

# Impact des usages agricoles antiques sur la végétation en forêt de Saint-Amond : interaction avec le traitement sylvicole actuel

Jean-Luc DUPOUEY<sup>(1)</sup>, Delphine SCIAMA<sup>(1)</sup>, Jean-Denis LAFFITE<sup>(2)</sup>,  
Murielle GEORGES-LEROY<sup>(3)</sup>, Etienne DAMBRINE<sup>(4)</sup>

(1) UMR-EEF, Equipe Phytoécologie forestière – INRA – 54280 Champenoux – dupouey@nancy.inra.fr  
(2) INRAP Grand Est Nord – Rue de Méric – CS 80005 – 57063 Metz cedex 2 – jean-denis.laffite@inrap.fr  
(3) SRA de Lorraine – 6, pl. de Chambre – 57045 Metz cedex 1 – murielle.leroy@culture.gouv.fr  
(4) Unité Cycles Biogéochimiques – INRA – 54280 Champenoux – dambrine@nancy.inra.fr

## Résumé

L'impact important des usages agricoles antiques du sol sur la composition des communautés végétales dans les forêts actuelles a déjà été observé dans quelques études ponctuelles. Nous étudions ici cet impact sur une plus large échelle, le massif forestier de Saint-Amond sur les plateaux calcaires de Lorraine, dans lequel des situations répétées de zones perturbées par une occupation ancienne, de la fin du I<sup>er</sup> siècle avant JC au II<sup>e</sup> siècle après JC (32 relevés de végétation) et non ou peu perturbées (57 relevés) sont échantillonnées et comparées, en conditions géomorphologiques et topographiques homogènes. De plus, nous testons ici l'impact de la conversion des anciens taillis sous futaie en futaie sur la conservation du signal historique. Les résultats indiquent un fort impact de l'utilisation ancienne du sol sur la végétation actuelle. Les sites anciennement perturbés sont plus riches en espèces (37 contre 32 en moyenne par relevé) et présentent des diversités  $\beta$  et  $\gamma$  plus élevées. Une liste de 26 espèces plus fréquentes sur les sites anciennement perturbés est mise en évidence. Ces espèces caractéristiques des parcelles anciens ont tendance à être des espèces nitrophiles. Seules 2 espèces apparaissent liées aux sites non ou peu perturbés. Mais l'aspect le plus nouveau de ces résultats est que la conversion en futaie ne gomme pas l'impact des perturbations anciennes sur la végétation, mais semble au contraire l'amplifier. Finalement, ces observations étendent nos résultats antérieurs obtenus sur le seul site de Thuilley-aux-Groseilles. Ils confirment le rôle majeur et jusque là mal pris en compte de l'histoire de l'occupation antique des sols sur les variations actuelles de la biodiversité. Les différences de végétation mises en évidence peuvent servir d'indicateurs en prospection archéologique.

**Mots-clefs :** végétation herbacée ; biodiversité ; utilisation ancienne du sol ; archéologie ; époque gallo-romaine ; traitement sylvicole ; futaie ; taillis sous futaie

## Abstract

*The important impact of ancient Roman land-use on community composition in present day forests has already been observed in a few local studies. Here, we study this impact on a larger scale, the Saint-Amond forest on calcareous plateaus of Lorraine. In this forest, we sampled 32 plots disturbed by ancient Roman occupation (from the 1<sup>st</sup> Century BC to the 2<sup>nd</sup> Century AD) and 57 plots in undisturbed or slightly disturbed areas, in homogeneous geomorphological and topographical conditions. In addition, we tested the role of the progressive conversion from coppice with standards to high forest on the maintenance of the ancient land use signal. For this purpose, we subdivided the two previous sampling strata, disturbed or undisturbed, into two subgroups, coppice with standards and high forest. Results showed a strong impact of ancient Roman land-use on present day vegetation. Species richness was higher in disturbed plots (37 species on average per plot against 32 in undisturbed areas), and disturbed areas displayed higher  $\beta$  and  $\gamma$  diversities. A list of 26 species more frequent in disturbed sites is presented. These species were generally more nitrogen demanding. Only two species appeared more frequently in undisturbed areas. A new result is that conversion to high forest did not erase the impact of ancient land-use on vegetation and even enhanced it. Finally, these results extend previous observations obtained on the sole site of Thuilley-aux-Groseilles. They confirm the major role of land-use history on present day biodiversity patterns, role still often underestimated in many forest studies. These vegetation differences observed between disturbed or undisturbed areas can be used as tools during archaeological surveys.*

**Keywords:** vegetation community; biodiversity; past land-use; archaeology; Roman period; silviculture; high forest; coppice with standards

## 1. - Introduction

La végétation forestière est fortement influencée par l'histoire de l'utilisation du sol. Dans les pays d'Europe tempérée ou méditerranéenne, ou dans l'Est du continent Nord-américain, qui sont passés par un maximum des surfaces défrichées au cours du XIX<sup>e</sup> ou au début du XX<sup>e</sup> siècle (Mather *et al.* 1998, Bellemare *et al.* 2002), on distingue maintenant classiquement deux types de forêts : les forêts récentes, issues du reboisement de terres agricoles abandonnées depuis ce maximum de défrichement, et les forêts anciennes, qui étaient déjà boisées à cette époque (Dupouey *et al.* 2002b). Cette distinction correspond à des différences de contenu chimique des sols (Koerner *et al.* 1997) et, surtout, à des différences marquées de composition des communautés végétales (Peterken et Game 1984, Hermy *et al.* 1999). On a ainsi progressivement élaboré le concept d'espèces de forêt récente et de forêt ancienne, pour les espèces présentant une fréquence de présence plus élevée dans l'un ou l'autre type de forêt.

Les écosystèmes forestiers présentent différents mécanismes de "mémoire" de l'utilisation ancienne du sol. La portée de cette mémoire est mal connue. Elle atteint plus de 400 ans en Angleterre, où les forêts anciennes sont définies comme celles qui existaient déjà en 1600. Dès 1984, Peterken et Game allaient même jusqu'à poser la question de la réversibilité à long terme de ces modifications de l'environnement dues à la mise en culture. Nos travaux ont récemment mis en évidence des effets possibles de l'agriculture gallo-romaine sur la diversité végétale dans une forêt du Nord-Est de la France (bois de Thuilley-aux-Groseilles, Dupouey *et al.* 2002a). Environ 1700 ans après l'abandon d'une petite ferme gallo-romaine, nous avons observé une structuration spatiale de la végétation actuelle liée à l'organisation ancienne de l'espace agricole, sur un substrat par ailleurs homogène. Cependant, ces résultats préliminaires n'avaient été observés que dans un seul site de cette région. Depuis, des prospections de surface nous ont permis de découvrir de nombreux autres sites d'habitats de la même époque, caractérisés par la présence de bâtiments reliés à des murets, couvrant des milliers d'hectares dans la même petite région naturelle (Laffite *et al.* 2002, Georges-Leroy *et al.* 2003). Ces découvertes ont rendu possible le test de l'hypothèse d'un impact de l'agriculture gallo-romaine sur la biodiversité par des observations répétées dans des zones anciennement occupées ou non perturbées.

La sylviculture, en modifiant la structure des peuplements, et donc le microclimat et le cycle des éléments minéraux, peut jouer de façon significative sur la composition des communautés végétales herbacées (Gosselin et Laroussinie 2004). En Lorraine, comme dans de nombreuses autres régions de France, la sylviculture traditionnelle a été celle du taillis sous futaie (TSF) pendant de

nombreux siècles. Depuis le XVIII<sup>e</sup> siècle, on assiste à la conversion progressive de ces forêts au régime de la futaie régulière. Becker (1979) a montré que cette conversion entraînait une évolution importante de la végétation, impact confirmé ensuite par les travaux de Decocq *et al.* (2004). Comment perdurent les traces des occupations anciennes au travers de ces changements de sylviculture ? Les modifications induites par la sylviculture sont-elles suffisantes pour les faire disparaître ? La réponse à ces questions peut avoir une portée appliquée, puisqu'elle permettrait de juger quel système sylvicole conserve le mieux les traces biologiques des occupations très anciennes.

Nos objectifs étaient donc :

- de tester, sur un échantillon de plusieurs dizaines d'habitats gallo-romain, l'hypothèse d'un impact à très long terme de l'agriculture sur les communautés végétales des forêts actuelles,
- d'étudier le rôle d'un changement de sylviculture sur la composition de ces communautés végétales et, surtout, sur le maintien des différences liées à l'agriculture ancienne, en comparant l'amplitude des variations de végétation induites par les usages anciens avec celle des variations dues à la sylviculture.

Nous avons pour cela travaillé dans un grand massif des plateaux calcaires de Lorraine (Nord-Est de la France).

## 2. - Site et méthodes

Le massif de Saint-Amond est situé entre Nancy et Langres. D'une surface de 10 000 ha environ, il repose sur les calcaires oolithiques durs du Bajocien supérieur, Bathonien et du Callovien. C'est un vaste plateau de basse altitude (350 à 475 m), entaillé de petites vallées aux flancs abrupts. Les sols vont des rendzines superficielles, développées sur une fine couche d'argile de décarbonatation (20 cm en moyenne) à des sols bruns plus ou moins épais sur dépôts limoneux. Le climat est semi-continentale, humide et froid.

En 1998 ont été repérées, cartographiées puis fouillées des structures archéologiques de surface : terrasses, enclos, habitats et chemins creux marqués par la présence d'un réseau dense de pierriers (Laffite *et al.* 2002). Ces pierriers, larges de 2 à 4 m pour une hauteur de 0,5 à 1 m, délimitent un parcellaire constitué de grandes planches relativement parallèles entre-elles, avec un écartement approchant les 3 actus (100 m environ). L'emprise totale de ce système agraire, constitué de 3 ensembles disjoints, est de plus de 700 ha. Trois sondages ont permis de dater l'occupation du site : les tuiles, poteries et monnaies trouvées indiquent toutes une occupation de la fin du I<sup>er</sup> siècle avant JC au II<sup>e</sup> siècle après JC (Laffite *et al.*

	Densité de traces d'occupation	Taillis sous futaie	Futaie	Total
Zones perturbées	Enclos	2	4	6
	Terrasses proches	13	13	26
	<b>Total</b>	<b>15</b>	<b>17</b>	<b>32</b>
Zones peu ou pas perturbées	Terrasses lointaines	7	10	17
	Absence de traces	19	21	40
	<b>Total</b>	<b>26</b>	<b>31</b>	<b>57</b>
<b>Total</b>		<b>41</b>	<b>48</b>	<b>89</b>

Tableau I : Distribution des échantillons par catégorie d'utilisation ancienne du sol et type de régime sylvicole actuel.

2002). Aucun indice d'une quelconque occupation ultérieure, médiévale ou moderne n'a été trouvé, à l'exception de quelques charbonnières d'époque récente et d'un ermitage reporté sur la carte des Naudin (1736), sans défrichement signalé. La forêt a ainsi permis une excellente conservation de ce parcellaire antique, figé dans son état d'abandon. L'épierrement pratiqué à grande échelle dans la zone étudiée indique une volonté de mise en valeur agricole de ces sols pierreux.

Cette forêt était anciennement traitée en taillis sous futaie à la révolution de 30 ans. Depuis 1838, les peuplements sont progressivement convertis en futaie régulière. Le hêtre (*Fagus sylvatica*) est l'essence dominante de la strate supérieure, accompagné des chênes pédonculé (*Quercus robur*) et sessile (*Quercus petraea*) et du frêne (*Fraxinus excelsior*). Le charme (*Carpinus betulus*) domine dans le sous-bois.

A partir de la carte des murs et des sondages archéologiques, nous avons installé 89 placettes dans l'ensemble de la zone en essayant d'échantillonner des niveaux variés d'intensité ancienne d'utilisation du sol (tableau I). Nous avons distingué 4 niveaux croissants d'intensité, en nous basant sur la distance aux bâtiments repérés sur le terrain et à la densité des murets de pierres : les zones non perturbées, en l'absence de toute trace, les terrasses lointaines, où la densité des murets est faible et qui sont éloignées des bâtiments, les terrasses proches, de densité d'occupation du sol plus élevée et plus rapprochées des bâtiments et les enclos, qui entourent les bâtiments. Les enclos, de petite surface et en petit nombre, sont *de facto* peu représentés dans notre échantillon. Par contre, nous avons installé plus de placettes dans les zones exemptes de toute perturbation, afin d'améliorer la caractérisation de la variabilité des milieux dans l'ensemble du massif.

Dans chacun des 4 niveaux d'occupation du sol précédemment définis, nous avons essayé d'équilibrer le nombre de placettes en fonction du régime sylvicole, taillis sous futaie ou futaie régulière.

Lors de certaines analyses ultérieures, nous avons regroupé ces 4 niveaux en deux types d'utilisation ancienne : les zones perturbées d'une part (terrasses proches et enclos), et les zones peu ou pas perturbées d'autre part (terrasses lointaines et zones sans perturbation ancienne visible). En effet, l'étude antérieure menée en forêt de Thuilley-aux-Groseilles (Dupouey *et al.* 2002a) nous avait montré que les terrasses lointaines se comportent, d'un point de vue écologique et floristique, comme les zones où aucune perturbation n'est visible et que les terrasses proches et les enclos sont très similaires.

En chaque point a été établi un relevé phytosociologique classique sur une surface fixe de 400 m<sup>2</sup>. On a distingué trois strates : arbres, arbustes et strate herbacée. Dans chacune des strates a été relevée l'abondance-dominance de toutes les espèces observées, selon une échelle ordinale classique à 6 niveaux (+, 1 à 5).

Pour les analyses suivantes, les strates herbacée et arbustive ont été fusionnées, et la strate arborescente n'a pas été prise en compte, sauf mention contraire. En effet, celle-ci dépend fortement de la sylviculture. Dans un premier temps, on a analysé la diversité spécifique des relevés, en décomposant celle-ci en ses trois composantes classiques : diversité  $\alpha$  (dans chaque relevé),  $\beta$  (entre sites) et  $\gamma$  (totale). Si les diversités  $\alpha$  et  $\gamma$  ne sont que des nombres d'espèces, la diversité  $\beta$  peut être estimée de diverses façons. Nous l'avons mesurée ici comme étant la valeur moyenne de similarité entre toutes les paires de relevés possibles, en utilisant le coefficient de similarité de Jaccard :

$$\text{Diversité } \beta = \frac{2 \sum_{i=1, N} \sum_{j=1, N, j < i} J_{ij}}{N(N-1)}$$

et  $J_{ij} = \frac{a}{a+b+c}$

où N est le nombre de relevés, a le nombre d'espèces en commun dans les relevés i et j, b le nombre d'espèces propres à i et c le nombre d'espèces propres à j. Les résultats obtenus avec d'autres coefficients de similarité classiques (Sorensen par exemple), que nous avons calculés, sont identiques.

Nous avons ensuite analysé les variations, entre usages anciens ou selon le traitement sylvicole, de la composition en espèces des communautés en se basant sur une analyse multivariable de l'ensemble du tableau relevés x espèces. Seule la présence-absence des espèces a été prise en compte. Nous avons utilisé une méthode d'ordination non métrique (positionnement multidimensionnel), basée sur l'analyse du tableau des similarités de Jaccard entre relevés, calculées précédemment. Bien que reconnues de façon répétée comme plus adéquates que les méthodes d'ordination plus classiques, les méthodes de positionnement non métrique ne sont finalement que peu utilisées en écologie végétale, principalement en raison des temps de calculs qui étaient, encore récemment, prohibitifs. Les différences éventuelles entre types d'utilisation ancienne des sols ou régimes sylvicoles ont ensuite été testées par analyse de variance de chacun des 5 premiers axes factoriels obtenus :

$$\text{Axe}_{ijk} = \text{Cste} + \text{Uti}_i + \text{Sylv}_j + \text{Uti}_i * \text{Sylv}_j + \varepsilon_{ijk} \text{ (modèle 1)}$$

avec :

- $\text{Axe}_{ijk}$  : position du relevé k du type d'utilisation ancienne i et du type de sylviculture j sur l'axe factoriel
- Cste : terme constant
- $\text{Uti}_i$  : type d'utilisation ancienne du sol, en deux classes (zone peu ou pas perturbée / zone perturbée). Les quatre classes d'utilisations anciennes établies *a priori* ont été regroupées selon les deux classes présentes.
- $\text{Sylv}_j$  : type de sylviculture en deux classes (futaie / taillis sous futaie)
- $\text{Uti}_i * \text{Sylv}_j$  : terme d'interaction entre les deux facteurs précédents
- $\varepsilon_{ijk}$  : erreur

Finalement, un modèle logistique de la présence/absence en fonction du traitement sylvicole, de l'utilisation du sol et de leur interaction a été établi pour chaque espèce prise individuellement. On présente ici la fréquence de présence des espèces pour lesquelles un de ces deux effets principaux au moins est significatif au seuil de

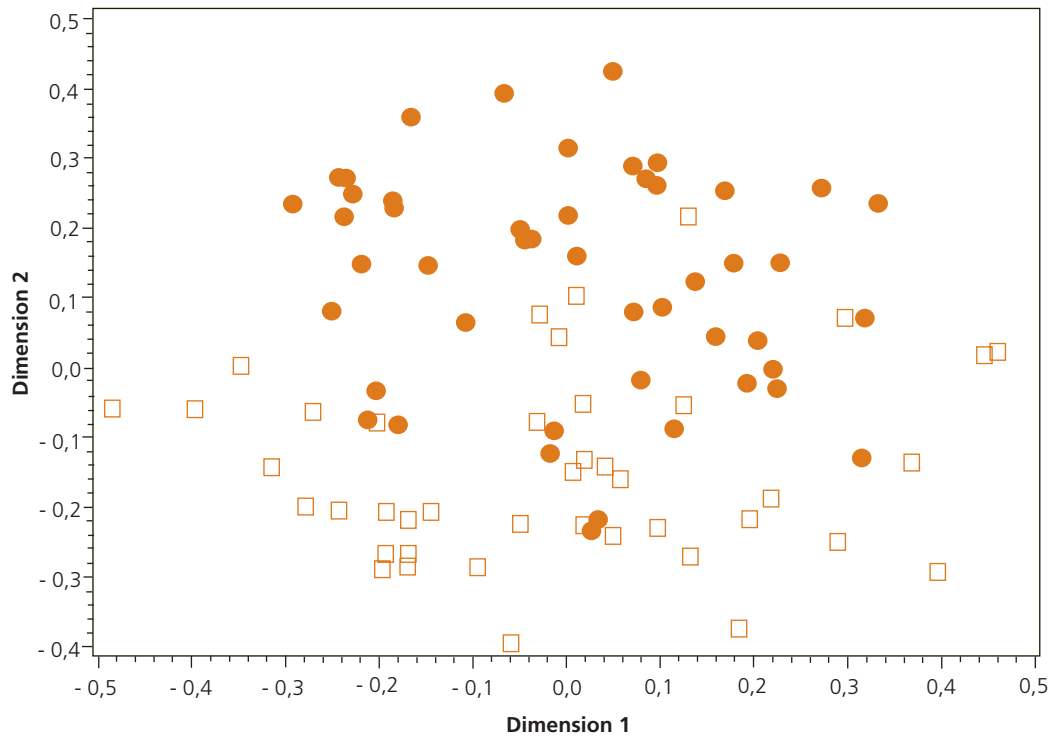
10 %. En effet, à ce stade d'étude encore très préliminaire des effets à long terme des usages anciens, et en raison du nombre de relevés disponibles encore modeste, il nous semble intéressant de s'intéresser à des espèces dès l'instant où elles montrent des différences de fréquence significatives à ce seuil de 10 %. Des comparaisons de fréquence de chaque espèce dans les deux classes d'utilisation du sol, ou dans les deux classes de traitement sylvicole, par un simple test exact de Fisher donnent des résultats quasiment identiques à ceux obtenus par le modèle logistique.

### 3. - Résultats

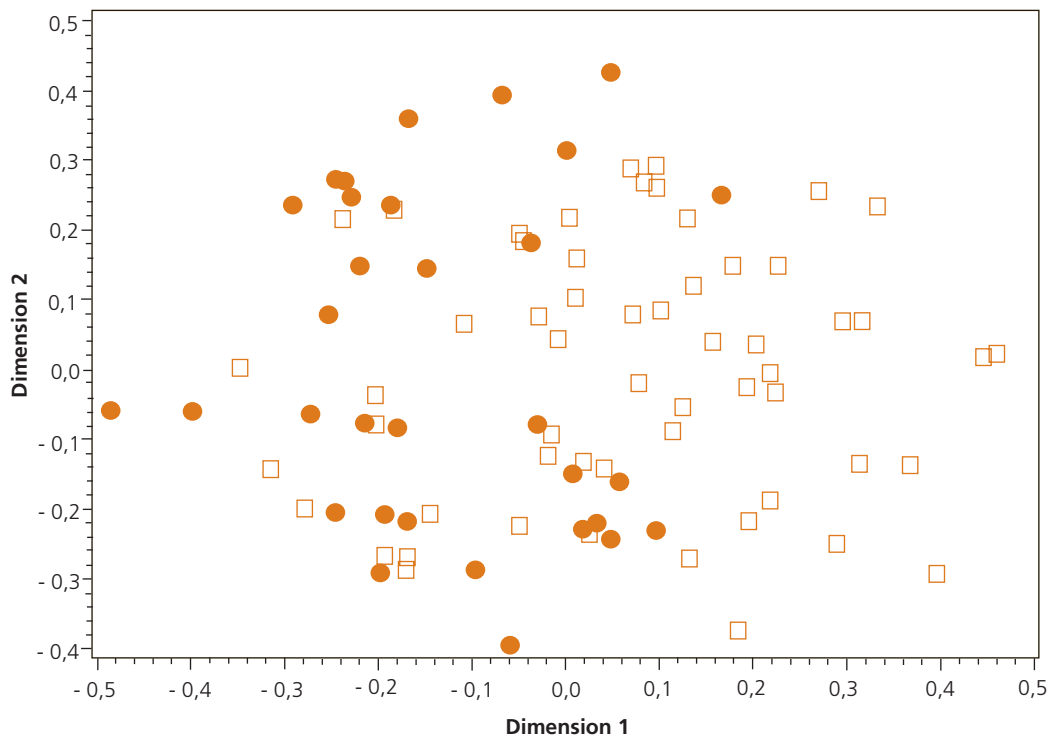
La richesse en espèce par site est la même dans les deux traitements sylvicoles (33,6 en moyenne). Par contre, elle diffère fortement et significativement entre usages anciens : 36,9 espèces en moyenne dans les sites anciennement occupés, et 31,7 dans les sites non ou peu perturbés, soit 5 espèces de plus. La diversité  $\beta$  est légèrement supérieure dans les sites anciennement perturbés, pour un nombre de relevés pourtant inférieur (32 contre 57). Le coefficient de similarité de Jaccard moyen entre toutes les paires de relevés possibles est de 0,421 en zone non ou peu perturbée, et de 0,415 en zone perturbée (0,402 entre relevés de ces deux sous-ensembles). La diversité  $\beta$  est supérieure en futaie par rapport au TSF (similarité moyenne de 0,414 contre 0,429), mais le nombre de relevés est lui aussi supérieur en futaie (48 contre 41). La diversité  $\gamma$ , ou nombre d'espèces total rencontrées dans chaque type de relevé, est nettement supérieure dans les zones anciennement perturbées : 113 espèces contre 106, pour un nombre de relevés inférieur. Ainsi, alors que la conversion n'a pas induit de différences nettes de diversité, l'agriculture ancienne est liée à un nombre plus élevé d'espèces par relevé, à une variabilité entre sites plus forte et, en conséquence, à un cortège global d'espèces plus riche.

Axe	R <sup>2</sup> global	F Utilisation ancienne	F Sylviculture	F Interaction
1	0,23	24,6***	0,1 <sup>ns</sup>	0,2 <sup>ns</sup>
2	0,50	0,2 <sup>ns</sup>	84,2***	6,6*
1 (futaie)	0,35	25,1***	-	-
1 (taillis sous futaie)	0,14	6,6*	-	-

**Tableau II** : Analyse de variance des effets traitement sylvicole et utilisation ancienne sur les deux premiers axes du positionnement multidimensionnel selon le modèle 1 (deux premières lignes) et analyse de l'effet utilisation ancienne sur l'axe 1 du positionnement multidimensionnel pour chaque traitement sylvicole pris séparément (deux dernières lignes).



Traitement sylvicole    □□□ TSF    ●●● Futaie



Utilisation ancienne du sol    □□□ hors parcellaire    ●●● intra-parcellaire

**Figure 1** : Position des relevés sur les deux premiers axes d'une analyse multidimensionnelle. En haut : traitement sylvicole (ronds noirs : futaie, carrés blancs : taillis sous futaie). En bas : type d'utilisation ancienne (ronds noirs : relevés situés dans le parcellaire gallo-romain, carrés blancs : relevés en dehors du parcellaire).

L'analyse multidimensionnelle de l'ensemble du tableau de relevés permet d'identifier les deux premiers axes factoriels comme étant liés aux deux facteurs échantillonnés, qui ont donc bien un effet significatif sur la composition des communautés végétales (fig.1 et tableau II). L'axe de variance maximale (axe 1) est lié à l'utilisation ancienne et l'axe 2 au traitement sylvicole. Les positions moyennes des relevés de chacune des quatre catégories d'utilisation du sol définies au tableau I s'ordonnent par ordre de perturbation décroissante au long de l'axe 1, sans différence entre les terrasses lointaines et les zones non perturbées : enclos (-0,17), terrasses proches (-0,12), terrasses lointaines et zones non perturbées (0,07). Ceci confirme *a posteriori* la validité du regroupement des deux dernières classes de perturbation. L'analyse de variance confirme ces effets de l'utilisation ancienne, avec une coupure plus fortement marquée entre traitements sylvicoles qu'entre utilisations anciennes. Il n'apparaît pas d'effets significatifs sur les 3 axes suivants. Une interaction faible entre les effets du traitement sylvicole et de l'utilisation ancienne est visible sur l'axe 2 (tableau II). Les tests multivariés prenant en compte conjointement les axes 1 et 2 donnent des résultats identiques. On constate que les différences entre sites anciennement cultivés ou non sont plus nettes en futaie qu'en taillis sous futaie.

Quelles sont les espèces caractéristiques de chaque type de forêt échantillonné ? 28 espèces apparaissent liées au type d'utilisation ancienne du sol (tableau III). Conformément à ce qui a été observé pour la richesse spécifique, ces espèces sont toutes (sauf 2) plus fréquentes sur les anciens parcellaires gallo-romains qu'à l'extérieur. 51 espèces sont liées au traitement sylvicole, confirmant que cette coupure est plus nette que celle liée aux usages anciens. Il y a quasiment autant d'espèces caractéristiques du taillis sous futaie que de la futaie.

Les espèces caractéristiques des parcellaires anciens ont tendance à être des espèces nitrophiles. On retrouve des espèces classiques déjà mises en évidence dans les études antérieures (*Vinca minor*, *Ribes uva-crispa*...). Nous retrouvons, entre TSF et futaie, les mêmes différences que celles observées par Becker (1979). Les espèces de futaie sont un peu plus nitrophiles, hygrophiles, acidiphiles et sciaphiles que celles du taillis sous futaie. Les mousses sont plus abondantes en TSF, ainsi que les espèces du taillis (noisetier, charme, érable champêtre...).

#### 4. - Discussion

Ce travail permet, comme celui mené en parallèle en forêt de Tronçais (Dambrine *et al.* 2007), d'étendre à plusieurs sites les observations précédentes faites sur le seul site de Thuilley-aux-Groseilles. Nous retrouvons, en échantillonnant un nombre plus élevé de situations, les

mêmes résultats que ceux obtenus initialement : augmentation de la diversité phanérogame liée à l'agriculture ancienne, avec une augmentation de la fréquence des espèces nitrophiles. Nous confirmons donc, pour une surface beaucoup plus vaste, les résultats précédents obtenus sur un petit système agraire. L'utilisation agricole ancienne, en enrichissant les sols dans les enclos et les terrasses proches par des apports probables de fumure organique et de cendres, a durablement modifié la répartition des espèces végétales. Les zones non ou peu perturbées (terrasses lointaines) correspondraient dans ce schéma à des situations d'exportation d'éléments minéraux : exploitation forestière dans les zones non perturbées et pâturage dans les terrasses lointaines.

Les sites étudiés ont connu une occupation apparente de durée limitée, trois siècles tout au plus. La date d'abandon des habitats est relativement bien identifiée grâce à la datation précise des monnaies et poteries trouvées dans les sondages archéologiques. On retrouve une même date d'abandon (fin du II<sup>e</sup> siècle AC ou début du III<sup>e</sup> siècle AC) pour tous les sites agricoles de même type dans plusieurs régions de France, ce qui laisse supposer une origine commune (troubles militaires, variation climatique, épidémies, évolution sociale ou technique conduisant à l'abandon de ces terres ingrates, érosion...). On ne peut exclure cependant que l'exploitation des terres et le maintien de zones ouvertes aient perduré un certain temps, à partir d'un centre d'habitat plus éloigné, sous la forme de pâturages par exemple. La période médiévale a d'ailleurs vu souvent, en France, le pâturage continuer à se mêler aux activités purement forestières. Les documents écrits les plus anciens dont nous disposons (carte de 1736, actes de justice du XVII<sup>e</sup> siècle) indiquent une utilisation uniquement forestière de nos sites. Les bans agraires des communes environnantes les plus proches sont aujourd'hui à 2,5 km. Il faut noter que le pâturage, lorsqu'il n'est pas accompagné d'une fumure ce qui est le cas des zones les plus périphériques des finages, tout comme l'exportation de bois hors des forêts, conduisent à une baisse de la fertilité des sols. Cela renforce notre hypothèse d'un impact à très long terme de la période agricole antérieure au III<sup>e</sup> siècle, puisque les activités ultérieures, pâturage ou exploitation forestière, n'ont probablement contribué qu'à en gommer les traces. Par contre, il est plus difficile de dater avec sûreté le début de la période agricole. On ne peut exclure un défrichement et un habitat antérieurs à la période gallo-romaine et qui auraient échappé aux investigations archéologiques.

En parallèle nous retrouvons aussi les différences déjà observées entre taillis sous futaie et futaie, avec un cortège d'espèces caractéristiques de chacun de ces traitements. En taillis sous futaie, les espèces qui rejettent de souche sont favorisées par les coupes successives de taillis. Les chênes, plus héliophiles, sont plus fréquents en



Espèce	Fréquence zones perturbées	Fréquence zones non ou peu perturbées	Effet Utilisation ancienne du sol	Fréquence TSF	Fréquence futaie	Effet traitement sylvicole	Interaction
<i>Paris quadrifolia</i>	<b>31,3</b>	1,8	***	2,4	<b>20,8</b>	***	***
<i>Geranium robertianum</i>	<b>31,3</b>	1,8	***	4,9	<b>18,8</b>	**	*
<i>Milium effusum</i>	<b>68,8</b>	33,3	***	36,6	<b>54,2</b>	*	ns
<i>Glechoma hederacea</i>	<b>34,4</b>	10,5	**	4,9	<b>31,3</b>	***	ns
<i>Ribes uva-crispa</i>	<b>31,3</b>	10,5	**	2,4	<b>31,3</b>	***	(*)
<i>Rhytidadelphus triquetrus</i>	<b>53,1</b>	28,1	**	<b>61,0</b>	16,7	***	ns
<i>Euonymus europaeus</i>	<b>28,1</b>	8,8	**	<b>26,8</b>	6,3	**	ns
<i>Asarum europaeum</i>	<b>62,5</b>	31,6	**	36,6	47,9	ns	ns
<i>Mercurialis perennis</i>	<b>71,9</b>	42,1	**	48,8	56,3	ns	ns
<i>Vinca minor</i>	<b>59,4</b>	26,3	**	34,1	41,7	ns	ns
<i>Poa nemoralis</i>	<b>34,4</b>	10,5	**	19,5	18,8	ns	*
<i>Ornithogalum pyrenaicum</i>	<b>28,1</b>	12,3	*	<b>24,4</b>	12,5	*	***
<i>Galium aparine</i>	<b>9,4</b>	0,0	*	0,0	<b>6,3</b>	*	*
<i>Carex sylvatica</i>	62,5	<b>84,2</b>	*	65,9	<b>85,4</b>	*	ns
<i>Scrophularia nodosa</i>	0,0	<b>12,3</b>	*	0,0	<b>14,6</b>	*	*
<i>Torilis japonica</i>	<b>18,8</b>	5,3	*	4,9	<b>14,6</b>	*	ns
<i>Hypericum hirsutum</i>	<b>40,6</b>	17,5	*	19,5	31,3	ns	ns
<i>Acer platanoides</i>	<b>93,8</b>	78,9	*	78,0	89,6	ns	ns
<i>Crataegus monogyna</i>	<b>59,4</b>	36,8	*	46,3	43,8	ns	**
<i>Abies alba</i>	<b>9,4</b>	0,0	*	4,9	2,1	ns	ns
<i>Bromus ramosus subsp. benekenii</i>	<b>40,6</b>	24,6	(*)	<b>48,8</b>	14,6	***	ns
<i>Cardamine pratensis</i>	<b>68,8</b>	52,6	(*)	<b>68,3</b>	50,0	*	*
<i>Aquilegia vulgaris</i>	<b>6,3</b>	0,0	(*)	0,0	<b>4,2</b>	(*)	(*)
<i>Pulmonaria obscura</i>	<b>40,6</b>	24,6	(*)	22,0	37,5	ns	ns
<i>Geum urbanum</i>	<b>37,5</b>	19,3	(*)	22,0	29,2	ns	ns
<i>Helleborus foetidus</i>	<b>18,8</b>	7,0	(*)	14,6	8,3	ns	ns
<i>Primula elatior</i>	<b>40,6</b>	22,8	(*)	24,4	33,3	ns	ns
<i>Fragaria vesca</i>	<b>28,1</b>	14,0	(*)	19,5	18,8	ns	ns
<i>Quercus robur</i>	37,5	29,8	ns	<b>51,2</b>	16,7	***	ns
<i>Oxalis acetosella</i>	15,6	12,3	ns	0,0	<b>25,0</b>	***	ns
<i>Arum maculatum</i>	53,1	68,4	ns	43,9	<b>79,2</b>	***	ns
<i>Circaea lutetiana</i>	12,5	21,1	ns	2,4	<b>31,3</b>	***	ns
<i>Rubus idaeus</i>	15,6	7,0	ns	0,0	<b>18,8</b>	***	ns
<i>Corylus avellana</i>	71,9	84,2	ns	<b>92,7</b>	68,8	***	ns
<i>Stachys officinalis</i>	18,8	31,6	ns	7,3	<b>43,8</b>	***	ns
<i>Ulmus glabra</i>	40,6	54,4	ns	19,5	<b>75,0</b>	***	ns
<i>Dryopteris filix-mas</i>	28,1	19,3	ns	2,4	<b>39,6</b>	***	ns
<i>Carex muricata</i>	40,6	38,6	ns	<b>61,0</b>	20,8	***	(*)
<i>Sorbus aria</i>	31,3	19,3	ns	<b>39,0</b>	10,4	**	ns

Espèce	Fréquence zones perturbées	Fréquence zones non ou peu perturbées	Effet Utilisation ancienne du sol	Fréquence TSF	Fréquence futaie	Effet traitement sylvicole	Interaction
<i>Plagiomnium undulatum</i>	25,0	31,6	ns	<b>43,9</b>	16,7	**	ns
<i>Eurynchium striatum</i>	56,3	61,4	ns	<b>73,2</b>	47,9	**	*
<i>Rosa arvensis</i>	59,4	57,9	ns	<b>73,2</b>	45,8	**	(*)
<i>Thuidium tamariscinum</i>	21,9	26,3	ns	<b>39,0</b>	12,5	**	ns
<i>Anemone nemorosa</i>	12,5	5,3	ns	0,0	<b>14,6</b>	**	ns
<i>Fagus sylvatica</i>	90,6	96,5	ns	87,8	<b>100,0</b>	**	ns
<i>Viburnum lantana</i>	31,3	22,8	ns	<b>39,0</b>	14,6	**	ns
<i>Ligustrum vulgare</i>	15,6	12,3	ns	<b>22,0</b>	6,3	**	(*)
<i>Acer campestre</i>	75,0	68,4	ns	<b>82,9</b>	60,4	*	ns
<i>Rubus fruticosus</i>	46,9	64,9	ns	<b>65,9</b>	52,1	*	***
<i>Lonicera xylosteum</i>	25,0	15,8	ns	<b>29,3</b>	10,4	*	ns
<i>Cornus sanguinea</i>	28,1	28,1	ns	<b>39,0</b>	18,8	*	ns
<i>Carpinus betulus</i>	93,8	91,2	ns	<b>100,0</b>	85,4	*	ns
<i>Epipactis helleborine</i>	3,1	7,0	ns	<b>12,2</b>	0,0	*	ns
<i>Viola mirabilis</i>	6,3	1,8	ns	<b>7,3</b>	0,0	*	ns
<i>Euphorbia cyparissias</i>	6,3	3,5	ns	0,0	<b>8,3</b>	*	ns
<i>Neottia nidus-avis</i>	9,4	8,8	ns	<b>14,6</b>	4,2	*	ns
<i>Euphorbia amygdaloides</i>	46,9	50,9	ns	36,6	<b>60,4</b>	*	
<i>Lathyrus vernus</i>	6,3	7,0	ns	<b>12,2</b>	2,1	*	ns
<i>Galeopsis tetrahit</i>	6,3	1,8	ns	0,0	<b>6,3</b>	(*)	ns
<i>Sorbus torminalis</i>	15,6	17,5	ns	<b>24,4</b>	10,4	(*)	ns
<i>Convallaria maialis</i>	25,0	17,5	ns	<b>29,3</b>	12,5	(*)	ns
<i>Stellaria holostea</i>	25,0	12,3	ns	12,2	<b>20,8</b>	(*)	*
<i>Carex flacca</i>	3,1	3,5	ns	<b>7,3</b>	0,0	(*)	ns
<i>Carex digitata</i>	9,4	5,3	ns	<b>12,2</b>	2,1	(*)	ns

**Tableau III** : Espèces caractéristiques de l'intensité de la perturbation ancienne (zones perturbées / non ou peu perturbées) et des types de régime sylvicole (futaie / taillis sous- futaie). Pour chaque espèce sont indiqués : sa fréquence dans chacune des classes de perturbation ancienne ou de régime sylvicole, en pourcentage, et le seuil de significativité du test de l'effet de l'occupation ancienne et du régime sylvicole dans un modèle logistique prenant en compte ces deux facteurs et leur interaction, selon l'échelle suivante : \*\*\* P<0,001, \*\* P<0,01, \* P<0,05, (\*) P<0,10, ns P≥0,10. En gras sont notées les classes de perturbation ou de régime sylvicole dont chaque espèce est caractéristique.

TSF et le hêtre, plus sciophile, en futaie. Les mousses sont probablement favorisées par les niveaux de lumière plus bas et une humidité atmosphérique plus élevée entretenue dans le sous-bois par le taillis, et l'alternance de ces milieux très fermés avec une ambiance très sèche lors des coupes de taillis.

Mais le résultat important de ce travail est que la sylviculture n'interagit que peu avec l'utilisation ancienne du sol : la conversion ne semble en rien avoir gommé les différences de végétation entre usages antiques. D'une part, il a été relativement aisé de trouver, lors de la phase d'échantillonnage, des taillis sous futaie ou des futaies sur les deux types d'utilisation ancienne définis *a priori* (intra-parcellaire gallo-romain, d'une part, et non ou peu perturbé par l'agriculture ancienne, d'autre part). Il ne semble donc pas y avoir de lien important, dans ces forêts, entre les sites choisis pour l'agriculture et ceux choisis pour la conversion, 17 siècles après. D'autre part, le signal

lié à l'agriculture ancienne se retrouve avec la même intensité après la conversion du taillis sous futaie à la futaie. Il apparaît même, dans notre échantillon, amplifié. Cette amplification pourrait être due à des différences d'environnement, de sol en particulier, entre taillis sous futaie et futaie.

En perspective, il serait intéressant de compléter ces analyses purement floristiques par des analyses de sol, qui permettraient de mieux contrôler l'existence éventuelle de biais d'échantillonnage (liaisons type de sylviculture / utilisation ancienne / type de sol). En particulier, en l'absence de contrôle sur le type de substrat, nous ne pouvons pas complètement écarter l'hypothèse selon laquelle les implantations gallo-romaines se seraient faites préférentiellement sur les sols les plus riches, expliquant à la fois pourquoi ces différences floristiques perdurent sur d'aussi longues périodes et pourquoi elles sont indépendantes des changements de sylviculture.



En décembre 1999, la tempête a ravagé le massif de Saint-Amond. L'exploitation des chablis et la mise des souches en andains, fortement mécanisées, ont provoqué d'importants dégâts sur les sites et effacé les micro-reliefs. Les traces archéologiques disparaissent. Qu'en est-il des traces écologiques ?

## Remerciements

Nous remercions Vincent Badeau, Patrick Behr, Serge Didier, Philippe Jet, Johan Lasouche, Yves Lefèvre, Jean-Luc Martin, Concha Moares, Benoît Pollier, Anne Poszwa et Frédéric Steinbach pour leur participation aux travaux de cartographie et de fouille des sites. Ce programme de recherche a bénéficié de l'appui financier décisif du GIP-ECOFOR (programme « Biodiversité et gestion forestière »).

## Bibliographie

BECKER M., 1979, Influence du traitement sylvicole sur la flore forestière : cas de la futaie et du taillis sous futaie, *Vegetatio*, 40 (3), p.155-161.

BELLEMARE J., MOTZKIN G., FOSTER D.R., 2002, Legacies of the agricultural past in the forested present: an assessment of historical land-use effects on rich mesic forests, *Journal of Biogeography*, 29, p.1401-1420.

DAMBRINE E., DUPOUEY J.L., LAÛT L., HUMBERT L., THINON M., BEAUFILS T., RICHARD H., 2007, Present forest biodiversity patterns in France related to former Roman agriculture, 88 (6), 1430-1439

DECOCQ G., AUBERT M., DUPONT F., ALARD D., SAGUEZ R., WATTEZ-FRANGER A., DE FOUCAULT B., DELELIS-DUSOLLIER A., BARDAT J., 2004, Plant diversity in a managed temperate deciduous forest : understory response to two silvicultural systems, *Journal of Applied Ecology*, 41, p.1065-1079.

DUPOUEY J. L., DAMBRINE E., LAFFITE J.D., MOARES C., 2002a, Irreversible impact of past land use on forest soils and biodiversity, *Ecology*, 83 (11), p.2978-2984.

DUPOUEY J.L., SCIAMA D., KOERNER W., DAMBRINE E., RAMEAU J.C., 2002b, La végétation des forêts anciennes, *Revue Forestière Française*, 54 (6), p.521-532.

GEORGES-LEROY M., DAMBRINE E., DUPOUEY J.L., LAFFITE J.D., 2003, Habitats gallo-romains et structures agraires fossiles du plateau de la Côte bajocienne (Meurthe-et-Moselle et Vosges). Etat de la question, *In*

« *Actualité de la recherche en histoire et archéologie agraires* », Presses Universitaires Franc-Comtoises, Annales Littéraires de l'Université de Franche-Comté, volume 764, Série «Environnement, Sociétés et Archéologie», 5, p.173-180.

GOSSSELIN M., LAROUSSINIE O., 2004, Biodiversité et gestion forestière : connaître pour préserver, *Revue bibliographique*, Coll. Études du Cemagref, série Gestion des territoires n° 20, 320 p.

HERMY M., HONNAY O., FIRBANK L., GRASHOF-BOKDAM C., LAWESSON J.E., 1999, An ecological comparison between ancient and other forest plant species of Europe, and the implication for forest conservation, *Biological Conservation*, 91, p.9-22.

KOERNER W., DUPOUEY J.L., DAMBRINE E., BENOÎT M., 1997, Influence of past land use on the vegetation and soils of present day forest in the Vosges mountains, France, *Journal of Ecology*, 85, p.351-358.

LAFFITE J.D., DAMBRINE E., DUPOUEY J.L., GEORGES-LEROY M., 2002, Le parcellaire gallo-romain de la forêt domaniale de Saint-Amond à Favières (Meurthe-et-Moselle) : relevé et étude du parcellaire du « Grand Rincharde », *Revue Archéologique de l'Est*, t.51-2001/2002, p.465-476.

MATHER A.S., NEEDLE C.L., FAIRBAIRN J., 1998, The human drivers of global land cover change: the case of forests, *Hydrological Processes*, 12, p.1983-1994.

PETERKEN G. F., GAME M., 1984, Historical factors affecting the number and distribution of vascular plants species in Central Lincolnshire, *Journal of Ecology*, 72, p.155-182.