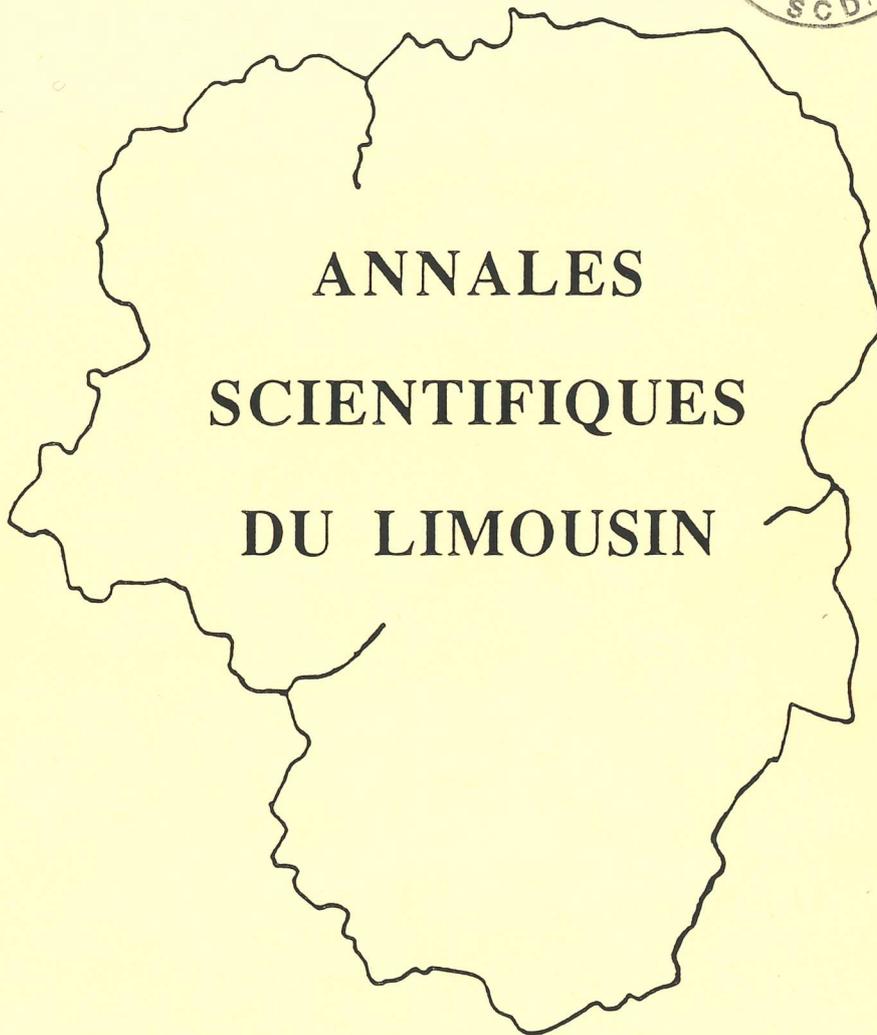


M 697 19k, 10

2.595

ASSOCIATION UNIVERSITAIRE LIMOUSINE POUR L'ETUDE
ET LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT
(A.U.L.E.P.E.)



Tome 10 - 1994 - LIMOGES

N° ISSN : 0765-0477

ANNALES SCIENTIFIQUES DU LIMOUSIN

Les *Annales Scientifiques du Limousin* sont publiées par l'Association Universitaire du Limousin pour l'Etude et la Protection de l'Environnement (A.U.L.E.P.E.) et sont ouvertes à tous les travaux ayant trait à l'étude du milieu en région Limousin (et/ou zones limitrophes).

Leur parution est annuelle.

Rédaction

M. le Professeur GHESTEM
Président de l'A.U.L.E.P.E.
Laboratoire de Botanique, Faculté de Pharmacie,
2, Rue du Docteur Marcland
87025 - Limoges Cédex

M. J.P. VERGER
Laboratoire B.C.V.E.L., Faculté des Sciences,
123, Avenue Albert Thomas
87060 - Limoges Cédex

M. D. RONDELAUD
Faculté de Médecine
2, Rue du Docteur Marcland
87025 - Limoges Cédex

Service du Bulletin

- Contre échange régulier de publication périodique à toute personne physique et morale en faisant la demande à la rédaction.
- Par souscription annuelle des membres de l'A.U.L.E.P.E. ou de personnes extérieures.

Directeur de la publication : M. le Président de l'A.U.L.E.P.E.

Secrétaire de rédaction : M. J.P. VERGER

Réalisation technique : Mme C. LEROUGE et M. A. VILKS

*Imprimé à Limoges
Faculté de Pharmacie
87025 LIMOGES Cédex*

Dépôt légal : 1^{er} trimestre 1995

**ASSOCIATION UNIVERSITAIRE LIMOUSINE POUR L'ETUDE
ET LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT
(A.U.L.E.P.E.)**



Tome 10 - 1994 - LIMOGES

N° ISSN : 0765-0477

SOMMAIRE

Avant propos	1
Monographie ethnobotanique de la cabana du feuillardier limousin. de FOUCAULT B.	3
Importance du calcium dans le développement <i>in situ</i> du taillis de châtaignier en Limousin. VERGER J.P., DOMAIN Ph., FOURNIER J.M., MAISONIER C., DJOMO, J.E.	13
Contribution à l'étude de la roulure chez le châtaignier. Etude expérimentale des conséquences d'amendements calciques.	
I - Relation entre la composition minérale du milieu et celle de jeunes plants. FREYSSAC V., RAHMANI A., CARLUE M., VERGER J.P., MORVAN H.	25
II - Effet du calcium sur le contenu pectique du bois. FREYSSAC V., LAROCHE A. CARLUE M., MORVAN H.	35
Etude de l'avifaune nidificatrice d'un secteur du bocage de Masléon (Haute-Vienne). VILKS A.	45
A propos de deux espèces d'orthoptères remarquables en Haute-Vienne : <i>Calliptamus italicus</i> et <i>Aiolopus thalassinus</i> . BONNET E., PETIT D.	67

CONTENTS

Introduction	1
Ethnobotanical monography of the feuillardiers's cabana in Limousin (France). de FOUCAULT B.	3
Effects of calcium for the development of <i>Castanea sativa</i> Mill. in Limousin (France). VERGER J.P., DOMAIN Ph., FOURNIER J.M., MAISONIER C., DJOMO, J.E.	13
Experimental studies on ringshake in chestnut trees. Results of differential calcium nutrition.	
I - Relation between mineral composition of soil and young plants. FREYSSAC V., RAHMANI A., CARLUE M., VERGER J.P., MORVAN H.	25
II - Effect of calcium on pectins in the wood. FREYSSAC V., LAROCHE A. CARLUE M., MORVAN H.	35
Breeding bird survey over the hedgerow network of Masléon (Haute-Vienne, France). VILKS A.	45
Inventory of <i>Orthoptera</i> in the moor of la Flotte and le Cluzeau (Limousin, France) <i>Calliptamus italicus</i> et <i>Aiolopus thalassinus</i> . BONNET E., PETIT D.	67

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 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 buts :

- 1 - Regrouper les Universitaires préoccupés par les problèmes de l'environnement.
- 2 - Entreprendre et poursuivre toute étude 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 ses recherches et de ses 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 et/ou fédérations qui pourraient favoriser les objectifs de l'association.

Le siège social est fixé à la Faculté de Pharmacie de Limoges, 87 025 Limoges Cédex, au Laboratoire de Botanique et de Cryptogamie.

C'est dans le cadre de ses activités de recherche 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.

Le présent volume comprend en partie des travaux entrepris dans le cadre des activités de recherche menés par la Station Universitaire du Limousin, basée à Meymac (Corrèze).

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.

**MONOGRAPHIE ETHNOBOTANIQUE
DE LA CABANA DU FEUILLARDIER LIMOUSIN**

de FOUCAULT B.

Département de Botanique
Faculté des Sciences Pharmaceutiques et Biologiques
BP 83 - 59006 Lille Cédex

RESUME

L'auteur analyse la cabana, cabane forestière faite en châtaignier, utilisée par les feuellardiers du Limousin, sur la base de l'ethnobotanique formelle.

MOTS CLES: cabane forestière, châtaignier, ethnobotanique formelle, feuellardier

**ETHNOBOTANICAL MONOGRAPHY
OF THE FEUILLARDIERS' CABANA IN LIMOUSIN (France)**

SUMMARY

Using ethnobotany formulae, the author analyses the cabana, a forest hut made with chesnut tree, used by the feuellardiers of Limousin.

KEY WORDS: chestnut tree, ethnobotany formulae, feuellardier, forest hut.

INTRODUCTION

Suite à un article de base sur les fondements de l'ethnobotanique (en abrégé, e.botanique), j'ai tenté de les appliquer au mieux à la monographie complète d'un fait e.botanique original, le carcahoux de la forêt d'Eu, Haute Normandie (de FOUCAULT et LEGRAND, 1994), cabane végétale servant d'abri aux bûcherons de la forêt. En conclusion, j'y évoquais l'espoir d'étendre cette monographie à d'autres types d'abris végétaux de France. Mais leur quasi disparition rend difficiles de telles études;

elles arrivent trop tard pour beaucoup d'entre eux. Pourtant, il existe au moins une région de France où de tels abris peuvent être encore observés et dès lors étudiés; il s'agit de la partie méridionale du Limousin qui recèle çà et là quelques abris de feuillardiers. L'objet de cet article est donc la monographie e.botanique de cet abri forestier de châtaignier, ou cabana, en parallèle avec celle du carcahoux normand. On le comparera par ailleurs à une structure voisine, la loge du cerclier charentais.

A vrai dire, cette étude n'est pas totalement originale, ces cabanes ayant déjà fait l'objet d'observations ethnologiques, par exemple de la part de GUYOT (1977), lesquelles couvrent aussi des aspects sociaux et économiques du sujet. Mon propos sera plutôt de reprendre l'aspect e.botanique de ce premier essai, d'y ajouter mes propres observations, réalisées dans les environs de Dournazac (Haute-Vienne), et de structurer tout cela en une monographie.

1 - RAPPEL DES FONDEMENTS

En prélude, il est nécessaire de rappeler parmi les fondements posés à la base de l'e.botanique, ceux qui sont utiles à la monographie (de FOUCAULT, 1987, 1990a). L'e.botanique est donc une science qui étudie les rapports entre les hommes et les plantes et, comme toute science, qui tente d'y mettre en évidence des phénomènes qu'on appellera ici faits ethnobotaniques élémentaires, décrits le plus complètement possible par la formule $(aP = P', F', A, T)$

- P désigne la plante incriminée dans le fait;
- P' désigne le produit réalisé par l'homme à partir de P;
- a représente la relation entre l'homme et la plante, plus précisément l'ensemble des transformations qui permet à l'homme de réaliser P' à partir de P;
- F' est la fonction dont l'homme dote P' pour lui-même;
- A représente l'extension spatiale, géographique, l'aire, du fait;
- T représente l'extension temporelle, historique du fait.

Une monographie complète revient donc à préciser, aussi loin que possible, ces diverses composantes. Parmi celles-ci, la plus arbitraire reste l'ensemble des relations-transformations a, souvent complexes, mais décomposables en produits de transformations élémentaires représentées elles-mêmes par des symboles; les transformations élémentaires utiles à la présente monographie sont :

- e : emprunt d'une partie de la plante,
- v : tressage,
- t : travail du bois au moyen d'outils.

2 - LA COMPOSANTE STRUCTURELLE

La composante structurelle du fait e.botanique est la partie proprement matérielle de la formule, soit $aP = P'$: quelles sont les plantes utilisées (P), comment le sont-elles (a), pour en faire quoi (P') ? On va donc détailler la construction en mettant en évidence les diverses parties de la cabane; chaque partie possède une fonction précise dans la construction, qu'on qualifiera de partielle, par rapport à la fonction

globale de l'abri final qui sera précisée plus loin; une fonction est désignée par un verbe à l'infinitif qui suit P'. De la formule initiale, on ne retient donc, dans un premier temps, que la partie (aP = P',F').

Le feuillardier exploite un taillis de châtaignier, son abri sera donc placé au milieu de la coupe à exploiter. Pour le construire, il repère des souches de châtaignier munies de jeunes pousses. En courbant celles-ci et en les entrecroisant, il structure deux-trois arceaux (les termes locaux de ces structures sont rassemblés dans un glossaire en fin d'article), qui serviront à supporter des barres horizontales :

(vP = arceaux, porter les barres)

Comme dans toute la suite, P désigne ici le châtaignier (*Castanea sativa*).

Ces barres sont au nombre de quatre, deux au sommet des arceaux constituent le faîtage, deux sur le côté constituent le solivage; toutes supporteront les branches suivantes :

(eP = solivage, porter les branches)

Les barres sont traditionnellement fixées aux arceaux au moyen de liens végétaux (figure n°1) :

(veP = lien, fixer les barres aux arceaux)

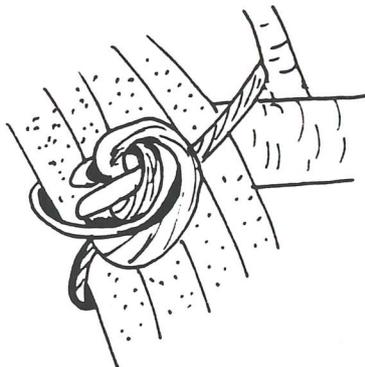


Figure n°1 :
liens végétaux pour fixer les arceaux

Bien que GUYOT n'en parle pas, des observations personnelles montrent que parfois la stabilité des solivage et faîtage est affirmée par des fourches posant en terre (figure n°2) :

(eP = fourches, soutenir le solivage)

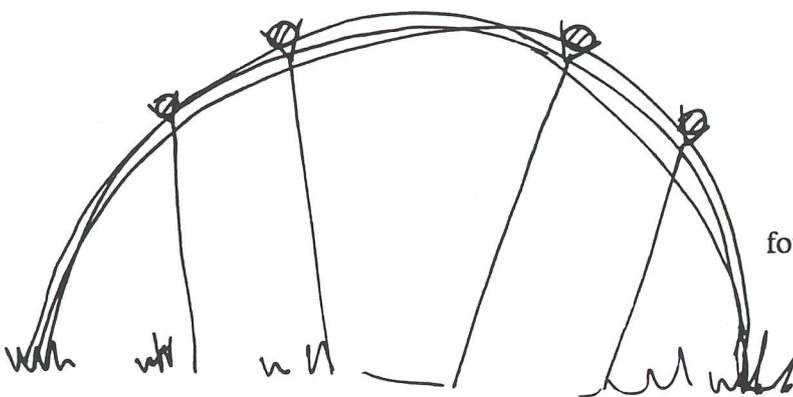


Figure n°2 :
fourches stabilisant solivage et faîtage

Sur les faitage et solivage, seront ensuite posées les branches de tête pourvues d'un crochet naturel (figure n°3), disposées tous les dix centimètres sur cette armature; elles feront office de chevrons :

(eP = branches, soutenir la couverture)

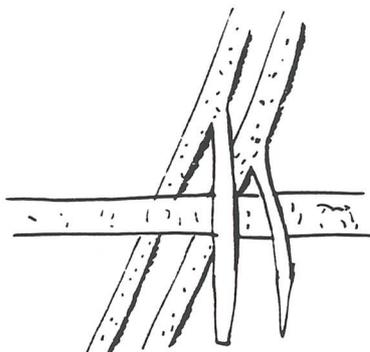


Figure n°3 :
branches fixées sur le solivage et le faitage

La couverture de la cabane n'est pas réalisée dès le début, mais seulement progressivement, en une quinzaine de jours, à partir des résidus laissés par le travail du feuillardier, autrement dit des copeaux accumulés en tas près de l'abri. Ils sont peu à peu posés sur les branches au moyen d'une fourche de bois, sur une épaisseur d'une quinzaine de centimètres :

(teP = fourche, poser les copeaux sur les branches)

(e² P = copeaux, couvrir la cabane - un premier emprunt au châtaignier donne le feuillard, un second correspondant au travail de celui-ci donne le copeau, d'où e²)

La cabane est normalement ouverte à ses deux extrémités, pour l'accès et la lumière.

3 - LA FONCTION GLOBALE DE LA CABANE

Si les diverses parties de cette cabane ont leur propre fonction partielle, l'ensemble possède une fonction qui ne se réduit pas à la réunion des fonctions partielles; il y a émergence d'une fonction globale.

Celle-ci est en fait très simple : c'est l'abri du feuillardier pour les jours de mauvais temps, ce dernier préférant travailler le plus possible au dehors, dans l'aire ouverte; en outre, il protège ses outils et permet d'entreposer les produits finis; des éléments de la charpente servent d'ailleurs aussi à en tenir certains à portée de main pour faciliter le travail. Il est rare que le feuillardier y passe la nuit : il travaille le bois du lever au coucher du soleil et regagne son logis la nuit tombée; il s'agit donc d'un abri temporairement occupé. Le feuillardier est soit un agriculteur qui assure ainsi un appoint à son activité agricole pendant six-sept mois de l'année (octobre à juin), soit un salarié qui travaille alors à l'année.

4 - LE TRAVAIL DU FEUILLARDIER

La profession de feuillardier est donc le travail du bois de châtaignier. Elle est brièvement évoquée dans la monographie de BRUNETON-GOVERNATORI (1984) sur l'ethnologie de cette essence. De la Toussaint à mai, avant donc que la sève ne monte, le feuillardier taille des tuteurs, des gaulettes, des pieux pour clôture et palissade et, plus traditionnellement, des feuillards servant à cercler les futailles

(tonneaux pour vins et liqueurs, surtout des productions de Bordeaux, Bourgogne et Cognac) les plus diverses, pour réaliser des casiers à homards, des couronnes mortuaires. La production du feuillard est toutefois en fort déclin.

Le feuillard est préparé à partir de bois de pied de châtaignier fendu en deux parties, chacune d'elles étant ensuite amincie régulièrement du milieu à l'extrémité à la plane. Tous ces travaux nécessitent des aménagements et un outillage spécifiques.

5 - L'AMENAGEMENT INTERIEUR ET EXTERIEUR DE L'ABRI

Les aménagements réalisés par le feuillard sont directement liés au travail qu'il a à faire.

On y trouve d'abord les billots qu'on peut différencier, en chapui pour couper les feuillards, et machu pour épointer les échelas.

La chèvre sert de règle pour mesurer la longueur des pièces.

Le banc est un élément important de l'équipement, emprunté aux merrandiers. Ordinairement, il est formé d'une barre de bois de Chêne (*Quercus* sp.) ou Bouleau (*Betula* sp.), d'une longueur supérieure ou égale à deux mètres, formant table à une extrémité (figure n°4 : 1). Deux pieds (2) la maintiennent à environ un mètre au-dessus du sol. Sur la table terminale, on va trouver réunis :

- la fendeuse en Houx (*Ilex aquifolium*, 3), à section triangulaire, pour fendre le feuillard en deux, la fente étant amorcée à la serpe et poursuivie à la main grâce à cette technique;
- le crochet en bois dur (4) et le coin (5), pour bloquer la pièce sous le crochet.
- la fourchette pour fixer les pièces à travailler à la plane (6).

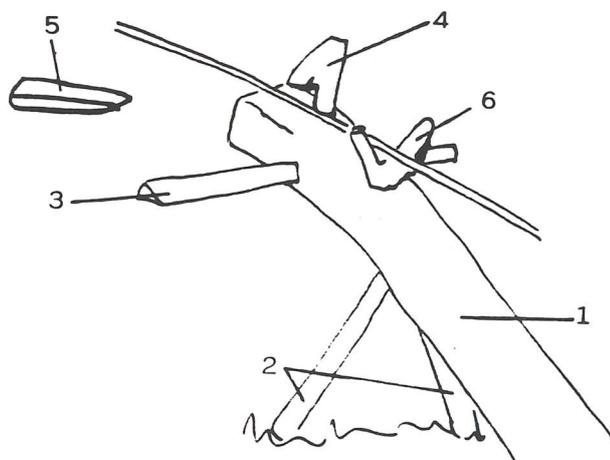


Figure n°4 :
le banc du feuillardier

Le garde-côté est un assemblage de quelques lamelles de bois fixées sur un tablier de cuir que le feuillardier porte devant lui pour se protéger de la lame de la plane.

Le moule sert à lier les pièces en fagots serrés au moyen de fil de fer; l'ambine, formé de deux branches pourvues chacune d'un crochet, reliées par une chaîne, facilite ce serrage.

6 - LA DIMENSION SPATIALE

Sous ce terme, il s'agit de préciser l'extension spatiale de la cabana, la composante « A » de la formule initiale du premier paragraphe. Il est difficile de répondre précisément à cette question.

Actuellement, la grande région feuillardière est la partie Sud du département de la Haute-Vienne, mais, jadis, la profession devait s'étendre sur le Périgord (Sarladais notamment), le Nontronnais, la Charente Limousine et peut-être même l'Auvergne (POL de CORBIER, in GUYOT o.c.). Mais la cabana y était-elle présente sous cette forme ?

7 - LA DIMENSION TEMPORELLE

Dans ce paragraphe, il s'agit maintenant de préciser la composante « T » de la formule initiale.

Selon GUYOT, en Périgord (Sarladais ?), les carrassonniers taillaient les piquets pour soutenir les ceps de vigne. Vers 1830-40, le choix du matériau de base se porta progressivement vers le châtaignier pour ses qualités, ce qui obligea les carrassonniers à se déplacer vers des régions plus riches en cette essence, soit le Limousin. La production retournait en Périgord par mulet ou gabarre. A partir de 1850, la production s'est diversifiée, avec l'apparition du feuillard et, par la suite, celle de la profession de feuillardier. En même temps, une mutation des activités économiques provoqua un changement d'usage des taillis, le charbon de bois pour forge, concurrencé par le charbon de terre, étant remplacé par le bois de fente, le feuillard. D'un autre côté, la profession est attestée dès 1766 : « *les taillis de châtaignier servent à faire du feuillard pour les cercles de barriques* » (MALPEYRE du SAILLANT, in GUYOT, o.c.).

L'optimum historique de la profession s'y situa entre 1880 et 1925-30. Aujourd'hui, elle s'éteint progressivement : de 10000 durant la seconde moitié du 18ème siècle, le nombre de feuillardiers est passé à 5000 vers 1930 et seuls 16 étaient encore déclarés à la Chambre des Métiers en 1985.

Quelques paysans perpétuent la tradition, utilisant le temps mort d'hiver pour confectionner piquets et échalas. Mais, le plus souvent, les feuillards ne sont plus préparés au sein des taillis, étant ramenés aux fermes, de sorte que la cabane disparaît plus vite que la profession elle-même.

8 - ASPECTS DYNAMIQUES

La simple monographie de cette cabane peut être accompagnée de quelques données sur l'évolution, la dynamique, de ses diverses parties, autant leur composante matérielle, structurelle, que leur composante fonctionnelle. Cette distinction offre d'emblée un plan pour ordonner ces traits dynamiques (de FOUCAULT, 1990b).

8.1 - Dynamique à structure invariante

La dynamique à structure invariante est celle qui relie dans le temps deux données de même composante matérielle mais de fonctions différentes. Les cas en sont plutôt rares. Le meilleur exemple est offert par la cabane elle-même qui, on l'a vu, perd progressivement de sa fonction première, la tradition de la profession étant en fort déclin. Alors, pour conserver des traces tangibles de ce patrimoine ethnologique local original, on monte à nouveau des cabanes dans certains taillis, dont la fonction globale devient plutôt celle de témoigner d'un certain mode de vie en régression que d'abriter le feuillardier traditionnel et ses outils; un bon exemple de tel sauvetage ethnologique existe entre le château de Brie (Champagnac-la-Rivière, Haute-Vienne) et la Bénéchie (Cussac, Haute-Vienne).

8.2 - Dynamique à fonction invariante

La dynamique à fonction invariante est au contraire celle qui relie deux données matériellement différentes mais de même fonction, jouant le même rôle dans la cabane. Les exemples sont plus nombreux que précédemment. En effet, diverses parties traditionnelles de la cabane ont été progressivement remplacées par des éléments modernes :

- les liens végétaux fixant les barres longitudinales aux arceaux sont souvent remplacés actuellement par du fil de fer,

- les copeaux de couverture sont parfois remplacés par des tôles ondulées ou des feuilles de plastique,

- la cabane elle-même peut perdre sa forme traditionnelle; un type dérivé est bâti sur quatre madriers verticaux, supportant un toit à double pente couvert de copeaux ou d'une tôle; à une époque récente, avec le développement des transports, les feuillards ne sont plus réalisés dans les taillis mais au voisinage des fermes; la cabane ne peut alors s'appuyer sur des souches vives et les arceaux sont constitués de barres minces croisées et plantées en terre :

(veP = arceaux, porter les barres)

- les outils associés au travail du feuillardier peuvent être aussi soumis à une telle dynamique : la scie manuelle est remplacée par une scie circulaire à moteur pour couper piquets et échelas; le garde-côté est parfois remplacé par un morceau de pneu.

Il faut aussi évoquer à ce propos le devenir de l'abri concret, non de la cabane vue dans l'abstrait. L'abri construit pour une saison de travail dans le taillis ne lui survit guère : en fin de saison, les matériaux qui ont servi à l'élaborer sont récupérés pour allumer le feu familial durant l'hiver.

Le feuillard lui-même a été progressivement remplacé par un cerclage métallique des tonneaux.

9 - LE CERCLIER CHARENTAIS ET SA LOGE

Dans quelques communes du département voisin de la Charente, un autre petit métier du bois de châtaignier rappelle un peu celui des feuillardiers limousins. Il s'agit des cercliers qui oeuvrent pour le cognac en réalisant des cercles de barrique. Une extension et une comparaison s'imposaient. L'enquête a surtout été réalisée à « la Quintinie » (Rougnac, Charente).

A partir d'octobre, les cercliers travaillent des perches de 5 à 7 ans, ébranchées à la serpe puis ouvertes sur le banc en fendus. Ceux-ci sont ensuite bloqués sur le banc entre le crochet et le coin pour être travaillés à la plane. Ceci réalisé, ils passent dans un appareil spécial avant d'être cerclés grâce au moule. La taille du cercle est variable et se mesure en pieds (1 pied = 33 cm). Des meules de 24 cercles sont ensuite réalisées pour faciliter le transport.

Les cercliers s'abritent dans des « loges », dispersées dans les taillis ou, plus récemment, construites près de l'habitation permanente. Par leur architecture, ces loges rappellent beaucoup les cabanas des feuillardiers, mais s'en distinguent par l'absence des branches à crochet qui soutiennent la couverture de la cabana (en fait, il semble exister des constructions intermédiaires entre loge et cabana

comme le montre une observation à Dignac, Charente). En outre, à l'inverse de celle-ci, la loge se termine en coin à l'opposé du soleil levant, et non ouverte à ses extrémités comme la cabana, les barres du faîtage et du solivage redescendant vers le sol. L'aire de répartition du cerclier et de sa loge paraît limitée aux communes de Dignac, Rougnac et Combiers (Charente).

CONCLUSION

Du carcahoux haut-normand, on a donc abordé d'autres types d'abris forestiers qui fonctionnent encore plus ou moins dans notre pays, la cabana limousine et la loge charentaise. Ils sont liés à une forme de vie qui relie civilisation de la Silva (exploitation du bois, ici du châtaignier) et civilisation de l'Ager (culture et utilisation de la vigne) quand on la considère sous un angle ethnophytosociologique (de FOUCAULT, 1990c).

Mais leur survie reste tout de même précaire et passe par une prise de conscience de leur valeur patrimoniale et, de là, à des actions concrètes de sauvetage ou de reconstitution à valeur de témoignage; il faut savoir gré à des mouvements tels que l'Association du Marron et de la Châtaigne Limousins de veiller à cette survie.

On pourrait encore lancer d'autres voies pour de telles monographies; on peut penser par exemple aux merrandiers, qui réalisent des planches de barriques (le merrain) avec le bois de Chêne; leur abri temporaire est encore d'un autre type; on peut en observer entre Bellac et Limoges, au lieu-dit « Chamboret ». En sortant de notre pays, il y a sûrement à oeuvrer dans cette voie; ainsi, SEYMOUR (1987) évoque les bâcleurs de chaises dans les hêtraies anglaises, construisant des abris temporaires pour travailler et dormir durant la période printemps-été; les charbonniers font de même durant l'été.

C'est grâce à une chaîne relationnelle que j'ai pu réaliser cette monographie; pour les feuillardiers et la cabana, les maillons en sont P. et A. LABATUT (de Bergerac) qui m'ont mis en relation avec M. BOUDRIE (Châlus) et son fils Michel (Clermont-Ferrand et Châlus), l'ami ptéridologue bien connu des botanistes français, et M. DUFROY (Dournazac). Pour les cercliers et la loge, ce sont plutôt M. BOTINEAU (Dignac) et M. ROUX (Rougnac). Que tous soient remerciés sincèrement pour leur aide efficace.

BIBLIOGRAPHIE

- BRUNETON-GOVERNATORI A., 1984. - Le pain de bois; ethnohistoire de la châtaigne et du châtaignier. Eché éd., Toulouse, 533 p.
- FOUCAULT B. (de), 1987. - Essai de formalisation de l'ethnobotanique. *Journal d'Agriculture Traditionnelle et de Botanique Appliquée*, 34 : 31-45.
- FOUCAULT B. (de), 1990a. - Notes d'ethnobotanique à propos de la seizième session de la S.B.C.O. en Haute-Savoie. *Bulletin de la Société Botanique du Centre-Ouest*, N.S., 21 : 425-430.
- FOUCAULT B. (de), 1990b. - Ethnobotanique et invariance. *Informatore Botanico Italiano*, 22 (1-2) : 34-41.
- FOUCAULT B. (de), 1990c. - Introduction à une ethnophytosociologie. *Lejeunia*, N.S., 134 : 1-60.

- FOUCAULT B. (de) & LEGRAND J.P., 1994. - Monographie ethnobotanique du carcahoux de la forêt d'Eu.
Bulletin de la Société Linnéenne Nord-Picardie, 12 : 31-38.
- GUYOT F., 1977. - Les feuillardiers de St Yrieix-la-Perche de 1900 à nos jours. *Ethnologia*, (3-4) : 5-42.
- MARINIER G., 1993. - Les dix derniers feuillardiers. *Historia*, 563 : 94-97.
- SEYMOUR J., 1987. - Métiers oubliés, métiers d'autrefois. France Loisirs, Paris, 187 p.

GLOSSAIRE DE QUELQUES TERMES LOCAUX

- ambine : ambina
arceaux : los arceus
branche pourvue d'un crochet naturel (figure 3) : becher
piquet pour soutenir les ceps de vigne : carrassonne ou carrasson (MARINIER, 1993)
chèvre (règle) : cabra
copeaux : los esclapons
fendeuse : la fendadoera
feuillard : lu feulhard
fourchette : forcheta
garde-côté : garda cota
solivage : los soliveus

**IMPORTANCE DU CALCIUM DANS LE DEVELOPPEMENT
in situ DU TAILLIS DE CHATAIGNIER EN LIMOUSIN**

VERGER J.P.⁽¹⁾, DOMAIN Ph.⁽¹⁻²⁾, FOURNIER J.M.⁽¹⁻²⁾, MAISONIER C.⁽¹⁾, DJOMO J. E.⁽¹⁻²⁾

Biologie Cellulaire Végétale et Valorisation des Espèces Ligneuses (1)
et Laboratoire de Génie Chimique (2)
Faculté des Sciences de Limoges - 123, Avenue A. Thomas - 87060 Limoges Cédex

RESUME

L'intensité des transferts internes d'éléments nutritifs dans les plantes dépend largement des réserves minérales du sol et de la disponibilité de ces réserves. Le travail présenté ici est une première étape permettant d'apprécier, sur des sols forestiers très pauvres en calcium échangeable, l'importance d'un apport calcomagnésien sur le fonctionnement d'un taillis de châtaignier (*Castanea sativa* Miller). La distribution dans les sols et dans les plants (feuilles et bois du tronc) de quelques éléments nutritifs majeurs (N, Ca, Mg, K) et mineurs (Mn, Fe) est étudiée.

L'apport calcomagnésien enrichit le sol en bases échangeables, surtout en calcium mais aussi en magnésium, et accélère la minéralisation de l'azote. L'apport semble sans effet sur la masse foliaire unitaire. Il améliore la teneur en calcium et magnésium des feuilles et du bois alors que celle en potassium diminue. Il réduit l'incorporation de Fe mais pas de Mn.

Ces résultats serviront de base pour des modifications éventuelles de la qualité des bois.

MOTS CLES: *Castanea sativa* M., Limousin, calcium, sol brun mésotrophe, feuilles, bois.

**EFFECTS OF CALCIUM FOR THE DEVELOPMENT OF *Castanea sativa* Mill.
IN LIMOUSIN (FRANCE)**

SUMMARY

The intensity and the quantity of the nutritional elements in the plants content mineral reserves of soils. The work presented here is a first step, allowing an evaluation of the importance of a supply with calco-magnesium on a chestnut coppice containig forest soils very low in calcium.

The objective of the paper was to characterize the distribution of major nutrients (N, Ca, Mg, K) and minor nutrients (Mn, Fe) in soils, leaves and stemwood of *Castanea sativa* Miller.

The calcium-magnesium supply enriches the soil's exchangeables bases, especially calcium and magnesium and accelerates the mineralization of nitrogen. This supply seems to have no effect on the foliar mass but improves levels of calcium in the leaves and wood.

These results will serve as data for study transformations of steemwood quality.

KEY WORDS: *Castanea sativa* M., Limousin, calcium, mesotrophic brown soil, leaves, steemwood.

INTRODUCTION

Le rendement quantitatif d'un peuplement végétal (ici le châtaignier à bois), sa qualité et donc sa valeur marchande, sont l'expression du patrimoine génétique de la plante considérée. Même lorsque celui-ci est affecté d'une forte variabilité (FRASCARIA et LEBLANC, 1992; BUREL, 1993), il reste que l'un des leviers mis à la disposition du sylviculteur pour tenter d'exprimer au mieux ce potentiel est celui qui consiste à optimiser la nutrition minérale.

Les nombreuses analyses pédologiques concernant les sols des taillis de châtaignier en Limousin (VERGER et al., 1983, 1985; VERGER et JAVELLAUD, 1986) font ressortir l'extraordinaire pauvreté de ces sols en calcium. Si la nature et la richesse chimique des sols sont généralement en étroite corrélation avec la composition des roches dont ils sont issus, dans le cas du taillis de châtaignier en Limousin il est évident que l'influence anthropique module très largement cette évolution naturelle. En règle générale la grande majorité des sols de taillis s'avère plus pauvre en calcium que les sols de landes. Alors que la lande la plus pauvre analysée par JAVELLAUD (1986) ne contient que 0,08 m.eq. de Ca pour 100 g de sol la moyenne dans les horizons humifères de ces landes non hydromorphes s'établit pour ce même cation à 0,77 m.e (écart-type 0,57). Ce chiffre est bien supérieur à la valeur moyenne de nos analyses sur les taillis de châtaignier du Limousin (moyenne de 0,18 m.eq. pour 100g de sol (écart-type de 0,16). Malheureusement l'histoire précise de ces taillis est inconnue.

Cette pauvreté en calcium, élément cardinal des sols, nous a amené à rechercher quel pourrait-être le(s) rôle(s) d'un apport calcique sur la nature et la disponibilité des cations échangeables du sol et leur importance dans le développement et la qualité des bois du taillis. Ce sont ces premiers résultats que nous nous proposons d'explicitier dans ce travail. Les recherches et les analyses continuent et constituent une des approches menées au laboratoire de Biologie Cellulaire Végétale et Valorisation des Espèces Ligneuses afin de mieux comprendre le phénomène de la roulure du châtaignier, phénomène qui dévalorise fortement ce bois.

MATERIEL ET METHODES

1 - LE MILIEU D'ETUDE

L'expérimentation se déroule sur de jeunes rejets de taillis de châtaignier (coupe à blanc en 1983) situé sur la commune du Vigen, à une dizaine de kilomètres au sud-ouest de Limoges (87). L'altitude est de 300 mètres. La pente générale régulière (14%) orientée au nord-ouest et le profil longitudinal plan assurent un bon drainage latéral du sol. Le climat de type océanique légèrement dégradé par l'altitude (température moyenne = 10°6, pluviométrie = 900-1000 mm) présente une grande irrégularité avec certaines années des périodes subsèches (JAVELLAUD, 1986), comme les étés 1989 et 1990.

Deux strates végétales se superposent dans l'ensemble du taillis (MELLINGER, 1988):

- La strate arbustive, qui assure un recouvrement voisin de 90%, est quasi monospécifique. L'ensemble du taillis de châtaignier (*Castanea sativa*) est parsemé de rares trembles (*Populus tremula*), charmes (*Carpinus betulus*), bouleaux blancs (*Betula alba*), noisetiers (*Corylus avellana*) et chênes pédonculés (*Quercus robur*).

- La sous-strate est représentée par une végétation herbacée et sous-ligneuse clairsemée (10% de recouvrement) formée essentiellement d'euphorbe sylvestre (*Euphorbia amygdaloides*), de lierre (*Hedera helix*), de fougère aigle (*Pteridium aquilinum*), de ronces (*Rubus species*) et d'aubépines (*Crataegus oxyacantha*).

Nous avons donc, dans l'ensemble, une végétation de type neutrocline à mésoacidiphile selon les définitions retenues par pour le Catalogue des Stations Forestières de la Châtaigneraie Limousine (1986).

Les solums sont très semblables dans les deux placettes. Développés sur micaschistes du Dévonien supérieur, ils sont peu épais, de texture sablo-limoneuse et leurs principales caractéristiques sont rappelées dans le tableau I. Ce sont des sols bruns acides relativement riches en magnésium. Les teneurs en calcium échangeable sont élevées dans l'horizon humifère (1,7 à 1,9 m.e./100g) par rapport aux valeurs moyennes observées en Limousin sous les taillis. Cependant, très vite, dès - 4cm, ces teneurs sont très déficitaires (de l'ordre de 0,3 m.eq. pour 100 g de sol) ce qui justifie l'apport calcique expérimental pour un ensemble forestier. Il en résulte des sols méso-eutrophes à mésotrophes au pH du sol, avec une capacité totale d'échange très faible (<10 m.eq. pour 100g de sol). C'est une des conséquences de la richesse en sables et de la pauvreté en argiles à faible capacité d'échange (type illite et kaolinite). Les valeurs élevées des rapports C/N (de 19 à 26) sont caractéristiques d'humus de type moder à dysmoder.

Horizon	Profondeur cm	Pierrosité %	Terre fine %	Granulométrie			Texture	Matière Organique			
				Sable	Limon	Argile		C%	N%	C/N	MO%
Témoin											
A1	0-4	30.90	69.10	51.10	15.20	6.90	LS	3.80	.014	26.6	6.55
B	4-20	35.70	64.30	59.80	15.00	7.50	LS	0.80	0.06	13.9	1.38
C	20-45	54.50	45.50	60.20	15.50	8.40	LS	0.40	0.00		0.69
Expérim.											
A1	0-4	23.50	76.50	57.60	17.30	7.40	LS	2.40	0.13	18.8	4.14
B	4-15	19.30	80.70	60.20	16.30	7.70	LS	0.90	0.06	15.1	1.55
C	15-45	48.30	51.70	69.30	14.60	6.20	LS	0.40	0.00		0.69

Horizon	pH		Eléments échangeables (m.e./100g)							pH7		pH sol	
	Eau	Kcl	Ca	Mg	K	S	Mn	Fe	Cu	T7	V7	Tsol	Vsol
Témoin													
A1	5.0	3.9	1.66	2.57	2.78	7.01	0.16	0.002	0.001	22.2	31.6	9.9	70.8
B	5.0	3.8	0.25	1.81	1.99	4.08	0.03	tr.	0.003	14.0	29.2	8.07	50.6
C	5.4	3.8			2.00		0.05	tr.	0.002				
Expérim													
A1		4.5	1.81	2.69	2.85	7.35	0.05	tr.	tr.	16.0	45.9	7.72	90.5
B	5.7	3.8	0.32	1.28	2.57	4.17	0.05	0.002	0.002	13.3	31.4	6.51	64.1
C	5.4	3.9	0.09	1.25	2.69	4.03	0.03	tr.	0.004	12.7	31.7	6.9	58.5

Tableau I - CARACTERES PHYSICO-CHIMIQUES DES SOLS DE L'ETUDE

2 - LE DISPOSITIF EXPERIMENTAL

Deux placettes de 200 m², uniquement constituées par une strate arbustive de châtaignier, ont été délimitées au sein de ce taillis. L'une d'elle (notée Exp.) a reçu en 1987 un amendement calcomagnésien de

surface, puis en 1992 en nouvel apport de chaux seule. L'autre parcelle, non amendée, servira de témoin (notée Té.). Dans les deux cas l'apport est effectué en surface, à l'automne, à la dose de une tonne par hectare :

- chaux magnésienne (Chaux et Dolomie Française -C.D.F.): 44% d'oxyde de calcium, 32% d'oxyde de magnésium et des oligoéléments (zinc, fer, cuivre, iode, bore et cobalt);
- chaux vive agricole à 90% de CaO.

Le choix de ce type d'amendements, qui correspond à des formes facilement solubles même par le simple effet de la pluviométrie (LAUDELOUT, 1993), permet d'obtenir une incorporation (et donc éventuellement une action) rapide du calcium sur l'écosystème. La dose apportée vise à maintenir une teneur en calcium échangeable de l'ordre de 1,5 m.eq. pour 100 g de sol sur 30 cm d'épaisseur. Les premiers prélèvements de sol sont effectués à partir de Septembre 1989, soit 2 ans après l'apport.

Sur le végétal nous avons procédé, à date fixe entre le 15 et 20 septembre (période qui semble la plus stable quant à la composition chimique des feuilles (HOYLE, 1965; TOUZET, 1984; CHATELUS, 1987) à des analyses foliaires ainsi qu'à des analyses du bois du tronc. Les prélèvements portent sur les feuilles de la partie médiane de la pousse terminale annuelle des rameaux supérieurs. Ceci permet d'éliminer les variations liées à la position et à l'exposition des feuilles sur le rameau. On prélève ainsi 3 feuilles sur une dizaine de tiges dispersées dans plusieurs cépées de chaque parcelle. On obtient ainsi un échantillonnage statistique minima (n= 30) permettant de s'affranchir des variations individuelles.

Les analyses concernant les parties perennes (bois de la tige) sont effectuées sur le bois du premier mètre d'une tige représentative des cépées de chaque parcelle (2 tiges prélevées annuellement).

3 - LES METHODES D'ANALYSE

Méthodes utilisées sur les échantillons de sol. Elles sont empruntées à ROUILLER, (1981).

La mesure électrométrique du pH est effectuée sur un mélange sol/solution de rapport 2/5. La lecture est faite sur le surnageant non agité, après mise en contact de 4 heures (pH eau), ou après agitation rotative de 1 heure (pH KCl).

Les éléments échangeables sont extraits par percolation à l'acétate d'ammonium tamponné à pH7 pour K⁺ et Na⁺, par une solution de KCl normal pour Ca⁺⁺, Mg⁺⁺ et les ions de l'acidité (Al³⁺ et H⁺). Les protons sont dosés par titrimétrie, tous les autres éléments par spectrophotométrie d'absorption atomique (Spectrophotomètre Atomspek Hilger-Watts H 1170). La sommation des bases échangeables évaluée à pH 7 (T7) et des acidités (Ae) donne la capacité totale d'échange (T) au pH du sol.

Méthodes utilisées sur le végétal

Après séchage à l'étuve ventilée à 60°C (48h) les feuilles sont broyées au mortier à bille et minéralisées par un mélange acide nitrique - acide sulfurique-eau oxygénée à 110 volumes selon la méthode de HOENIG et VANDERSTAPPEN (1978).

Le bois est scié en rondelles de 1cm d'épaisseur et après séchage à l'étuve à 60°C, les cernes annuels sont séparés au ciseau à bois. Le matériel ainsi débité est broyé puis minéralisé comme le matériel foliaire.

RESULTATS ET DISCUSSION

1 - EFFETS DE L'AMENDEMENT SUR LES SOLS (tableau II)

Dans cette étude, afin de mieux mesurer les premiers effets de l'amendement, nous avons effectués les prélèvements à la base de la litière intégrant ainsi cette partie humifiée à l'horizon A1 proprement dit. Il en résulte des valeurs bien supérieures pour les teneurs en calcium celui-ci étant rapidement réabsorbé par le latic racinaire de surface développé par le châtaignier au sein de cet horizon A1.

Action sur le pH. L'effet sur le pH eau est très rapidement perceptible sur la parcelle amendée, dès la première année, surtout après l'été très sec de 1990 (pH supérieur à 7). Par la suite les écarts s'amenuisent mais, d'une façon générale, les apports en calcium relèvent très sensiblement les valeurs du pH eau par rapport au témoin: pH moyen du témoin de 5,5 (avec une fluctuation comprise entre 5,0 et 6,1) alors que pour la parcelle expérimentale on note une valeur moyenne de 6,6 et une fluctuation de 6,3 à 7,2.

Les variations du pH KCl conduisent à des conclusions analogues, avec des gains de pH de 0,5 à 2 unités, ce qui témoigne de la sensibilité du sol à l'amendement calcaire.

ANALYSES de:		DJOMO 1989	DOMAIN 1990	DOMAIN 1991	FOURNIER 1992	MAISONNIER 1993
ACIDITE						
pH H ₂ O	Tém.	5.2	5.2	6.1	4.9	6.0
	Exp.	6.3	7.2	6.4	6.5	6.5
pH KCl	Tém.	4.4	4.7	4.7	4.9	5.1
	Exp.	5.9	7.0	5.4	6.2	5.6
COMPLEXE ADSORBANT						
Ca (m.éq./100g)	Tém.	5.08	5.77	4.54	4.43	4.02
	Exp.	9.61	12.99	6.29	9.54	5.37
Mg (m.éq./100g)	Tém.	2.99	3.12	3.51	2.04	3.31
	Exp.	6.62	7.13	4.03	5.68	3.62
K (m.éq./100g)	Tém.	non dosé	0.36	0.42	0.19	non dosé
	Exp.	non dosé	0.15	0.31	0.41	non dosé
S (m.éq./100g)	Tém.	7.95	9.25	8.47	6.66	7.33 (sans K)
	Exp.	16.23	20.27	10.63	15.63	8.99 (sans K)
Ae (m.éq./100g)	Tém.	1.36	0.67	0.58	0.43	0.25
	Exp.	0.38	0.00	0.25	0.20	0.20
T7 (m.éq./100g)	Tém.	12.90	14.85	13.50	20.40	
	Exp.	15.00	14.05	12.35	25.80	
V7=S/T7x100	Tém.	62	62	63	31	
	Exp.	100	100	86	60	
Tsol (m.éq./100g)	Tém.	9.33	9.92	9.05	6.73	
	Exp.	16.61	19.97	10.83	15.64	
Vsol=S/Tsol x 100	Tém.	85	93	94	93	
	Exp.	98	99	98	99	
MATIERE ORGANIQUE						
Carbone %	Tém.	4.06	3.90	3.62	4.87	
	Exp.	3.94	4.29	3.53	4.75	
Azote %	Tém.	0.21	0.21	0.17	0.21	
	Exp.	0.21	0.23	0.18	0.24	
C/N	Tém.	19.33	18.60	21.10	23.20	
	Exp.	18.80	18.60	19.80	20.00	

Tableau II - EFFETS DE L'AMENDEMENT SUR LES SOLS

Action sur le complexe adsorbant. Au niveau du calcium l'augmentation des teneurs en ions échangeables est spectaculaire 2 et 3 ans après l'apport (12,99 m.eq. pour 100g de sol en septembre 1990 sur le dispositif expérimental contre seulement 5,77 m.eq. pour 100g de sol à la même époque sur le témoin). La différence s'atténue fortement au cours de la 4ème année (6,29 m.eq. pour 100g de sol dans le dispositif expérimental contre 4,54 m.eq. pour 100g dans le témoin), ce qui nous a incité au second apport de chaux fin 1991. Très vite, de nouveau, les teneurs en cet élément s'élèvent sur le dispositif expérimental. L'apport calcomagnésien s'avère très bénéfique pour le sol de ce dispositif mais comme les valeurs sous le taillis témoin restent suffisamment élevées en magnésium nous n'avons pas rajouté cet ion lors du second apport. En ce qui concerne le potassium les apports d'engrais ont entraîné, le plus souvent, une baisse sensible de ce cation sous le dispositif expérimental (sans doute en partie liée à l'antagonisme K-Mg) ce qui peut laisser craindre, à terme, une carence en cet élément. L'action du chaulage s'avère positive sur les ions de l'acidité dont l'importance diminue rapidement dans les sols de la parcelle amendée.

Les rapports Ae/S, sauf exception en début d'expérimentation, sont inférieurs à 10. Ils situent les deux dispositifs dans un contexte édaphique favorable aux espèces végétales de type neutrophile dans la parcelle amendée, aux espèces neutrophiles et acidoclines au sein de la parcelle témoin (VERGER, 1989).

Action sur la matière organique. Les valeurs du rapport C/N, qui traduit la vitesse de minéralisation de la matière organique du sol, se situent sur la parcelle expérimentale légèrement en dessous de celles mesurées sur le témoin. Les valeurs, élevées tout au long de la période de mesure restent caractéristiques des humus de type moder (C/N voisin de 20). Cependant, alors que la valeur de ce rapport tend à s'élever régulièrement au cours du temps sous le témoin (entre 18,6 et 21,1 en 1991 sous le témoin), vraisemblablement en liaison avec l'installation d'un couvert plus dense qui amenuise l'insolation et ralentit la minéralisation de l'humus, sous la parcelle amendée, dans des conditions analogues, ce rapport augmente peu (de 18,6 à 19,8). C'est une amélioration des teneurs en azote qui en est responsable. Le laps de temps encore trop court, depuis le début de l'expérimentation, n'a cependant pas permis une modification profonde de la nature de l'humus. Ces résultats vont dans le sens de plusieurs observations antérieures déjà réalisées: ils recourent les observations de NOMMICK (1979) - dans RANGER et coll., 1993- qui observe une amélioration de la minéralisation des litières par le chaulage quand la valeur du rapport C/N est, au départ, inférieure à 30; pour BONNEAU (1993), les recherches scandinaves montrent un effet positif seulement lorsque le C/N est égal ou inférieur à 24.

2 - EFFETS DE L'AMENDEMENT SUR LE VEGETAL

Taille et masse des feuilles. On mesure pour chaque feuille la longueur et la plus grande largeur du limbe. Le pétiole est exclu des mesures. On applique aux valeurs obtenues un test de comparaison des moyennes (SCHWARTZ, 1986). Les résultats bruts, consignés dans le tableau IIIa, font apparaître de légères différences de longueur et de largeur moyennes la 1ère année suivant le chaulage. La comparaison des moyennes par un test t ne montre cependant aucune différence significative (au seuil de 5% de probabilités). Avec l'âge, toutefois (mesures de 1994), la taille des feuilles augmente sensiblement.

La mesure de la masse, soit celle déterminée sur le matériel frais immédiatement après récolte, soit le poids sec après séchage de 48h à l'étuve ventilée à 60°C, montre que l'amendement ne modifie pas, de façon significative, la teneur en eau et la production de matière sèche par les feuilles, au moins aux échéances de 2 et 3 ans après l'apport (tableau IIIb). Ces résultats rejoignent les observations de TOUTAIN et coll. (1993) sur l'influence d'un seul apport calcaïque au niveau d'un écosystème forestier acide dans les Vosges. Sur les feuilles prélevées en 1994 le rapport poids sec/ poids frais diminue sensiblement (valeur de 0,3 contre 0,4 en 1989 et 1990). Cela provient essentiellement d'une plus grande richesse en eau des feuilles, richesse

vraisemblablement liée aux très fortes précipitations de septembre 1994 (164 mm à Limoges contre 55 en 1990 et 12 en 1989).

ANNEE	PARCELLE	PARAMETRE	VALEUR MOYENNE (cm)	ECART-TYPE
1989 2 ans après le chaulage	TEM.	longueur	18.9	2.0
		largeur	7.5	1.1
	EXP.	longueur	18.0	3.0
		largeur	7.2	1.1
1990 3 ans après le chaulage	TEM.	longueur	18.9	2.3
		largeur	8.0	1.1
	EXP.	longueur	19.0	1.7
		largeur	8.1	1.1
1994 3 ans après 2 ème chaulage	TEM.	longueur	21.6	2.7
		largeur	8.3	1.1
	EXP.	longueur	21.3	3.6
		largeur	9.7	0.9

Tableau IIIa - EFFET D'UN AMENDEMENT CALCIQUE SUR LA TAILLE DES FEUILLES

	PARCELLE	FEUILLES de 1989	FEUILLES de 1990	FEUILLES de 1994
Poids frais	TEM.	149.4	158.1	201.0
	EXP.	149.4	159.0	173.3
Poids sec	TEM.	60.0	63.4	61.4
	EXP.	57.3	63.1	57.5
Poids frais/ Poids sec	TEM.	0.40	0.40	0.30
	EXP.	0.38	0.40	0.33

Tableau IIIb- EFFET D'UN AMENDENT CALCIQUE SUR LA MASSE DES FEUILLES

Composition minérale des feuilles (tableau IV). La composition minérale porte sur les feuilles entières pour les deux années 1989 et 1990. Pour le matériel récolté en 1991, afin d'affiner les mesures, nous avons séparé et analysé séparément limbes et pétioles. Les résultats du tableau font apparaître que les effets du chaulage sont nettement perceptibles sur le matériel de la seule année 1989 (travaux de DJOMO). Les teneurs en calcium et magnésium sont plus élevées (10% environ) dans les feuilles provenant de la parcelle amendée. Cet effet s'estompe rapidement puisqu'en 1990 les teneurs en calcium sont comparables sur les deux parcelles et les différences au niveau du magnésium réduites (DOMAIN). Les analyses différentielles - limbes, nervures - montrent que, pour le calcium, la fraction limbe s'enrichit seule sur la parcelle expérimentale (FOURNIER, 1992). Le rapport Ca/Mg, habituellement supérieur à 1 dans les feuilles des autres essences (MELLINGER, 1988), redevient voisin de 1, phénomène largement constaté dans les analyses réalisées

précédemment dans les taillis de châtaignier en Limousin (CHATELUS, 1987). L'apport semble également avoir un effet bénéfique sur les teneurs en potassium foliaire jusqu'en 1990 mais cet effet s'inverse en 1992. Peut-être faut-il voir ici la conséquence de la baisse notable observée dans les sols de la parcelle amendée du taux de potassium échangeable.

Le manganèse et le fer sont de moins en moins présents dans le matériel foliaire issu de la parcelle fertilisée.

		Mellinger (1987)	Djomo (1989)	Domain (1990)	Fournier (1991)	
		Limbes + Nervures			Limbes	Nervures
Ca (mg./g)	TEM.	3.54	2.25	1.94	3.31	1.26
	EXP.	2.94	2.44	1.94	3.79	0.88
Mg (mg./g)	TEM.	2.88	1.81	1.85	3.53	1.15
	EXP.	2.91	2.00	1.96	3.73	1.17
Ca/Mg	TEM.	1.23	1.24	1.05	0.94	1.10
	EXP.	1.01	1.22	0.99	1.01	0.75
K (mg./g)	TEM.	8.26	4.69	6.22	8.25	8.02
	EXP.	8.35	5.90	7.02	7.55	6.51
Fe (mg./g)	TEM.	0.05	0.06	0.05	0.20	0.02
	EXP.	0.06	0.07	0.06	0.10	0.02
Mn (mg./g)	TEM.	0.64	0.63	0.50	0.73	0.20
	EXP.	0.87	0.65	0.59	0.73	0.20

Tableau IV - COMPOSITION MINERALE DES FEUILLES (de 1987 à 1991)

Composition minérale du bois des tiges. Le bois des tiges est un tissu important compte tenu de la masse qu'il représente pour la plante et par le fait que c'est un compartiment strictement cumulatif vis-à-vis du carbone et qui ne subit pas d'autres mécanismes d'appauvrissement comme la lixiviation par les eaux de pluie (COLIN-BELGRAND et coll., 1993). En raison de la faible épaisseur annuelle développée par les cernes les mesures prennent en compte plusieurs cernes annuels: deux cernes, 2 ans avant et après l'apport (travaux de DOMAIN en 1991), 4 cernes avant et 3 cernes après l'apport en 1991 (travaux de FOURNIER en 1992). Les résultats du tableau V mettent en évidence :

- la variabilité, en valeur absolue, de la composition minérale selon la cépée, même pour une tige dominante; ce sont les teneurs en calcium des cernes les plus externes (1989-90 et 1989-91) qui sont les plus modifiées;

- dans tous les cas l'apport de calcium au sol se traduit par un gain relatif important en calcium du bois après l'apport : de 70% à 85% pour le bois du taillis expérimental par rapport à celui du taillis témoin;

- le taux plus élevé du calcium dans les analyses de 1991 prenant en compte les cernes les plus jeunes (1984-88) alors qu'en 1990 nous n'avions retenu que ceux des années 1987-88, s'explique par la grande richesse en cet élément dans les bois des deux premières années, ainsi que l'ont mesuré COLIN-BELGRAND et coll. (1993);

- l'apport magnésien se traduit par un accroissement relatif moindre mais conséquent (4 à 20%) des teneurs en cet élément. Sur ce sol non carencé en ce cation des mesures effectuées par ailleurs au niveau des écorces (DOMAIN, 1991) mettent en évidence un phénomène de stockage par ce compartiment du magnésium excédentaire apporté par la fumure, phénomène déjà observé par SHELTON et coll. (1981);

CATIONS		CERNES	CERNES
mg./g.		1987-88	1989-90
Ca	Tém.	0.28	0.29
	Exp.	0.29	0.50
	* (%)	+3.6	+72.4
Mg	Tém.	0.58	0.72
	Exp.	0.63	0.75
	* (%)	+8.6	+4.2
Ca/Mg	Tém.	0.49	0.40
	Exp.	0.46	0.67
	* (%)	-4.2	+67.5
K	Tém.	0.61	0.84
	Exp.	0.47	0.69
	* (%)	-23	-18
Fe	Tém.	0.05	0.07
	Exp.	0.03	0.04
	* (%)	-60	-42.9
Mn	Tém.	non dosé	non dosé
	Exp.	non dosé	non dosé
	* (%)		

CATIONS		CERNES	CERNES
mg./g.		1984-88	1989-91
Ca	Tém.	0.43	0.66
	Exp.	0.56	1.14
	* (%)	+30.2	+72.7
Mg	Tém.	0.53	0.72
	Exp.	0.73	0.87
	* (%)	+37.7	+20.8
Ca/Mg	Tém.	0.81	0.92
	Exp.	0.75	1.31
	* (%)	-7.4	+42.4
K	Tém.	0.64	0.59
	Exp.	0.47	0.54
	* (%)	-26.6	-8.5
Fe	Tém.	0.05	0.09
	Exp.	0.07	0.06
	* (%)	+40	-33.3
Mn	Tém.	0.03	0.04
	Exp.	0.04	0.06
	* (%)	+33.3	+50

* (%) : Comparaison de l'Exp. au Tém., en pourcentage relatif.

a - Données de Domain (1991)

b - Données de Fournier (1992)

**Tableau V - EFFETS D'UN AMENDEMENT CALCIQUE
SUR LA COMPOSITION DU BOIS DE CHATAIGNIER**

- on observe par contre une baisse sensible du potassium dans la parcelle amendée, tant au niveau du sol que du végétal, ce qui confirme les risques déjà évoqués de voir se développer une carence en cet élément suite à l'amélioration de la nutrition minérale en calcium et magnésium induite par l'apport calcique.

CONCLUSION

D'une façon générale, au niveau du seul horizon humifère, l'apport calco-magnésien limite l'acidité du sol, enrichit le milieu en bases échangeables (surtout en calcium), accélère la minéralisation de l'azote, ce qui contribue à l'amélioration de la qualité de l'humus et des conditions de la nutrition minérale des arbres.

Le châtaignier, essence calcifuge, apparaît particulièrement sensible à la disponibilité d'une quantité suffisante et régulière de calcium dans le sol pour maintenir un rapport Ca/Mg supérieur à l'unité dans ses feuilles. Cependant, avec l'accroissement de l'incorporation du calcium le risque de carences en d'autres éléments (potassium) reste possible sur des sols trop pauvres en cet élément.

Les mesures de croissance en diamètre réalisées depuis 1991, l'analyse des résultats sur la composition des flux hydriques englobant les eaux incidentes (pluie, pluviollessivats, eau d'écoulement des troncs) et de percolation (eaux gravitaires et intersticielles), devraient permettre une approche plus précise de l'action du chaulage sur le fonctionnement de cet écosystème. Nous en attendons des résultats positifs pour une meilleure gestion et une valorisation du taillis de châtaignier en Limousin.

BIBLIOGRAPHIE

- ANONYMES, 1986.- Catalogue des stations forestières de la châtaigneraie limousine. CRPF Limousin.
- AYMARD M., DESCUBES C., FREDON J.J., GHESTEM A., PEROL J.M., ROUX P., VERGER J.P., VILKS A., 1980. - Etude dynamique des peuplements de taillis de châtaigniers du Limousin. Cas particulier de la forêt de Boubon en vue de son amélioration forestière. *Rapport Contrat Ministère Environnement - Université Limoges*.
- BUREL L., 1993.- Variabilité génétique du châtaignier (*Castanea sativa* Mill.): étude de populations du Limousin et de l'Essonne; lien avec la roulure. *Mémoire Diplôme d'Ingénieur des Techniques Agricoles de Dijon*, 43p.
- BONNEAU M., 1993.- Chaulage en forêt: Justification et problèmes posés. Forêt et Amendements calcaires. *Document INRA, Champenoux*, 17-24.
- CHATELUS S., 1987. - Contribution à l'analyse du cycle des éléments minéraux dans un écosystème forestier: cas particulier du taillis de châtaignier (*Castanea sativa* Mill.). Thèse 3ème cycle N° 8-1987 Limoges, 151 p. + annexes.
- COLIN-BELGRAND M., RANGER J. et D'ARGOUGES S., 1993.- Transferts internes d'éléments nutritifs dans le bois de châtaignier (*Castanea sativa* Miller): approche dynamique sur une chronoséquence de peuplements. I. Distribution des éléments minéraux. *Acta Oecologica*, 14, (5), 653-680.
- DJOMO J.E., 1990.- Relargage des sols dans l'eau: influence d'un amendement calcique. *D.U.E.S.S., Limoges*, 55p.
- DOMAIN Ph., 1991.- Amendement calcimagnésien d'un taillis de châtaignier: influence sur les eaux lysimétriques, le sol et la nutrition minérale. *DUESS Traitement des eaux, Limoges*, 62 p.
- FRASCARIA N. et LEFRANC M., 1992. - Le commerce de la châtaigne: un nouvel aspect dans l'étude de la différenciation génétique de populations de châtaigniers (*Castanea sativa* Mill.) en France. *Ann. Sci. For.*, 49, 75-79.
- FOURNIER J.M., 1992.- Impact d'un amendement calcomagnésien sur le sol (horizon humifère), sur les eaux et sur les châtaigniers (*Castanea sativa* Mill.) dans un taillis. *DUESS Traitement des eaux, Limoges*, 76 p. + annexes.
- HOYLE M.C., 1965. - Variation in foliage composition and diameter growth of yellow birch with season, soil and tree size. *Soil Sc.*, 29, 475-90.
- JAVELLAUD J., 1986. - Contribution à l'étude phytoécologique des landes atlantiques du Limousin occidental: Châtaigneraie Limousine. Thèse 3ème cycle N° 36-1986 Limoges, 160p. + annexes.
- LAUDELOUT H., 1993.- La pratique du chaulage: Historique et Philosophie. Forêt et Amendements calcaires. *Document INRA, Champenoux*, 5-16.
- MAISONNIER C, 1993.- Les qualités minérales des eaux circulantes et incidentes. Impact des litières forestières et d'un amendement calco-magnésien. Influence de la qualité des bois. *Mémoire DUT, Option Génie de l'Environnement, IUT Perpignan*, 44p. + annexes.
- MELLINGER A., 1988. - Approche pédologique des taillis de châtaignier en châtaigneraie limousine. *Rapport B.T.A., Ecol. For. Meymac*, 41 p. + annexes.

- RANGER J., MOHAMED AHAMED D. et BONNEAU M., 1993.- Effet d'un amendement calco-magnésien sur les solutions d'un sol acide sous pessière déperissante dans les Vosges. *Forêt et Amendements calcaires. Document INRA, Champenoux*, 139-154.
- ROUILLER J., 1981. - Analyses des sols, techniques de laboratoire. *Note technique N° 32*, CPB-CNRS, Nancy-Vandoeuvre, 42 p.
- SCHWARTZ D., 1986.- Méthodes statistiques à l'usage des médecins et des biologistes. Médecine Sciences, Flammarion éd., 317p.
- TOUZET G., 1984. - L'analyse végétale dans le contrôle de l'alimentation des plantes tempérées et tropicales. Lavoisier Tech. et Doc., 810 p.
- TOUTAIN F., DIAGNE A. et LE TACON F., 1993.- Effets d'apports de calcium et de divers éléments majeurs sur le fonctionnement d'un écosystème forestier de l'Est de la France. *Forêt et Amendements calcaires. Document INRA, Champenoux*, 35-48.
- VEDY J.C., 1973. - Relations entre le cycle biogéochimique des cations et l'humification en milieu acide. Thèse Doct. Etat, Nancy I, 116 p.
- VERGER J.P., BAFFET M., JAVELLAUD J. et DUTREUIL J.P., 1983. - Etude pédologique du taillis de châtaignier, commune de Chalus. *Contrat DDA, Univ. Limoges*.
- VERGER J.P., JAVELLAUD J., VILKS A. et BOTINEAU M., 1985. - Le taillis de châtaignier de la forêt communale de Cussac (87). *Rapports Sol-Végétation. Coll. Phyto.*, XIV, 515-525.
- VERGER J.P. et JAVELLAUD J., 1986. - Etude phytoécologique d'un taillis de châtaignier (*Castanea sativa* Mill.) en forêt domaniale de Pompadour. *Ann. Sc. Limousin*, 2, 39-52.
- VERGER J.P., 1989.- Rôle des ions de l'acidité dans la répartition des espèces végétales. Application à quelques espèces de l'étage alpin. *Bull. Ecol.*, .20, (3), 237-244.

CONTRIBUTION A L'ETUDE DE LA ROULURE CHEZ LE CHATAIGNIER

**ETUDE EXPERIMENTALE DES CONSEQUENCES D'AMENDEMENTS CALCIQUES
I - RELATION ENTRE LA COMPOSITION MINERALE DU MILIEU
ET CELLE DE JEUNES PLANTS**

FREYSSAC, V., RAHMANI, A., CARLUE, M., VERGER, J.P., MORVAN, H.

Laboratoire de Biologie Cellulaire Végétale et Valorisation des Espèces Ligneuses,
123, rue Albert Thomas, 87060 Limoges Cédex

RESUME

Au cours d'une expérimentation sous serre, menée sur de jeunes plants de châtaignier issus d'un même clone, il a été constaté que leur culture provoquait une dégradation du substrat avec consommation du calcium mais pas des autres cations, y compris lorsque des amendements calciques sont apportés. Les teneurs des cations étudiés dans différents organes et tissus confirment que les écorces et les feuilles sont les principaux lieux de mobilisation cationique mais que les premières peuvent aussi jouer le rôle de source de redistribution lorsque des éléments viennent à manquer. La répartition du calcium endogène varie en présence ou en l'absence d'un apport calcique exogène ce qui renforce l'idée que la faiblesse en calcium disponible dans la plupart des sols du Limousin peut être un facteur limitant pour une bonne cohésion intercellulaire dans le bois des tiges et ainsi favoriser l'expression d'accidents traumatiques comme la roulure.

MOTS CLES : châtaignier, calcium, sol, expérimentation sous serre.

EXPERIMENTAL STUDIES ON RINGSHAKE IN CHESTNUT TREES

RESULTS OF DIFFERENTIAL CALCIUM NUTRITION

I - RELATION BETWEEN MINERAL COMPOSITION OF SOIL AND YOUNG PLANTS

SUMMARY

The cultivation in greenhouse of young chestnut plants induces a degradation of the soil permitting the absorption of calcium preferentially to other cations, even if calcium is added to the nutritive solution. Barks and leaves appear the main accumulation sites of cations but barks can also release ions when they lack in the other organs or tissues of the plant. The repartition of calcium in the different areas differs significantly if calcium is added or not. It means that calcium can be a limiting factor for

the intercellular cohesion in the young wood of stems and facilitate later the expression of shake in the trunks of chestnut, especially as in Limousin country where its concentration in soil is low.

KEY WORDS : chestnut tree, calcium, soil, cultivation in greenhouse

INTRODUCTION

Le châtaignier n'est jusqu'à présent que peu valorisé industriellement, en raison de la fréquence d'un défaut du bois : la roulure. Celle-ci peut se définir comme l'existence, à un moment donné, d'une séparation tangentielle (qui suit la direction du cerne annuel) entre deux portions du bois d'une même tige ou d'une même planche (CHANSON et coll., 1989). CHANG (1972) puis CHANSON et coll. (1989) ont classé en quatre catégories les principaux facteurs considérés comme susceptibles de provoquer l'apparition de roulures :

- Les facteurs liés aux contraintes de croissance; les risques de fissuration sous l'effet d'un niveau de contrainte plus ou moins fréquent (pente, orientation, vent) sont plus élevés chez le châtaignier que pour la plupart des autres bois feuillus, la grande rectitude de fil de son bois favorisant la propagation des fentes.

- Les facteurs traumatiques; quelle que soit leur origine, les dégâts qui atteignent le cambium et induisent la mise en place de tissus atypiques (cals de cicatrisation) semblent favoriser l'apparition de la roulure.

- Les facteurs liés aux contraintes de séchage; de nombreuses roulures apparaissent lors du séchage des billons de bois, surtout lorsqu'il est effectué rapidement (TAHANI et GUITARD, 1987).

- Les facteurs liés à l'environnement; selon FOSTIER (1952), il s'agit notamment de la qualité des sols. En outre, LACHAUSSEE (1953), affirme que les sols à faible rapport Ca/Fe ont une forte incidence sur la roulure, chez le chêne. Ainsi, la carence en calcium se trouve directement incriminée dans la mesure où elle provoquerait une fragilisation de la lamelle moyenne (KALRA, 1956 ; DAVIS, 1949).

Considérant que cette classification est établie sur un nombre limité de critères, CHANSON et coll. (1989) signalent les tentatives de WILSON (1962), MADESCLAIRE (1980), GUIOT (1983) et BONENFANT (1985) pour relier la fréquence d'apparition de la roulure à des critères stationnels ou au type de peuplement .

Plus récemment, des études génétiques ont mis en évidence une relation entre l'état homozygote ou hétérozygote de certains systèmes enzymatiques et la fragilité du bois (FRASCARIA et coll., 1992). Cependant, ces résultats n'ont pu être confirmés par BUREL (1993). Au passage, l'auteur a noté la très grande variabilité génétique de la population française de châtaigniers.

Enfin, des mesures effectuées d'une manière suivie dans un taillis de châtaignier par des stagiaires du Laboratoire de Biologie Cellulaire Végétale et Valorisation des Espèces Ligneuses (DOMAIN, 1991; FOURNIER, 1992; MAISONNIER, 1993) ont montré l'importance d'un apport de calcium sur la redistribution de cet élément au sein de l'arbre. De plus, les effets favorables de l'amendement se répercutent sur les autres éléments minéraux, qui sont davantage fixés, notamment au niveau du bois jeune (VERGER et coll., 1993).

Le milieu naturel, de par sa complexité, étant difficile à appréhender directement, nous avons recherché dans des conditions semi-contrôlées et sur de jeunes plants, à établir et préciser les premiers effets de l'action du calcium sur les relations sol-végétation.

MATERIEL ET METHODES

1 - LE MATERIEL VEGETAL

Les plants choisis pour cette étude proviennent de culture in vitro de châtaignier hybrides clonés (*Castanea crenata* x *Castanea sativa*, cv Marsol C07). Ils ont été enracinés et acclimatés début juin 1993 sur un substrat composé de 40% de tourbe blonde et 60% d'écorce de résineux (Pépinières Coulié-19600 Larche). Après avoir mesuré la longueur de chacun des 100 individus, ceux-ci ont été répartis en 4 lots homogènes en comportant chacun 25. L'un d'eux a été réservé pour des analyses au temps zéro de la manipulation, de manière à constituer une référence de la répartition minérale dans les plants, avant le débourrement des bourgeons.

Avant la plantation, les racines de chacun des plants ont été soigneusement débarassées du substrat utilisé en pépinière, aspergées avec de l'eau déminéralisée puis essorées avec du papier absorbant.

2 - LE SUBSTRAT

Le substrat utilisé est composé par l'horizon C d'un sol brun acide oligotrophe (à pH 7), mésotrophe au pH du sol (voir tableau I), formé sur gneiss leptynique (Domaine de Brie, commune de Champagnac-la-Rivière, Haute-Vienne). Comme tous les sols développés sur ce type de roches (VERGER et coll., 1983), il se révèle pauvre en bases échangeables, principalement en calcium (MAISONNIER, 1993).

En raison de la richesse en éléments fins (argiles et limons) du substrat, celui-ci a été allégé avec du sable de Fontainebleau (1/3 de sable pour 2/3 de terre, en masse). Le but est de permettre un bon drainage et de favoriser le développement racinaire. Une culture sur un tel substrat présente, en outre, d'autres avantages :

- se rapprocher du milieu naturel,
- constituer un support naturel carencé permettant de suivre l'action d'apports cationiques.

Le mélange n'a pas été lavé à l'eau déminéralisée, un essai réalisé par MAISONNIER (1993) sur le même sol sans apport de sable, ayant permis de conclure que la libération d'hydrosolubles est négligeable devant l'apport cationique des solutions d'arrosage.

3 - LA PLANTATION

Les contenants cultureux sont des cylindres en PVC (h=250 mm, d=80 mm, e= 5mm) percés à la base et sous le socle. La longueur de ce pot va permettre aux racines de la plante de se développer sans s'enrouler alors que la nature non poreuse du PVC et le faible diamètre du cylindre vont contribuer à limiter les risques d'évaporation et de stress hydrique. La culture s'est déroulée dans un milieu semi-contrôlé, dans une serre en verre, sous contrôle manuel des apports minéraux et des températures minimales et enregistrement des températures maximales.

Les plants ont été arrosés à l'eau déminéralisée afin de limiter le choc minéral lors de l'enracinement durant les trois premières semaines. L'apport minéral est ensuite réalisé lors de l'arrosage des plants avec une solution de CaCl_2 : 0, 2 ou 4 meq.l⁻¹ (milli-équivalents par litre). Le chlorure de calcium se dissout facilement dans l'eau déminéralisée et il est ainsi directement assimilable par la plante.

Cet apport calcique (50 ml deux fois par semaine) a été réalisé en alternance avec un arrosage (50 ml une fois par semaine) par une solution d'oligoéléments (H_3BO_4 , 4mM - MnSO_4 , H_2O , 1 mM - ZnSO_4 , $7\text{H}_2\text{O}$, 1 mM - Na_2MoO_4 , $2\text{H}_2\text{O}$, 1 mM - CuSO_4 , $5\text{H}_2\text{O}$, 1 mM). Hormis le calcium, aucun autre macroélément n'a été fourni. Cependant, du sodium a été introduit avec la solution d'oligoéléments. L'apport de cuivre a été effectué en raison de la carence connue des sols du Limousin en cet élément (ALANORE, 1980).

4 - RECOLTE ET CONDITIONNEMENT DU MATERIEL

Dans le paragraphe A nous avons indiqué que le premier lot de 25 plants avait été choisi comme référence pour les analyses avant plantation. Les trois autres ont été cultivés dans les conditions décrites précédemment du 03 mars au 27 juin 1994. L'analyse minérale de chaque lot de plants a été réalisée sur différentes zones morphologiques de la plante.

Les axes sont débarrassés des racines, écorcés et privés de leurs bourgeons. Les feuilles, le bois, les écorces et les racines ont été séchées 2 heures à 80°C (arrêt des réactions enzymatiques), et 36 heures à 60 °C (la masse est alors stabilisée). Chaque échantillon a ensuite été réduit en poudre à l'aide d'un broyeur à billes (Prolabo). Les bois récoltés ont été traités en vue d'une analyse biochimique des pectines (FREYSSAC, 1994).

5 - METHODES D'ANALYSES

Les racines et les écorces ont été minéralisées par un mélange sulfonitrique-eau oxygénée selon la méthode de HOENIG et VANDERSTRAPPEN (1978).

La mesure électrométrique du pH du sol est effectuée sur le surnageant d'un mélange sol/solution de rapport 2/5 après mise en contact de 4 heures (pH eau), ou après une agitation rotative de 1heure (pH KCl).

Les bases échangeables sont extraites par percolation à l'acétate d'ammonium 1 N, tamponné à pH 7, pour Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ et Na^+ et par une solution de KCl 1 N, pour Fe^{2+} , Mn^{2+} et Cu^{2+} . Les ions de l'acidité (Al^{3+} et H^+) sont dosés par titrimétrie dans la solution saline, les autres éléments par spectrophotométrie d'absorption atomique (Spectrophotomètre Atomspeck Hilger-Watts H 1170).

La sommation des bases échangeables, du Mn^{2+} , et des ions de l'acidité (Ae) donne la capacité totale d'échange (T) au pH du sol.

Des analyses globales des sols ont été effectuées (INRA d'Arras) afin d'établir la teneur en éléments totaux avant et après culture.

RESULTATS

1 - MODIFICATIONS DU SUPPORT MINERAL

Le tableau I représente les quantités de cations échangeables présents dans le sol avant (S_i) et après les différents types de culture (S_f0, S_f2 et S_f4). Dans tous les cas, les teneurs en calcium, sodium et potassium échangeables augmentent sensiblement après culture, quel que soit le traitement subi. Par contre, le magnésium échappe à cette tendance, sa concentration demeurant relativement stable. Contrairement au potassium et au magnésium qui ne figurent pas dans les solutions d'arrosage, le calcium et le sodium y sont apportés, mais à des doses très différentes.

Tableau I : ANALYSES PEDOLOGIQUES DU SUBSTRAT AU TEMPS INITIAL (S_i) ET AU TEMPS FINAL (S_f)
Les indices 0, 2 et 4 correspondent aux doses de calcium administrées pendant la culture (meq. l⁻¹ de solution d'arrosage)

Traitement	pH	pH	ΔpH	Bases échangeables (meq/100g)					Mn ⁺⁺	A.e (meq/100 g)			pH sol		Fe ⁺⁺	Cu ⁺⁺
	H ₂ O	KCl		Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	S		Al ³⁺	H ⁺	Ae	T sol	V sol		
S _i	5,10	4,30	0,80	0,30	0,12	0,18	0,15	0,75	0,02	0,40	0,15	0,55	1,32	36,00	0,10	0,010
S _f 0	4,80	4,15	0,65	0,54	0,13	0,28	0,25	1,20	0,03	0,70	0,20	0,90	2,13	56,00	0,06	0,006
S _f 2	4,40	4,00	0,40	0,60	0,12	0,29	0,27	1,28	0,03	1,15	0,00	1,15	2,46	53,00	0,06	0,006
S _f 4	4,56	4,14	0,42	0,56	0,11	0,29	0,25	1,21	0,04	0,65	0,20	0,85	2,10	52,00	0,07	0,006

Ae = Acidité d'échange (meq/100g de sol) - T sol = S+ Ae+ Mn⁺⁺ - V sol = S/Tx100 (taux de saturation)

Pour expliquer ces résultats, il est aisé de constater qu'une partie importante du calcium et à un degré moindre du potassium de la réserve minérale du substrat est solubilisée (Tableau II). Ces éléments ne proviennent pas des hydrosolubles. Les mesures effectuées par MAISONNIER (1993) dans les eaux lysimétriques pendant une durée de 2 mois faisant apparaître des libérations de l'ordre de 4, 2,5 et 1 mg.100 g⁻¹ en K, Na et Ca, respectivement. C'est donc bien une interaction racines/substrat qui permet le relarguage de ces ions. Les prélèvements racinaires sont particulièrement marqués en ce qui concerne le calcium, très minoritaire dans le sol et ceci en dépit d'un apport non négligeable. Pour le magnésium, il faut admettre dans certains cas (S_f0 et S_f2), un très léger relarguage racinaire à partir des plants pour expliquer l'élévation des teneurs dans le substrat, en dehors de tout apport.

Tableau II : TENEURS TOTALES EN CATIONS DU SUBSTRAT AU TEMPS INITIAL (S_i) ET EN FIN D'EXPERIMENTATION (S_f). Les valeurs sont exprimées en mg pour 100g de sol.

	Ca	Mg	K	Na	Cu	Mn	Fe	SCT
S _i	90	110	3530	460	0,6	14,7	1100	5 305
S _f 0	50	120	3340	460	1,1	17,0	1060	5048
S _f 2	50	120	3410	470	1,0	15,4	1030	5096
S _f 4	50	110	3340	470	0,8	14,4	1000	4985

SCT : somme des cations totaux - 0, 2 et 4 sont les doses de calcium administrées pendant la culture (meq.l⁻¹ de solution d'arrosage)

En outre, une baisse systématique des oligoéléments (Fe, Cu) est observée quelles que soient les conditions expérimentales, ce qui témoigne d'une utilisation croissante de ces cations par la plante. Finalement, l'apport de doses variables de calcium n'influence que très légèrement l'évolution de la composition chimique globale du substrat comme en témoigne les valeurs de la somme des cations totaux mesurés (SCT).

2 - MODIFICATIONS DES TENEURS EN CATIONS DANS LES RACINES

Le tableau III-a représente les quantités de cations mesurées dans les racines des plants de châtaignier. Il est à noter que, excepté pour le fer et le sodium, les quantités des principaux cations sont bien plus faibles après qu'avant culture (-41 % pour le magnésium, -68 % pour le potassium, -73 % pour le calcium). Dans ce dernier cas, l'apport de calcium est sans effet sur la teneur de cet élément dans les racines (entre 1,21 et 1,4 meq pour 100 g). Par contre, le calcium influence très nettement les teneurs en sodium et en fer puisque l'absence de traitement calcique aboutit à une diminution d'environ 40 % dans les deux cas. L'apport de calcium (R_f2 et R_f4) provoque une diminution de la teneur en sodium des racines mais elle est moins marquée que pour le calcium, magnésium et le potassium. En outre le même traitement provoque une importante accumulation de fer (+ 200 % environ).

La principale constatation est sans doute que les teneurs en cations des racines de châtaignier a fortement diminué en fin de l'expérience, après culture sur un substrat très pauvre, même si ces plants ont reçu des apports calciques. Par ailleurs, ces amendements influencent fortement l'accumulation du fer.

3 - MODIFICATIONS DES TENEURS EN CATIONS DANS LES TIGES

Pour mieux appréhender la distribution des cations dans les tiges de châtaignier, les écorces ont été séparées du bois et les deux types de tissus ont été analysés séparément. Par comparaison aux quantités de calcium présentes initialement dans les écorces (tableau III-c), un appauvrissement peut être constaté en fin de traitement dans les échantillons ayant été carencés et un léger enrichissement dans les échantillons ayant reçu un apport calcique. Il faut noter que cet enrichissement en calcium est plus accusé dans le traitement R_f2 que R_f4 pour leur part les teneurs en magnésium et potassium sont inférieures aux quantités initiales, surtout en R_f4. Par ailleurs, les quantités de fer et de sodium, tous deux apportés par la solution d'oligoéléments, n'évoluent guère.

Toujours par comparaison aux teneurs initiales, un enrichissement très net en calcium est observé dans le bois (tableau III-b), y compris en l'absence d'apport calcique mais d'autant plus marqué lorsque du calcium exogène est fourni par arrosage. Les teneurs en magnésium et potassium diminuent de plus 50 % de même que celles du fer. Par contre, le sodium reste en quantité très stable.

4 - EVALUATION DES TENEURS EN CATIONS DANS LES FEUILLES

Les feuilles sont des organes néoformés ce qui justifie l'absence de valeur initiale (Tableau III-d) puisque l'échantillonnage a été réalisé juste avant le débouillage des bourgeons. Toutefois, les teneurs en cations en fin d'expérience sont assez révélatrices : en effet, si les valeurs mesurées en l'absence de tout traitement (F0) sont considérées comme référence, il apparaît que l'apport d'un amendement calcique, complété par des oligoéléments, augmente très sensiblement les quantités de calcium dans les limbes ainsi que celles de magnésium. L'effet se répercute également sur le potassium

et le fer dont les teneurs progressent notamment à l'occasion de l'apport maximal (4 meq.l⁻¹) en calcium. Le sodium, quant à lui, demeure remarquablement insensible aux différents traitements.

Tableau III : TENEUR DES CATIONS, APRES MINERALISATION, DANS LES DIFFERENTES PARTIES DES PLANTS DE CHATAIGNIERS. Les valeurs sont exprimées en µeq.g⁻¹ de matière sèche.

d

Feuilles	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Fe ²⁺
F 0	181,6	141,0	119,7	36,0	4,1
F 2	262,4	190,2	111,3	34,0	4,2
F 4	383,4	222,0	134,4	37,0	7,8

c

Ecorces	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Fe ²⁺
E i	680,2	284,8	188,5	11,0	4,2
E _f 0	584,4	205,6	72,4	9,8	4,6
E _f 2	806,6	346,3	72,4	9,7	6,3
E _f 4	700,7	134,0	56,9	9,8	5,7

b

Bois	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Fe ²⁺
B i	24,0	112,0	119,7	6,2	4,5
B _f 0	38,4	46,0	52,5	5,6	2,0
B _f 2	46,0	56,0	68,2	7,2	2,2
B _f 4	44,0	44,0	56,7	6,4	2,0

a

Racines	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Fe ²⁺
R i	50,3	117,2	217,2	13,0	6,3
R _f 0	13,7	60,4	63,4	7,5	3,8
R _f 2	12,1	78,6	70,1	10,5	19,5
R _f 4	14,0	69,4	77,5	11,6	18,7

i : valeurs initiales (avant culture) - f : valeurs en fin d'expérience
0, 2 et 4 correspondent aux doses de calcium administrées pendant la culture (meq.l⁻¹ de solution d'arrosage)

DISCUSSION

L'examen des résultats et leur interprétation doit tenir compte du fait que les analyses minérales ont été effectuées à la fois dans les échantillons de sol et dans les organes. Dans le premier cas, il s'agit d'apprécier les variations des teneurs en cations du sol comme marqueur de leur plus ou moins grande consommation par les plants. Dans les échantillons végétaux (racines, écorces, bois et feuilles) l'objectif est de relier d'éventuelles variations des teneurs en cations à des modifications de leur distribution dans les différents organes de la plante.

Ainsi, l'apport calcique se traduit par une augmentation progressive de la concentration en calcium dans tous les organes et tissus aériens qui constituent, comparativement aux racines, des lieux de destination privilégiée pour cet élément. Les différences entre les traitements sont particulièrement nettes selon qu'il y a eu apport ou non de calcium. Une comparaison avec les teneurs initiales en calcium dans les organes et tissus préformés (racines, écorces et bois) montrent sans ambiguïté que cet élément est mis en réserve dans les écorces et dans les feuilles, mais pas dans les racines en période végétative. Comparativement, sa teneur dans le bois est relativement faible à ce stade de développement du plant. Les écorces apparaissent comme le principal centre d'attraction pour le calcium avec des teneurs 2 à 3 fois supérieures à celles mesurées dans les feuilles et surtout plusieurs dizaines de fois plus importantes que dans le bois ou dans les racines. Ainsi les organes pérennes du châtaignier sont relativement pauvres en calcium, ce qui correspond bien au fait que le végétal soit considéré comme acidophile. Toutefois, l'écorce des tiges représente un site de réserve efficace accumulant le calcium quand il est disponible dans le sol et le redistribuant s'il vient à manquer. Quant aux feuilles, elles représentent également des puits très attractifs mais ce n'est qu'une situation transitoire puisqu'elles chutent en automne, participant à la constitution de la litière où elles sont dégradées rapidement permettant ainsi un recyclage du calcium au niveau du sol. La faible teneur en calcium mesurée dans le bois, notamment au moment de la reprise d'activité printanière, c'est à dire lors de la réactivation cambiale, est peut-être l'indice le plus important à prendre en compte dans la recherche des causes de la rouille. En effet, c'est à cette époque que de nouvelles strates cellulaires vont se constituer, à partir des divisions successives de l'assise cambiale. Parmi les polymères constitutifs des plaques cellulaires et des parois primaires, les pectines représentent des éléments importants dont le rôle cohésif peut être largement affecté par la possibilité ou non de fixer du calcium. Or, il faut noter l'augmentation du calcium associé aux polymères constitutifs du bois (résultats non montrés) dans ceux d'entre eux qui ont bénéficié d'un apport calcique lors de leur synthèse.

Dans les conditions expérimentales décrites, l'absence de magnésium et de potassium dans les amendements et aussi la consommation par les plantes pour élaborer les tissus expliquent la baisse générale des teneurs en ces éléments essentiels pour le développement du végétal. Toutefois, l'expérience n'ayant duré que quelques mois, les plants n'en ont pas trop souffert, utilisant préférentiellement un mode de redistribution interne et non en prélevant significativement dans la réserve du sol. L'apport calcique a également une influence sur la distribution des autres cations, notamment un effet positif sur les teneurs en fer dans tous les organes et en sodium dans les racines. Par contre, il est sans effet sur le sodium présent dans les parties aériennes. Bien que sa proportion reste quantitativement minoritaire, le sodium apparaît comme un élément particulièrement stable chez le châtaignier.

La diminution de la teneur en calcium total dans le substrat de culture, en fin d'expérimentation, provient à la fois de la dégradation de la réserve minérale du sol et de l'absorption de la moitié de cette réserve par les plants de châtaignier, sans perdre de vue que l'apport spécifique et différentiel lors de l'expérimentation est également entièrement consommé. Les données confirment le rôle majeur du calcium dans la nutrition minérale des espèces ligneuses même pour celles qui sont calcifuges comme le châtaignier. Par ailleurs, la teneur en calcium échangeable, soit la part principale de la totalité des ions échangeables, s'élève en fin d'expérience dans le substrat traduisant ainsi une éventuelle augmentation de la matière organique, principal pourvoyeur de sites d'échange. Par ailleurs, les différences importantes observées pour le calcium peuvent s'expliquer par le fait que le substrat utilisé est un matériau jeune, encore pourvu en minéraux, facilement altérable (type biotite), sur un sol très filtrant. En effet, SPYRIDARIS *et al.* (1967) ont signalé l'activité de la rhizosphère de plants de conifères et d'arbres à feuilles caduques cultivés durant 13 mois sur un substrat contenant de la biotite (2 à 50 μm) comme seule source de potassium et de magnésium. Celle-ci est transformée en kaolinite et libère K^+ et Mg^{2+} du réseau de la phyllite. Ainsi, le calcium serait libéré dans le milieu, passant de fait à l'état d'ion échangeable et assimilable. Ce type de comportement n'est pas sans rappeler les observations de BRETHERS et NYS (1975) chez les résineux. Il n'était pas encore connu en ce qui concerne le châtaignier.

CONCLUSION

Les résultats présentés dans cet article doivent être considérés comme préliminaires dans la mesure où ils proviennent d'une seule saison d'expérimentation. Néanmoins, ils confirment la nécessité de la présence du calcium dans l'alimentation minérale du châtaignier. Sa préférence pour les terrains acides ne s'explique que par une mise à disposition très progressive de l'ion qui subit à la fois un recyclage interne (écorces) et externe (feuilles et brindilles), effets que notre dispositif permet d'évaluer efficacement.

BIBLIOGRAPHIE

- ALANORE A., 1980.- Contribution à l'étude du cuivre chez les végétaux et plus spécialement dans les prairies corréziennes. Mémoire de D.E.A. de physiologie végétale, Poitiers, 109 p.
- BONENFANT M., 1985.- Croissance et qualité du châtaignier de futaie en Bretagne. E.N.G.R.E.F. mémoire de 3^{ème} année, Nancy, 123 p.
- BRETHERS A., NYS C., 1975.- Effets des résineux sur la fertilité des sols. Difficultés des recherches et premiers résultats. *Sci. Sol*, 1, 3-18.
- BUREL L., 1993.- Variabilité génétique du châtaignier (*Castanea sativa* Mill.) : étude des populations du Limousin et de l'Essonne ; lien avec la roulure. Mémoire de D.I.T.A., Dijon, 43 p.
- CHANG C.I.J., 1972.- The cause of ring shake : a review of literature. *Quarterly J. Chinese Forestry*, 6(1), 1-30.
- CHANSON B., LEBAN J.M., THIBAUT B., 1989.- La roulure du châtaignier (*Castanea sativa* Mill.). *Forêt méditerranéenne*, XI (1), 15-34.
- DAVIS D. E., 1949.- Some effect of calcium deficiency on the anatomy of *Pinus tadea*. *Amer. J. Bot.*, 36, 276-282.
- DOMAIN Ph., 1991.- Amendement calcomagnésien d'un taillis de châtaignier : influence sur les eaux lysimétriques, le sol et la nutrition minérale; Mémoire de D.U.E.S.S. Traitement des eaux, Limoges, 62 p.

- FOSTIER G, 1952.- Les lésions des chênes par le gel. *Forêts de France et action forestière*, N°42.
- FOURNIER J. M., 1992.- impact d'un amendement calcomagnésien sur le sol (horizon humifère), sur les eaux et sur les châtaigniers (*Castanea sativa* Mill.) dans un taillis. Mémoire de D.U.E.S.S. Traitement des eaux, Limoges, 76 p.
- FRASCARIA N., CHANSON B., THIBAUT B., LEFRANC M., 1992.- Génotypes et résistance mécanique radiale du bois de châtaignier (*Castanea sativa* Mill.). Analyse d'un des facteurs explicatifs de la roulure. *Ann. Sci. For.*, 49, 49-62.
- FREYSSAC V., 1994.- Influence de la nutrition calcique sur la composition en pectines des tissus de jeunes plants de châtaignier cultivés en conditions contrôlées. Mémoire de D.E.A., Clermont-Ferrand, 33 p + annexes.
- GUIOT A., 1983.- Contribution à l'étude du châtaignier à bois en Bretagne. S.R.A.F. de Bretagne, Rennes.
- HOENIG M., VANDERSTRAPPEN R., 1978.- Dosage de Cd, Pb, Zn et Mn dans les végétaux par spectrométrie d'absorption atomique en flamme - effets de la minéralisation. *Anatasis*, 6(7), 312-316.
- KALRA G. S., 1956.- Response of the tomato plant to calcium deficiency. *Bot. Gaz.*, 118 (1), 18-37.
- LACHAUSSEE E., 1953.- Note upon shake and forest crack of *Quercus robur*. *For. Prod. Abstr.*, 15, (1598)
- MADESCLAIRE A., 1980.- Etude de la châtaigneraie gardoise. Mémoire de 3ème année ENITEF de Nancy.
- MAISONNIER C., 1993.- Les qualités minérales des eaux circulantes et incidentes. Impact des litières forestières et d'un amendement calcomagnésien. Influence sur la qualité des bois. Mémoire de D.U.T. Génie de l'Environnement, Perpignan, 44 p + annexes.
- SPYRIDARIS D. C., CHESTERS G., WILDE S. A., 1967.- Kaolinitisation of biotite as a result of coniferous and deciduous seedling growth. *Soil. Sc. Amer. Proc.* 31(2), 203-210.
- TAHANI N., GUITARD D., 1987.- Etat des contraintes externes dans un billon soumis à un séchage radial. Communication au 2ème colloque Science et Industries du Bois, Nancy.
- VERGER J.P., BAFFET M., DUTREUIL J.P., JAVELLAUD J., 1983.- Etude pédologique du taillis de châtaignier (*Castanea sativa* Mill.), commune de Châlus. Rapport contrat DDA. Université, 46 p + annexes.
- VERGER J.P., MORVAN H., FOURNIER J.M., MARGA F., MAISONNIER C., FREYSSAC V., DESJOBERT T., DOMAIN P., 1993.- Nutrition minérale du châtaignier (*Castanea sativa* Mill.) ; rôle dans le développement de la roulure ; exemple du Limousin. Laboratoire de Biologie Cellulaire Végétale et Valorisation des Espèces Ligneuses, Limoges, rapport du programme AGROBIO, 36 p.
- WILSON B. F., 1962.- A survey of the incidence of ring shake in Eastern Hemlock. *Harvard Forest Papers* n°5.

CONTRIBUTION A L'ETUDE DE LA ROULURE CHEZ LE CHATAIGNIER

**ETUDE EXPERIMENTALE DES CONSEQUENCES D'AMENDEMENTS CALCIQUES
II - EFFET DU CALCIUM SUR LE CONTENU PECTIQUE DU BOIS**

FREYSSAC V., LAROCHE A., CARLUE M., MORVAN H.

Laboratoire de Biologie Cellulaire Végétale et Valorisation des Espèces Ligneuses
Faculté des Sciences- 123, Avenue A. Thomas- 87060 Limoges Cédex

RESUME

Une expérimentation sous serre a été menée sur de jeunes plants de châtaignier issus d'un même clone. Elle a consisté à contrôler la nutrition calcique de ces plants. Les résultats obtenus montrent une modification quantitative et qualitative des pectines du bois. Lorsque le substrat est enrichi en calcium, les chaînes principales des pectines possèdent davantage d'acides galacturoniques, responsables de la cohésion entre les molécules pectiques. Ces polymères pariétaux pourraient ainsi intervenir plus efficacement dans la cohésion de la lamelle moyenne grâce à leur capacité à former des liaisons intermoléculaires *via* l'ion calcium.

MOTS CLES : châtaignier, lamelle moyenne, pectines, calcium.

EXPERIMENTAL STUDIES ON RINGSHAKE IN CHESTNUT TREES

**RESULTS OF DIFFERENTIAL CALCIUM NUTRITION
II - EFFECT OF CALCIUM ON PECTINS IN THE WOOD**

SUMMARY

The aim of the cultivation, under glass, of young chestnut plants was to control their calcic nutrition. The results show a modification of the pectic content in woods. A high calcium concentration in soil induces an important production of galacturonic acid in pectins backbone. This acid is responsible of the inter and intra molecular cohesion of pectic chains. Thus, these cell wall polymers could improve the middle lamella cohesion thanks to their binding capacity *via* calcium.

KEY WORDS : chestnut, middle lamella, pectins, calcium.

INTRODUCTION

La roulerie est un décollement entre deux cernes de bois d'années successives. CHANSON *et al.* (1989) ont localisé plus précisément ce phénomène au niveau de la lamelle moyenne des cellules. De plus, les observations de LACHAUSSEE (1953) chez le chêne montrent que les sols à faible rapport Ca/Fe auraient une forte incidence sur la roulerie. Des études menées au sein du laboratoire de Biologie Cellulaire et Valorisation des Espèces Ligneuses ont cherché à mettre en relation des amendements calciques et la teneur en éléments minéraux dans les bois de châtaignier (FREYSSAC, 1994).

DAVIS (1949) et KALRA (1956) ont émis l'hypothèse qu'une carence en calcium dans le sol provoquerait une fragilisation des tissus au niveau de la lamelle moyenne. Comme son appellation l'indique, cette partie de la paroi constitue la limite de mitoyenneté entre les cellules adjacentes et assure leur plus ou moins bonne cohésion. Elle est essentiellement constituée de pectines, polymères dont la structure a été rappelée par THIBAUT (1980).

Ce travail se propose d'étudier l'influence d'une nutrition calcique différentielle sur la composition en pectines de bois de châtaigniers nouvellement formés. L'expérimentation a consisté à cultiver de jeunes plants de châtaigniers sur un même substrat avec des apports calciques différents.

GENERALITES SUR LES PECTINES

Les pectines sont constituées d'une chaîne principale d'acides D-galacturoniques estérifiés ou non par du méthanol (méthylation) et reliés entre eux par des liaisons α (1-4). Certains d'entre eux s'associent avec des résidus L-rhamnosyls pour former des unités disaccharidiques de α -D-GalA (1-2)-L-Rha liées entre elles par des liaisons α (1-4). Les résidus rhamnosyls peuvent également être substitués par des chaînes latérales formées d'arabinose et de galactose pouvant constituer jusqu'à 25 % de la totalité des pectines (KENNEDY et WHITE, 1988).

Pour les pectines faiblement méthylées, GRANT *et al.* (1973) a proposé le modèle de la boîte à oeufs ("egg-box") comme arrangement spatial au sein de la paroi. L'ion calcium prendrait part à neuf liaisons de coordination avec 2 oxygènes des liaisons glycosidiques, 2 oxygènes des cycles, 2 fonctions acides et 3 fonctions alcools (figure n°1a). Cette structure en "egg-box" n'est réalisable que dans des conditions bien précises. Tout d'abord, les chaînes principales doivent contenir un nombre important d'acides galacturoniques successifs. De plus, les fonctions carboxyliques de ces acides ne doivent pas être méthyl-estérifiées. Finalement, les chaînes latérales fixées sur les résidus rhamnosyls proches de blocs d'acides galacturoniques ne doivent pas être trop volumineuses, pour ne pas provoquer d'encombrement stérique autour des carboxyles.

Ces structures en "egg-box" permettent la formation de liaisons intermoléculaires (figure n°1b) entre les chaînes pectiques. Ainsi, l'organisation des pectines (JARVIS, 1984), constituées de blocs alternés et inégalement répartis de zones fortement branchées et méthyl-estérifiées et de zones homogalacturoniques diversement estérifiées explique l'hétérogénéité qui caractérise la répartition des structures en "egg-box" le long des chaînes pectiques, la plus ou moins grande densité des liaisons intermoléculaires et les différences dans les propriétés de gélification.

La roulure étant un décollement de la lamelle moyenne, nous avons émis l'hypothèse que la fréquence de ces structures en "egg-box" avait une certaine influence sur la cohésion de cette partie de la paroi. Le défaut pourrait provenir d'un déficit d'ions calcium n'assurant plus leur rôle de coordinants au sein de la structure. Indépendamment de son rôle cohésif, le calcium influence la croissance des végétaux en agissant sur la déstructuration acido-dépendante des polymères pariétaux (TEPFER et TAYLOR, 1981). Ainsi, il est imaginable qu'une privation de calcium aboutisse à des modifications profondes du métabolisme pectique, non seulement selon le modèle proposé par REES (1977), *via* le contrôle d'activités enzymatiques pariétales telles que les pectine-méthyl-estérases et les endopolygalacturonases (MOUSTACAS *et al.*, 1986 ; GOLDBERG, 1984), mais également au niveau des méthyltransférases endomembranaires (KAUSS et HASSID, 1967 ; VANNIER *et al.*, 1992).

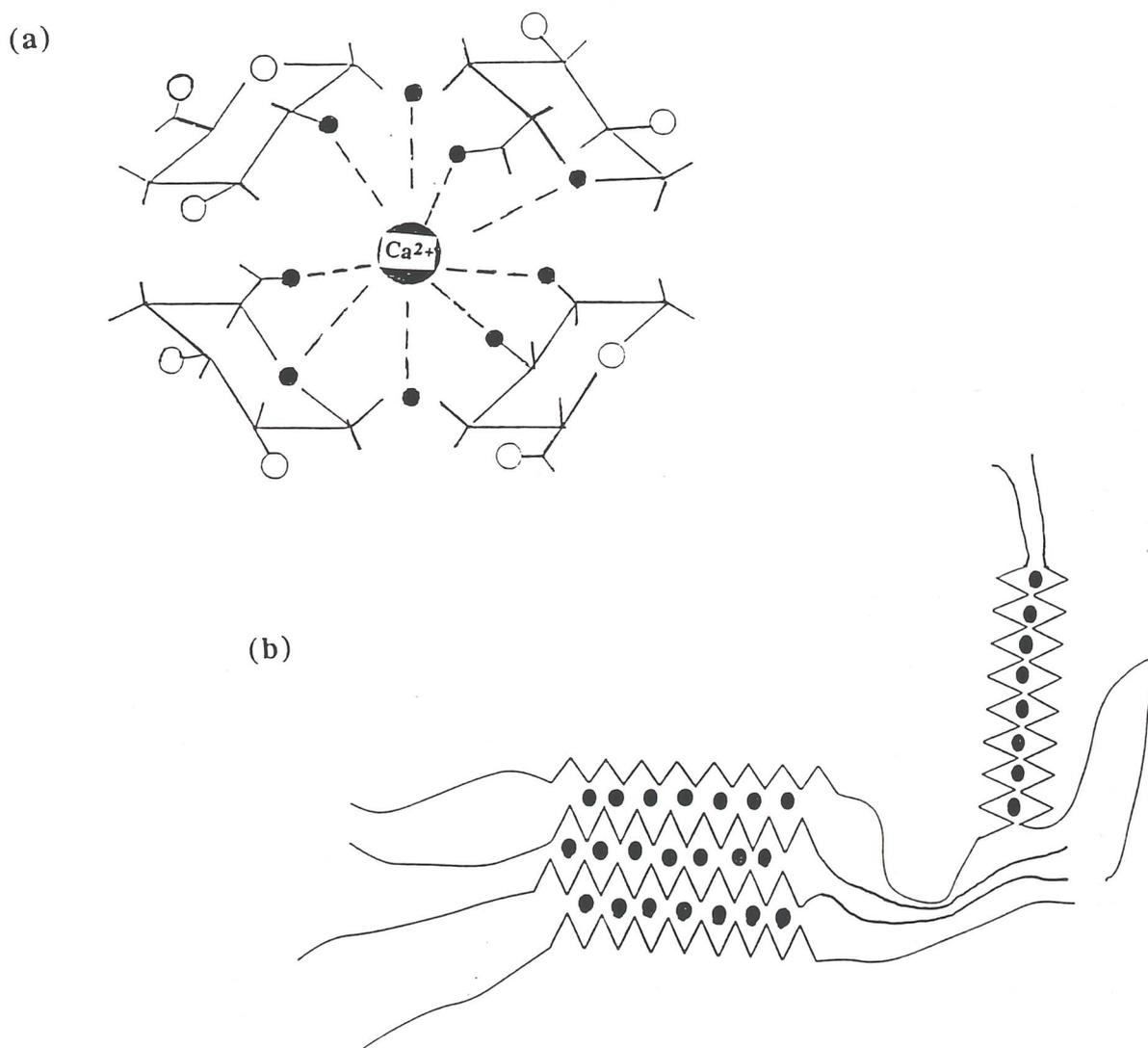


Figure n°1 : Mécanisme d'association des chaînes pectiques, décrit par Grant *et al.* (1973).

a : structure en « egg-box », en présence de l'ion Ca^{2+} , 9 liaisons de coordination (---) sont réalisées avec 4 acides galacturoniques non méthylés (O, atome d'oxygène ne participant pas à la liaison avec le calcium, ●, atome d'oxygène lié avec le calcium).

b : associations intermoléculaires de chaînes pectiques de type « egg-box » (●, ion calcium).

MATERIEL ET METHODES

1 - ORIGINE ET CULTURE DU MATERIEL BIOLOGIQUE

Des plants de châtaigniers hybrides clonés (*Castanea crenata* x *Castanea sativa*, cv Marsol C07) issus de culture *in vitro* ont été répartis en quatre lots homogènes (A, B, C, D) de 25 plants. Un premier lot (A) a été sacrifié avant culture afin d'établir un état de référence de la composition en pectines des bois. Les trois autres lots (B, C, D) ont été cultivés pendant trois mois sur un même substrat pauvre en ions échangeables, notamment en calcium (0,3 meq pour 100 g de sol sec), provenant d'un horizon C de sol de châtaigneraie (Domaine de Brie, commune de Champagnac-la-Rivière, Haute-Vienne). Ces différents lots ont reçu des amendements calciques variables (B:0, C:2, D:4 meq.l⁻¹). Le calcium a été apporté sous forme CaCl₂ dans l'eau d'arrosage en alternance avec un apport d'oligoéléments (H₃BO₄, 4 mM - MnSO₄, H₂O, 1 mM - ZnSO₄, 7H₂O, 1mM - Na₂MoO₄, 2H₂O, 1mM - CuSO₄, 5H₂O, 1mM).

Les racines des plants sont débarassées du substrat de culture utilisé en pépinière, rincées à l'eau déminéralisée et pralinées. Les plants sont arrosés à l'eau déminéralisée, pendant les trois premières semaines de culture, afin de limiter le choc minéral lors de l'enracinement.

Après trois mois de culture en serre, les plants sont récoltés et fractionnés en plusieurs types d'échantillons. Après excision des racines et des feuilles, les parties néoformées des axes sont séparés des parties plus anciennes, déjà existantes lors de la plantation. Les différents types de bois sont écorcés. Sur chaque rameau néoformé, les deux entre-noeuds terminaux, c'est à dire les plus récents, sont recueillis séparément. Chaque zone du végétal ainsi prélevée est placée à l'étuve 2 heures à 80 °C et 36 heures à 60 °C. Elles sont ensuite réduites en poudre à l'aide d'un broyeur à billes (PROLABO).

2 - METHODES D'EXTRACTION ET D'ANALYSE

2.1 - Extraction des pectines

L'extraction se fait en trois étapes. Chaque étape consiste à mettre en suspension le même échantillon de poudre végétale (1,5 g) dans trois solvants successifs. Les polymères seront « extraits » s'ils passent en solution dans le solvant en question. Ils sont alors séparés de la poudre de bois par centrifugation. La première phase d'extraction consiste à mettre la poudre en suspension dans 20 ml d'eau déminéralisée sous agitation (4 °C, 16 h). Après centrifugation (30 min à 12000 g), le culot est repris dans 20 ml d'eau déminéralisée et porté à reflux (120 °C, 1h). Une deuxième centrifugation dans les mêmes conditions que la précédente permet d'effectuer sur la poudre résiduelle une dernière extraction dans 20 ml de CDTA (acide 1,2 diaminocyclo-hexane-N,N, N', N'-tétra-acétique), 22 h à 4 °C, sous agitation. Une dernière centrifugation permet d'isoler le troisième surnageant d'extraction.

A chaque étape, 2 ml de chacun des surnageants sont prélevés pour l'analyse minérale. Le reste est lavé à l'acétate d'éthyle (v/v, 1/1) afin d'éliminer les tanins susceptibles d'interférer lors des dosages colorimétriques. Une dialyse de 36 h contre de l'eau déminéralisée permet d'évacuer les ions et les molécules de masse moléculaire inférieure à 6000 Da (Spectrapor membrane MWCO : 6-8000). Les trois extraits dialysés sont ensuite stockés à -20 °C avant analyse.

2.2 - Méthodes d'analyse

Dosages colorimétriques

Les oses totaux sont dosés d'après la méthode au phénol sulfurique de DUBOIS *et al.* (1956). Les acides uroniques sont quantifiés par la méthode au méthahydroxydiphényl (MHDP) de BLUMENKRANZ et ASBOE-HANSEN (1973). L'interférence des oses neutres et des acides uroniques dans les deux dosages précédents peut être corrigée par la méthode de calcul établie par MONTREUIL et SPICK (1963).

Microanalyse directe

Une méthode de microanalyse directe par chromatographie liquide gaz (CLG), mise au point au sein du laboratoire (MARGA, 1993), permet de déterminer la composition en monosaccharides de la poudre de bois (1 mg) sans avoir recours à des étapes préalables d'extraction. Les conditions d'hydrolyse, de dérivation et de séparation des monosaccharides sont celles décrites par KAMERLING *et al.* (1975) modifiée par MONTREUIL *et al.* (1986).

Analyse minérale

Les ions des 2 ml de surnageant de chaque extraction, prélevés avant dialyse ont été dosés au spectrophotomètre d'absorption atomique ou à émission de flamme (ATOMSPEK H 1170 - Hilger et Watts).

RESULTATS

L'amendement calcique induit une augmentation de la teneur en éléments minéraux, aussi bien dans les écorces que dans les bois des plants de châtaigniers (FREYSSAC, 1994). De ce fait, la première étape du travail consiste à mesurer la fraction ionique dans les extraits de poudre de bois.

Les teneurs en calcium dans les surnageants d'extraction (tableau I) sont globalement plus fortes lorsqu'il y a eu un amendement calcique (4 meq.l⁻¹) par rapport à un sol carencé (augmentation de 38 %). Cette variation affecte plus particulièrement les extraits à l'eau froide (F1).

	F1	F2	F3	Total
0	2,00	1,97	7,50	11,47
2	3,69	1,55	8,67	13,91
4	4,70	3,52	7,47	15,69

0, 2, et 4 sont les doses de calcium administrées pendant la culture (meq.l⁻¹)
F1 : Fraction extraite à l'eau froide
F2 : Fraction extraite à l'eau bouillante
F3 : Fraction extraite au CDTA

Tableau I : DOSAGE DU Ca²⁺ DANS CHAQUE FRACTION DE L'EXTRACTION A PARTIR DU BOIS NEOFORME.

Les teneurs sont exprimées en meq. pour 100g de bois sec

A l'inverse, l'extrait au CDTA (F3) contient des quantités relativement stables. Le léger excès observé à 2 meq.l⁻¹ peut simplement être la conséquence du déficit constaté lors de l'extraction précédente (F2).

Dans un deuxième temps, la composition des polysaccharides contenus dans les bois nouvellement formés selon que le substrat ait été plus ou moins enrichi en calcium (tableau II) montre qu'il y a, au total, une prédominance des oses neutres sur les acides uroniques. Si l'on s'intéresse plus particulièrement aux acides uroniques (AU) considérés comme marqueurs des pectines, on constate qu'ils sont répartis de manière homogène dans les fractions F1, F2 et F3, avec néanmoins une teneur plus élevée dans F2 (extraction à l'eau bouillante). Ces AU sont, au total, présents en plus grande quantité lorsqu'on apporte du calcium exogène (augmentation de 60 %). Cet effet du traitement calcique constaté au niveau du total extrait est aussi observé dans chacune des trois fractions.

	F1		F2		F3		Total extrait	
	AU	ON	AU	ON	AU	ON	AU	ON
B _{nf} 0	1,5	37,0	2,2	53,6	1,1	13,5	4,8	104,1
B _{nf} 2	1,4	18,4	3,5	36,4	1,6	18,5	6,4	73,3
B _{nf} 4	2,1	39,3	3,4	44,8	2,2	11,6	7,7	90,4

Tableau II : QUANTITES D'OSSES NEUTRES (ON) ET D'ACIDES URONIQVES (AU) PRESENTS DANS CHACUNE DES ETAPES D'EXTRACTION A PARTIR DU BOIS NEOFORME (exprimées en $\mu\text{g} \cdot \text{mg}^{-1}$ de bois sec). Les valeurs ont été obtenues par dosages colorimétriques (DUBOIS *et al.*, 1956; BLUMENKRANZ et ASBOE-HANSEN, 1973).

0, 2 et 4 sont les doses de calcium administrées pendant la culture (meq.)

F1 : Fraction extraite à l'eau froide

F2 : Fraction extraite à l'eau bouillante

F3 : Fraction extraite au CDTA

Pour tenter de préciser les caractéristiques de la fraction pectique, la composition monosaccharidique a été établie par la méthode de microanalyse directe sur les deux entre-noeuds les plus récents, réduits en poudre. Les résultats présentés (tableau III) ne prennent en compte que les monosaccharides constitutifs des chaînes principales des pectines : acide galacturonique (GalA) et rhamnose (Rha). L'effet d'un traitement par le calcium se traduit par une augmentation de la teneur en GalA d'une part (100 %) et du rapport molaire GalA/Rha d'autre part (72 %). L'ensemble de ces observations sur la teneur en polysaccharides montre que dans les extraits de bois jeunes de châtaignier, le rapport AU/ON (oses neutres) est très faible. Les extraits contiennent sans doute des mélanges hétérogènes de polymères parmi lesquels ceux qui nous intéressent pour leur capacité bien connue de fixation du calcium, à savoir les pectines. Elles sont à l'évidence minoritaires dans chaque extrait.

	0 meq. ⁻¹	2 meq. ⁻¹	4 meq. ⁻¹
GalA ($\mu\text{g} \cdot \text{mg}^{-1}$)	38,4	45,0	70,5
GalA/Rha	1,8	2,3	3,1

Tableau III : MICROANALYSE DIRECTE SUR LES ENTRE-NOEUDS LES PLUS RECEMMENT FORMES.

Quantité d'acide galacturonique (GalA) dosé par cette méthode en μg par mg de bois sec, calcul du rapport molaire GalA/Rhamnose (Rha). Les valeurs ont été calculées en considérant tous les rendements d'hydrolyse égaux à 1.

Les résultats obtenus par la méthode de microanalyse directe (tableau III) confirment ceux obtenus sur les extraits indiquant que l'effet du calcium est double : il modifie qualitativement et quantitativement les pectines, indépendamment de sa présence dans la fraction ionique associée aux polymères extraits.

DISCUSSION

Au vu de ces résultats, deux questions se posent. La première est relative à l'effet de l'amendement calcique sur la structure chimique des pectines et l'analyse des conséquences possibles en terme de cohésion intercellulaire. La deuxième consiste à interpréter la relation entre la fraction calcique des extraits et leur contenu en pectines. La présence du calcium dans les extraits peut résulter soit d'un simple déplacement par diffusion en fonction du gradient de concentration, d'une solubilisation de concrétions minérales, de la déstructuration de concrétions organiques de type oxalate, ou enfin de l'association intermoléculaire (« egg-box ») par l'intervention d'un agent chélateur (CDTA). Dans les tissus de châtaignier, l'augmentation de la teneur en calcium dans les fractions aqueuses relève, sans doute du premier type de considération, puisque ce paramètre évolue dans ces fractions en fonction de l'existence ou non d'un amendement calcique. Par contre, l'effet du CDTA dans la fraction F3 permet de constater effectivement une augmentation de la teneur en acides uroniques (AU) donc, à priori une déstructuration des liaisons en « egg-box ». La teneur en calcium ne suit pas la même évolution, ce qui indique qu'une partie du calcium présent a une autre origine, notamment les concrétions organiques dont la présence a été signalée (FREDON J.J., communication personnelle).

Par ailleurs, les résultats de la microanalyse directe montrent que le traitement calcique a pour premier effet d'augmenter la teneur en AU des tissus jeunes. L'hétérogénéité des chaînes pectiques, due à la répartition en bloc de zones homogalacturonique et rhamnogalacturonique (JARVIS, 1984) peut être appréciée grossièrement par le rapport molaire GalA / Rha. En effet, ce rapport donne une image de la possibilité de branchement des chaînes latérales. S'il est égal à 1, les zones polygalacturoniques sont, à priori, inexistantes et les liaisons intermoléculaires de type « egg-box » irréalisables. Toute augmentation de ce paramètre peut provenir d'une synthèse de blocs polygalacturoniques rendant possible la mise en place d'une structure en « egg-box ». Toutefois, le paramètre GalA / Rha ne donne qu'une image imparfaite puisqu'il ne permet pas de discriminer réellement la distribution des deux types de zones (rhamnogalacturonanes et homogalacturonanes), or, seuls les fragments suffisamment longs de blocs polygalacturoniques permettent l'établissement de liaisons intermoléculaires de type "egg-box". Dans l'état actuel des recherches, il est donc difficile de conclure sur le rôle réel du calcium dans la structuration intermoléculaire des chaînes pectiques et, par conséquent, d'évaluer son action sur la cohésion intercellulaire. Toutefois, cette hypothèse ne peut pas non plus être rejetée dans la mesure où les pectines synthétisées sur un sol amendé en calcium sont plus riches en AU que celles formées sur un sol carencé, ceci aussi bien dans le total extrait que dans les résultats de microanalyse directe.

CONCLUSION

Les données concernant la composition polysaccharidique du bois de châtaignier étant rares, nos résultats apportent des précisions et confirment ainsi d'autres données acquises récemment dans le laboratoire. En outre, leur caractère préliminaire ne les empêchent pas d'être en accord avec l'hypothèse

de départ suggérant une corrélation entre la cohésion de la lamelle moyenne, la teneur en calcium et la richesse des structures en « egg-box ». Il apparaît aujourd'hui que la teneur en calcium dans les tissus augmente si le sol de culture a été enrichi en calcium. De plus, la nutrition calcique influence le métabolisme des pectines du bois de châtaignier puisque les quantités de pectines extraites ou synthétisées sont plus importantes dans les parties néoformées des plants ayant reçu un apport, résultat observé avec deux types d'analyses (avec ou sans extraction). De plus, la structure de ces polysaccharides est également modifiée. Il apparaît qu'un apport calcique augmente sensiblement la possibilité d'établissement des « egg-box » en favorisant la synthèse d'acides galacturoniques supplémentaires sur la chaîne principale des pectines. Ainsi, il semble plausible que le calcium puisse intervenir sur la biosynthèse des chaînes pectiques en modifiant la proportion d'acide galacturonique. Ce fait doit être vérifié et ne doit pas faire oublier les autres aspects bien connus dans d'autres modèles, notamment les variations du taux d'estérification des blocs homogalacturoniques (JARVIS, 1984). Dans ces conditions, il sera possible de confirmer si oui ou non le calcium est impliqué dans la cohésion du bois de châtaignier en général et dans l'origine de la roulure, en particulier.

BIBLIOGRAPHIE

- BLUMENKRANZ N., ASBOE-HANSEN G., 1973.- New method for quantitative determination of uronic acids. *Anal. Biochem.*, 54, 484-489.
- CARPITA N.C., GIBEAUT D.M., 1993.- Structural models of primary cell walls in flowering plants : consistency of molecular structure with the physical properties of the walls during growth. *Plant J.*, 3 (1), 1-30.
- CHANSON B., LEBAN J.M., THIBAUT B., 1989.- La roulure du châtaignier (*Castanea sativa* Mill.). *Forêt méditerranéenne*, XI (1), 15-34.
- DAVIS D. E., 1949.- Some effect of calcium deficiency on the anatomy of *Pinus tadea*. *Am. J. Bot.*, 36, 276-282.
- DUBOIS M., GILLES K.A., HAMILTON J.K., REBERS P.A., SMITH F., 1956.- Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Anal. Chem.*, 28, 350-356.
- FREYSSAC V., 1994.- Influence de la nutrition calcique sur la composition en pectines des tissus de jeunes plants de châtaigniers cultivés en conditions contrôlées. DEA, Université Scientifique et Technique, Clermont-II, 36 p.
- GOLDBERG R., 1984.- Changes in the properties of cell wall pectinmethylesterase along the *Vigna radiata* hypocotyl. *Physiol. Plant.*, 61, 58-63.
- GRANT G.T., MORRIS E.R., REES D.A., SMITH P.J.S., THOM D., 1973.- Biological interactions between polysaccharides and divalents cations : the egg-box model. *F.E.B.S. Letters*, 32, 195-198.
- JARVIS M.C., 1984.- Structure and properties of pectin gels in plant cell walls. *Plant Cell Environ.*, 7, 153-164.
- KALRA G. S., 1956.- Response of the tomato plant to calcium deficiency. *Bot. Gaz.*, 118 (1), 18-37.
- KAMERLING J.P., GERWIG G. S., VLIEGENTHART J.F.G., CLAMP J. R., 1975.- Characterisation by gas liquid chromatography mass of permethylsilyl glycosides obtained in methanolysis of glycoproteins and glycolipids. *Biochem. J.*, 151, 491-495.

- KAUSS H., HASSID W.Z., 1967.- Enzymatic introduction of the methylester groups of pectin. *J. Biol. Chem.*, 242, 3449-3453.
- KENNEDY J.F., WHITE C.A., 1988.- The plant, algal and microbial polysaccharides. *In* Carbohydrate Chemistry, Kennedy, ed.. Clarendon Press-Oxford Univ. Press, Oxford, 220-262.
- LACHAUSSEE E., 1953.- Note upon shake and forest crack of *Quercus robur*.. *For. Prod. Abstr.*,15, (1598).
- MARGA F., 1993.- Caractérisation de désordres physiologiques de microplants de pommier cultivés en milieu liquide. Thèse, Université Technologique, Compiègne, France, 122 p.
- MOUSTACAS A.M., NARI J., DIAMANTIDIS G., NOAT G., CRASNIER M., BOREL M., RICARD J., 1986.- Electrostatic effects and the dynamics of enzyme reading at the surface of plant cells. II- The role of pectin methyl esterase in the modulation of electrostatic effects in soybean cell walls. *Eur. J. Biochem.*, 155, 191-197.
- MONTREUIL J., SPIK G., 1963.- Microdosage des glucides, Fasc. 1 : Méthodes colorimétriques de dosages des glucides totaux. Laboratoire de chimie biologique, Fac. Sci., ed., Lille, 148 p.
- MONTREUIL J., BOUQUELET S., DEBRAY H., FOURNET B., SPIK G., STRECKER G., 1986.- Glycoproteins. *In* : Carbohydrate analysis, a practical approach. Chaplin M.F. & Kennedy J.F., eds., IRL Press Oxford, Washington DC, 143-204.
- REES D.A., 1977.- Outline studies in biology. Polysaccharide shapes. Chapman & Hall, eds., London, Engl., 80 p.
- TEPFER M., TAYLOR I.E.P., 1981.- The interaction of divalent cations with pectic substances and their influence on acid-induced cell wall loosening. *Can. J. Bot.*, 59, 1522-1595.
- THIBAUT J.F., 1980.- Les substances pectiques. *In* : Les polymères Végétaux. Gauthier-Villars, eds., Paris. 232-251.
- VANNIER M.P., THOIRON B., MORVAN C., DEMARTY M., 1992.- Localization of methyltransferase activities throughout the endomembrane system of flax hypocotyls. *Biochem. J.*, 286, 863-868.

**ETUDE DE L'AVIFAUNE NIDIFICATRICE D'UN SECTEUR DU
BOCAGE DE MASLEON (Haute-Vienne)**

VILKS, A.

Beauvalet, 87430 - Verneuil-sur-Vienne

RESUME

L'auteur présente les résultats d'un inventaire de l'avifaune nidificatrice à petits cantons réalisé (en collaboration) dans un secteur bocager de 28 ha situé à 20 kilomètres à l'Est de Limoges près du village de Masléon. Les résultats qualitatifs et quantitatifs sont présentés et comparés avec les résultats de quatre inventaires similaires réalisés dans les années 1980 dans le Nord du département de la Haute-Vienne. L'avifaune des différents sites est qualitativement très voisine. Le bocage de Masléon se caractérise toutefois par la présence de quelques espèces vivant près de l'eau car on trouve à cet endroit un étang récent et une rivière de taille moyenne. Les résultats quantitatifs globaux apparaissent liés à la densité des haies, ce qui place le site de Masléon avec 40 couples d'oiseaux nicheurs pour 10 ha dans une position moyenne par rapports aux différents bocages étudiés en Haute-Vienne jusqu'à ce jour. La structure trophique et systématique du milieu est également déterminée et comparée.

MOTS CLES : avifaune nidificatrice, bocage, Limousin, France

**BREEDING BIRD SURVEY OVER THE HEDGEROW NETWORK
OF MASLEON (Haute-Vienne, France)**

SUMMARY

The author gives the results of a small breeding territory bird survey he has made (with fellow workers) on a hedgerow network area of 28 Ha located by the village of Masleon 20 Km East of Limoges. The results of the number of species and birds are put forward and compared with those of four similar surveys made in the 1980 s in the North of « le département de la Haute-Vienne ». The number of bird species on each site are equal at large. Yet the hedgerow network area around Masleon can be characterized by the presence of a few water-bound species due to a recently created pond and a medium size river. The overall numbers of birds seem to be linked to the hedgerow density which rank Masléon hedgerow network area, with 40 pairs of breeding birds per 10 Ha, on an average position compared to the each area studied in Haute-Vienne so far. The trophic and the systematic structure is defined and compared.

KEY WORDS : Breeding birds, Hedgerow network, Limousin, France

INTRODUCTION

Le Limousin est considéré généralement comme un pays de bocage. En réalité, on constate qu'en maints endroits, ce bocage a beaucoup régressé et notamment sur les plateaux de la Vienne moyenne sur lesquels se situe la ville de Limoges. On ne rencontre là le bocage que sous la forme de lambeaux reliques, les haies n'ayant été guère conservées que sur certaines pentes de vallées et de vallons.

A Masléon, commune située à une vingtaine de kilomètres à l'Est de Limoges, une structure bocagère assez vaste subsiste de nos jours sur la rive droite de la Combade. Ce secteur fait l'objet d'une étude phytosociologique détaillée dans le cadre de la préparation d'une thèse d'exercice de pharmacie au laboratoire de Botanique de la Faculté de Pharmacie de Limoges. Nous avons saisi cette occasion pour réaliser un inventaire ornithologique complémentaire dans le cadre des activités de la Société pour l'Etude et la Protection des Oiseaux du Limousin (S.E.P.O.L.).

La méthode d'inventaire employée est celle des plans quadrillés (appelée couramment "méthode des quadrats"), méthode classique qui permet de déterminer la densité absolue des oiseaux nicheurs à petits cantons. Cette méthode a déjà été employée ailleurs en Limousin, notamment en Basse Marche (Nord du département de la Haute-Vienne) dans les années 1980. (Grafeuille et *al.*, 1982; Nore et *al.*, 1984).

Pour mener à bien les prospections de terrain, nous avons pu bénéficier de la collaboration de trois membres de la S.E.P.O.L., Robert Gauthier, Guy Labidoire et Stéphane Morelon.

MATERIEL et METHODES

I - LE SECTEUR BOCAGER ETUDIE

Il est situé au Sud et au contact même du village de Masléon (figure n°1), sur le flanc de la rive droite de la rivière Combade.

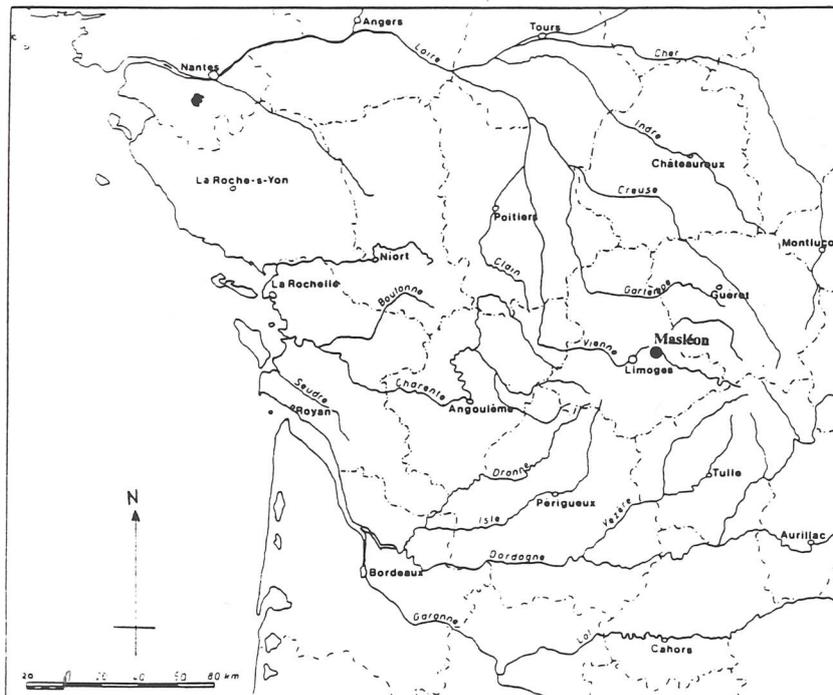


Figure n°1 : Situation du bocage par rapport à l'Ouest de la France

Il couvre une superficie de 28 ha en 30 parcelles cadastrales. La figure n°2 présente le paysage végétal du secteur avec notamment la position des haies.

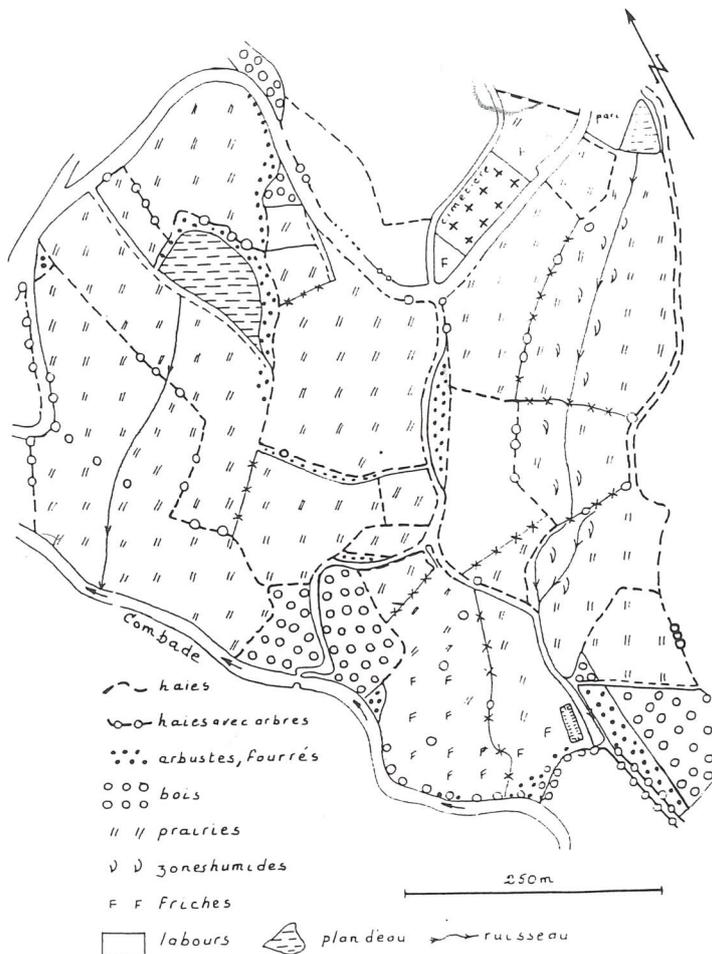


Figure n°2 : Paysage végétal du bocage

La longueur des haies et des lisières a été calculée sur la carte. De cette façon, les longueurs trouvées sont plus approximatives que celles qui auraient pu être déterminées sur le terrain. Malgré tout, la précision est suffisante pour le type d'étude ici réalisé.

Les longueurs trouvées sont les suivantes:

- 3570 m de haies avec strate arbustive bien fournie comme c'est le cas des haies à noisetiers dominants,
- 240 m de haies basses, plus ou moins fragmentaires,
- 860 m de lisières forestières,
- 380 m pour les rives de la Combade où on rencontre des arbres et des buissons (hors boisement).

En densité de haies et lisières, cela donne:

- 128,7 m/ha de haies arbustives denses,
- 159,4 m/ha de haies denses plus haies claires,
- 172,9 m/ha de haies diverses plus lisières forestières.

2 - LA TECHNIQUE DE L'INVENTAIRE SUR PLAN QUADRILLE

On travaille sur un territoire de référence de quelques dizaines d'hectares ce qui permet de réaliser les visites nécessaires au recensement des oiseaux en 2 à 3 heures. Sur un plan détaillé, adapté du plan cadastral, on reporte, à leur emplacement exact, les observations d'oiseaux faites au moment des visites. Dans un milieu homogène telle une forêt, il est généralement nécessaire de disposer sur le terrain des repères artificiels, répartis selon un quadrillage qui lui-même est indiqué sur le plan. Dans un milieu plus hétérogène comme le bocage, on trouve suffisamment de repères naturels sur le terrain pour le report des observations. Il suffit de préparer des cartes des milieux à grande échelle (haies, clôtures, cultures, prairies, bois...).

Cette méthode n'est utilisable qu'en période de reproduction car la plupart des espèces d'oiseaux ont, à ce moment là, un comportement territorial marqué.

Lors de chaque visite, on reporte sur la carte des milieux, tous les contacts obtenus avec des oiseaux. Les espèces sont repérées par un code abrégé de leur nom français. Par exemple, la Fauvette à tête noire est codée FTN, le Rouge-gorge RGG... Les contacts sont de différente nature. On les classe souvent en 3 ou 4 catégories, observation simple, nicheur possible, nicheur probable et nicheur certain..

A chaque visite, correspond un plan avec les contacts repérés. Les différents plans sont synthétisés ensuite pour faire un bilan par espèce. Ce bilan, lorsqu'il est cartographié, permet de déterminer avec plus ou moins de précision les cantons des oiseaux fréquentant le site étudié. Ces derniers permettent un calcul de la densité des espèces en nombre de couples pour 10 ha. La figure n°3 donne un exemple de carte de terrain inventorié. Les Figures n°4 à 9 présentent des cartes-bilan pour 10 espèces caractéristiques (voir en annexe).

3 - LES PROSPECTIONS DE TERRAIN

Six visites ont été effectuées sur le secteur en 1993, le 20 avril, les 1er, 22 et 31 mai et enfin le 16 juillet, ce qui est un peu insuffisant. Malheureusement, aucune prospection n'a pu être effectuée en juin. Ceci est un peu regrettable car les contacts pour les nicheurs tardifs n'ont pu être obtenus en nombre très important. Il faudra en tenir compte dans les interprétations. C'est certainement le cas pour la Tourterelle des bois.

Par contre, les six prospections se sont toutes déroulées dans de bonnes conditions climatiques. Elles ont duré 2h 30 en moyenne et ont commencé un peu après le lever du soleil, moment le plus favorable pour le repérage des espèces, en particulier par le chant. Le chant est le type de contact le plus fréquent dans les inventaires de l'avifaune par la méthode des plans quadrillés.

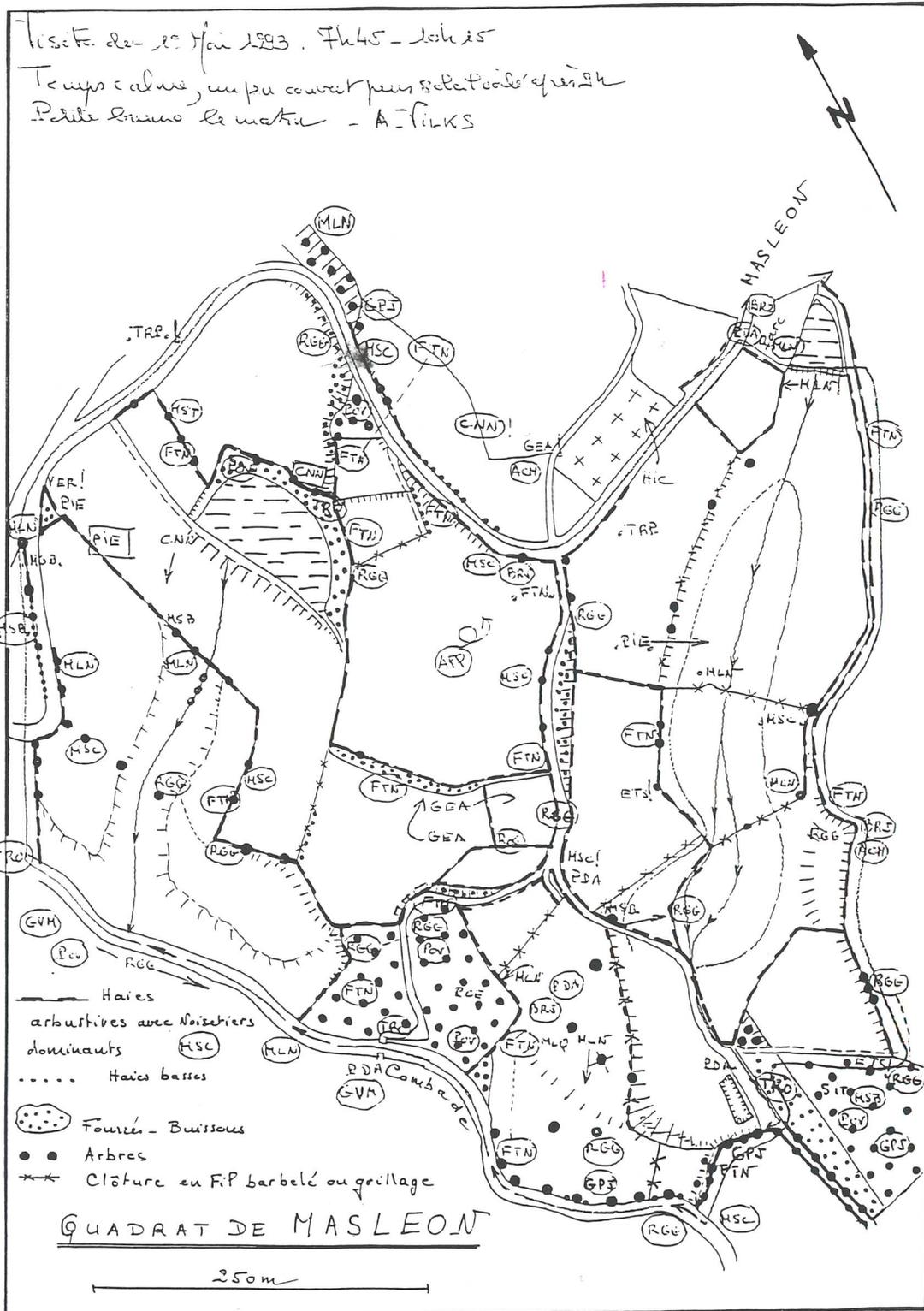
RESULTATS

1 - RESULTATS POUR LE SECTEUR

1.1 - Résultats qualitatifs

Sur le tableau I sont rassemblées par espèce, les densités calculées en couples pour 10 ha. Un autre indice est également donné, le nombre de couples pour 1000 m de haies et lisières. Dans chaque cas, deux valeurs différentes sont en général mentionnées, une valeur maximale et une valeur minimale. Ces

Figure n°3 Exemple d'une prospection



Les abréviations à trois lettres majuscules correspondent aux codes des espèces observées (abréviation du nom français) Exemple: FTN = Fauvette à tête noire, RGG = Rougegorge.

L'abréviation utilisée seule correspond à une observation ponctuelle simple, entourée (RGG), il s'agit d'un mâle chanteur, deux chanteurs simultanés sont reliés par des tirets. L'abréviation encadrée (FTN) correspond à un nid trouvé, le ! indique un oiseau alarmant, → indique le sens des déplacements

deux valeurs correspondent à deux interprétations possibles des cartes-espèces quant à la détermination du nombre de cantons en fonction des contacts (figure n°4 en annexe).

Sur ce tableau les oiseaux ont été regroupés en cinq catégories:

- 1) les espèces que l'on peut considérer comme nicheuses quasi-certaines sur le secteur et qui sont à petit canton: Fauvette à tête noire... Rossignol,
- 2) les espèces également nicheuses quasi-certaines mais qui ont de plus vastes cantons: Pie bavarde,...Pic vert,
- 3) les nicheurs probables; Bergeronnette grise... Poule d'eau,
- 4) les nicheurs possibles; Martin-pêcheur... Grive musicienne,
- 5) les oiseaux simplement de passage et certainement non nicheurs sur le quadrat lui-même; Buse... Moineau domestique.

Vingt neuf espèces peuvent être considérées comme des nicheurs pratiquement certains sur le secteur. Si on y ajoute les probables et les possibles, l'avifaune nidificatrice s'élève à $24+5+4+8$, soit 41 espèces au total. Cette quantité doit représenter certainement une valeur maximale.

Les espèces nicheuses les mieux représentées sont les sept premières du tableau. Il s'agit d'espèces abondantes d'une manière générale dans le bocage de la région: Fauvette à tête noire, Rougegorge, Mésange charbonnière, Merle noir, Pinson des arbres, Mésange bleue, Troglodyte. Leur densité est toujours supérieure à 1 couple /10 ha.

Les quatre espèces suivantes, Hypolaïs polyglotte, Accenteur mouchet, Pouillot véloce, Mésange nonnette sont également classiques et présentent à Masléon des densités voisines de 1 couple /10 ha.

Au total, ces 11 espèces constituent la population des oiseaux nicheurs les plus caractéristiques du bocage de Masléon. Les cartes bilans des quatre espèces les plus typiques, Fauvette à tête noire (figure n°4), Mésange charbonnière, Rougegorge (figure n°5), Merle noir (figure n°6) montrent une distribution abondante et homogène sur tout le territoire étudié.

On peut penser que quelques autres espèces auraient pu encore faire partie de l'avifaune typique. C'est le cas de la Tourterelle des bois et du Pipit des arbres. Un seul contact pour cette dernière espèce lors de la première visite semble une valeur anormalement faible étant donnée la configuration du milieu. Il se peut que ce manque soit accidentel et lié aux conditions prévalant cette année. Des prospections en juin auraient certainement permis de lever cette hésitation.

Le cas du Pinson des arbres peut paraître surprenant. Sa densité déterminée est faible. L'observation de la carte-espèce (figure n°6) permet toutefois de constater que les cantons de cette espèce sont regroupés dans des zones du secteur où le nombre de grands arbres apparaît important. C'est assez net le long de la Combade où se rencontrent deux bosquets âgés. Les jardins avec grands arbres semblent lui convenir de la même façon. Les trois autres cantons possibles et limitrophes se situent, de fait, non loin de maisons avec des jardins possédant des arbres de grande taille. D'autres espèces présentent le même type de répartition. C'est le cas du Grimpereau des jardins et du Pouillot véloce (figure n°7)

Le secteur de Masléon se distingue aussi qualitativement par la présence d'un petit étang et d'un cours d'eau rapide assez important. Ceci a permis une diversification de l'avifaune. On peut noter la présence, au moins à l'état d'indices, d'espèces liées à des biotopes aquatiques ou du bord de l'eau. C'est

le cas de la Poule d'eau, du Martin-pêcheur, des Bergeronnettes et du Cincle plongeur. Ce dernier est strictement et typiquement lié au cours de la Combade.

Les cartes spécifiques montrent aussi quelques répartitions sans doute liées à la topographie ou la morphologie paysagère du lieu. L'Alouette lulu (figure n°9) ne se rencontre que vers le haut du secteur pâturé par les moutons, le Troglodyte (figure n°8) dans les buissons non loin de l'eau. Le Traquet pâture (figure n°8) n'a été observé que vers le sommet de la zone étudiée et non loin de la route.

1.2 - Résultats quantitatifs globaux

Les tableaux I et II montrent que globalement, la somme des densités des oiseaux nicheurs à petit canton quasi-certains et probables du secteur de Masléon est 26,74 couples /10 ha, interprétation faible, ou 36,72 couples /10 ha, interprétation forte. Si on ajoute les nicheurs possibles, les valeurs sont, 29,59 et 39,57 couples /10 ha.

Les densités déterminées peuvent aussi donner lieu à deux autres types de caractérisation du bocage (seules sont prises en compte les valeurs fortes pour les densités):

1) Détermination de la structure trophique de l'avifaune du bocage en classant les espèces par catégories du régime alimentaire dominant à cette époque de l'année. Nous avons utilisé les catégories déterminées lors de l'inventaire des bocages de la Basse Marche.

Le tableau III traduit cette structure mais le Pic épeiche, le Pic vert, la Pie, la Corneille noire, qui ne sont pas des oiseaux à petit canton ont été exclus du tableau et des calculs. Les insectivores (stricts ou préférentiels) représentent 79 % de l'avifaune du site, donc à peu près les 4/5. Les non insectivores représentent, par conséquent, 21 % dont la moitié sont des polyphages et l'autre moitié des granivores

2) Détermination de la structure systématique de l'avifaune du bocage, en classant les espèces par familles principales.

Le tableau n°IV montre cette structure. Les Sylvidés (22,5 %) et les Turdidés (22,5 %) sont les deux familles les mieux représentées. Les Paridés, dans une conception large, avec 15,3 % viennent ensuite.

2 - COMPARAISON AVEC LES RESULTATS DES ETUDES DE L'AVIFAUNE NICHEUSE DU BOCAGE DE LA BASSE MARCHE

Dans les années 1980, deux séries d'études semblables à la nôtre ont été menées dans quatre secteurs bocagers de la Basse Marche vers Azat-le-Ris (Grafeuille et *al.*, 1982 ; Nore et *al.*, 1984). Deux de ces secteurs présentaient un bocage avec maillage de haies, lâche (secteurs de l'Etang-Neuf et de la Faverie), et les deux autres un bocage à maillage serré, (secteurs de la Grande-Intrade et de la Tour-aux-Paulmes). Les tableaux II à IV permettent de faire les comparaisons.

Qualitativement, on peut remarquer tout de suite que les quatre secteurs se ressemblent beaucoup, surtout en ce qui concerne les espèces les plus abondantes et les plus typiques. Sur les 24 espèces

Tableau I : DENSITES DE L'AVIFAUNE NIDIFICATRICE

Densité des haies et lisières= 172,9m/ha							
	Conta.	Ct. min	Ct.Max	Cpl/10 ha min	Cpl/10 ha Max	Cpl/1000mH min	Cpl/1000mH Max
NICHEURS CERTAINS A PETITS CANTONS, 24 espèces							
Fauvette à tête noire	89	12	15	4.28	5.35	2.5	3.1
Rougegorge	73	9	12	3.21	4.28	1.9	2.5
Mésange charbonnière	44	8	9	2.85	3.21	1.6	1.9
Merle noir	56	6	8	2.14	2.85	1.2	1.6
Pinson des arbres	31	5	6	1.78	2.14	1.0	1.2
Mésange bleue	26	3	4	1.07	1.43	0.6	0.8
Troglodyte	24	3	3	1.07	1.07	0.6	0.6
Hypolais polyglotte	12	2	4	0.71	1.43	0.4	0.8
Accenteur mouchet	6	2	3	0.71	1.07	0.4	0.6
Pouillot véloce	18	2	3	0.71	1.07	0.4	0.6
Mésange nonnette	10	1	3	0.36	1.07	0.2	0.6
Alouette lulu	6	1	2	0.36	0.71	0.2	0.4
Bruant jaune	9	1	2	0.36	0.71	0.2	0.4
Etourneau	5	1	2	0.36	0.71	0.2	0.4
Fauvette grisette	3	1	2	0.36	0.71	0.2	0.4
Geai	21	1	2	0.36	0.71	0.2	0.4
Grimpereau des jardins	10	1	2	0.36	0.71	0.2	0.4
Sittelle	5	1	2	0.36	0.71	0.2	0.4
Traquet pâtre	7	1	2	0.36	0.71	0.2	0.4
Bruant zizi	4	1	1	0.36	0.36	0.2	0.2
Fauvette des jardins	4	1	1	0.36	0.36	0.2	0.2
Mésange à longue queue	5	1	1	0.36	0.36	0.2	0.2
Pie-grièche écorcheur	5	1	1	0.36	0.36	0.2	0.2
Rossignol	4	1	1	0.36	0.36	0.2	0.2
SOMME 1	477	66	91	23.53	32.44	13.61	18.76
NICHEUR CERTAINS, NON PETITS CANTONS, 5 espèces							
Pie bavarde	13	1	2	0.36	0.71	0.2	0.4
Pigeon ramier	4	1	2	0.36	0.71	0.2	0.4
Cornille noire	10	1	2	0.36	0.71	0.2	0.4
Pic épeiche	11	1	1	0.36	0.36	0.2	0.2
Pic vert	4	1	1	0.36	0.36	0.2	0.2
SOMME 2	42	5	8	1.78	2.85	1.03	1.65
SOMME 1+2	519	71	99	25.31	35.29	14.64	20.41
NICHEURS PROBABLES, 4 espèces							
Bergeronnette grise	3	1	1	0.36	0.36	0.2	0.2
Cincle	3	1	1	0.36	0.36	0.2	0.2
Tourterelle des bois	2	1	1	0.36	0.36	0.2	0.2
Poule d'eau	2	1	1	0.36	0.36	0.2	0.2
SOMME 3	10	4	4	1.43	1.43	0.82	0.82
SOMME 1+2+3	529	75	103	26.74	36.72	15.46	21.24
NICHEURS POSSIBLES, 8 espèces							
Martin-pêcheur	3	1	1	0.36	0.36	0.2	0.2
Verdier	3	1	1	0.36	0.36	0.2	0.2
Bergeronnette des ruisss.	1	1	1	0.36	0.36	0.2	0.2
Bouvreuil	1	1	1	0.36	0.36	0.2	0.2
Pipit des arbres	1	1	1	0.36	0.36	0.2	0.2
Roitelet triple bandeau	1	1	1	0.36	0.36	0.2	0.2
Grive draine	5	1	1	0.36	0.36	0.2	0.2
Grive musicienne	8	1	1	0.36	0.36	0.2	0.2
SOMME 4	23	8	8	2.85	2.85	1.65	1.65
SOMME 1+2+3+4	552	83	111	29.59	39.57	17.11	22.89
NOMBRE D'ESPECES NICHEUSES CERTAINES PROBABLES ET POSSIBLES= 41							
PASSAGES, 5 espèces							
Buse	3						
Hirondelle de cheminée	1						
Martinet noir	1						
Milan noir	1						
Moineau domestique	1						
NOMBRE TOTAL D'ESPECES OBSERVEES= 46							

Conta. = Ct.= contacts

C/10 ha = couples pour 10 ha

**Tableau II : COMPARAISON DES DENSITES DES OISEAUX
NICHEURS DANS DIVERS BOCAGES DE LA HAUTE-VIENNE**

	MASLEON	ETANG NEUF	FAVERIE	GRANDE INTRADE	TOUR AUX PAULMES
Densité des haies n/ha	173	150	128	200	245
NICHEURS CERTAINS A PETITS CANTONS					
NOMBRE D'ESPECES	24	18+5	20+2	19+1	20+2
	C/10 ha	C/10 ha	C/10 ha	C/10 ha	C/10 ha
Fauvette à tête noire	5.35	2.36	2.49	6.10	12.70
Pinson des arbres	2.14	3.63	3.51	5.52	6.52
Rougegorge	4.28	2.35	3.07	5.23	4.78
Mésange charbonnière	3.21	1.28	1.61	6.98	4.35
Pouillot véloce	1.07	0.85	2.20	5.81	6.52
Merle noir	2.85	1.50	2.20	4.65	4.78
Mésange bleue	1.43	1.92	2.20	3.49	2.61
Troglodyte	1.07	1.28	1.61	4.07	3.04
Etourneau	0.71	1.28	1.46	2.32	1.74
Rossignol	0.36	0.21	1.17	2.62	2.61
Grimpereau des jardins	0.71	1.07	1.46	1.45	2.17
Mésange à longue queue	0.36	0.64	1.02	1.45	0.43
Fauvette des jardins	0.36	0.64	0.30	1.45	0.87
Bruant jaune	0.71	1.71	0.15	0.58	0.43
Bruant zizi	0.36	0.43	0.15	1.45	0.87
Mésange nonnette	1.07	0.43	0.30	0.58	0.87
Hypolais polyglotte	1.43	poss	0.44	1.74	2.17
Fauvette grisette	0.71	poss	0.30	0.58	0.87
Alouette lulu	0.71	0.84	0.44		2.17
Accenteur mouchet	1.07	poss	0.44	1.45	poss
Geai	0.71	prob	prob	prob	0.87
Sittelle	0.71	poss	poss	poss	poss
Traquet pâte	0.71				
Pie-grièche écorcheur	0.36				
SOMME 1	32.44	22.42	26.52	57.52	61.37
NICHEUR CERTAINS, NON A PETITS CANTONS					
NOMBRE D'ESPECES	5	4	2+3	2+2	4+1
	C/10 ha	C/10 ha	C/10 ha	C/10 ha	C/10 ha
Pigeon ramier	0.71	1.07	0.44	1.74	1.74
Cornille noire	0.71	1.28	0.88	1.16	0.87
Pic épeiche	0.36	0.43	poss	prob	0.87
Pic vert	0.36	0.43	poss	prob	0.87
Pie bavarde	0.71		poss		poss
SOMME 2	2.85	3.21	1.32	2.90	4.35
SOMME 1+2	35.29	25.63	27.84	60.42	65.72
NICHEURS PROBABLES					
NOMBRE D'ESPECES	4	3	2	2	1
	C/10 ha	C/10 ha	C/10 ha	C/10 ha	C/10 ha
Tourterelle des bois	0.36	0.64	0.44	1.16	poss
Bergeronnette grise	0.36				
Cincle	0.36				
Poule d'eau	0.36				
SOMME 3	1.43	0.64	0.44	1.16	0.00
SOMME 1+2+3	36.72	26.27	28.28	61.58	65.72
NICHEURS POSSIBLES					
NOMBRE D'ESPECES	8	2+4	3+1	3+1	2+4
	C/10 ha	C/10 ha	C/10 ha	C/10 ha	C/10 ha
Pipit des arbres	0.36	1.92	1.02	0.58	1.74
Grive musicienne	0.36	0.43	0.30	0.58	0.87
Verdier	0.36	poss	0.15	0.87	poss
Roitelet triple bandeau	0.36	poss	0.15	0.58	poss
Bouvreuil	0.36	poss	poss	poss	poss
Grive draine	0.36	poss			poss
Martin-pêcheur	0.36				
Bergeronnette des ruissx.	0.36				
SOMME 4	2.85	2.35	1.62	2.61	2.61
SOMME 1+2+3+4	39.57	28.62	29.90	64.19	68.33

C/10 ha = couples pour 10 ha

nicheuses quasi-certaines à Masléon, 16 sont présentes aussi dans les quatre sites étudiés en Basse Marche. Si on tient compte des espèces probables et possibles, on obtient des résultats comparables également. Les espèces plus particulières au secteur de Masléon sont le Traquet pâle et la Pie-grièche écorcheur ainsi que les oiseaux liés aux biotopes aquatiques ou situés près de l'eau (Poule d'eau, Cincle, Bergeronnettes, Martin-Pêcheur). Il s'agit là des différentielles du bocage de Masléon.

Quantitativement (tableau II), le bocage de Masléon présente des valeurs intermédiaires entre les secteurs à large maillage et ceux à maillage serré de la Basse Marche. On peut, par ailleurs, remarquer qu'à Masléon, la densité des haies est également intermédiaire, comme l'indique le tableau ci-dessous :

	Masléon	La Faverie	La Tour aux Paulmes
Densité haies (m/ha)	175	128	245
Densité oiseaux couples/10 ha	39,5	29,9	68,3
Nombre espèces à petits cantons	24	18+5	20+2

En ce qui concerne la structure trophique (tableau III), les bocages se ressemblent beaucoup. Les insectivores constituent environ 80% de l'avifaune. Le graphe ci-dessous visualise ces résultats.

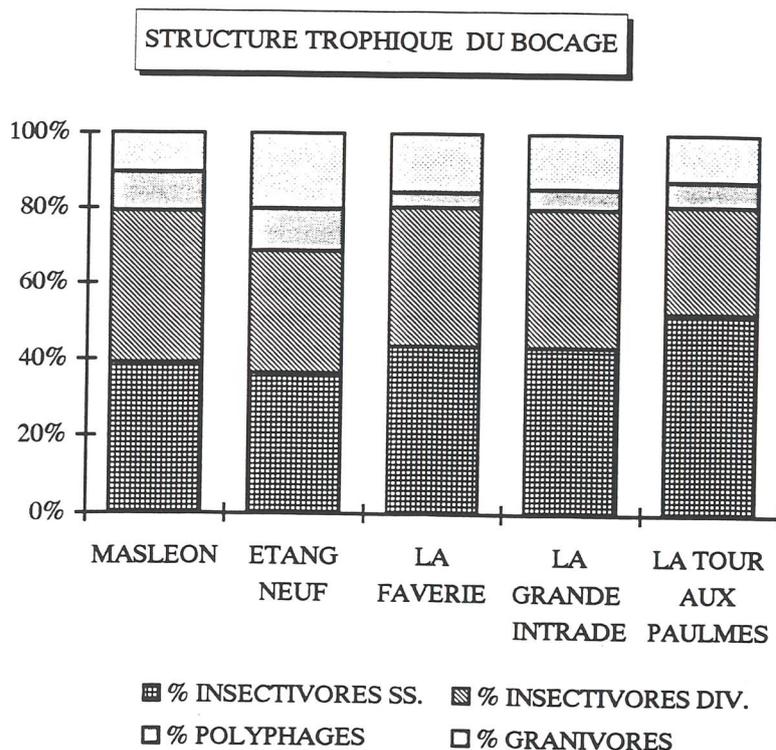


Tableau III : STRUCTURE TROPHIQUE

	MASLEON	ETANG NEUF	FAVERIE	GRANDE INTRADE	TOUR AUX PAULMES
Densité des haies= m/ha	173	150	128	200	245
DENSITES TOTALES C/10ha	37.44	26.46	29.02	63.03	65.72
INSECTIVORES (surtout)	C/10 ha	C/10 ha	C/10 ha	C/10 ha	C/10 ha
Fauvette à tête noire	5.35	2.35	2.49	6.10	12.70
Troglodyte	1.07	1.28	1.61	4.07	3.04
Hypolais polyglotte	1.43		0.44	1.74	2.17
Pouillot véloce	1.07	0.85	2.20	5.81	6.52
Etourneau	0.71	1.26	1.46	2.32	1.74
Fauvette grisette	0.71		0.30	0.58	0.87
Grimpereau des jardins	0.71	1.07	1.46	1.45	2.17
Sittelle	0.71				
Traquet pâtre	0.71				
Fauvette des jardins	0.36	0.64	0.30	1.45	0.87
Rossignol	0.36	0.21	1.17	2.62	2.61
Bergeronnette grise	0.36				
Bergeronnette des ruisx.	0.36				
Pipit des arbres	0.36	1.92	1.02	0.58	1.74
Roitelet triple bandeau	0.36		0.15	0.58	
TOTAL	14.62	9.58	12.60	27.30	34.43
%	39.04	36.21	43.42	43.31	52.39
INSECTIVORES et autres proies					
Rougegorge	4.28	2.35	3.07	5.23	4.78
Mésange charbonnière	3.21	1.28	1.61	6.98	4.35
Merle noir	2.85	1.50	2.20	4.65	4.78
Mésange bleue	1.43	1.92	2.20	3.49	2.61
Mésange nonnette	1.07	0.43	0.30	0.58	0.87
Mésange à longue queue	0.36	0.64	1.02	1.45	0.43
Pie-grièche écorcheur	0.36				
Cincle	0.36				
Martin-pêcheur	0.36				
Grive draine	0.36	poss	poss	poss	poss
Grive musicienne	0.36	0.43	0.30	0.58	0.87
TOTAL	14.98	8.55	10.70	22.96	18.69
%	40.01	32.31	36.87	36.43	28.44
TOTAL INSECTIVORES	29.60	18.13	23.30	50.26	53.12
%	79.05	68.52	80.29	79.74	80.83
POLYPHAGES					
Accenteur mouchet	1.07		0.44	1.45	
Alouette lulu	0.71	0.85	0.44		2.17
Geai	0.71				0.87
Bruant jaune	0.71	1.71	0.15	0.58	0.43
Bruant zizi	0.36	0.43	0.15	1.45	0.87
Poule d'eau	0.36				
TOTAL	3.92	2.99	1.18	3.48	4.34
%	10.47	11.30	4.07	5.52	6.60
GRANIVORES					
Pinson des arbres	2.14	3.63	3.51	5.52	6.52
Pigeon ramier	0.71	1.07	0.44	1.74	1.74
Tourterelle des bois	0.36	0.64	0.44	1.16	
Verdier	0.36		0.15	0.87	
Bouvreuil	0.36	pos	pos	pos	pos
TOTAL	3.92	5.34	4.54	9.29	8.26
%	10.47	20.18	15.64	14.74	12.57
TOTAL NON INSECTIVORES	7.84	8.33	5.72	12.77	12.60
%	20.95	31.48	19.71	20.26	19.17

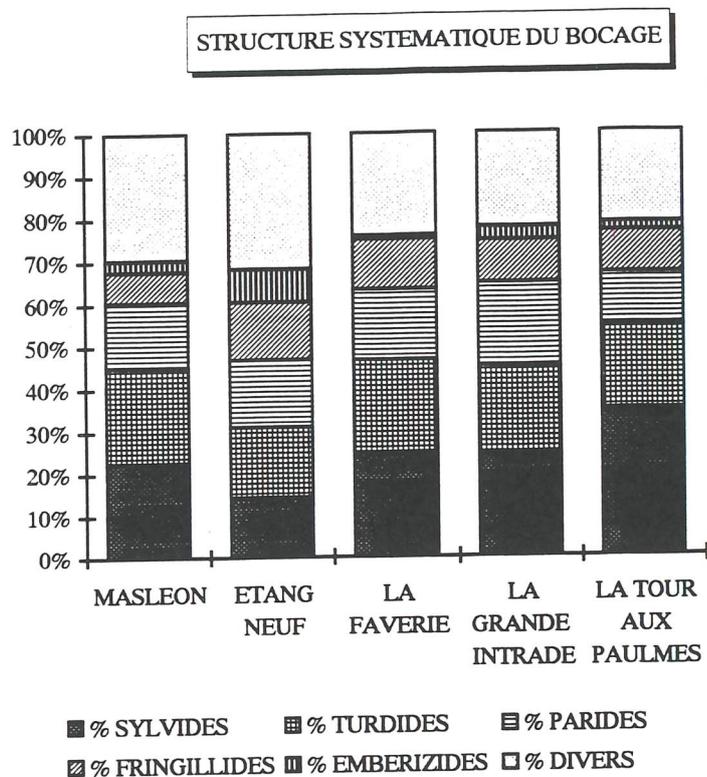
C/10 ha = couples pour 10 ha

Tableau IV : STRUCTURE SYSTEMATIQUE

	MASLEON	ETANG NEUF	FAVERIE	GRANDE INTRADE	TOUR AUX PAULMES
Densité haies m/ha	173	150	128	200	245
DENSITES TOTALES	39.58	26.90	31.02	63.87	66.59
SYLVIDES	C/10 ha	C/10 ha	C/10 ha	C/10 ha	C/10 ha
Fauvette à tête noire	5.35	2.35	2.49	6.10	12.70
Hypolaïs polyglotte	1.43		2.44	1.74	2.17
Pouillot véloce	1.07	0.85	2.20	5.81	6.52
Fauvette grisette	0.71		0.30	0.58	0.87
Fauvette des jardins	0.36	0.64	0.30	1.45	0.87
TOTAL	8.91	3.84	7.73	15.68	23.13
%	22.52	14.28	24.92	24.55	34.73
TURDIDES	C/10 ha	C/10 ha	C/10 ha	C/10 ha	C/10 ha
Troquet pitre	0.71				
Rouge-gorge	0.36	0.21	1.17	2.62	2.61
Rouge-gorge	4.28	2.35	3.07	5.23	4.78
Merle noir	2.85	1.50	2.20	4.65	4.78
Grive draine	0.36				
Grive muscinne	0.36	0.43	0.30	0.58	0.87
TOTAL	8.92	4.49	6.74	13.08	13.04
%	22.54	16.69	21.73	20.48	19.58
PARIDES	C/10 ha	C/10 ha	C/10 ha	C/10 ha	C/10 ha
Mésange charbonnière	3.21	1.28	1.61	6.98	4.35
Mésange bleue	1.43	1.92	2.20	3.49	2.61
Mésange nonnette	1.07	0.43	0.30	0.58	0.87
Mésange à longue queue	0.36	0.64	1.02	1.45	0.43
TOTAL	6.06	4.27	5.13	12.50	8.26
%	15.31	15.87	16.54	19.57	12.40
MOTACILLIDES	C/10 ha	C/10 ha	C/10 ha	C/10 ha	C/10 ha
Bergaronnette grise	0.36				
Bergaronnette des ruisseaux	0.36				
Pipit des arbres	0.36	1.92	1.02	0.58	1.74
TOTAL	1.07	1.92	1.02	0.58	1.74
%	2.70	7.14	3.29	0.91	2.61
FRINGILLIDES	C/10 ha	C/10 ha	C/10 ha	C/10 ha	C/10 ha
Pinson des arbres	2.14	3.63	3.51	5.52	6.52
Verdier	0.36		0.15	0.87	
Bouvreuil	0.36	poss	poss	poss	poss
TOTAL	2.85	3.63	3.66	6.39	6.52
%	7.21	13.49	11.80	10.00	9.79
EMBERIZIDES	C/10 ha	C/10 ha	C/10 ha	C/10 ha	C/10 ha
Bruant jaune	0.71	1.71	0.15	0.58	0.43
Bruant zizi	0.36	0.43	0.15	1.45	0.87
TOTAL	1.07	2.14	0.30	2.03	1.30
%	2.70	7.96	0.97	3.18	1.95
CORVIDES	C/10 ha	C/10 ha	C/10 ha	C/10 ha	C/10 ha
Pie bavarde	0.71		poss		poss
Geai	0.71	prob	prob	prob	0.87
Corneille noire	0.71	0.43	prob	prob	0.87
TOTAL	2.14	0.43	0.00	0.00	1.74
%	5.40	1.60	0.00	0.00	2.61
COLOMBIDES	C/10 ha	C/10 ha	C/10 ha	C/10 ha	C/10 ha
Pigeon ramier	0.71	1.07	0.44	1.74	1.74
Tourterelle des bois	0.36	0.64	0.44	1.16	poss
TOTAL	1.07	1.71	0.88	2.90	1.74
%	2.70	6.36	2.84	4.54	2.61
AUTRES FAMILLES	C/10 ha	C/10 ha	C/10 ha	C/10 ha	C/10 ha
Troglodyte	1.07	1.28	1.61	4.07	3.04
Etourneau	0.71	1.28	1.46	2.32	1.74
Grimpereau des jardins	0.71	1.07	1.46	1.45	2.17
Sittelle	0.71	poss	poss	poss	poss
Roitelet triple bandes	0.36		0.15	0.58	
Pie-grièche écorcheur	0.36				
Cincle	0.36				
Martin-pêcheur	0.36				
Accenteur mouchet	1.07		0.44	1.45	
Poule d'eau	0.36				
Alouette lulu	0.71	0.84	0.44	0.84	2.17
Pic épeiche	0.36	non pris en compte			
Pic vert	0.36	non pris en compte			
TOTAL	7.49	4.47	5.56	10.71	9.12
%	18.92	16.62	17.92	16.77	13.70

C/10 ha = couples pour 10 ha

Les structures systématiques sont aussi relativement voisines (tableau IV) spécialement pour les trois familles principales, Sylvidés, Turdidés, et Paridés pris dans un sens large. Le graphique ci-dessous représente cette organisation.



On voit nettement que la famille des Sylvidés est la plus caractéristique de la structure bocagère. Sa représentation montre une certaine liaison avec la densité des haies. Avec l'élargissement du maillage (dans le site de l'Etang Neuf principalement, mais aussi dans une certaine mesure à la Faverie), la part relative de cette famille diminue alors qu'au contraire, celle de Fringillidés augmente. Ces variations sont aussi en relation avec les régimes alimentaires puisque les Sylvidés sont essentiellement des oiseaux insectivores et les Fringillidés, au contraire, des oiseaux granivores qui affectionnent des milieux plus dégagés, en général davantage occupés par des cultures.

CONCLUSION

Le secteur bocager de Masléon apparaît comme un secteur typique, comparable globalement aux autres bocages étudiés en Limousin. Qualitativement, l'avifaune nidificatrice est très semblable surtout pour ce qui est des espèces à petit canton. A Masléon, quelques particularités apparaissent principalement à cause de la présence d'un petit étang récent et du cours de la Combade. Quelques espèces de milieux aquatiques ou de biotopes proches de l'eau ont été observées et sont, soit des nicheurs probables ou des nicheurs possibles (Poule d'eau, Bergeronnettes, Martin-Pêcheur, Cincle).

Quantitativement, et principalement si l'on se réfère aux densités totales, les bocages sont aussi comparables. Il apparaît, en outre, assez clairement que cette densité totale est liée à la densité des haies dans le milieu. Le bocage de Masléon avec une densité des haies et des lisières de 173 m/ha possède une densité globale de l'avifaune nicheuse égale à 40 couples d'oiseaux pour 10 ha environ. Cette valeur se

place bien entre la densité totale des oiseaux du secteur de la Faverie (Basse Marche), 30 couples pour 10 ha (densité des haies= 128 m/ha) et celle du secteur de la Tour aux Paulmes (densité des haies de 245 m/ha) qui est de 68 couples pour 10 ha environ.

BIBLIOGRAPHIE

GEROUDET P. - 1959 *Les Palmipèdes*, 1965 *Les Rapaces diurnes et nocturnes d'Europe*, 1978 *Grands échassiers, Gallinacées et râles d'Europe*, 1982 et 1983 *Limicoles, gangas et pigeons* (2 volumes), 1961 (I) 1974 (II) 1957 (III) *Les Passereaux* (3 volumes). Editions Delachaux et Niestlé, Neuchâtel.

GRAFEUILLE D. et *al.*, 1982 - Etude de l'avifaune nicheuse de deux secteurs de la Basse-Marche (Nord du département de la Haute-Vienne). *Ornithologie en Limousin*, N°11-12, 32-73.

NORE T. et *al.*, 1984 - Etude de l'avifaune nicheuse du bocage de le Basse-Marche, Nord du département de la Haute-Vienne, 2ème partie. *Ornithologie en Limousin*, N°13-14, 3-50.

ANNEXES

CARTES SYNTHETIQUES EXEMPLES pour 10 ESPECES

× observation simple

♂ mâle

♀ femelle

× couple

J avec jeune

! alarme

* transport de nourriture

■ nid

● mâle chanteur

● - - - ● chanteurs simultanés



direction de déplacement

Figure n°4 Fauvette à tête noire (nombre maximum de couples)
Fauvette à tête noire (nombre minimum de couples)

Figure n°5 Mésange charbonnière, Rougegorge

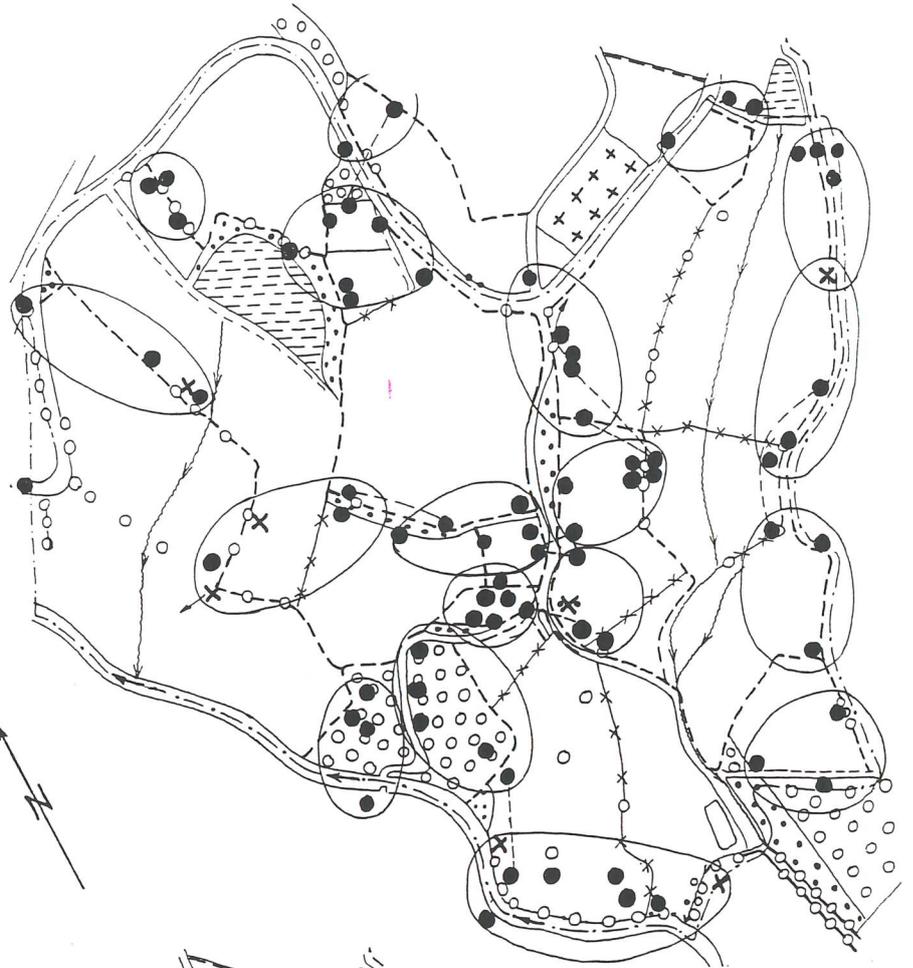
Figure n°6 Merle noir, Pinson des arbres

Figure n°7 Grimpereau des jardins, Pouillot véloce

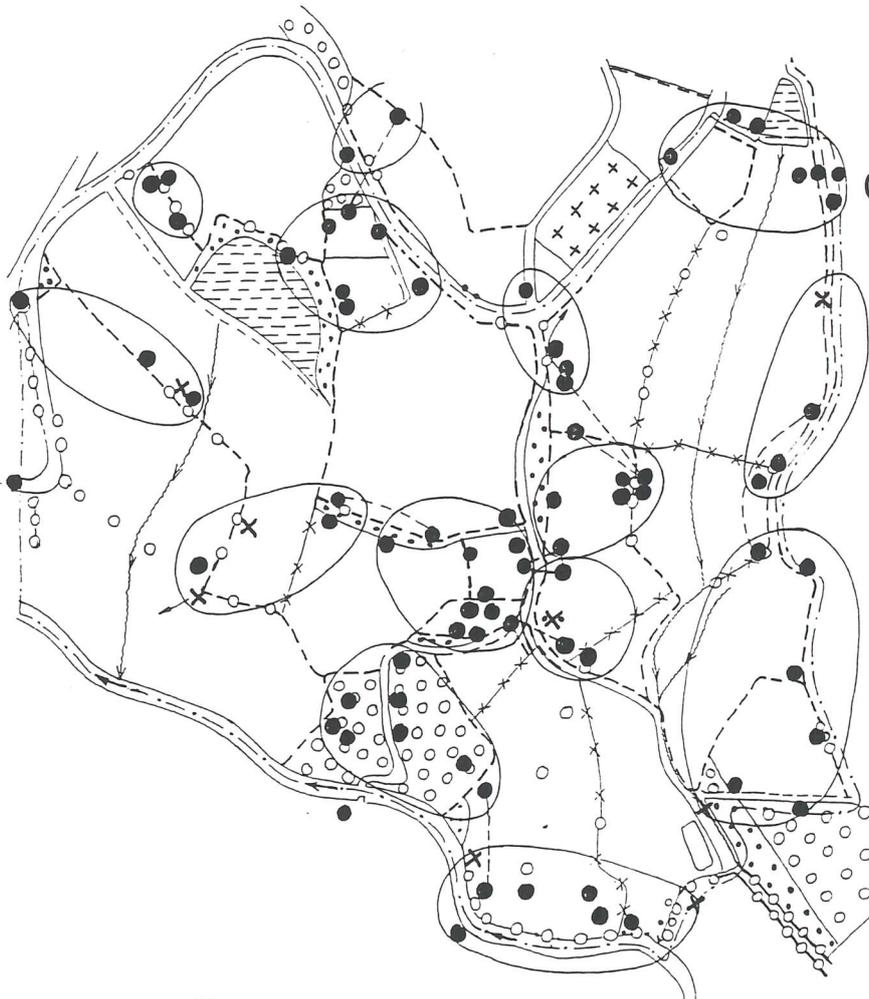
Figure n°8 Traquet pâtre, Troglodyte

Figure n°9 Alouette lulu

Figure n°4



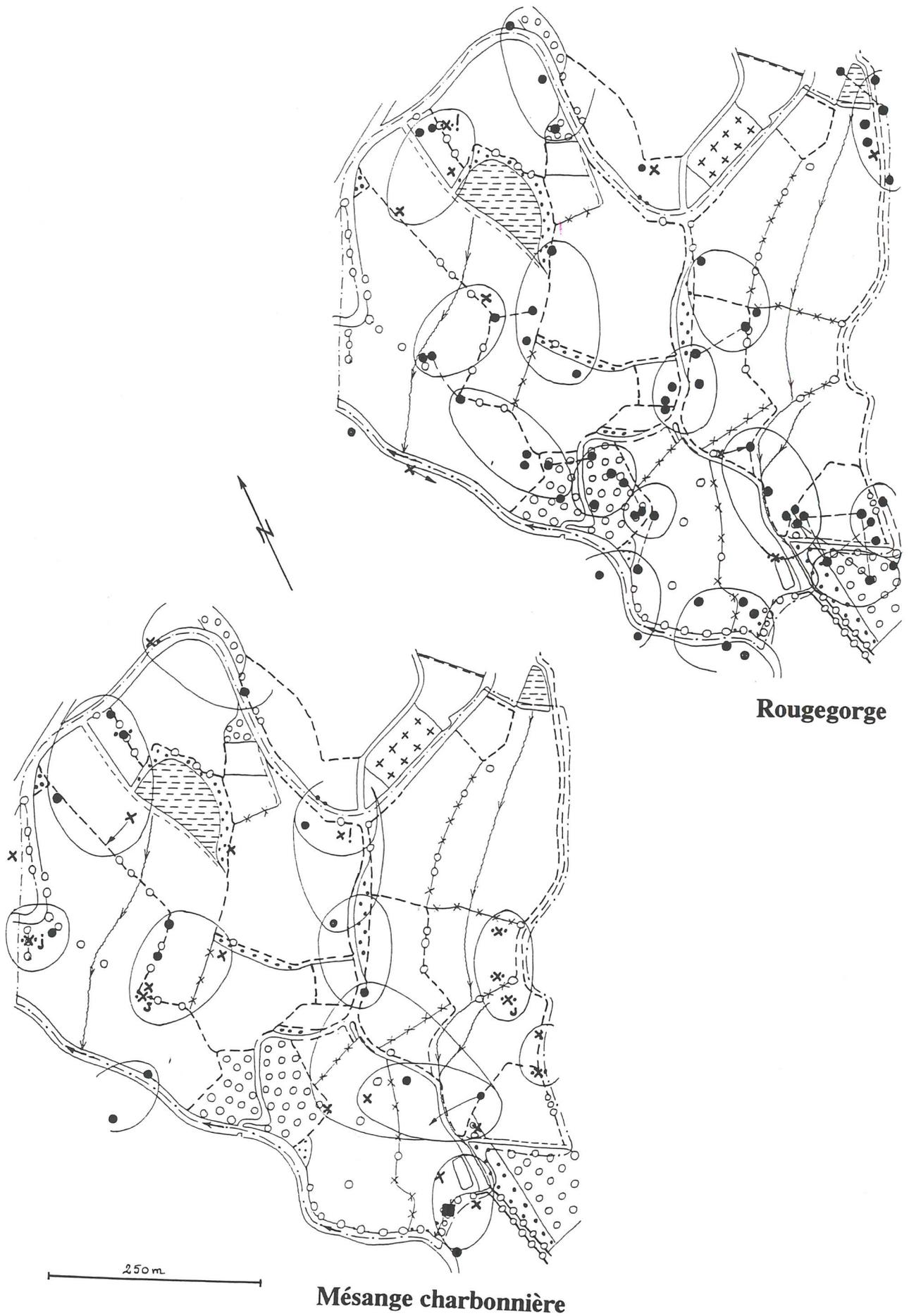
Fauvette à tête noire
(nombre maximum de couples, 15)



Fauvette à tête noire
(nombre minimum
de couples, 13)

250 m.

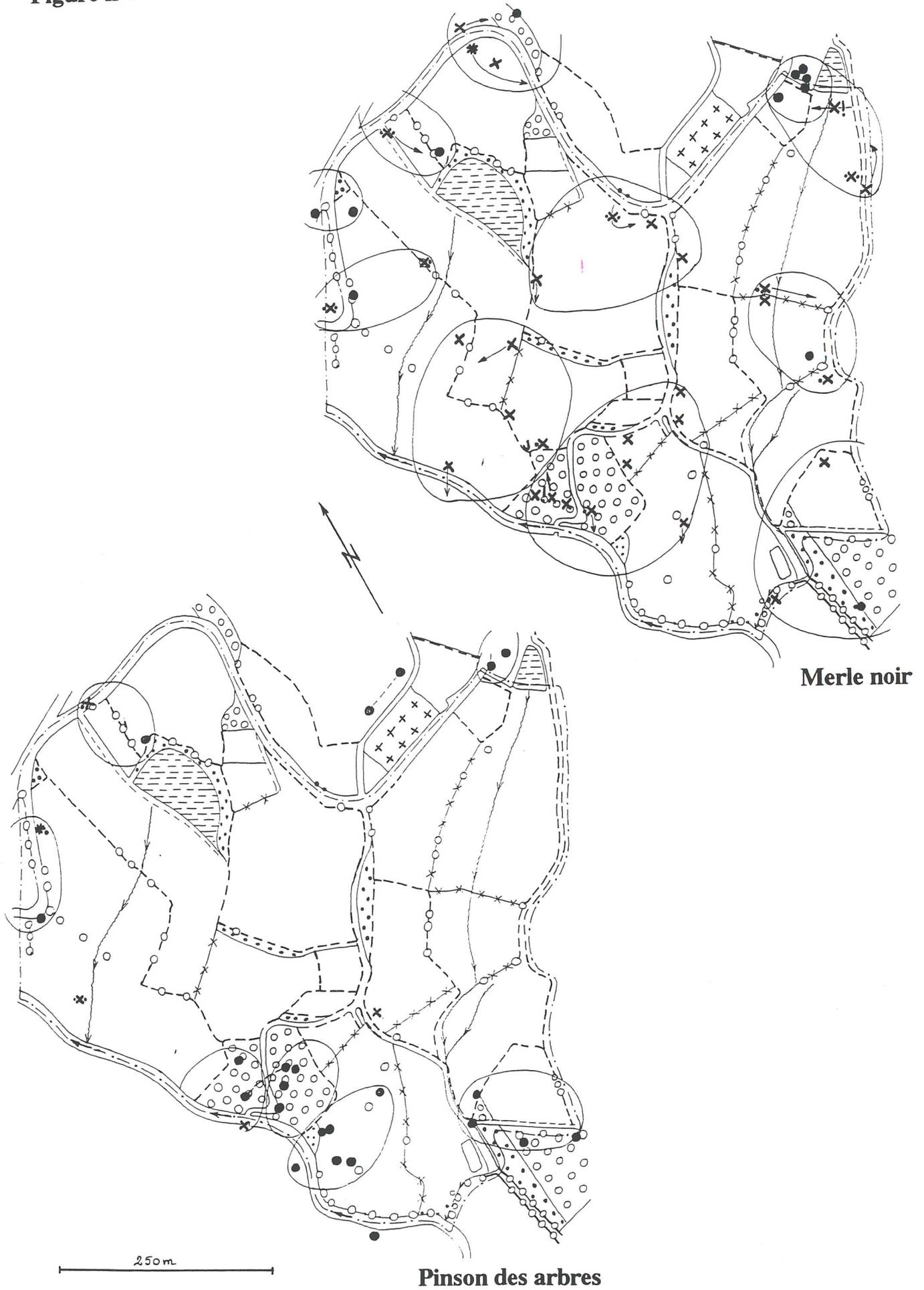
Figure n°5



Rougegorge

Mésange charbonnière

Figure n°6

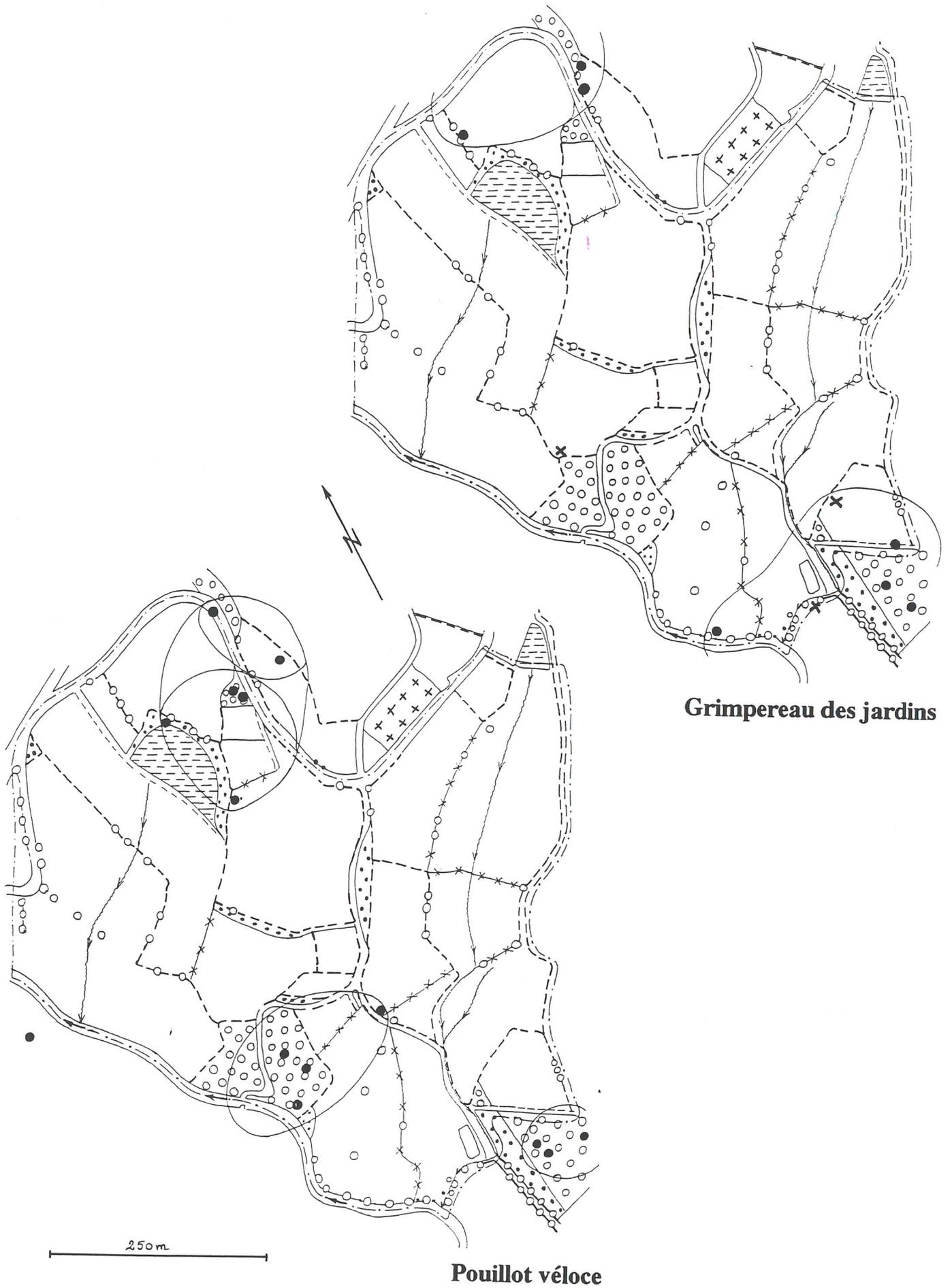


Merle noir

Pinson des arbres

250m

Figure n°7



Grimpereau des jardins

Pouillot véloce

Figure n°8

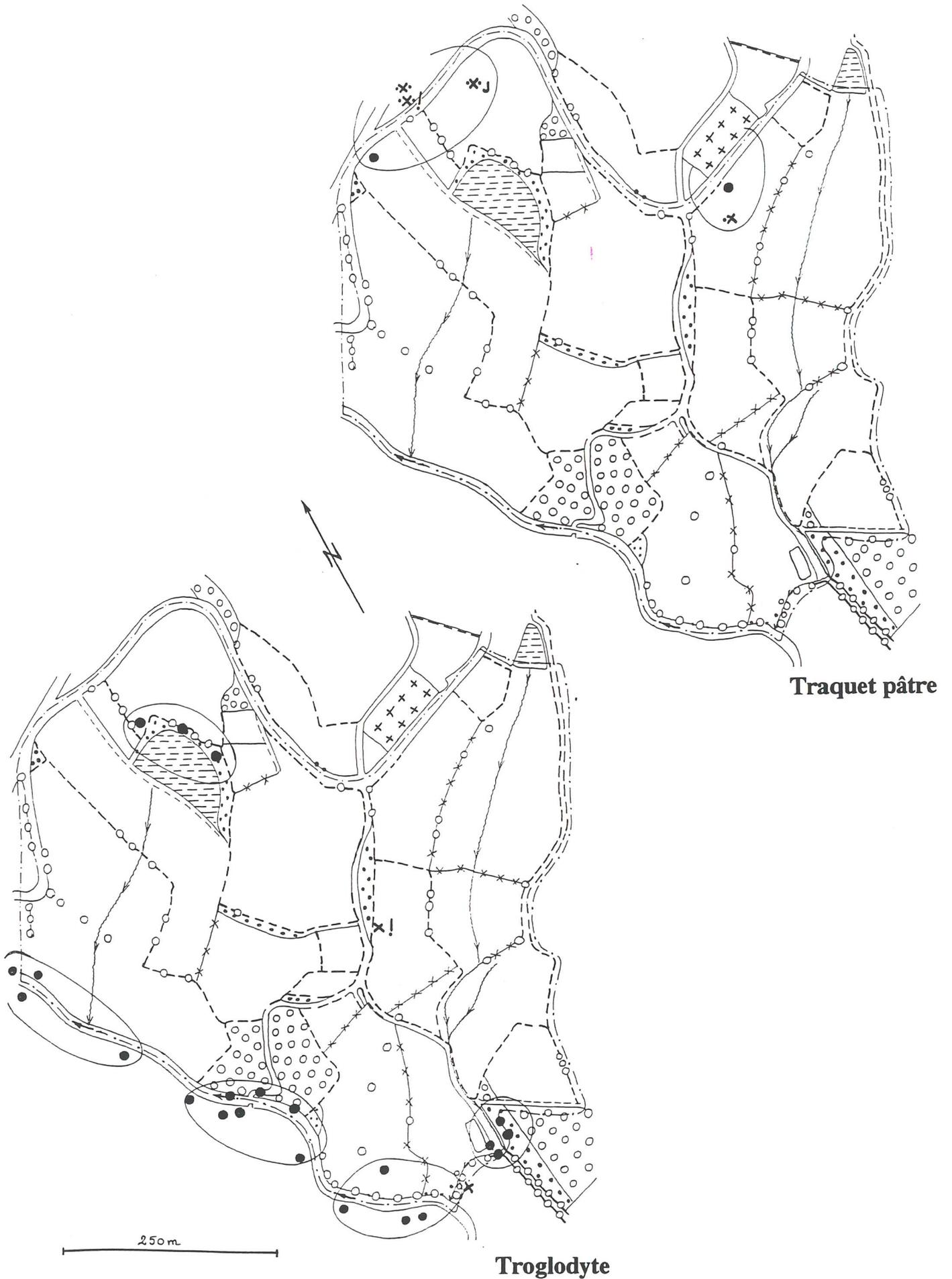
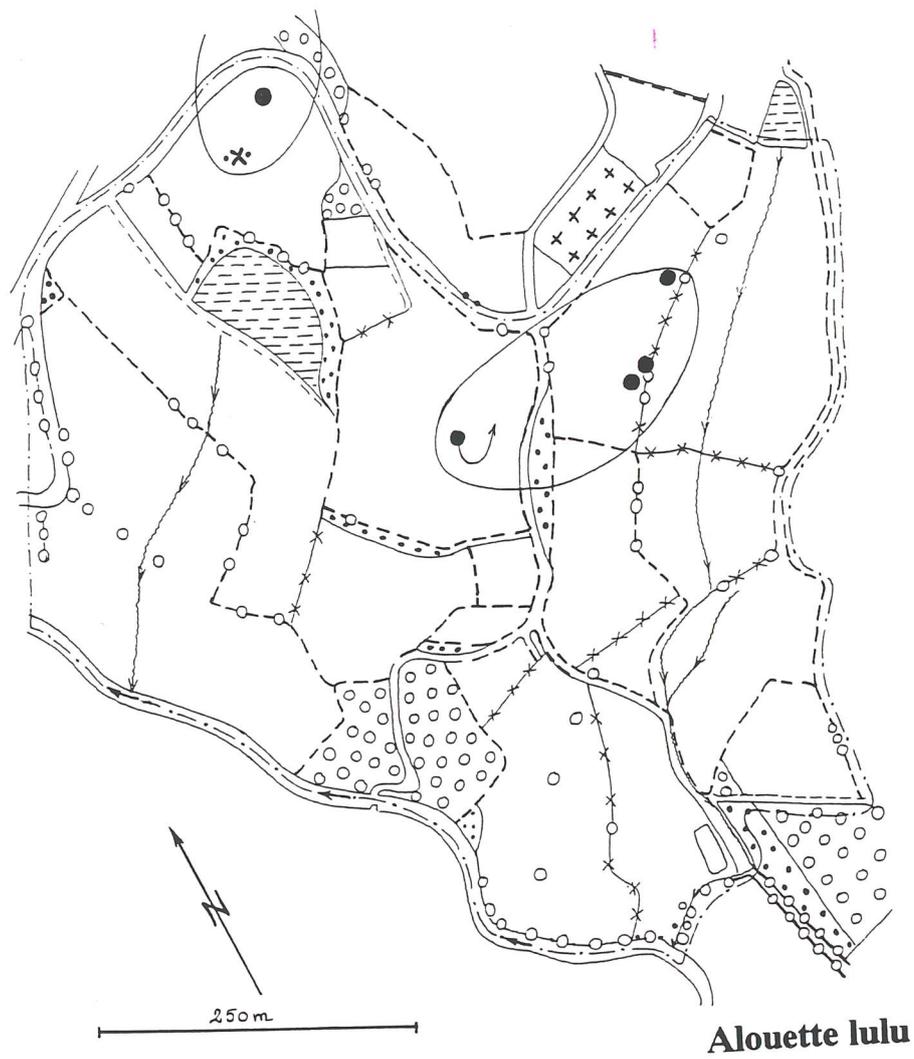


Figure n°9



**A PROPOS DE DEUX ESPECES D'ORTHOPTERES REMARQUABLES
EN HAUTE-VIENNE :**
Calliptamus italicus et *Aiolopus thalassinus*.

BONNET E., PETIT D.P.

Laboratoire de Biologie des Populations
123, avenue A. Thomas - 87060 Limoges Cédex

RESUME

La faune orthoptérologique de la lande sur serpentine de la Flotte (commune de Magnac-Bourg) et du Cluzeau (commune de Meuzac) est présentée. Les affinités biogéographiques de cette lande par rapport à d'autres stations du Limousin sont discutées. Deux espèces remarquables pour la Haute-Vienne y sont présentes : *Calliptamus italicus* et *Aiolopus thalassinus*

MOTS CLES : Orthoptères, inventaire, Limousin, A.F.C., biogéographie.

**INVENTORY OF ORTHOPTERA IN THE MOOR OF LA FLOTTE AND LE CLUZEAU
(Limousin, France)**
Calliptamus italicus et *Aiolopus thalassinus*.

SUMMARY

We provide a list of the orthopteran fauna in the moor of la Flotte and le Cluzeau (Haute-Vienne, France). The analysis of biogeographic relationships of this moor with other stations in the Limousin region is discussed. Two remarkable species are present: *Calliptamus italicus* and *Aiolopus thalassinus*.

KEY WORDS : Orthoptera, inventory, Limousin region.

INTRODUCTION

Nous présentons ici le résultat de relevés des Orthoptères du site de la lande de la Flotte et du Cluzeau du 12.06.94, 28.08.94 et 26.09.94. Pour ce travail préliminaire, nous insisterons sur l'aspect qualitatif de la faune orthoptérologique. Ce site de Haute-Vienne est une Zone Naturelle d'Intérêt Ecologique Faunistique et Floristique (ZNIEFF) faisant l'objet d'un arrêté de biotope. Son intérêt principal résulte de la présence d'un affleurement de serpentine qui conditionne une végétation thermophile spécifique (RALLET *et al.*, 1969; GHESTEM *et al.*, 1976). On y trouve notamment des pelouses sèches à *Festuca lemanii*, graminée peu courante dans notre département. Les zones humides ne sont pas absentes (tableau I).

Tableau I. Descriptif des zones de relevés (observations personnelles)

Zone	Description	Végétation
A	lande à ajonc, exposée au Nord-Ouest	<i>Ulex minor</i> , <i>Molinia coerulea</i> , <i>Calluna vulgaris</i> .
B	Chaos rocheux sommital (serpentine)	<i>Allium ericetorum</i> , <i>Ulex minor</i> , <i>Festuca lemanii</i> , <i>Calluna vulgaris</i> .
C	Zone entre les landes, plus humide	<i>Ulex minor</i> , <i>Allium ericetorum</i> , <i>Molinia coerulea</i> , <i>Calluna vulgaris</i> , <i>Serratula tinctoria</i> .
D	Zone sommitale de la lande du Cluzeau Pelouse sèche, affleurements de serpentine	<i>Festuca lemanii</i> , <i>Juniperus communis</i> .
E	Zone humide de bas de pente, orientation Est	<i>Molinia coerulea</i> , <i>Scorzonera humilis</i> , <i>Dactylorhiza maculata</i> .

MATERIEL ET METHODES

La détermination des espèces a été conduite avec les ouvrages de CHOPARD (1951) et BELLMAN (1988).

L'affinité biogéographique de chaque espèce est déterminée conformément aux conceptions de CHOPARD (1951), VOISIN (1979) et BELLMAN (1988). Les données de la lande de la Flotte et du Cluzeau sont comparées avec celles déjà obtenues dans 10 autres stations du Limousin (BONNET *et al.*, 1994, BONNET et PETIT, 1994, observations inédites). Nous avons choisi de traiter ces informations par Analyse Factorielle des Correspondances (AFC, BENZECRI *et al.*, 1973) grâce au logiciel CALMAT, version 1.4 (QURIS, 1992).

RESULTATS

1 - LISTE DES ESPECES

Dans la liste ci-après, les lettres majuscules indiquent la zone où nous avons trouvé l'espèce en question (cf Tableau I). Quelques indications autoécologiques et biogéographiques sont présentées (BELLMAN, 1988; GUEGUEN, 1983), ainsi que l'abondance relative de chaque espèce sur le terrain (+°: présent, ++ : peu abondant, +++ : abondant).

ENSIFERA

TETTIGONIDAE

Tettigoniinae

Tettigonia viridissima (Linné, 1758), A, +.

La grande sauterelle verte. Avec une longueur supérieure à 3 cm, c'est la plus grande des sauterelles d'Europe du Nord. Très largement répandue en France, elle évite cependant les trop hautes altitudes.

Conocephalinae

Conocephalus discolor (Fabricius, 1793), E, +++.

Caractérisée par une tête de forme conique, cette sauterelle est caractéristique des endroits humides. Elle est répandue largement en Europe, du Nord de l'Allemagne à la côte méditerranéenne.

Decticinae

Platycleis albopunctata (Panzer, 1796), B, ++.

La sauterelle grise aime les endroits secs à végétation clairsemée. Elle est largement répandue dans l'Europe de l'Ouest, de la Scandinavie à la péninsule Ibérique, en passant par l'Allemagne et la Suisse.

Metrioptera sp. (larve; probablement *M. roeseli*, Hagenbach 1822), A, ++.

La sauterelle de Roesel est une des espèces les plus communes en Europe, que l'on rencontre dans les prairies humides ou sèches.

Phaneropterinae

Phaneroptera falcata (Poda, 1761), A, C, E, +++.

Cette espèce aime plutôt les prairies sèches de sous-bois ou encore les lisières. On la trouve largement en Europe centrale.

GRYLLIDAE

Nemobius sylvestris (Bosc, 1792), B, +.

Le grillon des bois est largement répandu en Europe de l'Ouest et en Europe Centrale. Il affectionne les bordures ensoleillées de forêts de même que les broussailles sèches.

Pteronemobius heydeni (Fisher, 1853), E (probable).

Le grillon des marais affectionne les endroits très humides. Nous l'avons seulement repéré au chant (mois de juin). Il est répandu en Europe de l'ouest, centrale et du sud, mais jamais au-delà de 50° de latitude Nord.

CAELIFERA

CATANTOPIDAE

Calliptamus italicus (Linné, 1758), B, D, +++.

Le criquet italien est inféodé aux endroits très secs et chauds, comme les prairies rocailleuses ou les steppes sableuses. On le rencontre fréquemment en Europe du Sud. Il existe de nombreuses espèces dans le genre *Calliptamus*, mais aucune n'est aussi nordique que le criquet italien.

ACRIDIDAE

Locustinae

Aiolopus thalassinus (Fabricius, 1781), C, +.

Le criquet à longues ailes se préfère en général les endroits humides. On le rencontre surtout dans le sud de l'Europe et ça et là en Europe Centrale.

Gomphocerinae

Omocestus rufipes (Zetterstedt, 1821), B, ++.

Le criquet forestier se reconnaît facilement à ses palpes noirs annelés de blanc. C'est une très belle espèce, avec pour le mâle un abdomen arc-en-ciel : vert au début, jaune au milieu et rouge à l'extrémité.

Stenobothrus lineatus (Panzer, 1793), B, ++.

C'est l'espèce la plus grande du genre. Il aime les endroits secs où il est majoritaire. On le trouve parfois sur les bords de routes ou les terrains vagues. On le trouve largement répandu en Europe.

Stenobothrus nigromaculatus (Herrich-Schaeffer, 1840), B, +.

Le criquet à taches noires est caractéristique des endroits secs à végétation réduite, de type steppique ou prairies sableuses. Comme l'espèce précédente il est largement répandu en Europe, mais de façon plus localisée.

Chorthippus parallelus (Latreille, 1804), E, +++.

Le criquet des prairies est probablement le plus commun des Orthoptères en Europe. Il est abondant dans les prairies moyennement humides, mais on le trouve également en lisière de forêt ou encore sur les landes. Son aire de répartition est très large en Europe, jusqu'à la limite du cercle polaire arctique en Finlande.

Chorthippus biguttulus (Linné, 1758), B, D, +++.

Le criquet à ailes arquées est lui aussi très commun en Europe du nord et centrale. Il est extrêmement polymorphe du point de vue des couleurs. Il aime les endroits modérément secs comme les bords de routes ou les prairies.

Chorthippus binotatus (Charpentier, 1825), B, +++.

Le criquet vert-olive est limité à la France et la péninsule ibérique. Il est inféodé à sa plante-hôte, l'ajonc nain (*Ulex nanus*), dont il se nourrit presque exclusivement.

2 - ANALYSE BIOGEOGRAPHIQUE

Le Tableau II résume les affinités biogéographique des espèces d'Orthoptères rencontrées dans 11 stations du Limousin, y compris la lande de la Flotte et du Cluzeau. Les stations sont localisées sur la Figure n°2 (cf chapitre suivant).

Code	Station	Euro-sibérien	Méditerranéo-boréal	Eury-méditerranéen	Tyrrhénien	Tropical	Plaine	Atlantique
1	AUL	10	1	0	0	0	2	2
2	BOR	10	1	0	0	0	2	2
3	BRI	11	5	1	1	2	5	3
4	CEL	10	2	0	0	0	0	2
5	CIN	10	1	0	0	1	1	1
6	CLU	8	2	0	0	1	2	2
7	DAU	14	2	0	0	0	6	1
8	MEY	16	3	0	1	0	3	2
9	NED	12	1	0	0	0	1	2
10	VER	10	0	0	0	1	3	2
11	VEY	7	0	0	1	1	3	2

Tableau II : Répartition des espèces par classes d'affinité biogéographique et par station.

Le code correspond à l'emplacement de la station sur la Figure n°2. AUL : lande des Aulières, BOR : Bort-les-Orgues, BRI : Brive, CEL : la Celle-Dunoise, CIN : lande de Cinturat, CLU : lande de la Flotte et du Cluzeau, DAU : tourbière du ruisseau des Dagues, MEY : Meymac, NED : Nedde, VER : Verneuil-sur-Vienne, VEY : Glane de Veyrac. Stations de Haute-Vienne : 1, 5, 6, 7, 9, 10, 11; stations de Corrèze : 2, 3, 8; station de Creuse : 4.

La Figure n°1 montre le résultat de l'AFC.

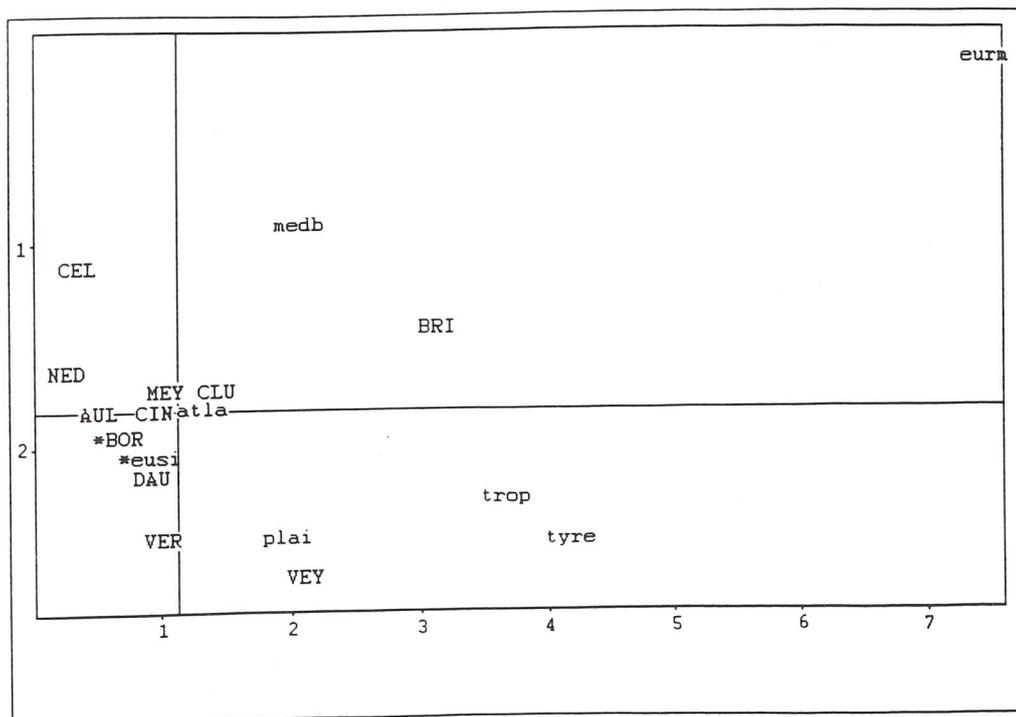


Figure n°1 : AFC de 11 stations du Limousin par rapport à l'affinité biogéographique de chaque espèce.

Axes : x=1 (44.49 %), y= 2 (22.68 %), les abréviations des stations sont les mêmes qu'au Tableau II (majuscules), eusi : Euro-sibérien, medb : Méditerranéo-boréal, eurm : Eury-méditerranéen, trop : Tropical, tyre : Tyrrhénien, plai : Plaine, atl : Atlantique.

DISCUSSION

1 - ANALYSE BIOGEOGRAPHIQUE

Le premier axe de l'AFC s'interprète par le poids respectif des espèces Eury-méditerranéennes, Tropicales et Tyrrhéniennes par rapport aux Euro-sibériennes. Ainsi, Brive s'oppose à Nedde et à la Celle-Dunoise par le petit nombre d'espèces Euro-sibériennes. Le deuxième axe correspond à l'opposition entre les espèces Méditerranéo-boréales et les espèces de Plaine. Ainsi, la Celle-Dunoise s'oppose à Glane de Veyrac et Verneuil.

En ce qui concerne la lande de la Flotte et du Cluzeau, sa position centrale montre qu'il s'agit d'une localité bien représentative du Limousin. Ce résultat paradoxal compte tenu des conditions plutôt xérophiles s'explique par la diversité des milieux : la présence de landes mésophiles et hygrophiles tend à banaliser la faune.

Nous pouvons cependant insister sur certains éléments rencontrés sur ce site.

2 - ESPECES REMARQUABLES

Deux espèces sont particulièrement remarquables dans cette liste. Il s'agit de *Calliptamus italicus* et de *Aiolopus thalassinus*. Leur répartition dans le Limousin est indiquée sur la Figure n°2.

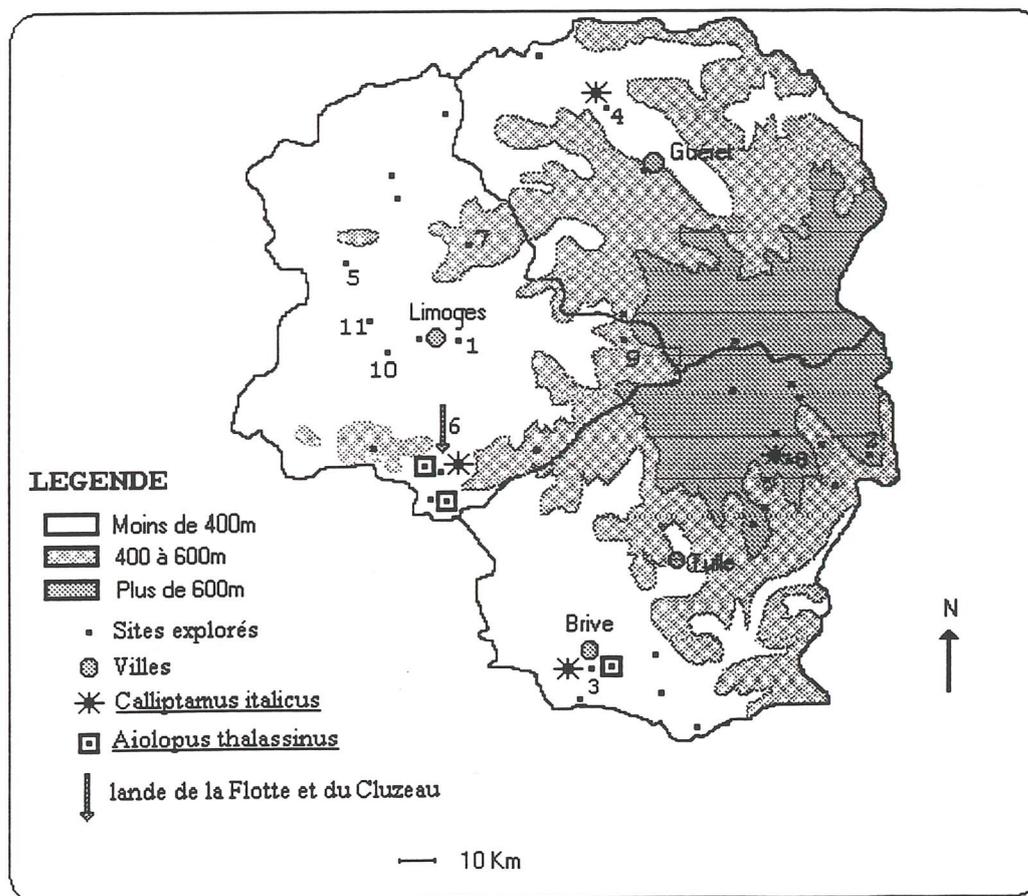


Figure n°2 : Carte simplifiée du Limousin. Les principaux sites que nous avons exploré sont indiqués, ainsi que la localisation des deux espèces remarquables *C. italicus* et *A. thalassinus*. Les chiffres sont les codes des stations du Tableau II.

Calliptamus italicus est une espèce qui a une aire de répartition générale très vaste, de type méditerranéo-boréal. En France elle se trouve presque partout au sud de la Loire, en région parisienne et jusque dans les Vosges (CHOPARD, 1951). C'est une espèce thermophile et xérophile (VOISIN, 1979). Ce fait s'illustre bien sur la lande de la Flotte et du Cluzeau où on la trouve inféodée aux pelouses sèches à féтуque. Il apparaît, au vu de nos investigations actuelles (BONNET *et al.*, 1994), que ce criquet est présent en Haute-Vienne sur ce seul site. Il serait donc intéressant de le rechercher sur tous les sites présentant un niveau de xéricité comparable. Dans le Limousin, *C. italicus* est signalée à Brive (PETIT, 1991), Meymac (Corrèze) et à la Celle-Dunoise (Creuse). Dans cette dernière localité, les données floristiques (VILKS, communication personnelle) indiquent la présence d'un microclimat relativement ensoleillé et chaud dans la vallée. La présence isolée de *C. italicus* en Creuse est sans doute en liaison avec ces conditions.

Aiolopus thalassinus se trouve partout en France au sud de la Loire (CHOPARD, 1951), mais affectionne plutôt les zones humides (milieux herbacés). Nous avons relevé sa présence dans deux sites de la Haute-Vienne (le Cluzeau et Ladignac, cf fig. 2), de même qu'à Brive, en Corrèze. C'est un fait intéressant, car nous avons prospecté de nombreuses zones humides qui sont potentiellement favorables à cette espèce. Elle semble donc assez rare dans notre région, et doit donc être systématiquement recherchée afin de confirmer ce résultat.

La lande de la Flotte et du Cluzeau a un intérêt entomologique certain par la faune des pelouses sèches. Si cette particularité faunistique était confirmée dans l'avenir, ce site deviendrait d'un intérêt remarquable pour l'étude des Insectes de notre département. Des études complémentaires sur la biologie des populations de certaines espèces seraient hautement souhaitables.

BIBLIOGRAPHIE

- BELLMANN H., 1988. - A fieldguide of grasshoppers and crickets of Britain and Northern Europe, Collins ed., London, 213 pp.
- BENZECRI J.P. *et al.*, 1973. - L'analyse des données. Tome 2 : L'analyse des correspondances. Dunod, Paris, 619 pp.
- BONNET E., CHABROL L. et PETIT D.P., 1994. - Catalogue préliminaire des Orthoptères du Limousin (Orthoptera). *Nouvelle revue d'Entomologie*. Sous presse.
- BONNET E., PETIT D.P. - Inventaire des Orthoptères de la tourbière du ruisseau des Dagues (87). Soumis pour publication aux Annales Scientifiques du Limousin.
- CHOPARD L., 1951. - Faune de France N° 56. Orthoptéroïdes. Lechevalier ed., Paris, 359 pp.
- GUEGUEN, A., 1983. - Criquets, Sauterelles et espèces voisines. Atlas Visuels Payot, Lausanne, 64 pp.
- GHESTEM A., FREDON J.-J. et VILKS A., 1976. - Compte rendu de l'excursion du dimanche 13 Juin 1976 sur les serpentes de la Roche-l'Abeille et de la Flotte (près de Magnac-Bourg), Haute-Vienne. *Bull. Soc. Bot. Centre-Ouest*, nouv. série, 7 : 98-100.
- PETIT D., 1991. - Evaluation de la richesse faunistique de la vallée de la Planchetorte, sud de Brive (Corrèze). *Ann. Sci. du Limousin*, 7 : 41-59.
- QURIS R., 1992. - Calmat, opérateur de calcul matriciel. CNRS, Univ. Rennes I., station biologique, 35800 Paimpont.
- RALLET L., ROUET J.-M. et DUBOIS T., 1969. - Itinéraires et documents floristiques et phytogéographiques. *Bull. Soc. bot. Fr.*, 116 : 109-126.
- VOISIN J.-F., 1979. - Autoécologie et biogéographie des Orthoptères du Massif Central. Thèse d'état, Université P. et M. Curie, Paris VI., 354 pp.

INSTRUCTIONS AUX AUTEURS

Les articles publiés dans la revue concernent tous les aspects ayant trait à l'étude du milieu de la région Limousin et doivent présenter des résultats originaux. Les articles de synthèse ne sont acceptés que s'ils conduisent à des généralisations nouvelles et importantes. Tous sont soumis à l'avis de deux réviseurs.

Présentation du texte : Les manuscrits devront être dactylographiés en simple interligne avec une machine à écrire de bonne qualité ou être imprimés avec une imprimante de type "laser". Ils pourront se présenter sous la forme de fichiers informatiques créés avec le logiciel "Word", soit pour compatible PC, soit pour Macintosh. Les noms latins sont à taper en italique.

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 manuscrit ne devra pas dépasser 24 pages imprimées. La largeur du texte par page sera de 17 cm avec marges de 2 cm de chaque côté. Les marges du haut et du bas auront 2,5 cm. La page 1 doit comporter le titre de la publication écrit en majuscules (sauf pour les noms latins qui seront en minuscules), les noms des auteurs suivi du prénom en abrégé et de leur adresse.

Les articles doivent être rédigés en français et comporter un résumé en français et en anglais ainsi que des mots clés dans les deux langues placés en fin de chaque résumé. Le titre traduit en bon anglais doit également figurer au début du résumé anglais.

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. Pour un manuscrit dactylographié ou imprimé au format définitif, les figures et les tableaux seront disposés à leur place dans le texte. Pour les autres cas, les figures et les tableaux seront fournis sur des feuilles séparées. Leur qualité devra être suffisante pour supporter une réduction les amenant à la largeur maximale du texte de la page, soit 17 cm.

Photographies : Les photographies en noir et blanc devront être suffisamment nettes, tirées sur papier brillant et normalement contrastées. Leur largeur doit être inférieure à 17 cm. Elles doivent être mises en place dans les textes définitivement dactylographiés ou imprimés, accompagnées d'une légende. Les photographies en couleurs ne sont 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 :

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

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

Epreuves et tirés-à-part : Les manuscrits (en 3 exemplaires) ou fichiers informatiques sont à envoyer à l'attention des secrétaires de rédaction. L'auteur sera informé de l'acceptation, du rejet, ou de modifications nécessaires dans les trois mois qui suivent la réception du manuscrit. Les auteurs recevront un seul jeu d'épreuves pour corriger les erreurs typographiques. Aucune correction d'auteur ne sera acceptée. Les épreuves devront être retournées dans un délai de deux semaines.

Vingt tirés-à-part sont fournis gracieusement à l'ensemble des auteurs. Des exemplaires supplémentaires pourront être demandés mais ils seront facturés en supplément.

