sup> du bassin versant, on considère que 23 500 m<sup>2</sup> sont constitués de parements lisses sur lesquels l'eau ruisselle et que 12 500 m<sup>2</sup> se comportent comme un sol agronomique sur lequel nous appliquerons un bilan hydrique complet.

##### Mode de calcul

$$\Delta HT = 4,61 P + 1,92 e - ETP + \Delta Hf$$

$\Delta HT$  : variation théorique de niveau

P : pluviométrie

e : quantité d'eau qui s'écoule après calcul du bilan hydrique

$\Delta Hf$  : variation de niveau due à la fuite.

FIGURE 1 EVAPOTRANSPIRATION POTENTIELLE ADOUT

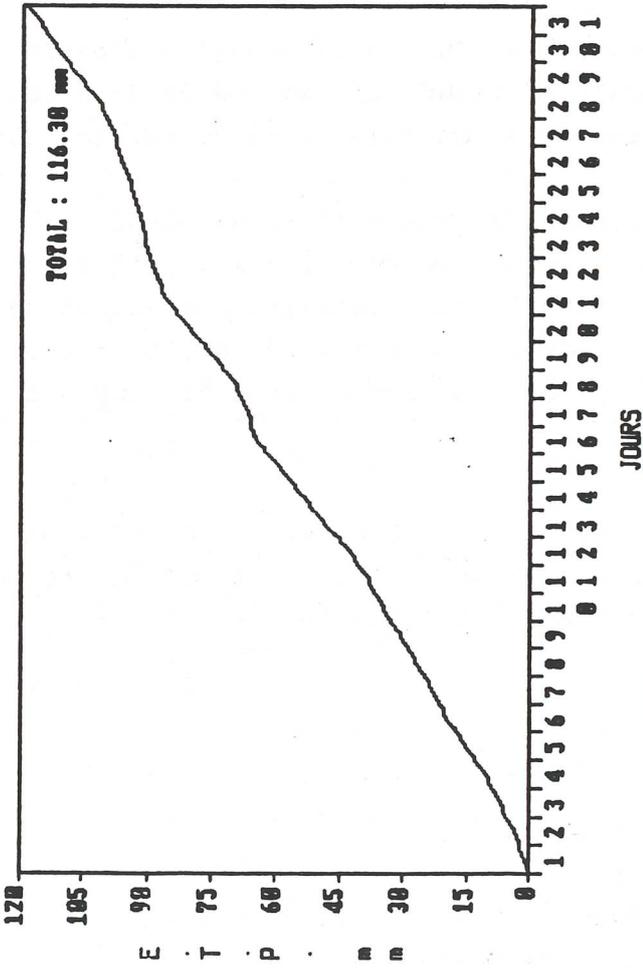


FIGURE 3

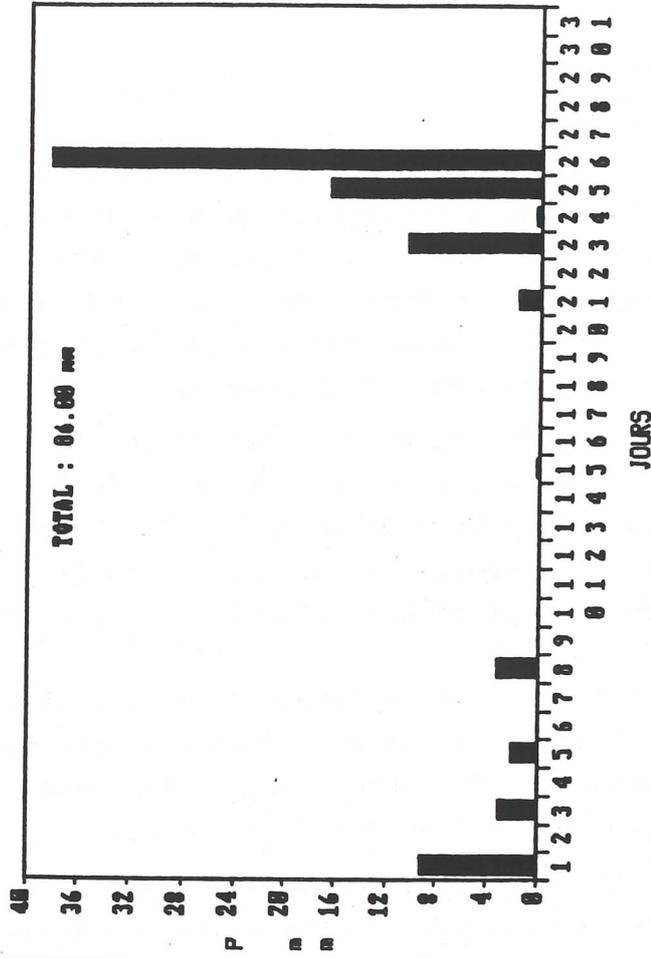


FIGURE 2

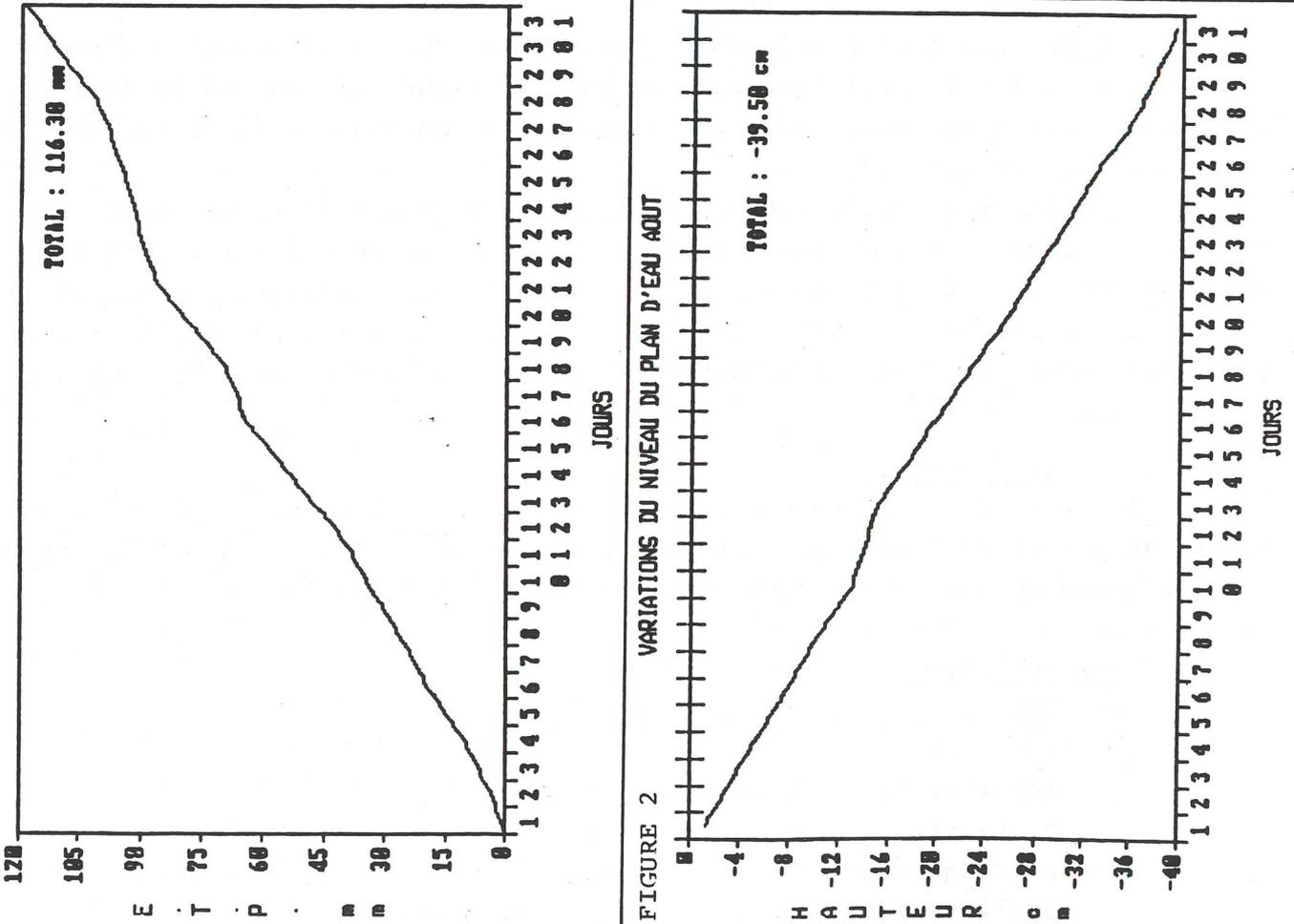
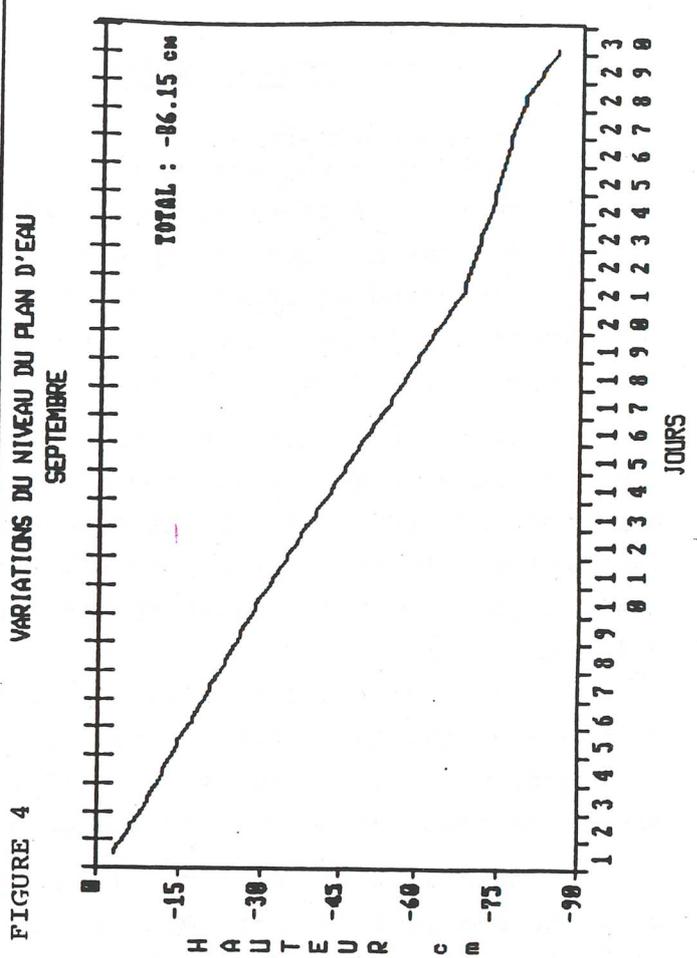


FIGURE 4





### 3.3. Conclusions et interrogations

Examinons les différentes possibilités :

- Soit la carrière correspond à une cuvette remplie par la pluie et qui fuit. Cette hypothèse ne tient pas, d'une part car on est obligé d'admettre des venues d'eau, d'autre part car l'eau est trop minéralisée pour être de la simple eau de pluie.

- Soit la carrière et la source sont situées dans un grand aquifère dû au barrage de la faille de la RN 20 dont le niveau varie beaucoup. Ceci est peu probable. Si tel était le cas, nous observerions au contact des grandes failles argileuses de nombreuses sources au débit important ; ce qui n'apparaît pas. De plus, au travers de ce modèle, on explique mal les différences chimiques ( $\text{CO}_2$  et chlorures) entre la source et le plan d'eau.

- Soit la carrière est alimentée par des structures et fuit. D'après ce que nous avons vu sur la circulation des eaux (CHALIER, 1987), il est fort probable que la structure qui amène l'eau soit le filon recoupé à l'extrémité Sud de la carrière. En tout cas, ce ne sont pas des structures minéralisées. Dans cette optique, ou bien le modèle proposé précédemment est correct, ou bien le débit de fuite observé n'est qu'apparent. Il peut correspondre à la différence entre une fuite et des venues plus importantes. Nous ne pouvons trancher. Que la première ou la deuxième hypothèse soit bonne, la carrière fuit. Ou passent ces quantités d'eau ? Elles peuvent correspondre à la source étant donné la similitude des caractères physicochimiques des deux eaux. Mais en aucun cas la source est une simple résurgence de la carrière, pH,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{Cl}^-$ , Fe, Mn, Al, Ba,  $^{18}\text{O}$ , radioactivité, températures, impliquent un transfert "profond". Notons que le débit de fuite égale grosso-modo le débit de la source. Peut être un argument pour considérer le modèle comme correct. Si la source ne correspond pas à la fuite, où passe l'eau ? Et comment expliquer les similitudes chimiques ?

### 4. CONCLUSIONS

Cette étude avait pour but de déterminer si le plan d'eau de l'ancienne mine à ciel ouvert COGEMA de CHANTELOUBE pouvait servir de réservoir d'eau potable, l'objectif étant, en période d'étiage, de disposer en grosses quantités d'une eau peu coûteuse. Ceci impliquait d'une part que l'eau soit potable et d'autre part que le stock soit renouvelé, soit naturellement, soit en réalimentant grâce à la source située à l'aval.

Notre réponse est double :

- L'eau n'est pas potable et son utilisation pour l'AEP nécessite un traitement important et coûteux, justifié uniquement par une utilisation non intermittante.

- Nous n'avons pu mettre clairement en évidence les conditions d'alimentation en eau de la carrière. Cependant elle fuit. Il n'est donc pas question de renouveler le stock en y injectant la source, en augmentant la hauteur d'eau, on augmenterait la fuite.

On peut peut être proposer le modèle suivant pour expliquer le système Chanteloube : la carrière fuit de 2,3 l/s ; elle est alimentée en période de pluies, par des venues de 1 à 2 l/s sans doute liées au filon de microgranite qu'elle recoupe. La source située à l'aval correspond à cette fuite mais après un transfert profond.

#### BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE

CHALIER M., 1987 - Potentialités hydrogéologiques du massif de Saint-Sylvestre (Limousin, France).

*DES, Fac. Sc. Univ. Limoges, 43 p.*

LEROY J., 1978 - Métallogénie des gisements d'uranium de la division de La Crouzille.

*Sc. Terre, Mém. Nancy, XXXVI, 271 p.*

LES EFFECTIFS DU MOLLUSQUE PREDATEUR, *Zonitoides nitidus* Müller,  
DANS LE DEPARTEMENT DE LA HAUTE-VIENNE. A PROPOS DE QUELQUES OBSERVATIONS.\*

B. DIDIER et D. RONDELAUD,

U.E.R. des Sciences Exactes et Naturelles, 123, Avenue-Albert-Thomas,  
87060 - Limoges Cedex et Faculté de Médecine,  
2, Rue du Docteur-Raymond-Marcland, 87025 - Limoges Cédex.

RESUME. - Deux techniques de dénombrement (récolte par chasse à vue, estimation du nombre d'individus) ont été utilisées pour déterminer les effectifs d'un Mollusque, *Zonitoides nitidus*, dans 80 prairies de vallée et 59 berges de rivière. Le nombre de *Z. nitidus* est limité dans chaque type d'habitat (1,2 à 5 par m<sup>2</sup>). Les valeurs moyennes sont plus élevées dans les prairies avec mégaphorbiaies que dans les jonçales prairiales et sur les berges de rivière. Elles diminuent lors de l'accroissement de l'altitude.

MOTS CLES : Altitude - Dénombrement - Gastéropode - Haute-Vienne - Mollusque - Pulmoné - *Zonitoides nitidus*.

SUMMARY. - THE EFFECTIVES OF THE PREDATORY MOLLUSC, *Zonitoides nitidus* Müller, IN THE DEPARTMENT OF HAUTE-VIENNE, FRANCE. ABOUT SOME OBSERVATIONS.

Two methods of counting (search of snails by eye, estimation of their number) were used for defining the effectives of a mollusc, *Zonitoides nitidus*, in 80 valley meadows and in 59 river banks. The number of snails was limited in each type of habitat (1,2 to 5 per m<sup>2</sup>). The mean numbers were significantly higher in the meadows with *Filipendula*-vegetation than in *Juncus*-communities and in river banks. These numbers decreased with the altitude increase.

KEY WORDS : Altitude - Counting - *Gastropoda* - Haute-Vienne - *Pulmonata* - Snail - *Zonitoides nitidus*.

---

INTRODUCTION.

Plusieurs techniques de lutte contre la Limnée tronquée ont été mises au point et appliquées à grande échelle dans le département de la Haute-Vienne (RONDELAUD, 1975, 1977, 1981, 1986) ou encore en Belgique (MOENS, 1980, 1982 a). Toutes ces méthodes sont basées sur la présence d'un Mollusque terrestre local, *Zonitoides nitidus*, capable d'exercer une prédation active contre les limnées au début de l'assèchement estival de leurs habitats.

Le développement de ces techniques en Haute-Vienne a vite nécessité la récolte de nombreux prédateurs dans leurs gîtes naturels. Un dénombrement des effectifs de ce mollusque a été réalisé

---

\*) - Ces résultats ont été présentés dans le cadre d'une thèse pour l'obtention du Doctorat d'Université en Sciences Naturelles (DIDIER, 1986).

dans ce but entre 1972 et 1975 pour déterminer le type d'habitat où les colonies sont les plus riches en individus.

La présente note résume les résultats de ces prospections.

#### MATERIEL ET METHODES.

##### 1. Stations d'étude.

Trois secteurs géographiques de la Haute-Vienne sont retenus dans le cadre de cette expérimentation, (a) la zone sud-ouest de la Basse-Marche, (b) la partie nord-ouest des Plateaux du Haut-Limousin, délimitée au sud par la vallée de la Vienne et enfin (c) la zone ouest des Monts d'Ambazac (figure 1).

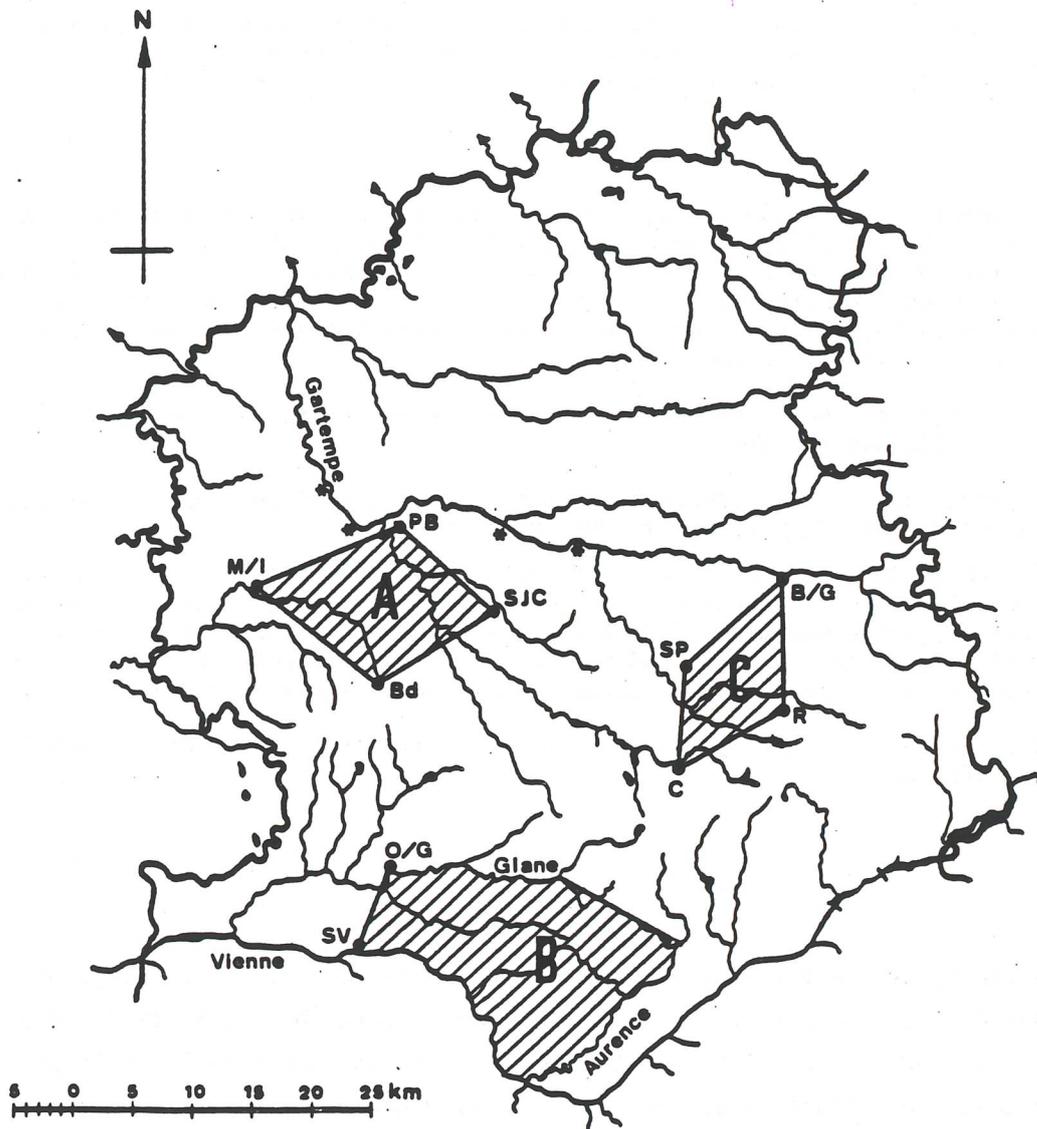


Figure 1 : La localisation géographique des quadrilatères (en hachurés) et des stations isolées (\*) où les prélèvements ont été réalisés. Abréviations. Bd : Blond. B/G : Bessines-sur-Gartempe. C : Compreignac. M/I : Mézières-sur-Issoire. O/G : Oradour-sur-Glane. PB : Peyrat-de-Bellac. R : Razès. SJC : Saint-Junien-les-Combes. SP : Saint-Pardoux. SV : Saint-Victorien. SECTEURS. A : Zone sud-ouest de la Basse-Marche. B : Zone nord-ouest des Plateaux du Haut-Limousin. C : Zone ouest des Monts d'Ambazac.

Nos observations ont porté sur deux types d'habitats à *Z. nitidus*, ceux localisés dans les prairies de fond de vallée et ceux situés sur les berges de rivière. Les gîtes du premier type

occupent toute la zone hygrophile dans la partie déclive des prairies ; ils sont inondés en partie durant les mois d'hiver et présentent souvent un réseau de drainage superficiel. Les gîtes sur berge ne correspondent qu'à des zones précises où les conditions sont suffisantes pour permettre la vie des mollusques. Les caractéristiques de ces deux types d'habitats ont déjà été décrites (DIDIER et RONDELAUD, 1986).

Deux techniques de dénombrement sont appliquées sur ces gîtes\* :

- (1) La récolte des Mollusques par chasse à vue a été effectuée en 1972, 1973 et 1974 dans 13 prairies de vallée et sur 13 berges de rivière. La superficie est à peu près identique d'un habitat à l'autre : 90 à 100 m<sup>2</sup> pour ceux situés dans les prairies, 18 à 23 m<sup>2</sup> pour ceux sur berge. Les habitats sur prairie sont recouverts par une joncaie marécageuse dans 9 cas et par une mégaphorbiaie à *Filipendula ulmaria* (BOTINEAU, 1985) dans les quatre autres. Ceux sur berges sont recouverts par une phalaridaie dans 8 cas et par des macrophytes clairsemées ne répondant pas à un groupement botanique précis dans les six autres.

- (2) L'estimation globale du peuplement a été réalisée en 1974 et 1975 dans 67 prairies de vallée et 45 berges de rivière. La superficie des habitats sur prairie est de 40 à 280 m<sup>2</sup>, celle des habitats sur berge de 11 à 65 m<sup>2</sup>. La végétation est du même type que celle déjà décrite pour la première technique. Le nombre de mégaphorbiaies est cependant plus élevé : 27 sur 67 prairies.

## 2. Techniques de dénombrement.

Les dénombrements portent sur des mollusques adultes mesurant au moins 4 mm de diamètre lors de l'assèchement estival des habitats (fin juin ou début juillet selon les années). Ces individus représentent alors 96 à 98 % des effectifs de *Z. nitidus* : les pontes de l'espèce ont lieu essentiellement en juin-juillet et les descendants deviennent adultes à partir du mois de juin l'année suivante (DIDIER, 1986).

La récolte par chasse à vue est réalisée (a) le long des rigoles de drainage superficiel, ou des rigoles d'écoulement de l'eau pluviale dans les prairies, et (b) le long des berges de rivière. Cette opération est pratiquée matin et soir sur une période de quatre semaines consécutives à partir du début de l'assèchement estival des habitats. Dans les gîtes sur prairie de vallée, ce début correspond toujours à l'époque où l'eau stagnante disparaît de la rigole la plus en amont dans le réseau ; dans les habitats sur berge, le dénombrement commence à l'émergence complète de l'habitat à Limnées tronquées.

L'estimation des effectifs tient compte de la distribution homogène des mollusques dans chaque habitat ; elle est réalisée également au début de l'assèchement estival. Dix quadrats de 1 m<sup>2</sup> chacun sont choisis au hasard sur l'habitat de *Z. nitidus* dans chaque prairie de vallée. Sur les berges de rivière, nous avons sélectionné seulement 5 quadrats par berge en raison de leur superficie réduite. Les mollusques présents dans ces quadrats sont ensuite décomptés par chasse à vue dans la végétation et sur le sédiment superficiel. Les valeurs obtenues sur ces quadrats sont ramenées à une moyenne pour 1 m<sup>2</sup> ; l'effectif de la colonie est ensuite obtenu en rapportant le nombre de mollusques par quadrat à la superficie de l'habitat où vivent les *Z. nitidus*.

---

\*) - L'application de ces deux méthodes a été faite sur quatre prairies en utilisant d'abord l'estimation des effectifs, puis la récolte des mollusques par chasse à vue. Des résultats sensiblement identiques ont été obtenus pour les effectifs de *Z. nitidus* (DIDIER, 1986).

### 3. Expression des résultats.

Les valeurs obtenues par la simple chasse à vue ont été ramenées à une moyenne en tenant compte du type de gîte et de l'année d'observation. Les figures 2 et 2 présentent les moyennes et les écarts types.

Les résultats originaux se rapportant à l'estimation des effectifs sont indiqués sur la figure 4.

Les différentes données ont été traitées par l'analyse de variance. Le tableau I regroupe les densités moyennes fournies par l'estimation des colonies et présente les valeurs des rapports de variance. Les secteurs géographiques sont classés sur ce tableau en fonction de l'altitude (moyenne) des stations où les relevés ont été réalisés.

## RESULTATS.

### 1. Les effectifs du mollusque par chasse à vue.

#### A. Au cours de la période de récolte (fig. 2).

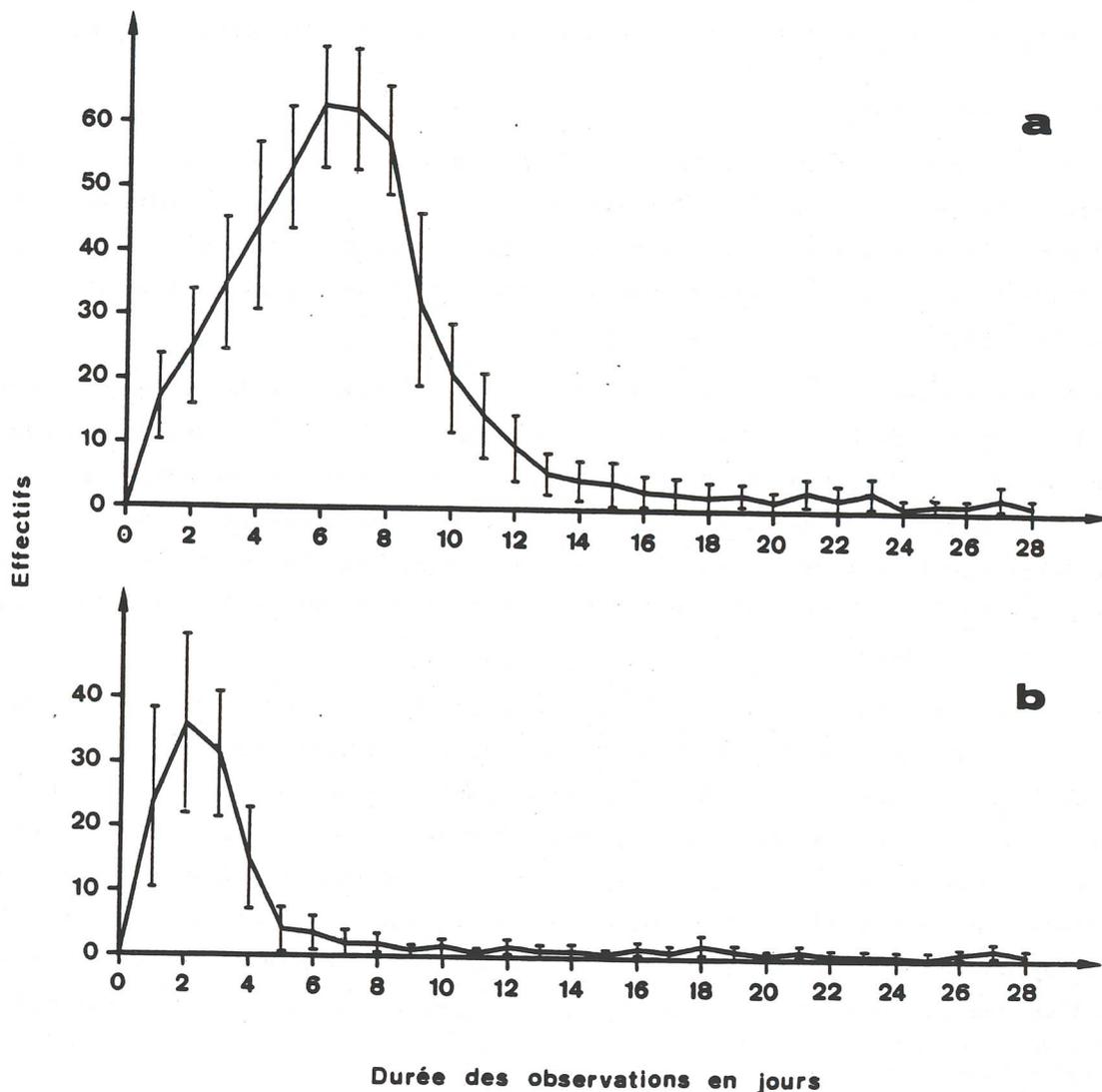


Figure 2 : L'évolution du nombre des prédateurs au cours de la période de récolte dans les gîtes sur prairie (2 a) et dans les habitats sur berge (2 b). Les moyennes sont indiquées avec les écarts types.

Dans les gîtes sur prairie, le nombre de mollusques est faible lors du 1<sup>e</sup> jour de récolte : 17,1 en moyenne. On note par la suite une augmentation de l'effectif moyen jusqu'aux 6<sup>e</sup>-7<sup>e</sup> jours : 63,4 individus par exemple au 6<sup>e</sup> jour. Les valeurs chutent par la suite jusqu'à la fin des observations : à partir du 15<sup>e</sup> jour, on ne trouve plus que de rares individus (de 0,2 à 3,1 en moyenne par jour de récolte) : fig. 2 a.

Dans les habitats sur berge, le nombre de *Z. nitidus* passe par un maximum au 2<sup>e</sup> jour de récolte et diminue rapidement pour n'être plus que de quelques individus à partir du 5<sup>e</sup> jour. Les deux tiers environ de l'effectif des colonies sont recensés lors des 2 premiers jours de récolte (fig. 2 b).

La survenue d'une précipitation, même de faible intensité, perturbe la récolte des mollusques sur une période de 1 à 4 jours. Les *Z. nitidus* ne se trouvent plus dans les rigoles des prairies ou sur les berges de rivière ; ils restent accrochés sur les tiges des plantes ou se cachent sous les pierres. Ils ne reprennent leur activité prédatrice qu'après le réessuyage du sédiment. La courbe traduisant l'évolution normale des effectifs au cours de la période de récolte présente donc un simple retard de 1 à 4 jours selon la hauteur de l'eau pluviale (résultats non présentés).

B. Sur plusieurs années de récolte (fig. 3).

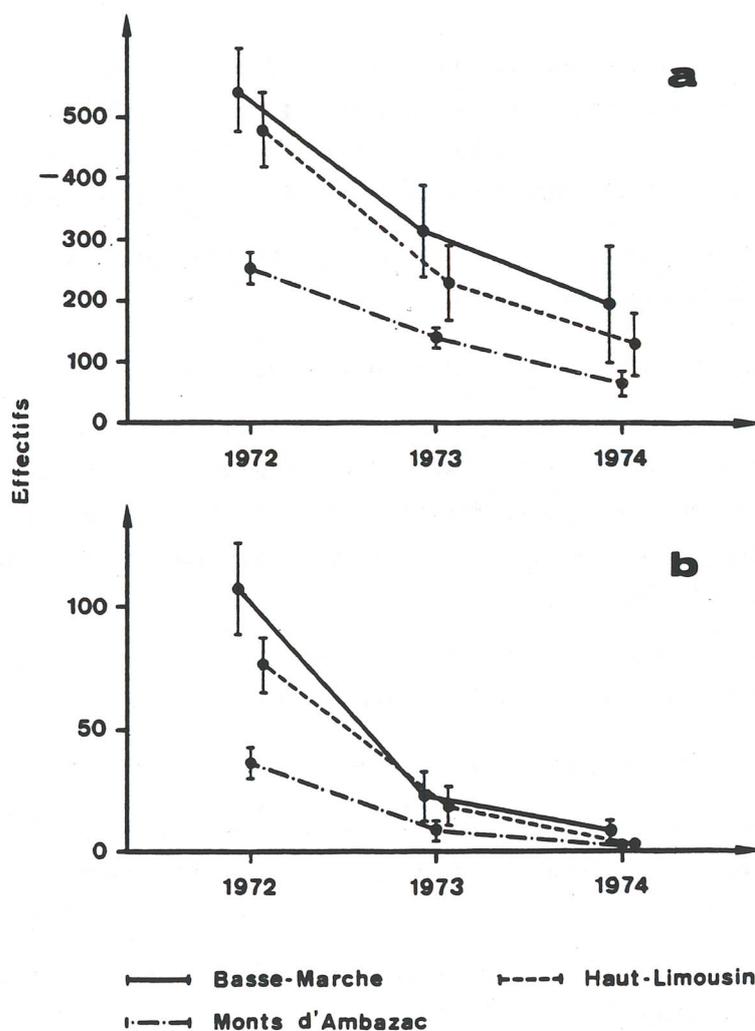


Figure 3 : L'évolution du nombre des prédateurs sur plusieurs années de récolte (1972-1974) dans les gîtes sur prairie (3 a) et dans les habitats sur berge (3 b). Les moyennes sont indiquées avec les écarts types.

1). - Gîtes sur prairie (fig. 3 a).

L'effectif moyen d'une colonie de *Z. nitidus* est plus élevé dans les prairies de la Basse-Marche que dans les deux autres secteurs. Si l'on considère l'année 1972, on note la présence de 553 prédateurs par colonie dans la Basse-Marche au lieu de 473 mollusques en moyenne sur les Plateaux du Haut-Limousin et de 258 dans les Monts d'Ambazac.

Les dénombrements réalisés de 1972 à 1974 sur chaque prairie se sont traduits par une nette diminution du nombre de mollusques récoltés. La chute est uniforme entre les valeurs de 1972 et 1973 pour les trois secteurs (de 41,1 à 45,8 %). Elle est plus variable entre 1973 et 1974 : 37,7 % dans les gîtes de la Basse-Marche, 53,1 % dans les habitats du Haut-Limousin et 48,6 % dans ceux des Monts d'Ambazac. Le traitement statistique de ces valeurs par l'analyse de variance montre que les différences entre les moyennes dans chaque secteur sont toutes significatives au seuil de 1 %.

2). - Gîtes sur berge (fig. 3 b).

Les effectifs de chaque colonie sont plus importants dans la Basse-Marche que dans les deux autres secteurs. Si l'on considère l'année 1972, on note un effectif moyen de 107 mollusques par gîte dans la Basse-Marche au lieu de 76 sur les berges du Haut-Limousin et de 37 sur celles des Monts d'Ambazac.

Les dénombrements réalisés sur chaque berge de 1972 à 1974 ont montré une chute de l'effectif plus importante que celle relevée dans les prairies. Cette chute est de 78 % environ entre les valeurs de 1972-1973, et de 73,8 % entre celles de 1973-1974 dans les gîtes de la Basse-Marche (au lieu de 43,4 et 37,7 % respectivement dans les prairies de ce secteur).

L'analyse de variance montre également que les différences entre les valeurs moyennes dans chaque secteur sont significatives au seuil de 1 %.

2. Les effectifs du mollusque par estimation de leur abondance.

La figure 4 indique la distribution des effectifs du mollusque par rapport à la superficie des deux types d'habitats dans les trois secteurs géographiques. On constate que le nombre de *Z. nitidus* s'accroît dans tous les cas en fonction de la surface des gîtes. Par exemple, dans la Basse-Marche, les valeurs vont de 465 *Z. nitidus* sur une joncaie prairiale de 101 m<sup>2</sup> à plus de 1000 individus sur 260 m<sup>2</sup> (fig. 4 a).

Les résultats ont été comparés par l'analyse de variance. La lecture du tableau I montre que deux facteurs ont une influence sur la distribution des effectifs :

- (1) *Le type de végétation recouvrant les prairies.*

La densité moyenne des prédateurs par mètre carré de gîte est beaucoup plus élevée dans les mégaphorbiaies que dans les joncaies prairiales (5 *Z. nitidus* contre 4,3 par exemple dans la Basse-Marche).

Les différences entre les valeurs moyennes sont toutes significatives au seuil de 1 %, quel que soit le secteur géographique.

- (2) *Le secteur géographique lui-même.*

La densité moyenne de *Z. nitidus* est significativement plus élevée dans les gîtes de la Basse-Marche que dans les deux autres secteurs. Ce fait se retrouve :

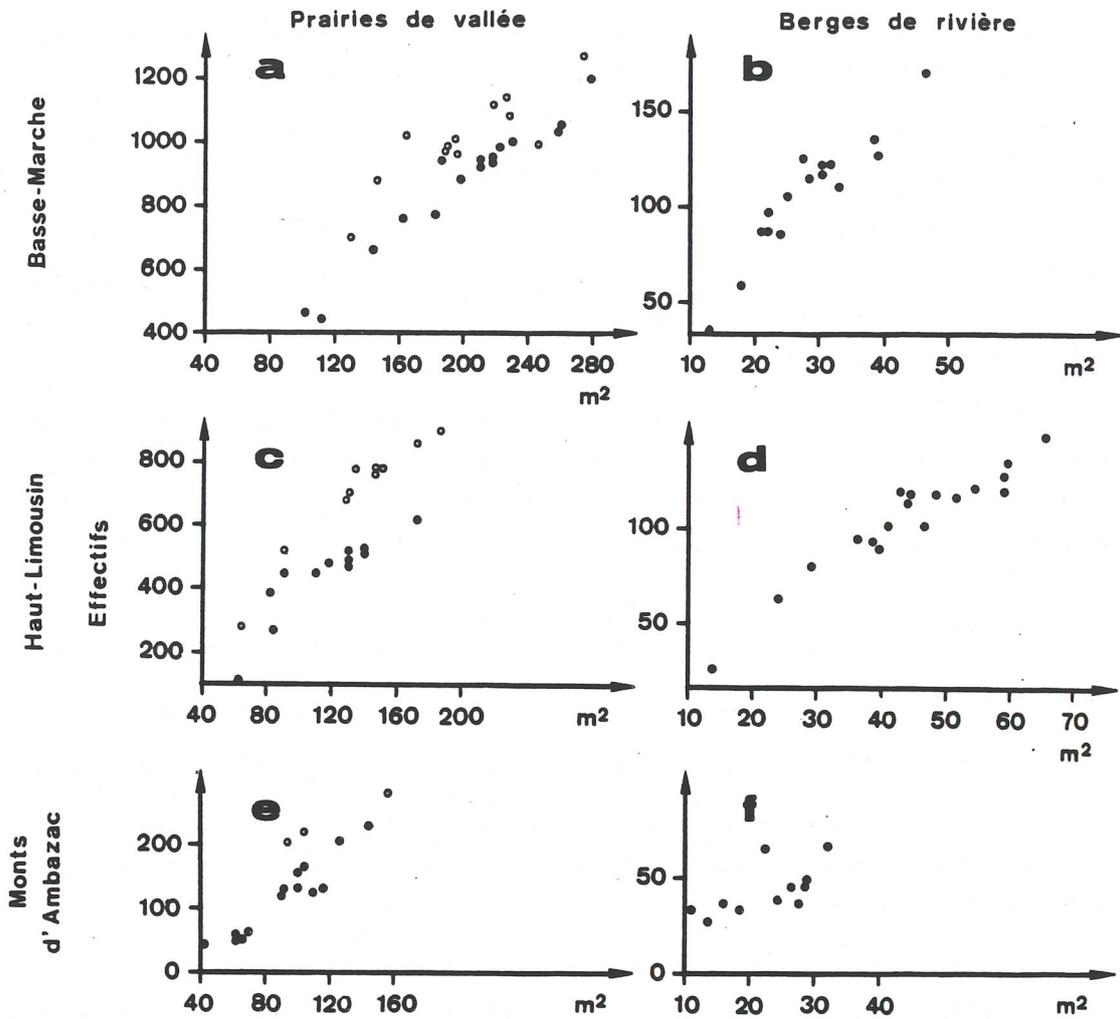


Figure 4 : L'estimation des effectifs de *Z. nitidus* dans les gîtes sur prairie (avec mégaporbhaie : ◦, ou avec jonçaille : ●) et les habitats sur berge.

Secteur géographique	Prairies avec jonçaille	Prairies avec mégaporbhaie	Berges de rivière
Altitude moyenne en m	$m \pm \sigma$ (n)	$m \pm \sigma$ (n)	$m \pm \sigma$ (n)
Basse-Marche 220 m	$4,35 \pm 0,28$ (16)	$5,01 \pm 0,71$ (12)	$3,89 \pm 0,63$ (16)
Plateaux du Haut-Limousin : 296 m	$3,81 \pm 0,70$ (12)	$5,24 \pm 0,45$ (10)	$2,42 \pm 0,29$ (18)
Monts d'Ambazac 363 m	$1,25 \pm 0,28$ (14)	$2,03 \pm 0,21$ (3)	$1,95 \pm 0,49$ (11)

*Influence du type de végétation dans les gîtes sur prairie.*

- \* Basse-Marche F = 11,18 S\*\*
- \* Haut-Limousin F = 30,32 S\*\*
- \* Monts d'Ambazac F = 19,39 S\*\*

*Influence du secteur géographique.*

- \* Prairies avec jonçaille F = 199,02 S\*\*
- \* Prairies avec mégaporbhaie :
  - . entre Basse-Marche et Haut-Limousin F = 0,75 NS
  - . entre Haut-Limousin et Monts d'Ambazac F = 138,80 S\*\*
- \* Berges de rivière F = 62,91 S\*\*

Tableau I : Les effectifs de *Z. nitidus* par estimation de leur abondance. Analyse des données par voie statistique. Abréviations. *m* : moyenne. *n* : effectif.  $\sigma$  : écart type. F : rapport de variance. S\*\* : différence significative au seuil de 1 %. NS : différence non significative.

\* dans les jonçales prairiales hygrophiles (4,3 mollusques par m<sup>2</sup> d'habitat dans la Basse-Marche au lieu de 3,8 sur les Plateaux du Haut-Limousin et 1,2 dans les Monts d'Ambazac).

\* sur les berges de rivière (3,8 individus par m<sup>2</sup> de gîte dans la Basse-Marche au lieu de 2,4 et 1,9 respectivement dans les deux autres secteurs).

Les relevés réalisés dans les mégaphorbiaies de la Basse-Marche et du Haut-Limousin ne montrent pas de différence significative entre les densités moyennes (5 et 5,2 respectivement par m<sup>2</sup> de gîte). Les différences avec la valeur des Monts d'Ambazac (2 prédateurs par m<sup>2</sup> d'habitat) sont par contre significatives au seuil de 1 %.

Si l'on considère l'altitude moyenne des stations où les relevés ont été réalisés, on note que le nombre de mollusques par m<sup>2</sup> de gîte diminue lorsque l'altitude s'accroît. Les densités de prédateurs sont les plus élevées dans la Basse-Marche (220 m d'altitude moyenne), les plus basses dans les Monts d'Ambazac (363 m en moyenne).

#### DISCUSSION.

Les résultats présentés ci-dessus peuvent se résumer de la manière suivante :

- Le nombre de *Z. nitidus* est limité dans chaque type d'habitat (1,2 à 5 adultes par m<sup>2</sup>).
- Les densités moyennes sont significativement plus élevées dans les prairies avec mégaphorbiaie que dans les jonçales prairiales et sur les berges de rivière. Elles diminuent lorsque l'altitude moyenne des stations s'élève.

Malgré la similitude des données fournies par les techniques de dénombrement, le commentaire de ces résultats appelle une certaine réserve, car les deux méthodes ne permettent d'obtenir que des valeurs approchées, se situant probablement un peu au-dessous des valeurs réelles. Cette hypothèse se base sur les deux faits suivants :

- (1) Des observations complémentaires après la récolte des *Z. nitidus* par chasse à vue ont encore montré la présence de quelques individus vivants et de coquilles dans ces habitats (résultats non représentés).

- (2) Le calcul de l'effectif moyen par quadrat (seconde technique) doit tenir compte de la présence de groupements végétaux différents sur l'habitat de *Z. nitidus* puisque le nombre de mollusques est lié à la nature du groupement comme le montrent les travaux de JOURDIN *et al.* (1985) en rapportant des valeurs de 1,8 à 14,4 *Z. nitidus* par m<sup>2</sup> en fonction du groupement végétal. La présence de deux ou de plusieurs groupements végétaux est cependant limité à 4,5 % des prairies de vallée dans les secteurs d'étude de la Haute-Vienne (DIDIER, 1986).

Dans les habitats de la Haute-Vienne, les effectifs de *Z. nitidus* semblent limités et ceci s'explique en partie par la superficie modérée de leurs habitats (DIDIER et RONDELAUD, 1986). Ces résultats contrastent avec la valeur rapportée par MOENS (1982 b) avec la récolte de 18365 *Z. nitidus* en 28 jours d'étude dans une prairie abandonnée de 1 ha en Belgique. La discordance n'est qu'apparente si l'on rapporte cette valeur à un quadrat de 1 m<sup>2</sup> : le chiffre de 1,8 mollusques correspond à des valeurs obtenues dans la Haute-Vienne.

La diminution des effectifs en fonction de l'altitude confirme les premières observations de BADIE et RONDELAUD (1979) sur cette espèce dans les prairies marécageuses de la Haute-Vienne. Ce phénomène n'est pas spécifique : il toucherait tous les mollusques hygrophiles vivant dans ce type d'habitat.

Un point intéressant à discuter concerne l'influence de l'homme sur les effectifs de *Z. nitidus* lors de l'entretien régulier ou de l'abandon de la prairie. Ce point s'est révélé difficile à traiter dans le cadre du département de la Haute-Vienne car tous les habitats à *Z. nitidus* situés sur prairie font l'objet d'un entretien régulier avec fauche de la végétation prairiale lors de l'assèchement estival et curage automnal des rigoles de drainage éventuelles. JOURDIN *et al.* (1985) ont noté une concentration moyenne de 5,1 prédateurs (par m<sup>2</sup> d'habitat) dans une prairie marécageuse abandonnée depuis 13 ans et recouverte par huit groupements végétaux dans la région de Mézières-sur-Issoire. Mais cet exemple n'est pas suffisant pour dégager des conclusions par rapport aux habitats à entretien régulier. Seules des investigations complémentaires permettront de déterminer l'évolution des effectifs de *Z. nitidus* et, par suite, celle du peuplement malacologique dans des prairies abandonnées sur des périodes de plus en plus longues.

#### REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.

- BADIE, A., RONDELAUD, D., 1979.- Composition systématique et structure écologique du peuplement malacologique des prairies de la Haute-Vienne. *Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse*, 115, 323-334.
- BOTINEAU, M., 1985.- Contribution à l'étude botanique de la haute et moyenne vallée de la Vienne (Phytogéographie. Phytosociologie). *Bull. Soc. Bot. Centre-Ouest, N.S.*, 1-352.
- 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., 1986.- Contribution à l'étude des habitats du Mollusque *Zonitoides nitidus* Müller dans le département de la Haute-Vienne. *Ann. Sci. Limousin*, 2, 19-29.
- JOURDIN, S., RONDELAUD, D., DESCUBES-GOUILLY, C., GHESTEM, A., 1985.- La distribution des Mollusques Pulmonés dans une prairie marécageuse est-elle dépendante de celle des groupements végétaux constitutifs ? *Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse*, 121, 107-114.
- MOENS, R., 1980.- Au sujet de la lutte biologique contre *Lymnaea truncatula* Müller (Gastropoda), hôte intermédiaire de *Fasciola hepatica* L. (Trematoda). *Bull. Rech. Agronom. Gembloux*, 15, 227-238.
- MOENS, R., 1982 a.- Observations au sujet de la prédation de *Zonitoides nitidus* Müller sur *Lymnaea truncatula* Müller. *Bull. Ecol.*, 13, 273-282.
- MOENS, R., 1982 b.- Note au sujet de la distribution de *Zonitoides nitidus* Müller dans une prairie hygromorphe non fauchée. *Bull. Ecol.*, 13, 265-272.
- RONDELAUD, D., 1975.- Le contrôle biologique de *Lymnaea (Galba) truncatula* Müller par *Zonitoides nitidus* Müller, moyen de lutte biologique. *Ann. Parasitol. Hum. Comp.*, 50, 55-61.
- RONDELAUD, D., 1977.- Résultats et problèmes posés par l'introduction de Mollusques *Zonitidae* dans quelques biotopes à Limnées tronquées en Indre et Haute-Vienne. *Ann. Parasitol. Hum. Comp.*, 52, 521-530.
- 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. Vét.*, 17, 15-20.

LE CONTROLE MIXTE ET ALTERNE DE *Lymnaea truncatula* Müller.  
A PROPOS DE QUELQUES CONSEQUENCES SUR LA DYNAMIQUE DES AUTRES PULMONES  
AQUATIQUES DANS LES HABITATS A MALACOFAUNE POLYSPECIFIQUE.\*

D. RONDELAUD,

Faculté de Médecine, 2, Rue du Docteur-Raymond-Marcland,  
87025 - Limoges Cédex.

RESUME. - Des observations ont été réalisées dans neuf stations de la Haute-Vienne et de l'Indre sur une période de 2 ou 3 années après l'application d'un contrôle mixte et alterné sur les gîtes de *Lymnaea truncatula*. L'élimination du mollusque de ses habitats et la persistance de faibles effectifs se sont traduits par le développement des colonies de *L. glabra* dans les stations de la Haute-Vienne, de *L. glabra* et *Physa acuta* dans celles de l'Indre. L'augmentation des effectifs de *L. glabra* est lente en Haute-Vienne et s'effectue sur trois années ; l'accroissement des colonies de *L. glabra* et *P. acuta* est rapide dans l'Indre et se produit à partir de la 2<sup>e</sup> année post-traitement.

MOTS CLES : Contrôle des mollusques - Dynamique des populations - Gastéropode - *Lymnaea glabra* - *Lymnaea truncatula* - Mollusque - *Physa acuta*.

SUMMARY. - THE COMBIMATE AND ALTERNATE CONTROL OF *Lymnaea truncatula* Müller. ABOUT SOME CONSEQUENCES ON THE DYNAMICS OF OTHER AQUATIC PULMONATE SNAILS IN THE HABITATS WITH A POLYSPECIFIC MALACOFAUNA.

Observations were made in nine stations of Haute-Vienne and of Indre during 2 or 3 years after the application of a combined and alternate control of *Lymnaea truncatula* in its habitats. Their elimination or the persistence of low numbers in the habitats were followed by the extension of populations of *L. glabra* in the stations of Haute-Vienne, of *L. glabra* and *Physa acuta* in the stations of Indre. The increase of *L.-glabra* effectives in Haute-Vienne was progressive during three years ; the increase was faster in the *L.-glabra* and *P.-acuta* populations of Indre and occurred from the first year postcontrol.

KEY WORDS : *Gastropoda* - *Lymnaea glabra* - *Lymnaea truncatula* - *Physa acuta* - Population dynamics - Snail - Snail control.

---

INTRODUCTION.

Dans les habitats de la Limnée tronquée traités par voie biologique, l'élimination du mollusque entraîne des perturbations au niveau des effectifs de plusieurs espèces de Pulmonés. Une autre espèce de limnée, *Lymnaea glabra*, présente ainsi une expansion temporaire ou permanente de ses

---

\*) - Ces recherches ont été réalisées dans le cadre d'un contrat du M.R.T. (n° 85-H-1396).

colonies dans les habitats sur sol siliceux (RONDELAUD, 1982 ; BOUIX-BUSSON et RONDELAUD, 1984). Ces résultats montrent la nécessité d'une étude de ces effets sur une longue durée lors de l'application d'une nouvelle méthode de lutte contre *Lymnaea truncatula*.

Deux notes antérieures rapportent les résultats d'un contrôle mixte et alterné dans les habitats de ce mollusque sur terrains siliceux et sédimentaire. L'élimination de la limnée peut se réaliser en une seule année (a) par l'épandage d'un molluscicide ( $\text{CuCl}_2$ ) à dose sub létale (1 mg/l) en avril-mai lors de l'appariement des adultes et (b) par l'introduction de mollusques prédateurs terrestres (*Zonitoides nitidus*) dans les gîtes en juin-juillet au début de l'assèchement estival (RONDELAUD, 1986, 1988).

Le présent travail complète ces observations en étudiant la dynamique de plusieurs espèces de Pulmonés aquatiques dans les habitats de la limnée après l'application du contrôle mixte et alterné.

## MATERIEL ET METHODES.

### 1. Stations d'étude et matériel animal.

Les observations portent sur des stations où vivent plusieurs espèces de Mollusques aquatiques. Nous avons délaissé les rigoles et fossés colonisés par la seule Limnée tronquée.

#### A. Sur terrain siliceux.

Les sept habitats à Limnées tronquées sont localisés à l'extrémité distale de rigoles de drainage superficiel dans plusieurs prairies marécageuses aux environs de Limoges, Haute-Vienne. Situés sur gneiss ou migmatites, ces habitats sont parcourus par une eau de ruissellement oligocalcique (entre 7 et 11 mg/l d'ions calcium en solution) avec un pH compris entre 5,7 et 6,6.

Ces gîtes se distribuent entre trois stations témoins et quatre traitées par le contrôle mixte et alterné (en 1984).

La Limnée tronquée est présente dans les rigoles témoins. Par contre elle a disparu en une seule année de traitement dans trois gîtes et ne comprenait que sept individus lors des premières pluies post-estivales dans le dernier habitat (RONDELAUD, 1986).

Les rigoles montrent toutes la présence d'une colonie de *L. glabra* dans leur partie moyenne. Une autre limnée, *L. palustris*, vit plus en aval dans le fossé principal de drainage où la rigole se jette.

#### B. Sur terrain sédimentaire.

Les dix gîtes à Limnées tronquées se situent dans des fossés le long de plusieurs routes dans les communes de Migné et Nuret-le-Ferron (Indre). La présence d'un sédiment marneux se traduit par une teneur en calcium comprise entre 50 et 75 mg/l et un pH de 7,1 à 7,4 au niveau de l'eau de ruissellement.

Tous ces habitats sont en communication au cours de l'hiver et du printemps avec de petits ruisseaux par lesquels s'écoule le trop-plein de plusieurs étangs situés à proximité. La distance séparant ces gîtes des ruisseaux est variable : de 80 à 165 m.

Cinq habitats servent de témoins et présentent une colonie de Limnées tronquées. Les cinq autres ont été traités par le contrôle mixte en 1985 : *L. truncatula* a disparu en une seule année de quatre gîtes et persiste dans le dernier avec de faibles effectifs (RONDELAUD, 1987).

La portion des fossés la plus proche des ruisseaux héberge trois autres espèces de Pulmonés : *L. glabra*, *Physa acuta*, *P. hypnorum* (6 gîtes seulement). Le peuplement des ruisseaux comprend *Planorbis rotundatus* et *L. peregra peregra* en plus des espèces précédentes.

## 2. Protocole d'étude.

Trois relevés ont été réalisés dans chaque station, le premier en avril ou mai lors des premiers appariements des Limnées tronquées, le second en juin ou juillet au début de l'assèchement estival des habitats et le troisième en septembre après les premières pluies post-estivales. La date de ces observations dépend des conditions climatiques régnant dans les départements où se trouvent les stations : les deux premiers relevés sont plus précoces dans l'Indre que dans la Haute-Vienne, le troisième relevé plus tardif (de trois semaines environ).

Les relevés de la Haute-Vienne portent sur les gîtes occupés par *L. truncatula* et sur les rigoles et fossés situés plus en aval.

Les observations réalisées dans l'Indre ne concernent que la portion amont des différents fossés. Les ruisseaux et les vingt premiers mètres de chaque fossé sont en effet immergés sur une épaisseur de plus de 10 cm lors des relevés et, de ce fait, le dénombrement des mollusques est le plus souvent difficile à réaliser par la simple chasse à vue.

Au cours de ces relevés, deux paramètres sont considérés :

- L'effectif des colonies présentes dans les rigoles et fossés aussi bien pour *L. truncatula* que pour les autres espèces de Pulmonés.

- La superficie de l'aire colonisée par chaque population dans les rigoles et fossés de la Haute-Vienne, ou encore la longueur de fossé que les Pulmonés colonisent dans les localités de l'Indre à partir de la zone des vingt premiers mètres.

## 3. Expression des résultats.

La figure 1 montre l'évolution des effectifs de *L. glabra* et la superficie moyenne d'une colonie dans les stations de la Haute-Vienne entre 1984 et 1987.

La figure 2 présente l'évolution des effectifs de *L. glabra* et *P. acuta* dans les cinq fossés après le contrôle mixte de *L. truncatula*. La superficie du gîte de ces deux espèces est également indiquée pour les stations témoins et traitées.

Les résultats des autres Pulmonés ne sont pas mentionnés sur ces figures.

## RESULTATS.

### 1. Stations de la Haute-Vienne.

#### A. Rigoles et fossés témoins.

Les effectifs de *L. glabra* présentent une évolution numérique au cours de l'année avec un maximum en juillet et des valeurs plus basses lors des autres relevés. Les valeurs annuelles de chaque relevé pris isolément sont assez stables : 344 à 417 individus en moyenne par colonie en juillet entre 1984 et 1987 (fig. 1 a).

La superficie moyenne d'un habitat à *L. glabra* est maximale en juillet et moins étendue pour les deux autres. Les valeurs pour une colonie sont assez stables : 33 à 38 m<sup>2</sup> en juillet entre 1984 et 1987, 24 à 33 m<sup>2</sup> lors des autres relevés (fig. 1 b).

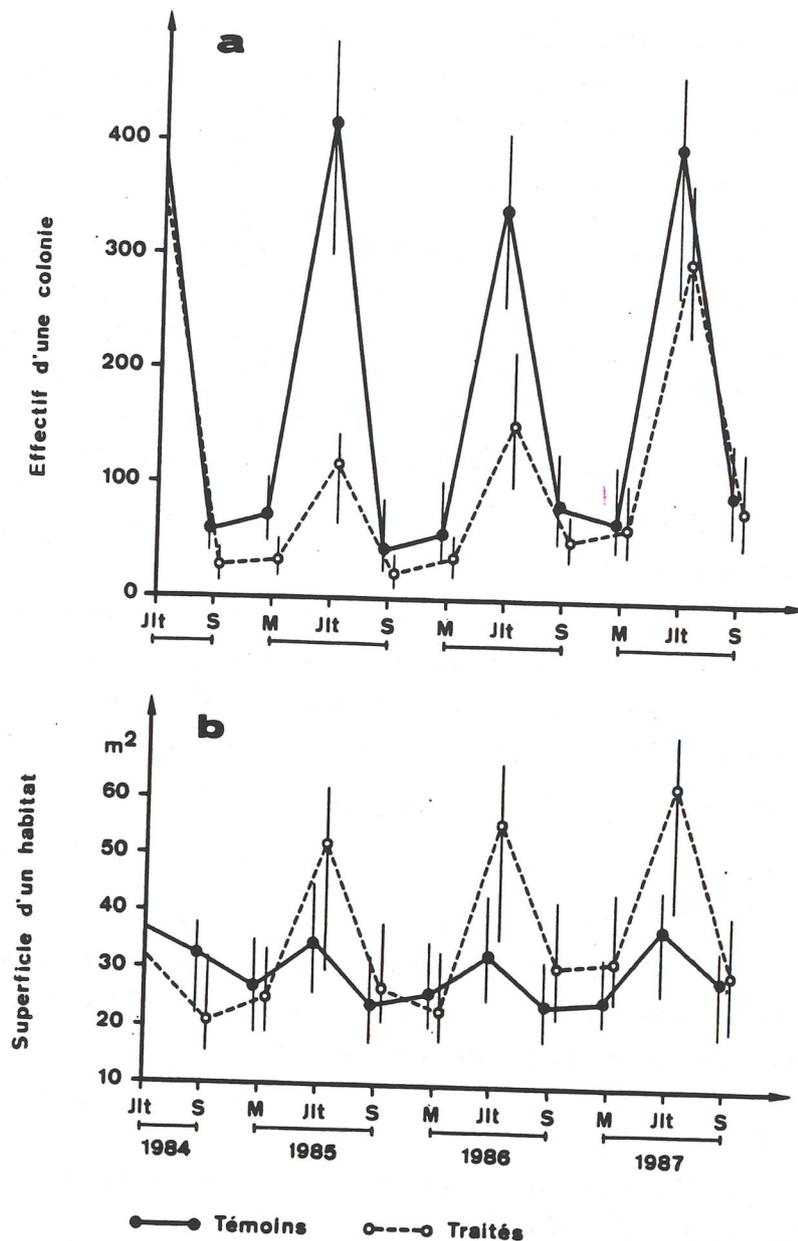


Figure 1 : - Les effectifs moyens de *L. glabra* dans trois stations témoins de la Haute-Vienne et dans quatre stations après application du contrôle mixte (en 1984) : 1 a.  
 - La superficie moyenne des habitats dans les mêmes stations : 1 b.  
 Les valeurs moyennes sont indiquées avec les limites. Abréviations. M : mai. Jlt : juillet. S : septembre.

L'étude des deux autres espèces, *L. palustris* et *L. truncatula*, fournit des résultats superposables à ceux de *L. glabra*. Les données présentent cependant des différences quantitatives en rapport avec l'espèce du mollusque. *L. palustris* a un effectif moyen de 640 à 810 individus et une superficie d'habitat comprise entre 120 et 160 m<sup>2</sup> lors des relevés en juillet. Les chiffres de *L. truncatula* sont par contre beaucoup plus faibles : 59 à 88 individus en moyenne par colonie, 12 à 15 m<sup>2</sup> par habitat lors des mêmes relevés (résultats non représentés).

#### B. Zones traitées par le contrôle mixte.

*L. truncatula* a été éliminé de trois rigoles par le contrôle. Dans la quatrième, les six individus notés en septembre 1984 n'ont pas été retrouvés l'année suivante.

Les effectifs de *L. palustris* et la superficie des habitats n'ont pas montré de variation à partir de 1985 : les valeurs sont sensiblement identiques à celles des témoins. Par contre des perturbations importantes ont été enregistrées chez *L. glabra* comme en témoigne la figure 1 :

- Les effectifs de la limnée présentent la même évolution numérique que celle notée dans les stations témoins. L'accroissement du nombre des individus entre mai et juillet est cependant beaucoup plus faible : 3,7 fois en 1985, 4,2 en 1986 et 4,5 en 1987 au lieu de 5,7 à 6 fois dans les rigoles témoins.

- La superficie des habitats est sensiblement identique en mai et en septembre ; par contre elle double lors du relevé de juillet. Cet accroissement de la superficie des gîtes s'effectue essentiellement vers l'amont, aux dépens des zones où vivaient les *L. truncatula*.

## 2. Stations de l'Indre.

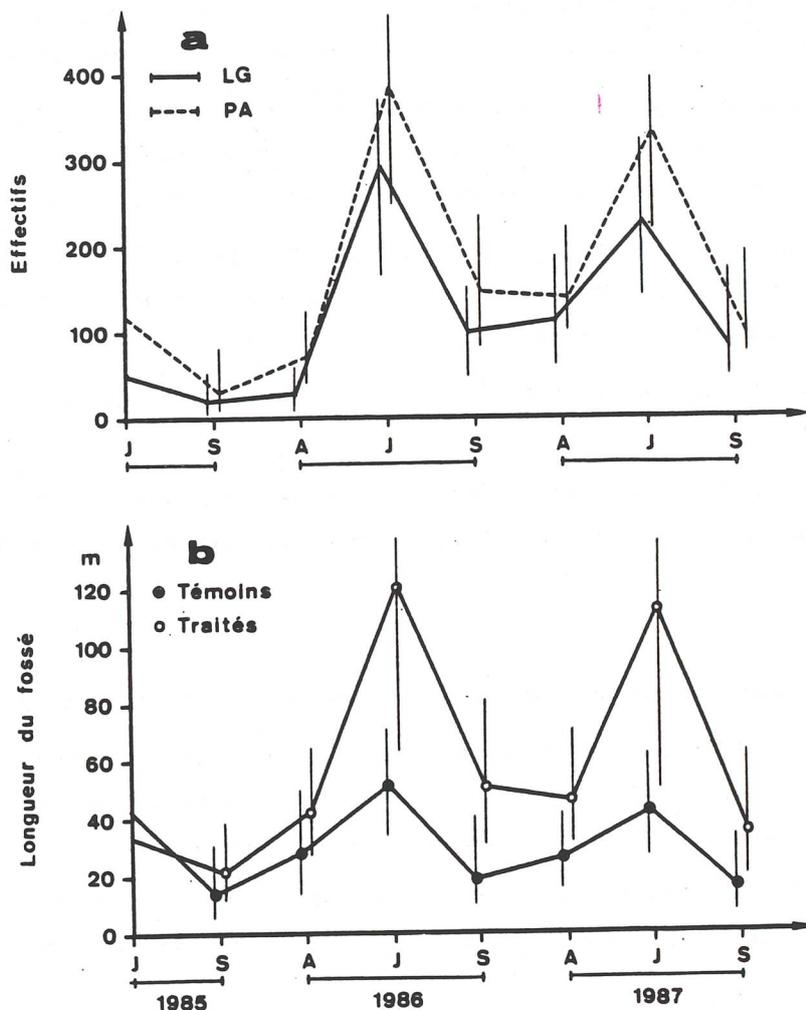


Figure 2 : - Les effectifs moyens de *L. glabra* (LG) et de *P. acuta* (PA) dans cinq stations de l'Indre après application du contrôle mixte en 1985 : 2 a.

- La longueur de fossé colonisée par ces deux espèces dans les stations témoins et dans les stations après traitement : 2 b.

Les valeurs moyennes sont indiquées avec les limites. Abréviations. A : avril. J : juin. S : septembre.

### A. Fossés témoins.

Les effectifs des colonies et la superficie des habitats présentent une évolution numérique au cours de l'année comme celle décrite dans les stations témoins de la Haute-Vienne. Les valeurs sont cependant assez stables lorsqu'on considère les chiffres obtenus pour un même relevé de 1985 à 1987.

Les gîtes de *L. truncatula* s'étendent sur une longueur de fossé comprise entre 53 et 75 m au mois de juin. L'effectif moyen d'une colonie est de 420 à 510 individus (résultats non présentés).

Les trois autres espèces ont un gîte de longueur plus faible : 43 à 53 m en moyenne lors des relevés de juin (fig. 2 b). Localisés dans la partie la plus basse des fossés, juste à proximité des ruisseaux, les effectifs en juin sont compris entre 60 et 114 individus pour *L. glabra*, entre 120 et 180 individus pour les deux espèces de physes prises séparément (résultats non présentés).

#### B. Fossés traités.

Quatre fossés ne possédaient plus de Limnées tronquées au début des observations. Les 21 mollusques retrouvés en septembre 1985 après le contrôle ont persisté au cours des relevés ultérieurs mais les effectifs sont toujours faibles (moins de dix limnées par relevé).

Après le contrôle, deux espèces de Pulmonés, *L. glabra* et *P. acuta*, ont présenté une expansion de leurs colonies vers les gîtes à *L. truncatula* comme le montre la figure 2 :

- Les deux mollusques montrent une brusque augmentation de leurs effectifs en 1986 avec des valeurs maximales en juin : 286 *L. glabra* et 387 *P. acuta* en moyenne par fossé. En 1987, on observe la même expansion des effectifs, malgré une légère diminution des chiffres (fig. 2 a).

- La longueur de fossé colonisée par ces deux espèces présente la même évolution que celle des effectifs. En 1986 et 1987, les dimensions des habitats sont à peu près le double de celles notées dans les fossés témoins (fig. 2 b).

La colonisation des gîtes à *L. truncatula* n'est pas complète et ne dépasse pas 50 % de la longueur de ces habitats.

L'autre espèce, *P. hypnorum*, n'a pas présenté de déplacement vers l'amont des fossés. Les effectifs des colonies sont sensiblement identiques à ceux des populations témoins.

#### DISCUSSION.

Les résultats présentés ci-dessus peuvent se résumer de la manière suivante :

- L'élimination de la Limnée tronquée après un contrôle mixte ou la persistance de faibles effectifs se sont traduits par le développement de colonies d'autres Pulmonés aquatiques (*L. glabra*, *P. acuta*) dans les rigoles et fossés à malacofaune polyspécifique.

- L'accroissement des effectifs est rapide et se produit à partir de la 1<sup>e</sup> année post-traitement dans les fossés de l'Indre. Il est progressif et s'étale sur trois années dans les stations de la Haute-Vienne.

L'extension des colonies de *L. glabra* après la disparition de la Limnée tronquée est conforme aux observations que nous avons déjà rapportées sur cette même espèce après l'application d'un contrôle biologique dans le département de la Haute-Vienne (RONDELAUD, 1982).

La rapidité du développement constatée dans les populations de l'Indre après un traitement mixte contraste avec l'expansion progressive des effectifs dans les stations de la Haute-Vienne. Cette discordance entre nos résultats se révèle délicate à interpréter. L'effet protecteur du calcium sur la toxicité des ions cuivre (MARTIN et COUGHTREY, 1975 ; VINCENT *et al.*, 1986) pourrait être le principal facteur à l'origine de l'extension rapide des colonies dans les stations de l'Indre sur terrain sédimentaire. Dans les habitats de la Haute-Vienne sur sol oligocalcique, nos résultats ne peuvent s'expliquer que par l'hypothèse d'une destruction brutale de la micro-flore algale lors du traitement chimique puisque ABDEL-MALEK (1962) n'admet pas de rémanence pour le chlorure cuivrique : cette flore, dont se nourrissent les *L. glabra*, ne se reconstituerait que très lentement au cours des années ultérieures.

L'expansion limitée des autres Pulmonés aquatiques dans les rigoles et fossés témoins possédant une colonie de *L. truncatula* sous-entend que cette espèce est capable d'empêcher la colonisation de ses habitats. Les facteurs climatiques et édaphiques ne peuvent expliquer cet isolement puisque ces Pulmonés vivent dans les mêmes stations et subissent la même estivation. Il est nécessaire d'admettre l'existence d'un autre facteur, vraisemblablement émis par la Limnée tronquée.

#### REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.

- ABDEL MALEK, E., 1962.- Bilharziasis control in pump schemes near Khartoum, Sudan, and an evaluation of the efficacy of chemical and mechanical barriers. *Bull. Org. Mond. Santé*, 27, 41-58.
- BOUIX-BUSSON, D., RONDELAUD, D., 1984.- Etude de relations entre deux espèces de limnées dans leurs habitats naturels. *Rev. Méd. Vét.*, 135, 449-457.
- MARTIN, M.H., COUGHTREY, P.J., 1975.- Comparison between the levels of Pb, Zn and Cd with a contaminated environment. *Chemosphere*, 5, 15-20.
- RONDELAUD, D., 1982.- Le contrôle biologique par prédation de *Lymnaea truncatula* Müller. Etude expérimentale de la dynamique de cinq espèces de mollusques après arrêt du traitement. *Malacologia*, 22, 697-700.
- 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. Vét.*, 17, 15-20.
- RONDELAUD, D., 1988. Le contrôle mixte et alterné de *Lymnaea truncatula* Müller. Etude comparative de deux techniques pour l'épandage du molluscicide. *Ann. Rech. Vét.* (sous presse).
- VINCENT, M., DEBORD, J., PENICAUT, B., 1986.- Action comparée de la toxicité de chlorures métalliques et d'un molluscicide organique de synthèse, la N-trityl-morpholine, sur deux Amphipodes dulcaquicoles *Gammarus pulex* et *Echinogammarus berilloni*. *Ann. Rech. Vét.*, 17, 441-446.

LE SITE DU LONGÉROUX (Corrèze) :  
PREMIERS DOCUMENTS PHYTOSOCIOLOGIQUES  
(bas marais tourbeux, tourbière active et landes tourbeuses)

par GHESTEM, A., BOTINEAU, M., DESCUBES-GOUILLY, C. (.)  
et VILKS, A. (..)

RESUME.- Les auteurs présentent divers groupements végétaux du site de la tourbière du Longéroux (Corrèze), correspondant aux sources de la Vézère. Sont étudiés successivement divers aspects des bas marais, la prairie tourbeuse, (classe des *Caricetea fuscae*), la tourbière active et les landes tourbeuses (classe des *Oxycocco-Sphagnetea*), enfin la pelouse tourbeuse périphérique dont la position systématique est discutée.

MOTS-CLES : Corrèze, Longéroux, Tourbière, Phytosociologie.

SUMMARY.- The authors present different vegetal societies in the site of the peat-bog of the "Longéroux" (Corrèze), corresponding to sources of the river Vézère. They successively study several sights of low mashes, the peaty meadow (*Caricetea fuscae* Class), the active peat-bog zone, and the peaty heathes (*Oxycocco-Sphagnetea* Class), and at last, around the site, the peaty lawn, which systematic position is discussed by the authors.

KEY-WORDS : Corrèze, Longéroux, peat-bog, Phytosociology.

---

Le site du Longéroux, qui correspond aux sources de la Vézère (Bassin de la Garonne), avait fait l'objet en 1977 d'une prospection botanique générale dans le cadre de l'Inventaire National des Tourbières de France (1981). Comme suite aux propositions de celui-ci, la remarquable tourbière du Longéroux a été depuis peu protégée par un arrêté préfectoral de protection de biotope (1986).

Nous avons donc eu l'occasion de prolonger nos investigations dans ces milieux tourbeux diversifiés et rendons compte dans cette première note des différents aspects des groupements végétaux turficoles rencontrés.

La tourbière du Longéroux est située en bordure méridionale du Plateau de Millevaches sur les communes de Meymac, Chavanac, St-Merd-les-Oussines et St-Sulpice-les-Bois, à une altitude de 900 m.

---

(.) Laboratoire de Botanique - Faculté de Pharmacie, Limoges.

(..) Laboratoire de Biologie Végétale - Faculté des Sciences, Limoges.

\* Les auteurs remercient bien vivement M.-A. ROGEON (Société Botanique du Centre-Ouest) qui a bien voulu revoir les déterminations de sphaignes.

La tourbière du Longéroux est installée dans le fond d'un alvéole granitique du site. C'est une tourbière acide à sphaignes évoluant vers la lande tourbeuse. La surface protégée (fond tourbeux) s'étend sur 250 ha et fait partie d'un site naturel, en cours d'inscription, de 1000 ha environ (landes et bois de pente des puits environnants).

Les différentes formations végétales : bas marais, tourbière, lande, prairie tourbeuse, peuvent s'interpénétrer localement en raison des faibles variations microtopographiques. C'est ainsi qu'existent inévitablement des contacts qui apparaissent ici ou là dans les tableaux de végétation.

Nous présenterons successivement deux types de bas marais tourbeux, puis une prairie tourbeuse à Molinie, ensuite la tourbière active et enfin des aspects de landes tourbeuses.

## I) LES BAS MARAIS TOURBEUX

Ils se présentent sous deux aspects principaux : la Parvo-Cariçaie, où *Menyanthes trifoliata* joue un rôle physiognomique important, et la Magno-Cariçaie à *Carex rostrata*.

### a) La Parvo-Cariçaie (Tab. n°1)

Le groupement est défini par *Carex curta* (= *C. canescens*), peu abondant dans nos relevés (il est effectivement rare en Limousin), et *Agrostis canina*. Deux autres *Carex* les accompagnent régulièrement : *C. echinata* et *C. nigra*. Enfin, le Menyanthe s'y développe considérablement cachant un tapis dense de diverses sphaignes.

Deux faciès s'y observent :

Une variante typique où domine *Sphagnum fallax*, et une variante définie par l'apparition de *Carex rostrata* associé ici à *Sphagnum cuspidatum* et *Sphagnum subsecundum*.

On y note la présence souvent discrète de la Molinie et quelques autres espèces des prairies hygrophiles.

Ce groupement paraît assez bien correspondre au *Carici canescenti-Agrostietum caninae*, association typique des régions montagnardes et continentales (B. de FOUCAULT, 1986). Notre variante à *C. rostrata* rencontrée par N. LALEMODE (1986) en Haute Creuse dans des queues d'étangs a déjà été décrite par R. TUXEN (1937) et E. OBERDORFER (1957).

### b) La Magno-Cariçaie (Tab. n°2)

En raison de la taille et du développement de *C. rostrata*, ce groupement comporte assez peu d'espèces de phanérogames. Les plus constantes sont *Agrostis canina* et *Molinia caerulea*.

Sous ces plantes s'étend un épais tapis de Sphaignes. Ce sont surtout *Sphagnum fallax* relayé par *Sph. flexuosum* et *Sph. acutifolium*, ces deux dernières espèces annonçant déjà la tourbière active.

Les trois premiers relevés où se localise *Menyanthes Trifoliata* constituent une transition avec le groupement précédemment étudié.

Ce groupement à *Carex rostrata* est bien différent du *Caricetum rostratae* que l'on rencontre plutôt dans les ceintures d'étangs, sans sphaigne. Ceci est confirmé par l'absence d'espèces caractéristiques de la classe correspondante des *Phragmitetea*.

J.M. GÉHU (1961) considère que de telles cariçaies à *C. rostrata* et *Menyanthes trifoliata* sont issues de groupements de tourbière initiale correspondant au *Caricion lasiocarpae*,

R. SCHUMACKER (1980) et K. DIERSSEN (1980) confirmant cette opinion.

## II) LA PRAIRIE TOURBEUSE (Tab. n°3)

Elle est définie par la coexistence de *Juncus acutiflorus* et de *Carum verticillatum*. Les espèces des prairies hygrophiles y sont les plus nombreuses représentées surtout par *Molinia caerulea*, dont le développement prend de plus en plus d'ampleur, ainsi que par *Agrostis canina*.

Cette Jonçaille-Moliniaie est nettement tourbeuse. On y note la présence régulière de Sphaignes appartenant à diverses espèces : *Sph. fallax*, déjà citée précédemment, mais aussi *Sph. palustre*, *Sph. lescurii* ou encore *Sph. tenellum* et *Sph. acutifolium*.

Ce groupement est à rattacher, selon nous, à l'association du *Caro verticillati-Jun-cetum acutiflori* Oberd. 1979. Cependant le caractère atlantique de ce groupement semble ici atténué, sans doute en raison de la situation géographique et peut-être aussi du microclimat rude de la tourbière. Les autres plantes caractéristiques de cette association (*Wahlenbergia hederacea*, *Anagallis tenella*, *Hydrocotyle vulgaris*) sont absentes, alors qu'apparaît une espèce indicatrice des régions plus montagnardes : *Viola palustris*.

## III) LA TOURBIERE ACTIVE (Tab. n°4)

Dans le site du Longéroux, la partie active de la tourbière n'est pas très représentée en raison de son évolution en lande tourbeuse.

Cependant, quelques zones ont été inventoriées permettant la réalisation d'un petit tableau.

La combinaison qui caractérise ce groupement est la suivante : *Vaccinium oxycoccos* et *Carex pauciflora* (ce dernier n'est présent, pour le Limousin, qu'en quelques stations de Corrèze) qui sont associés à *Sphagnum magellanicum* et *Polytrichum strictum*.

S'ajoutent à ces espèces des plantes des unités supérieures (*Erico-Sphagnetalia* et *Oxycocco-Sphagnetea*), spécifiques des landes tourbeuses : surtout *Eriophorum vaginatum*, *Scirpus cespitosus*, *Erica tetralix*. Quelques espèces des bas marais y sont présentes mais de façon discrète, à l'exception de *Sphagnum cuspidatum*.

La présence dans ce groupement à *Sphagnum magellanicum* d'espèces à affinités boréales (*Vaccinium oxycoccos*, *Carex pauciflora*, *Eriophorum vaginatum*) permet, comme le rappellent B. CLEMENT et J. TOUFFET (1980), de le rattacher à l'association de l'*Erico tetralicis-Sphagnetum magellanicum* (Moore 1964) Touffet 1969.

C'est dans un tel milieu, mais ayant déjà évolué en lande tourbeuse, que L. BRUNERYE a découvert, en 1972, une espèce nouvelle pour le Limousin, *Vaccinium microcarpum*, dont la tourbière du Longéroux constitue l'extrême limite occidentale de son aire.

Nous rappelons ci-dessous le relevé botanique qu'en a publié l'auteur en 1975 :

<i>Vaccinium microcarpum</i>	1	<i>Molinia caerulea</i>	+
<i>Vaccinium oxycoccos</i>	1	<i>Potentilla erecta</i>	+
<i>Sphagnum fuscum</i> (= <i>magellanicum</i> )	3	<i>Juncus effusus</i>	+
<i>Polytrichum strictum</i>	2	<i>Eriophorum angustifolium</i>	+
<i>Scirpus cespitosus</i>	2	<i>Calluna vulgaris</i>	+
<i>Eriophorum vaginatum</i>	1	<i>Galium saxatile</i>	+
<i>Erica tetralix</i>	+	<i>Festuca rubra</i>	+
<i>Juncus squarrosus</i>	+	<i>Deschampsia flexuosa</i>	+
<i>Sphagnum flexuosum</i>	2	<i>Pleurozium schreberi</i>	+
		<i>Hypnum cupressiforme</i> var. <i>ericetorum</i>	+
		<i>Sphagnum intermedium</i>	1
		<i>Sphagnum palustre</i>	+
		<i>Calypogeia fissa</i>	+

Outre *Vaccinium microcarpum*, on retrouve les caractéristiques du groupement précédent avec cependant un plus fort développement de la Callune et une plus grande variété des espèces de la lande.

Enfin, au sein de milieux tourbeux étrépés, apparaissent des peuplements rassemblant *Rhynchospora alba*, *Drosera rotundifolia* et *Vaccinium oxycoccos* (voir relevé ci-dessous) qui marqueraient, selon B. de FOUCAULT (1986) une régression du groupement de tourbière active précédent, du fait du pâturage.

Surface : 4 m <sup>2</sup>	
Recouvrement : Phanérogames 40 %	
Bryophytes 10 %	
Nombre d'espèces : 10	
<i>Rhynchospora alba</i>	+
<i>Drosera rotundifolia</i>	+2
<i>Vaccinium oxycoccos</i>	+
<i>Menyanthes trifoliata</i>	21
<i>Carex nigra</i>	+2
<i>Viola palustris</i>	+2
<i>Sphagnum cuspidatum</i>	11
<i>Molinia caerulea</i>	21
<i>Potentilla erecta</i>	+2
<i>Luzula multiflora</i>	+2

#### IV) LES LANDES TOURBEUSES (Tab. n°5)

Elles occupent, dans le site du Longéroux, d'énormes surfaces et marquent le terme de l'évolution de ces milieux tourbeux.

Quoique d'aspects différents, elles paraissent correspondre à une même association définie par la présence de *Eriophorum vaginatum* et *Scirpus cespitosus*.

Le tapis bryophytique est surtout formé de *Sphagnum flexuosum* et *Aulacomnium palustre*.

Parmi les compagnes, les plus régulièrement présentes sont les espèces des pelouses et landes sèches avec *Calluna vulgaris*, *Deschampsia flexuosa*..., mais encore *Molinia caerulea* et *Potentilla erecta*, de plus large amplitude écologique.

Dans ce tableau, trois aspects peuvent être distingués :

a) Relevés 1 à 5, où persistent encore des espèces de bas marais : *Carex nigra*, *Agrostis canina*, *Eriophorum angustifolium*, *Carex echinata*...

b) Relevés 6 à 10, où se concentre *Erica tetralix*. A cette espèce, s'associe particulièrement *Scirpus cespitosus* qui présente à ce niveau un développement spectaculaire.

c) Enfin, relevés 11 à 14, où la Molinie devient prépondérante. Elle constitue ici de vigoureux touradons. Sa litière étouffante amène la constitution de groupements paucispécifiques.

L'ensemble de ces landes doit pouvoir être rattaché à l'association de l'*Eriophoro vaginati-Scirpetum cespitosi* Rübél 1933, qui se différencie de l'*Ericetum tetralicis* (Allorge 1922) Jonas 1932 par le caractère essentiellement circumboréal de sa flore.

Quelques espèces de caractère subatlantique sont cependant encore présentes : l'une des plus spectaculaires étant *Gentiana pneumonanthe* qui semble très localisée dans ce milieu de landes tourbeuses.

#### V) LA PELOUSE TOURBEUSE (Tab. n°6)

En périphérie de la tourbière et faisant transition avec les landes sèches des pentes, se localise une pelouse tourbeuse à Nard dont les caractéristiques locales sont *Juncus squarrosus* et *Pedicularis sylvatica*.

On constate un certain équilibre entre les espèces des pelouses sèches du *Nardo-Galium* (*Potentilla erecta*, *Polygala serpyllacea*, *Luzula multiflora*) et celles des prairies hygrophiles ou de bas marais (*Molinia caerulea*, *Carex panicea*, *Carum verticillatum*, *Carex echinata*...).

Cette association très classique, déjà bien observée en Limousin (A. GHESTEM et A. VILKS, 1980; H. STIEPERAERE, 1980) porte le nom de *Nardo-Juncetum squarrosi* Nordhagen 1972. Sa position synsystématique a fait l'objet de controverses : H. STIEPERAERE, 1980, J. DE SLOOVER et al., 1980, B. de FOUCAULT, 1984.

Il nous semble bien difficile de maintenir cette association au sein de la classe des *Nardetea strictae* qui doit, en principe, être réservée aux pelouses acidiphiles sèches sur substrat minéral. En raison de la présence de sphaignes mais surtout de nombreuses espèces hygrophiles, sa place nous paraîtrait devoir être dans le cadre des groupements de bas marais tourbeux (*Caricetea fuscae*), comme l'a proposé B. de FOUCAULT (1984).

#### POSITION SYNSYSTEMATIQUE DES GROUPEMENTS ETUDIES

*Caricetea fuscae* (Den Held et Westhoff 1969) de Foucault 1984

*Molinio-Caricenea nigrae* (Julve 1983) de Foucault 1984

*Juncus acutiflori-Caricetalia nigrae* (Duv. 1943) Julve 1983

*Anagallido-Juncion acutiflori* Br.-Bl. 1967

- *Caro verticillati-Juncetum acutiflori* Oberd. 1979

- (?) *Nardo-Juncetum squarrosi* Nordh. 1922

*Caricion nigrae* (Koch 1926) Klika 1934 em. Br.-Bl. 1949

- *Carici canescenti-Agrostietum caninae* Tx. 1937

*Caricion lasiocarpae* Vanden Berghen ap. Lebrun et al. 1949

- groupements à *Carex rostrata* et Sphaignes

(*Caricetum rostratae*)

*Oxycocco-Sphagnetea* Br.-Bl. et Tx. 1943

*Erico-Sphagnetalia* Schwick. 1940 em. Br.-Bl. 1949

*Oxycocco-Ericion tetralicis* (Nordh. 1936) Tx. 1937 em. Moore 1968

(= *Sphagnion fusci* Br.-Bl. 1926 p.p.)

- *Erico tetralicis-Sphagnetum magellanicum* (Moore 1964) Touffet 1969

(= *Sphagnetum magellanicum subatlanticum*)

*Ericion tetralicis* Schwick. 1933

- *Eriophoro vaginati-Scirpetum (Trichophoretum) cespitosi* Rüb. 1933

#### BIBLIOGRAPHIE

- A.U.L.E.P.E., 1984. - Connaître les plantes remarquables du Limousin. 20 pp., Centre Imp. Limoges.
- BRUNERYE, L., 1975. - *Vaccinium microcarpum* Schmahl., espèce arcto-alpine en France, nouvelle pour le Massif-Central. *Bull. Soc. Bot. France*, 122, 321-330.
- CLÉMENT, B. et TOUFFET, J., 1980. - Contribution à l'étude de la végétation des tourbières de Bretagne : les groupements du *Sphagnion*. *Colloques Phytosoc. VII : la végétation des sols tourbeux*, Lille 1978, 17-34, Vaduz.
- DE SLOOVER, J., DUMONT, J.M., GOSENS, M., et LEBRUN, J., 1980. - Les Landes tourbeuses du Plateau des Tailles (Ardenne). *Colloques Phytosoc. VII : La végétation des sols tourbeux*, Lille 1978, 121-133, Vaduz.
- DIERSSEN, K., 1980. - Some aspects of the classification and mesotrophic mire communities in Europe. *Colloques Phytosoc. VII : La végétation des sols tourbeux*, Lille 1978, 399-423, Vaduz.
- FOUCAULT, B. de, 1984. - Systémique, structuralisme et synsystématique des prairies hygrophiles des plaines atlantiques françaises. Thèse Doct. Etat ès-Sciences Nat., Rouen, 675 p.
- FOUCAULT, B. de, 1986. - Données phytosociologiques sur la végétation observée lors de la douzième session de la S.B.C.D. en Limousin et Marche. *Bull. Soc. Bot. Centre-Ouest, N.S.*, 17, 291-308.
- GÉHU, J.M., 1961. - Les Groupements végétaux du bassin de la Sambre française. Thèse Doct. Etat en Pharmacie, Lille 1959, *Vegetatio* 10 (2-6), 132-133, Den Haag.
- GHESTEM, A. et VILKS, A., 1980. - Contribution à l'étude phytosociologique des tourbières acides du Limousin. *Colloques Phytosoc. VII : La végétation des sols tourbeux*, Lille 1978, 165-182, Vaduz.
- Institut Européen d'Ecologie, - 1981. - Inventaire des tourbières de France : région Limousin, 49 p.
- OBERDORFER, E., 1957. - Süddeutsche Pflanzengesellschaften. *Pflanzensoz.* 10, 1-564, Iena.
- SCHUMACKER, R., 1980. - Groupements du *Caricetum limosae* (Paul. 1910) Osv. 1923, du *Rhynchosporium albae* Koch 1926, du *Caricetum lasiocarpae* Koch 1926 et à *Carex rostrata-Sphagnum apiculatum* en Haute Ardenne nord-orientale. *Colloques Phytosoc. VII : La végétation des sols tourbeux*, Lille 1978, 461-475, Vaduz.
- STIEPERAERE, H., 1980. - Quelques aspects des pelouses tourbeuses du *Juncion squarrosi* (Oberd. 1957) Pass. 1964 en France. *Colloques Phytosoc. VII : La végétation des sols tourbeux*, Lille 1978, 359-369, Vaduz.
- TÜXEN, R., 1937 (1970). - Die Pflanzengesellschaften Nordwestdeutschlands. *Mitt. Flor.-soz. Arbeitsg.* 3 : 1-170. Lehre.

Tableau n° 1 - LA PARVO-CARICAIE (*Carici canescenti-Agrostietum caninae*)

Numéro des relevés	1	2	3	4	5	6	7
Surface en m <sup>2</sup>	4	3	10	5	30	30	50
Recouvrement % strate H.	50	30	50	60	80	40	60
Bryophytes	90	100	90	60	100	100	100
Nombre d'espèces H	5	6	9	11	13	8	13
B	1	1	1	3	6	3	5
<b>Esp. caractéristiques d'association</b>							
<i>Agrostis canina</i>	11	+2	+	+2	+	11	22
<i>Carex curta (=canescens)</i>					+2		
<b>Esp. différentielle de variante</b>							
<i>Carex rostrata</i>					+2	+2	23
<b>Esp. car. du Caricion nigrae et des Unités Supérieures</b>							
<i>Carex echinata</i>	+2	11	+2	11	+	+2	12
<i>Carex nigra</i>		+	21	11	21	21	
<i>Viola palustris</i>							+
<i>Menyanthes trifoliata</i>	21	22	43	33	33	33	23
<i>Potentilla palustris</i>				22	33		+2
<i>Epilobium palustre</i>					11		+
<i>Eriophorum angustifolium</i>					+2		11
<i>Sphagnum fallax</i>	54	55	55	33			
<i>Sphagnum cuspidatum</i>				+2	33	33	
<i>Sphagnum subsecundum</i>					22		22
<i>Drepanocladus exannulatus</i>					+		+
<i>Calliergon stramineum</i>					+		
<i>Molinia caerulea</i>	33	+	+	+2	+2	+2	22
<i>Potentilla erecta</i>				12			+2
<i>Luzula multiflora</i>			12	+	+2	+2	12
<i>Festuca rubra et rivularis</i>			+2				+2
<i>Holcus lanatus</i>				+2	+2		
<i>Juncus effusus</i>					+2		
<i>Epilobium gr. tetragonum</i>				+			
<i>Cirsium palustre</i>			i				
<b>Compagnes</b>							
<i>Vaccinium oxycoccos</i>	+2	22	+				
<i>Drosera rotundifolia</i>						+	+
<i>Polytrichum commune</i>				12	+2	+2	+2
<i>Sphagnum flexuosum</i>						33	33
<i>Sphagnum papillosum</i>					22		33
<i>Aulacomnium palustre</i>				+2			

Tableau n°2 - LA MAGNO-CARICAIE (groupement à *Carex rostrata* et Sphaignes).

Numéro des relevés	1	2	3	4	5	6
Surface en m <sup>2</sup>	5	10	5	50	10	30
Recouvrement % Strate H.	70	70	80	50	50	50
Bryophytes	80	80	50	90	100	90
Nombre d'espèces H	6	5	12	8	10	5
B	1	2	2	2	2	2
<b>Car. et différentielles du groupement</b>						
<i>Carex rostrata</i>	33	44	42	32	34	33
<i>Sphagnum fallax</i>	44	44	22	33		
<i>Sphagnum flexuosum</i>					55	33
<i>Sphagnum acutifolium</i>						22
<b>Car. de la classe des <i>Carietea fuscae</i></b>						
<b>All. du <i>Caricion nigrae</i></b>						
<i>Agrostis canina</i>	+	+	11	21	21	+2
<i>Menyanthes trifoliata</i>	+2	11	21			
<i>Carex nigra</i>			+2			+2
<i>Viola palustris</i>					+2	
<i>Epilobium palustre</i>					+2	
<b>All. de l'<i>Anagallido-Juncion</i></b>						
<i>Molinia caerulea</i>	11	+	44	11	+	11
<i>Potentilla erecta</i>			11	11	+	
<i>Juncus effusus</i>				+2	+2	+2
<i>Festuca rubra et rivularis</i>			+	+2	12	
<i>Juncus acutiflorus</i>					11	
<i>Carum verticillatum</i>			11			
<i>Holcus lanatus</i>			12			
<i>Luzula multiflora</i>			+			
<i>Epilobium gr. tetragonum</i>			+			
<b>Compagnes</b>						
<i>Vaccinium oxycoccos</i>	22	22				
<i>Eriophorum vaginatum</i>			+2	+2		
<i>Deschampsia flexuosa</i>				+2	+2	
<i>Calluna vulgaris</i>	+2					
<i>Polytrichum commune</i>		+2		33	33	
<i>Sphagnum palustre</i>			33			

Tableau n°3 - LA PRAIRIE TOURBEUSE (*Caro verticillati-Juncetum acutiflori*).

Numéro des relevés	1	2	3	4
Surface en m <sup>2</sup>	4	2	2	10
Recouvrement % Strate H.	90	50	30	80
Bryophytes	80	90	80	30
Nombre d'espèces H	5	8	5	12
B	2	3	1	2
<u>Combinaison caractéristique</u>				
<i>Juncus acutiflorus</i>	33	11		+2
<i>Carum verticillatum</i>		21	+	+2
<u>Car. de la classe des Caricetea-fuscae</u>				
<u>All. de Anagallido-Juncion</u>				
<i>Molinia caerulea</i>	22	21	22	54
<i>Potentilla erecta</i>		+		11
<i>Carex panicea</i>		11	31	
<i>Festuca rubra et rivularis</i>		+2		+
<i>Luzula multiflora</i>			+2	
<i>Juncus effusus</i>				+2
<i>Epilobium tetragonum</i>				+
<i>Cirsium palustre</i>				+2
<u>All. du Caricion nigræ</u>				
<i>Agrostis canina</i>	11	21	+	11
<i>Carex rostrata</i>	+2			
<i>Menyanthes trifoliata</i>	+			
<i>Viola palustris</i>				+2
<u>Compagnes</u>				
<i>Deschampsia flexuosa</i>				+2
<i>Galium saxatile</i>				+2
<i>Scirpus cespitosus</i>			+2	
<i>Sphagnum tenellum</i>		22		
<i>Sphagnum acutifolium</i>				+2
<i>Sphagnum fallax</i>	33	22		
<i>Polytrichum commune</i>	33	22		
<i>Sphagnum palustre</i>				33
<i>Sphagnum lescurii</i>			44	

Tableau n°4 - LA TOURBIERE ACTIVE (*Erica tetralicis*-*Sphagnetum magellanicum*).

Numéro des relevés	1	2	3
Surface en m <sup>2</sup>	50	5	30
Recouvrement % Strate H.	80	70	80
Bryophytes	30	90	80
Nombre d'espèces H	9	8	13
B	5	4	4
<b>Caractéristiques de <i>Sphagnion fusci</i></b>			
<i>Vaccinium oxycoccos</i>	+2	+	+2
<i>Carex pauciflora</i>	11	21	+2
<i>Sphagnum magellanicum</i>	+2	22	
<i>Polytrichum striatum</i>	+2		
<b>Car. de l'<i>Ericion tetralicis</i> et des</b>			
<b><i>Erica-Sphagnetalia</i></b>			
<i>Eriophorum vaginatum</i>	44	+2	22
<i>Scirpus cespitosus</i>	+2	+2	+2
<i>Erica tetralix</i>	+2	12	
<i>Sphagnum capillifolium</i>		+2	
<i>Odontoschisma sphagni</i>			+2
<b>Compagnes</b>			
<i>Calluna vulgaris</i>	23	12	+2
<i>Deschampsia flexuosa</i>	+2		+2
<i>Pleurozium schreberi</i>	+2		
<i>Molinia caerulea</i>	+	22	44
<i>Potentilla erecta</i>	+2		+2
<i>Sphagnum cuspidatum</i>	22	44	54
<i>Carex echinata</i>		+2	+2
<i>Eriophorum angustifolium</i>			+2
<i>Carex nigra</i>			+
<i>Agrostis canina</i>			+
<i>Betula pubescens x pendula</i>			+
<i>Polytrichum commune</i>	+2		12
<i>Sphagnum palustre</i>		+2	
<i>Scapania irrigua</i>			+

Tableau n° 5 - LES LANDES TOURBEUSES (*Eriophoro vaginati-Scirpetum cespitosi*).

Numéro des relevés	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14														C.P.
	Surface en m <sup>2</sup>	150	20	20	150	500	50	100	50	200	10	150	50	200	
Recouvrement %	80	70	70	80	80	100	90	80	90	80	90	70	90	70	
Strate H.															
Bryophytes		20	10	10	90	30	10	30	20	30	40	30	30	10	10
Lichens					10										
H.	10	11	11	12	10	11	8	9	10	12	8	8	7	7	
B. + L.	4	2	1	5	1	1+1	3+1	1	4	2	5	4	1	2	
<b>Espèces des <i>Erico-Sphagnetalia</i> et des <i>Oxycocco Sphagneteae</i> :</b>															
<i>Eriophorum vaginatum</i>	+	32	23	+2	44	+2	+		22		12		+2	+2	IV
<i>Scirpus cespitosus</i>		+2	+2	+2		43	44	33	22	33					III
<i>Erica tetralix</i>					+	12	12	12	11	22	+2		+		III
<i>Juncus squarrosus</i>			+2			+2			+	+2					II
<i>Vaccinium oxycoccus</i>	+										+				I
<i>Gentiana pneumonanthe</i>								11							+
<i>Sphagnum flexuosum</i>		12	+2	55		+2		12		12					III
<i>Aulacomnium palustre</i>				+			+2		+		+2	+2		+	III
<i>Polytrichum strictum</i>				+2							+2	+2			II
<i>Sphagnum acutifolium</i>	22								22						I
<i>Sphagnum capillifolium</i>							22								+
<i>Sphagnum papillosum</i>										33					+
<b>COMPAGNES :</b>															
<i>Calluna vulgaris</i>	33	+2	+2	22	+2	12	22	+2	33	22	23	+2		+2	V
<i>Deschampsia flexuosa</i>	+2	12		+2	22	+2	+2		21		+	+2	12	+	IV
<i>Festuca rubra</i>					+2		+2	+2	+2	11	+	11	+2	+	IV
<i>Pleurozium schreberi</i>				+			+2				23	+2	+2		II
<i>Galium saxatile</i>					12	+2		+2	+2			12			II
<i>Vaccinium myrtillus</i>		+2												+2	I
<i>Cladonia</i> sp.						+2	+2								I
<i>Hypnum cupressiforme</i>	+2														+
<i>Nardus stricta</i>										11					+
<i>Polygala serpyllifolia</i>										+2					+
<i>Pedicularis sylvatica</i>										+2					+
<i>Molinia caerulea</i>	33	33	33	22	33	23	+2	33	33	22	54	45	54	54	V
<i>Potentilla erecta</i>	+2	12	+2	21	+2	+		11		+		11	+	11	IV
<i>Luzula multiflora</i>	+2	+2	+2	+2		+2				+2		+			III
<i>Juncus effusus</i>				+2											+
<i>Rhynchospora squarrosus</i>									+						+
<i>Carum verticillatum</i>										+					+
<i>Carex nigra</i>		+2	+2	44	+		+2				11	21	+		III
<i>Agrostis canina</i>	+2	21	21	+	+2			+2	+						III
<i>Eriophorum angustifolium</i>		+	+	11		11									II
<i>Carex echinata</i>			+2	12											I
<i>Calliergon stramineum</i>	+2														+
<i>Menyanthes trifoliata</i>	+														+
<i>Carex rostrata</i>	+2														+
<i>Polytrichum commune</i>		+2		+2	23				+2		22				II
<i>Sphagnum palustre</i>	+2											+2			I
<i>Sphagnum fallax</i>											+2			+2	I

Tableau n° 6 - LA PELOUSE TOURBEUSE (*Nardo-Juncetum squarrosi*)

Numéro des relevés	1	2
Surface en m <sup>2</sup>	5	2
Recouvrement %	100	75
Strate H.		
Bryophytes	10	50
Nombre d'espèces		
H	12	11
B	2	4
<b>Caractéristiques de l'association</b>		
<i>Juncus squarrosus</i>	32	32
<i>Pedicularis sylvatica</i>	11	+2
<b>Caract. de l'ordre des <i>Nardetalia</i> et U.S.</b>		
<i>Nardus stricta</i>	12	12
<i>Potentilla erecta</i>	+	11
<i>Polygala serpyllifolia</i>	+2	
<i>Luzula multiflora</i>		+2
<b>Espèces des landes bourbeuses</b>		
<i>Scirpus cespitosus</i>	+2	
<b>Compagnes</b>		
<i>Molinia caerulea</i>	11	11
<i>Carex panicea</i>	12	11
<i>Carum verticillatum</i>	11	+
<i>Scorzonera humilis</i>	+2	
<i>Carex echinata</i>		+2
<i>Agrostis canina</i>		+
<i>Festuca rubra</i>	+	+
<i>Calluna vulgaris</i>	+2	
<i>Polytrichum commune</i>		+2
<i>Aulacomnium palustre</i>		+2
<i>Sphagnum lescurii</i>		33
<i>Sphagnum acutifolium</i>		+2
<i>Sphagnum subsecundum</i>	+2	
<i>Sphagnum cuspidatum</i>	+2	

## INSTRUCTIONS AUX AUTEURS

Les articles destinés aux *Annales scientifiques du Limousin* seront publiés en français ou en anglais. Ils seront envoyés en double exemplaire à la Rédaction, Faculté de Médecine et de Pharmacie, 2, Rue du Dr. Raymond-Marcland, 87025 - Limoges Cedex. 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. La dactylographie du texte portera sur la page entière sans marges (soit 21 x 29,7 cm) : le texte subira en effet une réduction de 20 % 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 interlignes. 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 ed., New-York, 438 p.

Les références seront dactylographiées avec un espace de 1,5 interlignes 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.