

Les transformations de la végétation du bassin parisien par la modélisation des données polliniques holocènes

Rémi David, Chantal Leroyer, Florence Mazier, Philippe Lanos, Philippe Dufresne, Gisèle Allenet de Ribemont, David Aoustin

▶ **To cite this version:**

Rémi David, Chantal Leroyer, Florence Mazier, Philippe Lanos, Philippe Dufresne, et al.. Les transformations de la végétation du bassin parisien par la modélisation des données polliniques holocènes. XXXII rencontres internationales d'archéologie et d'histoire d'Antibes, 2012, Antibes, France. pp.53-68. hal-01171988

HAL Id: hal-01171988
https://hal.science/hal-01171988

Submitted on 6 Jul 2015

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Variabilités environnementales, mutations sociales.
Nature, intensités, échelles et temporalités des changements.
XXXII^e rencontres internationales d'archéologie et d'histoire d'Antibes
Sous la direction de F. Bertoncello et F. Braemer
Éditions APDCA, Antibes, 2012

Les transformations de la végétation du Bassin parisien par la modélisation des données polliniques holocènes

***Rémi David*[a], *Chantal Leroyer*[a et b], *Florence Mazier*[c], *Philippe Lanos*[d et e], *Philippe Dufresne*[d et e], *Gisèle Allenet de Ribemont*[a et f], *David Aoustin*[a]**

Résumé
La synthèse palynologique du Bassin parisien repose sur un *corpus* de 91 séquences de fonds de vallées qui résume l'histoire de la végétation holocène régionale. Parmi elles, 22 ont été utilisées pour reconstruire quantitativement le couvert végétal, en utilisant un nouveau modèle de reconstitution des paysages, REVEALS. Il corrige la relation non linéaire entre pollen et végétation et permet ainsi de convertir les assemblages polliniques en surfaces de couverture relatives aux différents taxons végétaux. Les dynamiques de ces plantes, ou groupes de plantes, reconstituent alors l'évolution de la structure des paysages du Bassin parisien durant l'Holocène.
Mots clés : couvert végétal, modèle REVEALS, pollen, Holocène, Bassin parisien.

Abstract
The palynological synthesis of the Paris Basin is based on a *corpus* of 91 cores taken from paleochannels of flood plains which summarize the regional Holocene vegetation history. Twenty two of these fossil pollen records are used here to quantitatively reconstruct the vegetation cover using a new landscape reconstruction model- "REVEALS". It corrects the nonlinear pollen-vegetation relationship and can convert pollen assemblages into vegetation cover percentages. The variations of these plants, or plant groups, allow us to reconstruct the evolution of the Paris basin landscapes during the Holocene.
Keywords : vegetation cover, REVEALS model, pollen, Holocene, Paris basin.

---

a. Centre de Recherches en Archéologie, Archéosciences, Histoire (UMR 6566 CNRS/CReAAH), Université Rennes 1, 263 Av. du général Leclerc, 35042 Rennes Cedex, France.
b. Ministère de la Culture, Paris, France.
c. Laboratoire de Géographie de l'Environnement (UMR 5602 CNRS/GEODE), Université du Mirail, 5 Allées A. Machado, 31058 Toulouse Cedex 1, France.
d. Institut de Recherche sur les ArchéoMATériaux (UMR 5060 CNRS/IRAMAT)
Université Bordeaux 3, Maison de l'Archéologie, Esplanade des Antilles, 33607 Pessac, France.
e. Géosciences-Rennes (UMR 6118 CNRS), Université Rennes 1, 263 Av. du général Leclerc, 35042 Rennes Cedex, France.
f. INRAP GSO, (UMR 6566 CNRS/CReAAH), CNP, 38 rue du 26° R.I., 24000 Périgueux, France.

Problématique

Les analyses polliniques permettent de suivre les dynamiques des différents taxons au cours du temps, de cerner les phases d'anthropisation et de définir une histoire de la végétation. Cependant lorsque le paléoenvironnementaliste, l'archéologue ou toute autre personne cherche à se représenter un paysage du passé, ce sont plutôt des proportions de taxons dans la végétation qu'ils vont essayer de visualiser. Or, pour cela, il faut pouvoir quantifier ces proportions.

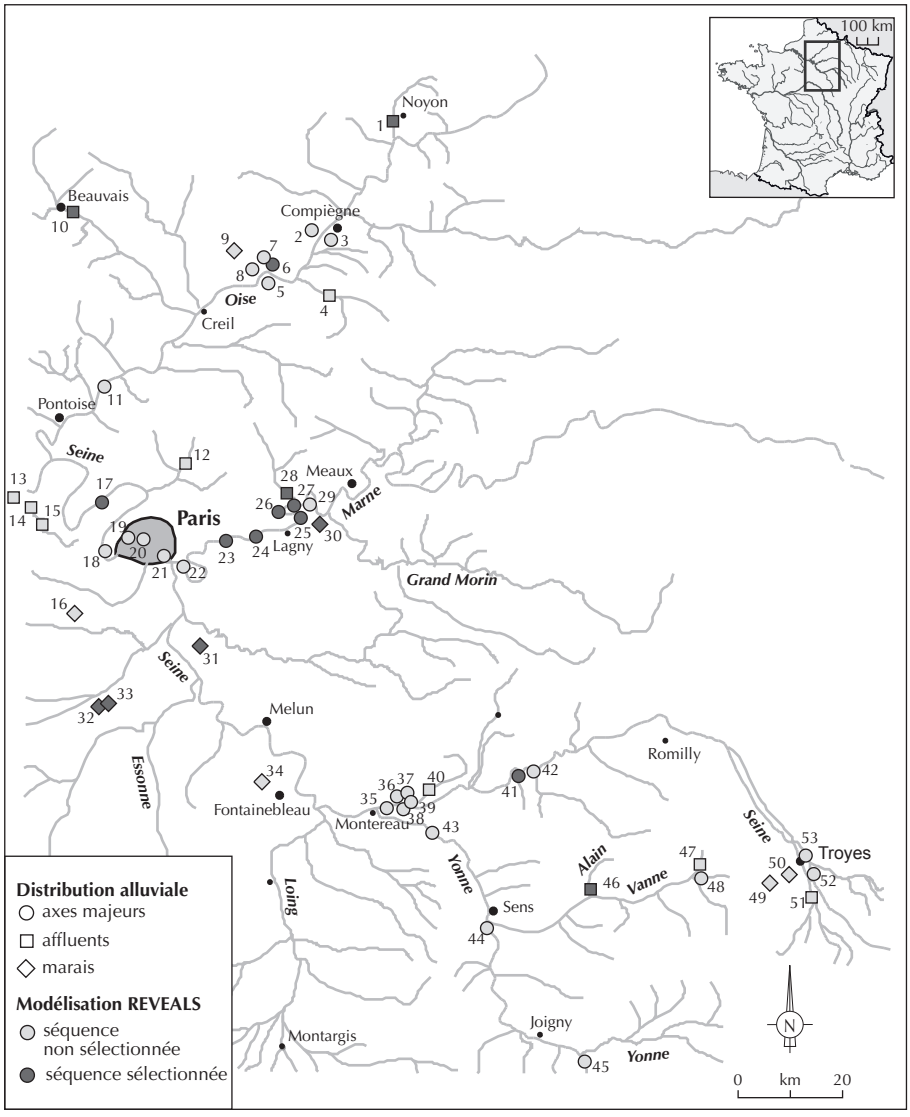


Fig. 1. *Carte de répartition des 53 sites étudiés dans le Bassin parisien (modifiée d'après* LEROYER, ALLENET, *2006).*

Malheureusement, les comptages polliniques ne permettent pas de le faire de façon simple et directe, et cela pour plusieurs raisons.

Tout d'abord, la pluie pollinique ne représente pas directement le couvert végétal. En effet, la production pollinique puis la dispersion de ces grains de pollen ne sont pas équivalentes pour toutes les plantes (Heim, 1970 : 181).

La conservation inégale des pollens (Havinga, 1984 : 541-558) influe également sur l'image de la pluie pollinique, de même que les conditions de sédimentation qui diffèrent selon que l'on se trouve en tourbière, en lac ou en fond de vallée.

Un spectre pollinique ne peut donc pas être directement considéré comme un spectre de la végétation. Cependant, si l'on ne peut pallier l'intégralité de ces biais, on peut néanmoins en intégrer un maximum dans un modèle mathématique pour tenter d'approcher plus précisément les abondances relatives de chaque taxon dans la végétation et ainsi restituer une image plus fidèle des paysages anciens.

Matériel et méthode

Contexte de l'étude

Contexte géographique, hydrologique et anthropique

Le Bassin parisien a fait l'objet d'une large synthèse palynologique qui repose sur l'étude de 53 sites, soit 91 séquences polliniques (Leroyer, 1997 : 426-452 ; Leroyer *et alii*, 2011 : 81-82).

À l'exception de trois d'entre eux, qui sont issus de mares en position de plateau, ils proviennent tous de fonds de vallées appartenant au bassin de la Seine. Ces sites correspondent à des paléochenaux principaux et secondaires ainsi qu'à d'anciennes zones palustres développées en marge des paléoécoulements (Pastre *et alii*, 2002 : 29-44). Ces milieux sont généralement remblayés par des argiles plus ou moins organiques ou des tourbes, dont la mise en place s'est établie au rythme de la déconnection d'avec les apports alluviaux longitudinaux (Chaussé *et alii*, 2008 : 967-980). Ils restent aujourd'hui encore alimentés par les aquifères fluviaux qui maintiennent des conditions humides propices à la conservation du pollen piégé dans ces dépôts. Ces milieux présentent aussi l'intérêt d'avoir souvent été fréquentés par des groupes humains (fig. 1).

Le but de cette synthèse étant de définir les grandes étapes de l'histoire de la végétation, mais aussi de suivre l'impact des occupations humaines sur l'environnement végétal, les interventions, presque toutes réalisées en contexte de sauvetage archéologique, ont été organisées selon une répartition qui obéit à trois logiques (Leroyer, Allenet, 2006 : 63-72).

La première vise à appréhender une variabilité géographique avec l'échantillonnage de différents bassins alluviaux (Seine, Oise, Marne, Yonne, Vanne) selon un transect nord-ouest à sud-est.

La seconde tient compte de la hiérarchie des réseaux hydrographiques selon un gradient allant des axes majeurs à leurs affluents et, enfin, aux marais qui leur sont associés.

La troisième privilégie le contexte archéologique, avec une liaison plus ou moins forte avec les implantations humaines : carottages dans des zones exemptes d'occupation, dans des secteurs de fort peuplement pendant une période et, enfin, directement associés à un site. Dans certains cas, plusieurs profils qui s'éloignent progressivement de l'habitat ont pu être réalisés (LEROYER, 1998 : 407-415). Ce protocole permet de réellement appréhender l'impact anthropique selon les périodes.

La synthèse de ces travaux montre que la dynamique de végétation s'avère identique de l'Oise à la Seine, sans impact particulier de la hiérarchie des réseaux hydrographiques. En revanche, les contextes locaux sont clairement enregistrés : épaisseur de la lame d'eau, importance des boisements ripariaux et anthropisation du milieu. Ainsi, jusqu'à la fin du Néolithique, les activités humaines ne sont perçues qu'à proximité immédiate des occupations et leur enregistrement s'atténue même au-delà d'un rayon de 40 à 50 mètres autour de la zone d'habitat (LEROYER, 1997 : 426-452 ; 1998 : 407-415).

Histoire de la végétation du Bassin parisien

L'histoire de la végétation holocène est résumée par l'individualisation de sept zones d'assemblage pollinique régionales (ZAPR), numérotées de IV à X (fig. 2). Chacune est définie par les variations d'au moins deux ligneux majeurs (LEROYER, 1997).

La zone IV, attribuée au Préboréal, est caractérisée par une large prédominance du pin (*Pinus*), d'abord majoritaire devant *Betula* (IVa) puis devant *Corylus* (IVb).

La zone V, corrélée au Boréal, traduit l'essor du noisetier (*Corylus*) tandis que le chêne (*Quercus*) et l'orme (*Ulmus*) progressent.

La zone VI, rapportée à l'Atlantique ancien, est définie par l'apparition puis la diffusion du tilleul (*Tilia*) et une légère recrudescence du pin.

La zone VII, attribuée à l'Atlantique récent, connaît la représentation maximale du tilleul, l'apparition de l'if (*Taxus*) et le développement de l'aulne (*Alnus*).

La zone VIII, corrélée au Subboréal, est définie par une large prédominance de l'aulne. Le tilleul et l'if reculent, mais le hêtre (*Fagus*) apparaît.

La zone IX, rattachée au début du Subatlantique, est caractérisée par la hausse du hêtre et l'apparition du charme (*Carpinus*).

La zone X, qui couvre le reste du Subatlantique, est marquée par la présence du châtaignier (*Castanea*) et du noyer (*Juglans*) aux côtés des autres ligneux.

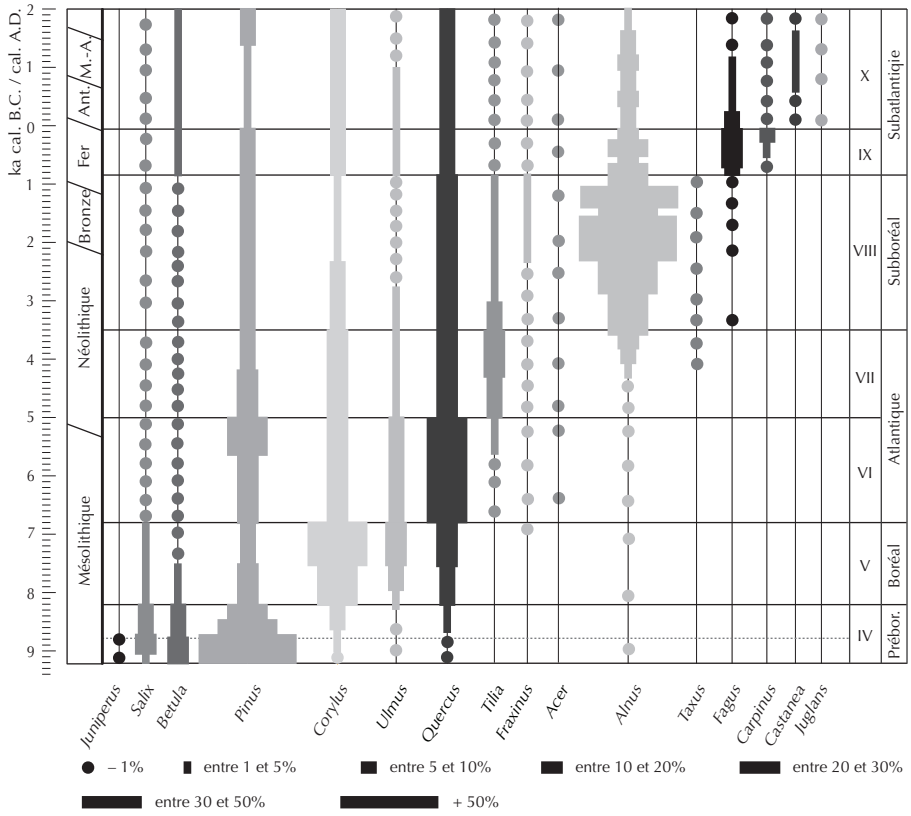


Fig. 2. *Diagramme de synthèse résumant l'histoire de la végétation du Bassin parisien (modifié d'après* LEROYER et alii*, 2011).*

Modélisation

Formulation mathématique du modèle REVEALS

Le modèle REVEALS s'exprime comme suit :

$$\hat{V}_{i,k} \equiv \frac{n_{i,k} / \hat{\alpha}_{i,k} \cdot \int_{R}^{Z_{max}} g_i(z)\, dz}{\sum_{j=1}^{t} n_{j,k} / \hat{\alpha}_{j,k} \cdot \int_{R}^{Z_{max}} g_j(z)\, dz}$$

Avec $\hat{V}_{i,k}$: Estimation de l'abondance relative de l'espèce *i* autour du site *k* (sans dimension)
$n_{i,k}$: Nombre de grains de pollen de l'espèce *i* au site *k* (en grains)
$\hat{\alpha}_i$: Productivité pollinique de l'espèce *i* (sans dimension)
g_i : Fonction de dispersion et déposition du pollen de l'espèce *i* (lac ou tourbière)
Z_{max} : Distance maximale d'origine du pollen de la végétation régionale (en mètres)
R : Rayon du bassin de sédimentation *k* (en mètres)
t : Nombre total de taxons utilisés pour calculer la composition de la végétation

Taxons	Production pollinique relative / Gramineae PPE (SE)	Vitesse de chute dans l'air des grains de pollen (m/s)
Abies	6.88 (1.44)	0.120
Alnus	9.07 (0.10)	0.021
Artemisia	3.48 (0.20)	0.025
Betula	3.09 (0.27)	0.024
Calluna vulgaris	0.82 (0.02)	0.038
Carpinus	3.55 (0.43)	0.042
Cerealia-t	1.85 (0.38)	0.060
Corylus	1.99 (0.20)	0.025
Fagus	2.35 (0.11)	0.057
Filipendula	2.81 (0.43)	0.006
Fraxinus	1.03 (0.11)	0.022
Gramineae	1.00 (0.00)	0.035
Juniperus	2.07 (0.04)	0.016
Picea	2.62 (0.12)	0.056
Pinus	6.38 (0.45)	0.031
Plantago lanceolata	1.04 (0.09)	0.029
Plantago media	1.27 (0.18)	0.024
Plantago montana	0.74 (0.13)	0.030
Quercus	5.83 (0.15)	0.035
Rumex acetosa-t	2.14 (0.28)	0.018
Salix	1.22 (0.11)	0.022
Secale-t	3.02 (0.05)	0.060
Tilia	0.80 (0.03)	0.032
Ulmus	1.27 (0.05)	0.032

Fig. 3. *Tableau récapitulatif des valeurs moyennes des PPE européens et des vitesses de chute dans l'air des grains de pollen des taxons étudiés.*

Ce modèle signifie que la proportion de chaque taxon dans la végétation régionale est exprimée comme étant le résultat du ratio du nombre de grains de pollen comptés pour chaque taxon, pondéré par leur productivité pollinique respective et par une fonction de dispersion et déposition du pollen, par rapport à la somme totale de ces facteurs pour chaque taxon (Sugita, 2007 : 229-241).

Impact des différents facteurs sur les résultats du modèle

La productivité pollinique relative correspond au ratio du nombre moyen de grains de pollen émis par une plante d'un taxon donné par rapport au nombre moyen de grains émis par une plante du taxon des *Gramineae*. On la nomme usuellement PPE pour Pollen Productivity Estimate. Elle a été mesurée pour de nombreux taxons végétaux dans 11 régions du nord et de l'est de l'Europe (Broström *et alii*, 2008 : 461-468). Ces mesures effectuées pour les mêmes taxons dans plusieurs régions européennes ont ensuite été moyennées selon un protocole visant à obtenir une valeur considérée comme applicable à l'ensemble de l'Europe (Mazier *et alii*, sous presse).

La vitesse de chute dans l'air des grains de pollen des différents taxons dépend de leur taille, de leur densité et de leur morphologie. Lorsque cette vitesse n'a pas été mesurée, elle a été calculée selon la loi de sédimentation dans les fluides de Stokes. Les PPE européens sont reportés dans un tableau au côté des vitesses de chute dans l'air des grains de pollen (fig. 3).

La taille des bassins de sédimentation va également influer sur cette fonction. La figure 4 présente les résultats de la végétation estimée par REVEALS à partir de paysages simulés, sous la forme d'une succession de diagrammes où les abscisses correspondent aux différents sites et les ordonnées aux proportions des taxons dans la végétation estimée (Sugita, 2007 : 229-241).

Les simulations de grands bassins permettent d'obtenir une moyenne à écart type réduit car les valeurs estimées sont faiblement dispersées. Plus l'on diminue la taille des bassins, plus les valeurs estimées vont varier entre les sites, reflétant ainsi l'impact grandissant de la végétation locale sur la pluie pollinique. Les moyennes présentent alors de forts écarts types. Cependant, on peut observer que les valeurs des moyennes restent semblables, que l'on simule de grands ou de petits bassins de sédimentation. Dans notre étude, les sites du Bassin parisien correspondent à des bassins de petite à moyenne dimension (0,16 à 12 ha).

La nature du remblaiement dans les bassins de sédimentation joue également un rôle dans le calcul de la végétation estimée. En effet, la fonction de dispersion du pollen utilisée pour le calcul est différente selon qu'il s'agit d'une tourbière ou d'un lac. La première décrit le mode de sédimentation du pollen en tourbière où, une fois déposé à la surface du bassin, le pollen est directement enfoui sous les couches sédimentaires suivantes (Prentice, 1985 : 76-86). La seconde formule la remobilisation du pollen du fond du lac par les courants convectifs annuels qui brassent le pollen sur toute la colonne d'eau (Sugita, 1993 : 239-244 ; 1994 : 881-897 ; Sugita *et alii*, 1999 : 409-421).

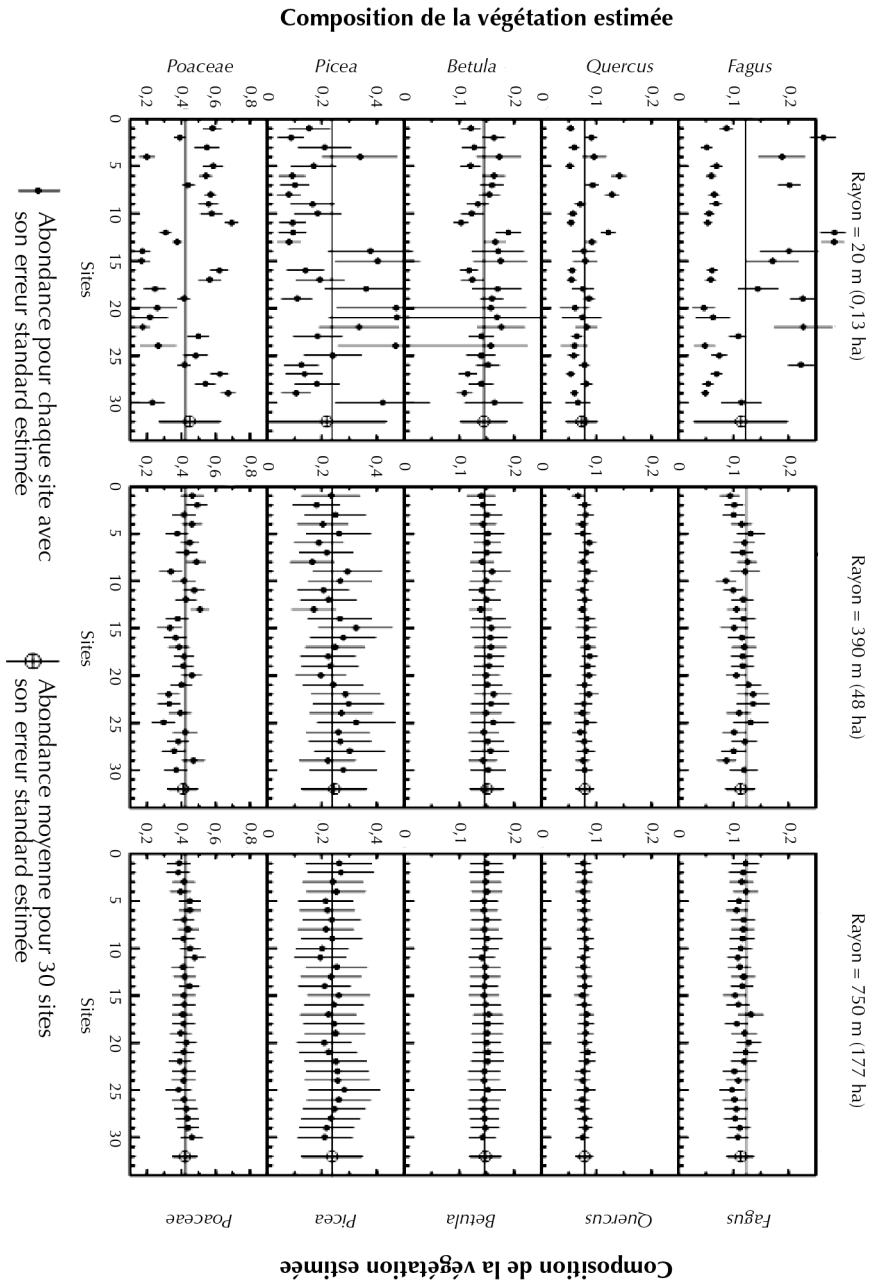


Fig. 4. *Impact des dimensions des bassins de dépôt simulés sur les proportions moyennes de différents taxons dans la végétation estimées par REVEALS et sur leurs écarts-types (modifié d'après* SUGITA, *2007).*

Validation du modèle REVEALS

Ce modèle a été testé sur des séquences polliniques lacustres dans deux régions de Suède (Hellman *et alii*, 2008 : 21-42). Les résultats des estimations de la végétation par REVEALS comparés avec la végétation actuelle en place montrent que le modèle reconstitue bien les grands ensembles de végétation tels que les terrains boisés ou les herbacées. Il fournit aussi des estimations raisonnables pour des taxons individuels comme *Pinus*, *Picea*, *Betula*, *Corylus*, *Alnus*, *Tilia*, *Salix* spp., *Juniperus*, Gramineae, *Cerealia-t* et *Secale-t*. Les résultats semblent cependant moins concluants pour *Quercus*.

Application aux données du Bassin parisien

Les contraintes méthodologiques du modèle REVEALS nous ont conduits à ne sélectionner qu'une petite partie des séquences disponibles dans le *corpus* de données du Bassin parisien. En effet, la nécessité d'établir un modèle d'âge pour chacune d'entre elles élimine de fait les séquences discontinues et toutes celles qui ne présentent pas trois datations sur une partie au moins du profil (Mazier *et alii*, sous presse). Ainsi, sur 91 séquences disponibles au départ, seulement 22 ont été sélectionnées pour participer au calcul de la végétation estimée (fig. 1).

Premiers résultats

Le diagramme (fig. 5) illustre les premiers résultats de modélisation du couvert végétal obtenus pour le Bassin parisien. Les périodes culturelles ont ici servi de cadre temporel à la modélisation de la végétation. Les ZAPR correspondantes sont indiquées à droite. Des échelles variables ont été définies pour améliorer la visibilité de certains taxons faiblement représentés. Le facteur multiplicateur est alors signalé sous le nom du taxon.

Le nombre de séquences polliniques renseignant chaque période est représenté à gauche. La partie claire de l'histogramme indique le nombre de profils pour lesquels la nature sédimentaire tourbeuse nous a amenés à leur appliquer la fonction de dispersion des tourbières. La partie sombre regroupe ceux dont la sédimentation plus silteuse nous a orientés vers celle des lacs.

Cet histogramme peut être considéré comme une représentation graphique de la crédibilité à accorder aux résultats de chaque période puisque le nombre de séquences vient compenser la taille réduite des bassins et permet d'obtenir une moyenne cohérente pour la proportion d'un taxon dans la végétation estimée (Sugita, 2007 : 229-241). La raréfaction du nombre de profils à partir de la fin du Néolithique, et surtout durant les périodes du Bronze final 2 et de La Tène, rend ces données peu fiables : le crédit accordé à ces résultats sera donc moindre que pour les périodes antérieures.

Si l'on retrouve bien la même dynamique de végétation, les proportions entre les différents taxons sont souvent modifiées.

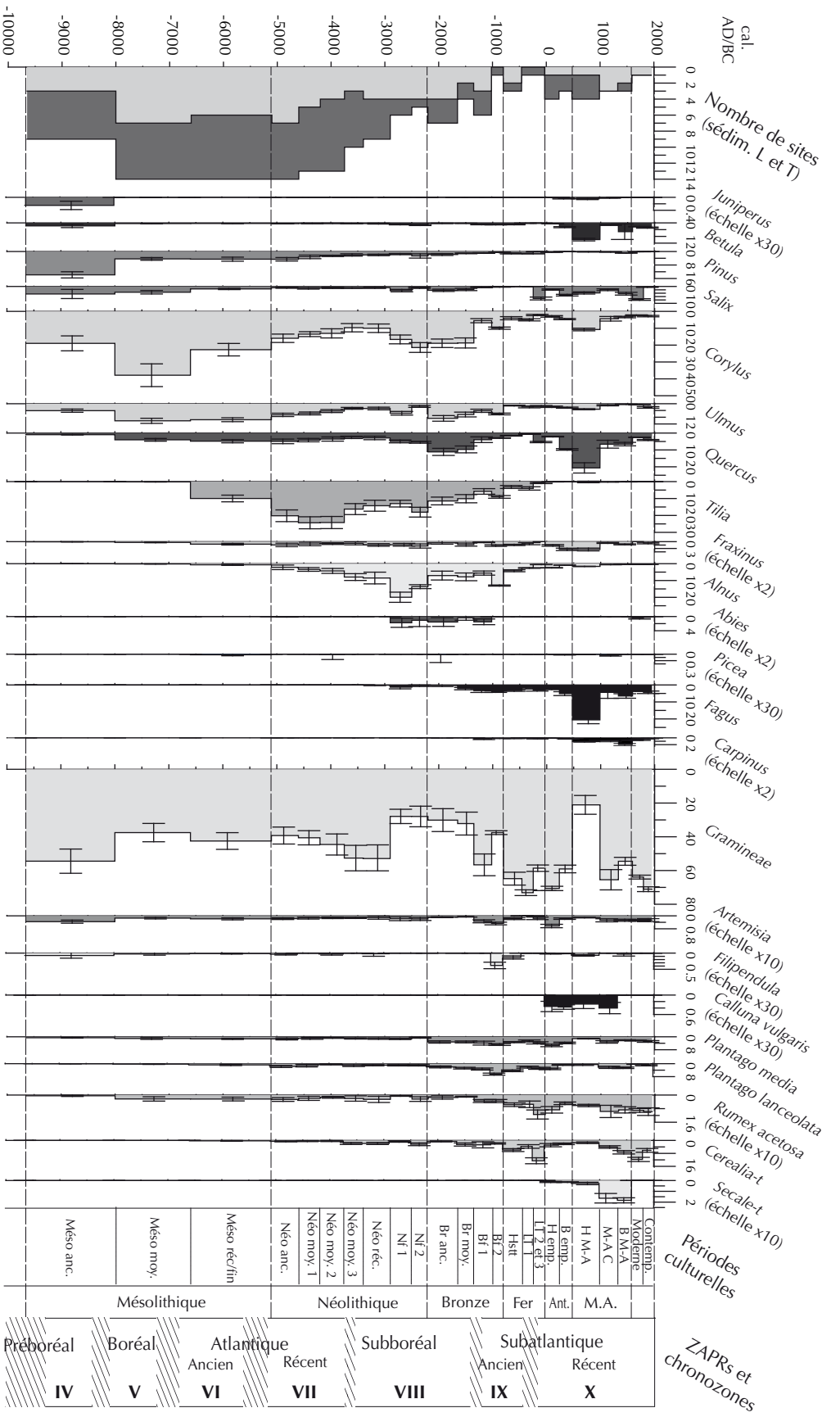


Fig. 5.
Évolution de la végétation holocène du Bassin parisien modélisée par REVEALS.

Discussion

Proportions des taxons arboréens

Le poids des différents taxons arboréens dans les comptages polliniques est représenté par des classes de pourcentages dans le diagramme de synthèse de l'histoire de la végétation du Bassin parisien (fig. 2).

Si l'on compare ces classes avec les résultats de la modélisation, on constate que, dès le Mésolithique ancien, le pin est largement minoré par le calcul au profit du noisetier, qui est, lui, majoré de par sa production pollinique bien plus faible, tout comme le saule.

On retrouve la minoration de *Pinus* au Mésolithique moyen, mais l'effet du modèle sur les proportions de *Corylus* parait moins marqué que précédemment. Il atteint néanmoins des niveaux de 30 à 45 % du couvert végétal estimé, ce qui constitue ses proportions les plus élevées pour l'Holocène. *Quercus*, dont le poids augmente dans les comptages, n'est ici que faiblement représenté. Son importance dans la végétation est minorée, du fait de sa relativement forte production pollinique.

Cette situation persiste pour *Quercus* durant le Mésolithique récent, tandis que *Tilia*, qui fait alors son apparition dans les comptages, semble connaître une expansion majeure dans la végétation estimée. Sa très faible productivité pollinique relative amène le calcul à rehausser largement ses proportions.

Au Néolithique, le rôle du tilleul apparaît prépondérant dans la végétation estimée, ce que ne laissait pas forcément supposer l'analyse pollinique. À l'inverse, la prédominance de l'aulne à partir du Néolithique moyen, et surtout du Néolithique récent, est très largement pondérée par sa production pollinique massive. Là où il peut atteindre plus de 50 % des grains de pollen, il ne dépasse guère les 20 % du couvert végétal estimé. On peut suivre l'apparition de *Fagus* à partir du Néolithique récent.

À l'âge du Bronze, *Alnus* entame son recul, tout comme *Tilia* et *Corylus*. *Quercus* et *Ulmus* voient d'abord leurs proportions augmenter dans la végétation, puis décliner à leur tour au Bronze moyen et final. *Fagus* est le seul taxon arboréen qui progresse durant cette période.

Cette dynamique se poursuit durant l'âge du Fer et le Haut-Empire jusqu'à atteindre des taux très faibles pour tous les taxons arboréens. Seul *Fagus* conserve un niveau équivalent à celui de la fin de l'âge du Bronze.

À partir du Bas-Empire, la part de *Fagus* et *Quercus* dans la végétation estimée grimpe jusqu'à des sommets encore jamais atteints durant l'Holocène. *Corylus* et *Betula* augmentent eux aussi sensiblement. Si cet écart semble révéler un événement notable durant le Bas-Empire et surtout le haut Moyen Âge, ce violent contraste dans la végétation estimée semble plus vraisemblablement être le fait de l'intégration, pour ces périodes, des trois séquences polliniques prélevées en mares intra-forestières. Celles-ci présentent des pourcentages de grains de pollen arboréen caractérisant plutôt la végétation entourant immédiatement ces

mares et sans commune mesure avec ceux observés dans les séquences de fonds de vallées.

Si l'on considère l'ensemble de l'Holocène, il ressort que la représentation de certains taxons comme *Pinus, Alnus* et *Quercus* apparaît systématiquement minorée dans la végétation estimée, tandis que *Tilia* semble toujours majoré. L'effet de la modélisation sur *Corylus, Ulmus* et *Fagus* semble plus neutre ou moins clairement tranché.

Proportions des taxons non arboréens

Pour la comparaison, nous utiliserons deux diagrammes de synthèse (fig. 6). L'un (à gauche) a été établi sur la base de séquences prélevées à proximité des sites archéologiques ou dans des zones de forte densité de peuplement attestée pour les périodes étudiées. L'autre (à droite) provient de séquences échantillonnées en milieu considéré comme plus naturel, où aucune occupation humaine n'a été détectée pour ces périodes.

Les analyses polliniques témoignent d'un rôle plus faible des graminées durant le Mésolithique que durant la suite de l'Holocène. En revanche, ce rôle paraît rehaussé par le modèle dans la végétation estimée, particulièrement au Mésolithique ancien, puis décline par la suite.

L'impact des groupes du Néolithique ancien et moyen ne se marque clairement dans les comptages polliniques qu'à proximité des sites archéologiques ou dans les secteurs de fort peuplement. Dans ces zones, on voit apparaitre les premiers grains de pollen de céréales, associés à ceux de *Plantago lanceolata*. On ne les retrouve pas forcément dans les séquences qui proviennent de milieux naturels. La modélisation les fait tout de même ressortir clairement dans des proportions de l'ordre de quelques pourcents du couvert végétal. Les graminées continuent, quant à elles, d'être majorées dans la végétation estimée par rapport aux comptages polliniques.

Du Néolithique récent au Bronze moyen, les activités agropastorales semblent s'intensifier. Elles sont perçues, même si les profils n'ont aucune liaison avec des sites archéologiques. La part du pollen de Gramineae augmente elle aussi sensiblement. Dans la végétation estimée, cela se traduit par une augmentation des proportions de graminées, des céréales et du cortège des rudérales. On y note cependant une recolonisation du milieu par les ligneux au Néolithique final, qui fait écho à l'augmentation rapide de l'importance de l'aulne observée précédemment. La surreprésentation pollinique de ce taxon qui occupe alors les fonds de vallées crée un filtre qui rend difficile la perception de l'ouverture du milieu à partir des seuls comptages polliniques. Cette diminution de l'emprise anthropique sur le milieu, qui était déjà légèrement perceptible dans les proportions polliniques, particulièrement en contexte archéologique, est ici plus clairement mise en évidence par la modélisation.

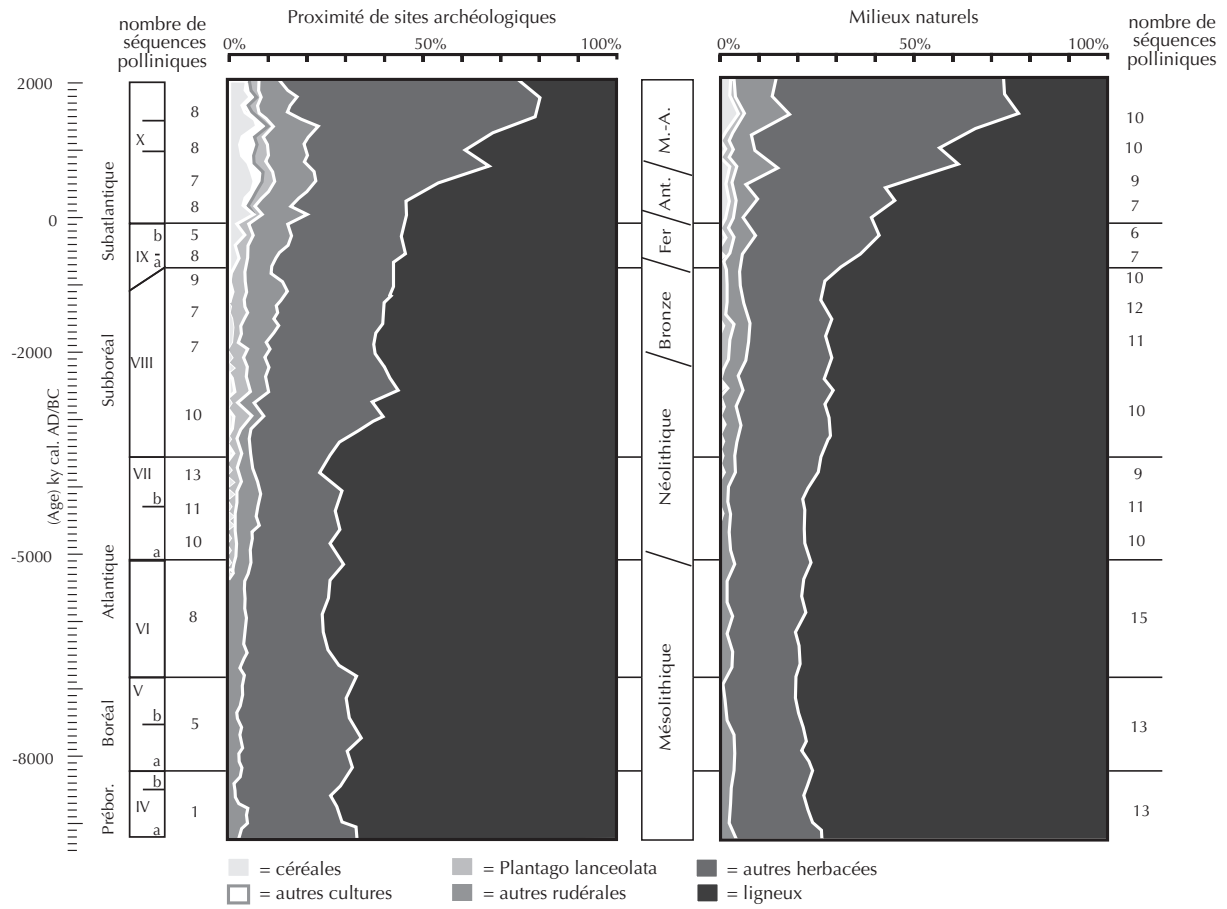


Fig. 6. *Diagrammes de synthèse des séquences polliniques du Bassin parisien, illustrant la dynamique d'ouverture de la végétation holocène du Bassin parisien, à gauche en milieu naturel, à droite près de sites archéologiques (modifié d'après Leroyer).*

À partir du Bronze final et durant l'âge du Fer, des défrichements, associés à une augmentation de la part des céréales, sont régulièrement enregistrés dans la pluie pollinique. Cette impression d'ouverture du milieu progresse durant l'époque gauloise de La Tène. C'est également ce que l'on observe dans les proportions de végétation modélisées, même si ce processus semble ici prendre son origine dès l'âge du Bronze moyen, voire ancien. Les céréales sont alors en nette progression dans les estimations, tout comme les Gramineae, qui atteignent des taux supérieurs à ce qui a précédé durant l'Holocène. Cette période traduit un essor de la céréaliculture et l'apparition de cultures spécifiques liées aux textiles.

Peu de modifications sont perçues par l'analyse pollinique durant le Haut-Empire, mais certains bassins indiquent une pression sur la forêt plus importante qu'à la période gauloise, accompagnée d'une stabilité des activités agropastorales. En revanche, des divergences sont perceptibles dans la végétation estimée. Si la part des graminées reste stable, celle de *Cerealia-t* chute sensiblement jusqu'à

revenir à son niveau de l'âge du Bronze. Cependant, ces résultats doivent être relativisés du fait du faible nombre de sites renseignant les périodes depuis l'âge du Fer.

Durant le Bas-Empire et le haut Moyen Âge, si certains profils polliniques attestent d'une large déprise humaine, d'autres ne témoignent que d'un léger recul des marqueurs d'anthropisation. La végétation modélisée donne ici pour cette période des résultats différents de celles l'entourant. Les Gramineae voient ainsi leur proportion chuter jusqu'à leur taux le plus faible de l'Holocène. Les céréales sont faiblement représentées et l'on a vu que la part des taxons forestiers fait un bond jusqu'à des valeurs sans précédent. Si une déprise anthropique a probablement eut lieu durant le haut Moyen Âge, l'intégration au calcul des trois mares intraforestières renvoie ici plutôt à une image locale de la végétation située dans leur environnement immédiat qu'à la végétation régionale, ce qui accentue alors l'impression de crise.

À partir du Moyen Âge central, une reprise des activités est plus ou moins fortement perçue par les analyses polliniques. L'impact anthropique devient à nouveau très fort entre les XII^e^ et XIV^e^ siècles avec une profonde modification dans l'organisation des activités agropastorales, qui se marque par un essor de la céréaliculture aux dépens du pastoralisme et une diversification des cultures (fructicoles, textiles). On retrouve cette multiplication des types de plantes cultivées dans la végétation estimée avec l'exemple de *Secale-t*, dont les proportions augmentent sensiblement jusqu'à près de 2 % à la fin du Moyen Âge. Les Gramineae, tout comme *Cerealia-t*, retrouvent leurs proportions très fortes de la toute fin de l'âge du Fer et atteignent même leurs taux les plus élevés de l'Holocène.

Conclusion

Cette première application du modèle REVEALS aux analyses polliniques de fonds de vallées du Bassin parisien fait apparaître des variantes notables entre l'image renvoyée par les données polliniques et la végétation modélisée pour certaines périodes.

Ainsi, la part des pins paraît bien moindre durant le Mésolithique, au profit du noisetier et du saule. La fin du Mésolithique et le début du Néolithique, considérés comme des phases d'expansion majeure de la chênaie, voient le rôle du tilleul devenir prépondérant. Enfin, le poids écrasant de l'aulne durant la deuxième moitié du Néolithique et la majeure partie de l'âge du Bronze apparaît totalement atténué par le modèle. L'importance des graminées apparaît plus marquée au début de l'Holocène, mais légèrement moindre à la fin.

Il sera intéressant d'effectuer de nouvelles modélisations des données polliniques de fonds de vallées du Bassin parisien en modifiant certains paramètres de départ, comme la taille des bassins ou la fonction de dispersion utilisée (lac ou tourbière). Augmenter la taille du *corpus* de données nous permettra aussi d'apporter plus de crédibilité aux résultats pour les périodes pauvres en informations comme l'âge du Fer ou les périodes historiques.

Bibliographie

Broström A., Nielsen A. B., Gaillard M. J., Hjelle K., Mazier F., Binney H., Bunting J., Fyfe R., Meltsov V., Poska A., Räsänen S., Soepboer W., Stedingk H. van, Suutari H., Sugita S., 2008. Pollen productivity estimates of key European plant taxa for quantitative reconstruction of past vegetation : a review, *Vegetation History and Archaeobotany*, 17 : 461-468.

Chaussé Ch., Leroyer Ch., Girardclos O., Allenet G., Pion P., Raymond P., 2008. Holocene history of the river Seine in Paris (France) : contribution of biochronostratigraphic and geomorphological data from the Quai Branly, *The Holocene*, 18 : 967-980.

Havinga A. J., 1984. A 20-years experimental investigation into the differential corrosion susceptibility of pollen and spores in various soil types, *Pollen et Spores*, vol. XXVI, n° 3-4 : 541-558.

Heim J., 1970. *Les relations entre les spectres polliniques récents et la végétation actuelle en Europe occidentale*, thèse, université de Louvain, 181 p.

Hellman S., Gaillard M. J., Broström A., Sugita S., 2008. The REVEALS model, a new tool to estimate past regional plant abundance from data in large lakes : validation in southern Sweden, *Journal of Quaternary Science*, 23 : 21-42.

Leroyer Ch., 1997. *Homme, climat, végétation au Tardi- et Postglaciaire dans le Bassin parisien : apports de l'étude palynologique des fonds de vallée*, thèse, université Paris 1 Panthéon-Sorbonne, vol. 1, 574 p.

Leroyer Ch., 1998. Evolution de la végétation et emprise de l'Homme sur le milieu à Bercy (Paris, France), *in* : *Le Néolithique du Centre-Ouest de la France*, actes du XXI^{e} colloque interrégional sur le Néolithique, Poitiers, 1994 : 407-415.

Leroyer Ch., Allenet G., 2006. L'anthropisation du paysage végétal d'après les données polliniques : l'exemple des fonds de vallées du Bassin parisien, *in* : Ph. Allée, L. Lespez (dir.), *L'érosion entre Société, Climat et Paléoenvironnement*, Clermont-Ferrand, Presses universitaires Blaise Pascal, collection Nature et Société n° 3 : 63-72.

Leroyer Ch., Coubray S., Allenet G., Perrière J., Pernaud J.-M., 2011. Vegetation dynamics, human impact and exploitation patterns in the Paris basin through the Holocene : palynology *vs.* anthracology, *Saguntun*, extra 11 : 81-82.

Mazier F., Kuneš P., Sugita S., Trondman A. K., Broström A., Gaillard M.-J., 2010. Pollen- inferred quantitative reconstructions of Holocene land-cover in NW Europe for the evaluation of past climate-vegetation feedbacks – Evaluation of the REVEALS based reconstruction using the Czech Republic database, *EGU General Assembly 2010, Geophysical Research Abstract*, 12, EGU2010- 4248.

Mazier F., Gaillard, M. J., Kuneš, P., Sugita S., Trondman, A. K., Brostöm A., sous presse. Effect of site selection and parameter setting on REVEALS model estimates of plant abundance using the Czech Quaternary Palynological Database: the LANDCLIM project I. *Review of paleobotany and palynology.*

Pastre J.-F., Leroyer Ch., Limondin-Lozouet N., Orth P., Chaussé Ch., Fontugne M., Gauthier A., Kunesch S., Le Jeune Y., Saad M.-C., 2002. Variations paléoenvironnementales et paléohydrologiques durant les 15 derniers millénaires : les réponses mor-

phosédimentaires des vallées du Bassin parisien (France), *in*: J.-P. BRAVARD, M. MAGNY (éd.), *Les fleuves ont une histoire. Paléo-environnement des rivières et des lacs français depuis 15 000 ans*, Paris, Errance : 29-44.

PRENTICE I. C., 1985. Pollen representation, source area, and basin size : toward a unified theory of pollen analysis, *Quaternary Research*, 23 : 76-86.

SUGITA S., 1993. A model of pollen source area for an entire lake surface, *Quaternary Research*, 39 : 239-244.

SUGITA S., 1994. Pollen representation of vegetation in Quaternary sediments : theory and method in patchy vegetation, *Journal of Ecology*, 82 : 881-897.

SUGITA S., GAILLARD M. J., BROSTRÖM A., 1999. Landscape openness and pollen records : a simulation approach, *The Holocene*, 9 : 409-421.

SUGITA S., 2007a. Theory of quantitative reconstruction of vegetation I : Pollen from large lakes REVEALS regional vegetation composition, *The Holocene*, 17 (2) : 229-241.