Du pollen aux paysages : nouvelles méthodologies pour reconstituer les paysages

Autor(en): **Mazier, Florence / Gaillard, Marie-José**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Cahiers d'archéologie romande**

Band (Jahr): **120 (2011)**

PDF erstellt am: **27.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-836080

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Paysage... Landschaft... Paesaggio..., 2011, CAR 120 : 11-18

Du pollen aux paysages : nouvelles méthodologies pour reconstituer les paysages

Florence Mazier[1] & Marie-José Gaillard[2]

[1] Laboratoire de Géographie de l'Environnement (GEODE), UMR 5602 CNRS, Université Toulouse-Le Mirail, 5 allée A. Machado, F-31058 Toulouse Cedex, France.
E-mail :florencemazier@yahoo.fr

[2] Department of Biology and Environmental Science, University of Kalmar, Sweden

Résumé : Les données polliniques fossiles offrent la possibilité de reconstituer l'histoire de la végétation à différentes échelles spatio-temporelles. Récemment, des modèles de la relation pollen-végétation qui prennent en compte les processus de dispersion et de déposition des pollens ont été développés pour interpréter et convertir les assemblages polliniques en pourcentage de couverture de plantes, groupes de plantes ou composantes paysagères pour une échelle régionale (≥ 50 km) et locale (≤ 2 km) autour des points d'enregistrements. Des reconstitutions quantitatives du couvert végétal dans le passé sont nécessaires pour résoudre les questions de recherche actuelles dans les domaines de l'histoire des climats, de l'archéologie et de la conservation (entretien) des paysages.

Dans un premier volet, cet article exposera les nouveaux concepts, outils développés par le réseau POLLANDCAL (POLlen LANDscape CALibration) pour reconstituer le couvert végétal régional et local à partir des données polliniques fossiles en utilisant deux modèles : REVEALS (Regional Estimates of Vegetation Abundance from Large Lakes) et LOVE (Local Vegetation Estimates). Puis, dans un deuxième volet, nous illustrerons la mise en place de cette démarche quantitative sur le massif jurassien et les premiers résultats obtenus.

Mots-clés : Analyses polliniques, reconstitution quantitative de la végétation, algorithme de reconstitution des paysages, modèles, massif jurassien.

Introduction

La reconstitution de la flore et des paysages passés est devenue non seulement un enjeu important dans la communauté des paléoécologues et palynologues mais également dans d'autres champs disciplinaires tels que la climatologie, la biologie de la conservation et l'archéologie. La reconstitution quantitative et diachronique de la couverture de végétation en terme de pourcentage de couverture de plantes, groupes de plantes ou composantes paysagères permettra d'apporter des éléments de réponse aux débats scientifiques actuels :

Changements climatiques : récemment, Ruddiman (2003) a émis l'hypothèse selon laquelle les premières traces de l'influence de l'Homme sur le climat remonteraient à 8000 ans et se traduiraient par une augmentation des concentrations atmosphériques en CH_4 et CO_2. Cette augmentation serait liée à l'action de l'Homme sur la couverture de végétation en modifiant, notamment au Néolithique avec l'arrivée de l'agriculture, la proportion du *ratio* espaces ouverts/fermés. Cette hypothèse, à la fois controversée et confirmée par la communauté des climatologues (Claussen *et al.*, 2005 ; Crucifix *et al.*, 2005 ; Ruddiman, 2005), ouvre de nouvelles perspectives de recherche. Les changements de la couverture forestière, liés ou non à l'action de l'homme, peuvent avoir des effets rétroactifs sur le climat (à l'échelle régionale), en modifiant l'albédo, l'évapotranspiration, les flux de carbone. Les cartes de l'évolution de la végétation et de la couverture forestière pour l'Holocène permettront de préciser le rôle de la végétation dans les changements climatiques.

Biodiversité : dans un souci actuel de conservation de la biodiversité, il est nécessaire de comprendre les processus à long terme et les dynamiques de végétation à l'origine des paysages que l'on désire actuellement conserver. F.W.M. Vera (2000) a suggéré que les forêts « primitives » d'Europe de l'Ouest, jusqu'alors perçues comme des

forêts fermées, trouveraient leur analogue actuel dans les pâturages boisés. Ces forêts auraient été composées d'une mosaïque de prairies, de bosquets, d'arbres groupés et isolés, et résulteraient de l'action des grands herbivores. Cette nouvelle hypothèse, certes discutée (Mitchell, 2005 ; Moore, 2005), implique d'acquérir de nouvelles connaissances sur l'évolution des écosystèmes et des facteurs qui la contrôlent, ce qui permettra de définir des stratégies appropriées pour la restauration et la conservation des habitats. Or il n'est pas aisé, voire impossible, d'accéder à ces informations dans le long terme et notamment pour des périodes non documentées par des textes. Seules les études paléoenvironnementales, par la reconstitution des paysages anciens, sont en mesure d'apprécier l'effet de la dynamique de végétation sur la biodiversité et la durabilité des milieux.

Archéologie spatiale : de même, les cartes de végétation, pour des périodes ciblées, proposeront une distribution spatiale des différents types d'utilisation du sol (culture, pâturage) dans un paysage donné et évalueront leur expansion au cours du temps. Ces cartes viendront appuyer ou corriger les hypothèses des archéologues sur la répartition spatiale des activités humaines autour des sites.

La plupart des palynologues utilisent le pourcentage des pollens non arboréens (NAP) fossiles pour accéder au degré d'ouverture d'un paysage, qu'il soit induit par des processus naturels et/ou anthropiques (Berglund, 1991 ; Mitchell, 2005). Cependant, la relation pourcentage NAP/ouverture du paysage s'avère plus complexe du fait de sa non linéarité, comme il fut démontré théoriquement et empiriquement par Broström *et al.* (1998) et Sugita *et al.* (1999). Ces auteurs ont prouvé qu'un degré différent d'ouverture du paysage pouvait se traduire par le même pourcentage des NAP. La relation pollen/végétation établie pour un bassin de déposition pollinique est fortement influencée par la proportion des grains de pollen issus de la flore régionale (apport pollinique lointain), celle-ci variant d'une région à une autre.

Dès lors, des méthodes plus précises et plus objectives pour reconstituer quantitativement la végétation sont nécessaires. *Quels sont les paramètres à prendre en compte pour modéliser la végétation passée ? Quels sont les facteurs qui affectent la charge pollinique enregistrée dans un bassin sédimentaire (lacs, tourbière, marais…) ? Pour quelles échelles spatiales s'effectuent les différentes reconstitutions ?* Pour répondre à ces questions, le réseau POLLANDCAL[1] a réuni (2001-2005) une équipe internationale de chercheurs pour développer des outils de modélisation afin de reconstituer quantitativement les paysages anciens. Les modèles (Extented R-Value) décrivent et simulent la dispersion et la déposition des grains de pollen, établissent la relation entre la proportion pollinique et l'abondance des plantes et quantifient l'aire source pollinique à l'origine du spectre pollinique pour différents types/tailles de bassins (Parsons & Prentice, 1981 ; Prentice & Parsons, 1983 ; Prentice, 1985 ; Sugita, 1993, 1994).

S. Sugita (2007a, b) a proposé une nouvelle approche, l'algorithme de reconstitution des paysages (Landscape Reconstruction Algorithm – LRA), pour reconstituer quantitativement la couverture de végétation à partir des données polliniques fossiles (Fig. 1). Cet article posera brièvement les bases théoriques des concepts et outils développés par le réseau POLLANDCAL et illustrera notre propos par un cas pratique dans le massif jurassien.

Reconstitution quantitative des paysages : nouvelle avancées méthodologiques – L'algorithme de reconstitution des paysages

Définir l'échelle spatiale du paysage reflétée dans les spectres polliniques actuels et/ou passés reste un des enjeux majeurs des palynologues. Sans l'identification de cette échelle spatiale, la reconstruction et l'interprétation de la dynamique de la végétation et des paysages à partir des données polliniques n'a pas de sens (Sugita, 1994). Des études empiriques et des simulations ont montré que plus la taille du bassin est restreinte, plus les assemblages polliniques reflètent la végétation locale (Jacobson & Bradshaw, 1981 ; Sugita, 1994). A l'inverse, les assemblages polliniques provenant de grands bassins traduisent une image plus régionale de la végétation (Sugita, 1994 ; Webb *et al.*, 1978).

Pour une végétation hétérogène et grâce au concept de la « source pollinique adéquate » *(relevant source area of pollen RSAP)* de Sugita (1994), il est maintenant possible de définir l'espace géographique, ou l'aire source pollinique, pour l'assemblage pollinique observé au point de prélèvement. La RSAP est définie comme la distance depuis le point de prélèvement pollinique pour laquelle la relation entre la végétation (V) et les assemblages polliniques (P) est clairement établie. En d'autres termes, c'est l'aire pour laquelle la relation V-P coïncide le mieux et ne peut être améliorée, même si on échantillonne la végétation sur de plus grandes distances (Sugita, 1994). Cette aire traduit l'échelle locale reflétée dans les spectres polliniques et fournit des informations sur la végétation et les pratiques humaines à proximité du point de prélèvement. Au-delà de cette aire, la végétation produit la composante pollinique régionale (apport pollinique lointain), définie comme constante entre les sites d'une même région. Ce qui signifie que les différences observées entre des enregistrements polliniques de bassins sédimentaires de taille semblable (≤ 50 ha) traduisent des différences dans l'abondance des plantes autour de chaque site (aire comme la

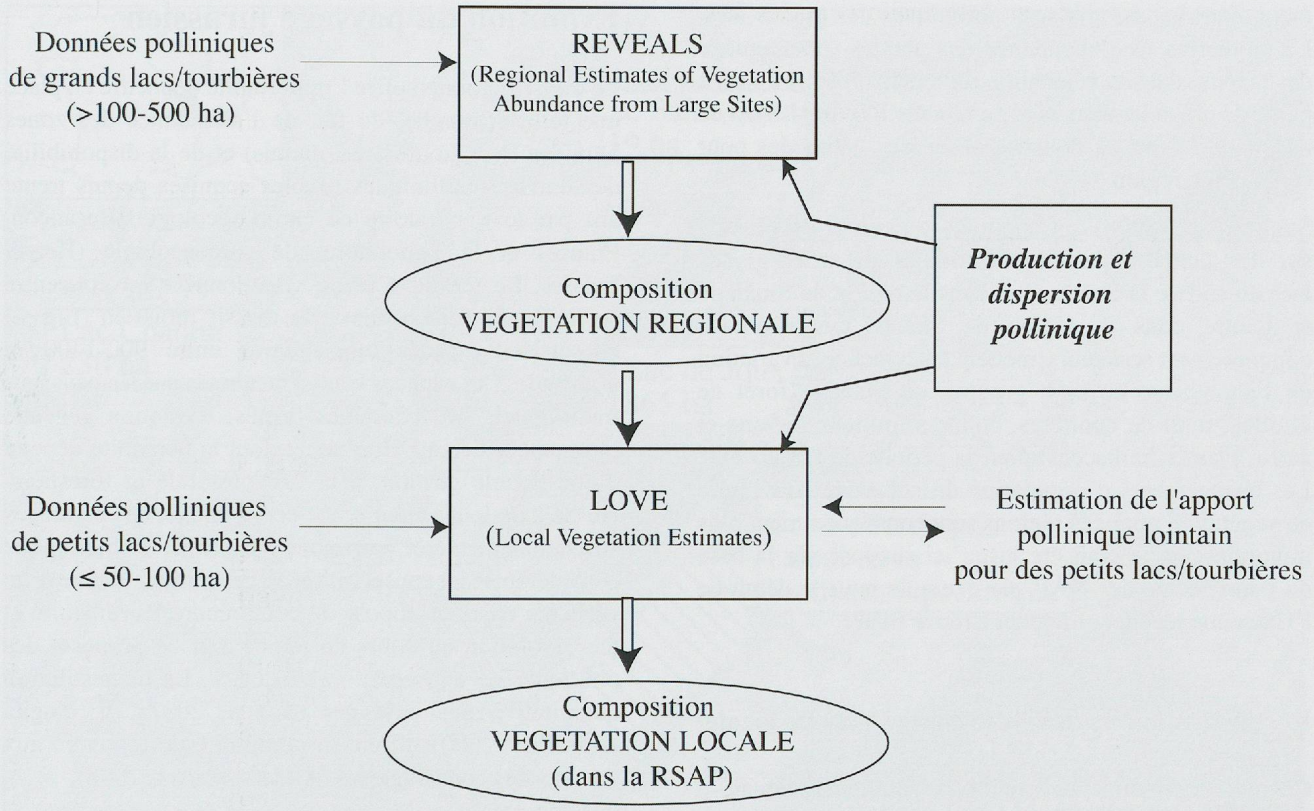

Fig. 1 : Les étapes de l'algorithme de reconstruction des paysages – LRA pour reconstruire la végétation régionale et locale à partir des données polliniques fossiles (adapté de Sugita, 2007b).

RSAP), sur lequel s'ajoute le bruit de fond pollinique. Par conséquent, l'enregistrement pollinique d'un bassin résulte d'une double composante pollinique : grains de pollen provenant de la végétation locale et ceux issus de la végétation régionale.

Les principaux facteurs qui influencent la taille de la source pollinique sont la distribution spatiale de la végétation (structure de la végétation) et la composition floristique des unités de végétation (Bunting *et al.*, 2004 ; Sugita, 1994). Les différences de dispersion des grains de pollen, de la vitesse du vent et des conditions atmosphériques n'influencent pas significativement la RSAP (Nielsen & Sugita, 2005 ; Sugita, 2007b).

S. Sugita (2007a, b ; Sugita & Walker, 2000) a proposé l'algorithme de reconstruction des paysages (LRA) pour reconstituer les changements de végétation à partir des données polliniques fossiles contenus dans des grands et petits bassins sédimentaires (Fig. 1). Si la résolution chronologique de ces bassins est clairement définie, la LRA permet d'accéder à la composition et l'abondance floristique de la végétation autour des points d'enregistrement et convertit les assemblages polliniques en pourcentage, abondance de couverture des plantes, groupes de plantes ou composantes paysagères pour une échelle régionale et locale.

Reconstitution de la végétation à l'échelle régionale

La première étape de la LRA (Fig. 1) consiste à reconstruire la végétation régionale à partir des données polliniques de grands lacs/tourbières (≥ 100 - 500 ha) soit pour un horizon chronologique ou pour une série chronologique en utilisant le modèle REVEALS (Regional Estimates of VEgetation Abundance from Large Sites) (Sugita, 2007a). Les assemblages polliniques de ces grands sites sont censés présenter une faible variabilité et, par conséquent, refléter correctement la végétation régionale (Sugita, 1994).

Cette étape est capitale pour estimer la composante pollinique provenant de la végétation régionale et sa variation au cours du temps. En effet, les changements climatiques et les pressions anthropiques ont modifié la couverture de la végétation régionale et par conséquent l'apport pollinique lointain.

Le modèle REVEALS a été testé et validé sur des données empiriques actuelles dans le sud de la Suède. Hellman *et al.* (2007a, b) ont démontré que les variations observées entre des assemblages polliniques de surface issus de grands lacs de la même région sont faibles. La végétation régionale est donc enregistrée de la même

façon dans les assemblages polliniques des grands lacs. La prédiction de l'abondance des plantes (pourcentage des taxons) dans la végétation régionale (100x100 km) à partir de ces assemblages et du modèle REVEALS est en adéquation avec les données observées, recensées pour cette même région.

Sugita *et al.* (2008) ont appliqué le modèle REVEALS sur des données polliniques fossiles de deux grands lacs du sud de la Suède, l'un dans la région de Småland et l'autre dans la région de Skåne. Les résultats, complètement novateurs, mettent en évidence la variation de l'abondance de cinq groupes de plantes (forêt de feuillus, forêt de conifères, cultures, milieux ouverts et autres plantes herbacées) pour la période de l'Holocène. Les changements d'occupation du sol et de couverture de végétation pour ces régions sont conséquemment plus importants qu'il avait été jusqu'ici supposé sur la base du pourcentage des NAP, par exemple pour le début de l'Holocène récent et l'âge du Bronze final.

Reconstitution de la végétation à l'échelle locale

Considérons maintenant que la végétation régionale a été estimée pour une période chronologique donnée, le modèle LOVE (LOcal Vegetation Estimates) estime l'apport pollinique lointain et l'incorpore dans les calculs pour reconstruire l'abondance des plantes, groupes de plantes pour une certaine distance (aire source pollinique-RSAP) autour des petits bassins sédimentaires étudiés (Fig. 1).

Plusieurs auteurs ont démontré que la structure et la composition de la végétation affectent la RSAP d'un site (Bunting *et al.*, 2004; Sugita, 1994). Or, ces deux paramètres dépendent de plusieurs facteurs: dynamique des écosystèmes, perturbation naturelle et/ou anthropique, migration et compétition des plantes/communautés. Comme ces facteurs évoluent au cours du temps, l'aire source pollinique des sites cibles (petits bassins sédimentaires) change également et doit être estimée pour chaque période chronologique. Le modèle LOVE permet également de calculer la RSAP pour chaque période chronologique d'étude.

Le modèle LOVE est actuellement en cours de test et de validation sur des données empiriques. Les premiers tests (Sugita, non publié) montrent que le modèle prédit correctement la composition de la végétation locale à partir de données polliniques de surface prélevées dans des mousses et des petits lacs du sud de la Suède (Broström *et al.*, 1998; 2004; Gaillard *et al.*, 1998) et des dépressions forestières dans le nord du Michigan et le nord-ouest du Wisconsin (Calcote, 1995; Parshall & Calcote, 2001).

Evolution du paysage jurassien

Le massif jurassien offre l'opportunité de mettre en place une telle démarche, du fait de l'abondance des zones humides (lacs, tourbières, marais) et de la disponibilité des données polliniques fossiles acquises depuis trente ans par le Laboratoire de chrono-écologie (Besançon, France) et le Laboratoire de paléoécologie (Berne, Suisse). Le terrain d'étude sélectionné s'est concentré sur la partie franco-suisse du massif jurassien (Fig. 2) et sur les espaces montagnards entre 900-1400 m d'altitude. Ces espaces sont caractérisés par les paysages traditionnels des pâturages boisés, formation végétale intimement liée à l'Homme et dont la pérennité dépend d'une double gestion, à la fois pastorale et forestière. Au-delà de leur valeur socio-économique, ces pâturages suscitent un intérêt patrimonial paysager et biologique considérable. La conservation de ces milieux relève d'un véritable enjeu et impose de comprendre leur histoire et leur évolution au cours du temps afin de proposer des politiques de conservation adéquates. La reconstitution quantitative des paysages (Sugita, 2007a, b; Sugita & Walker, 2000) offrent la possibilité de répondre aux attentes des conservateurs (Anderson *et al.*, 2006).

Productions polliniques et source pollinique adéquate

La mise en place du protocole de la LRA nécessite dans un premier temps d'acquérir deux principaux paramètres qui contrôlent la relation pollen/végétation: la production et la dispersion pollinique (Fig. 1). L'acquisition de ces deux paramètres impliquent de calibrer le signal pollinique des essences herbacées et ligneuses, caractéristiques des paysages actuels/passés, à partir de données polliniques et floristiques actuelles.

De telles données de végétation ont été acquises pour le massif jurassien et intégrées dans un SIG. Elles ont été croisées avec les données polliniques actuelles (assemblages polliniques extraits de mousses trouvées dans les types de végétation étudiés), pour quantifier la relation pollen – végétation tout en tenant compte des propriétés aérodynamiques des grains de pollen (vitesse de chute). Cette calibration a été effectuée en appliquant des modèles de dispersion et de déposition pollinique inspirés des modèles ERV (Parsons & Prentice, 1981; Prentice & Parsons, 1983) et développés par S. Sugita (1993; 1994). Le produit d'une telle calibration est une estimation de la production pollinique (*« pollen productivity estimates »* PPE) des taxons clés de la végétation étudiée, dans notre cas onze taxons polliniques (sept essences herbacées et quatre ligneuses) considérés comme caractéristiques du paysage « pâturage boisé » (Mazier, 2006; Mazier *et al.*, 2008). Les résultats (Fig. 3) montrent qu'en général les

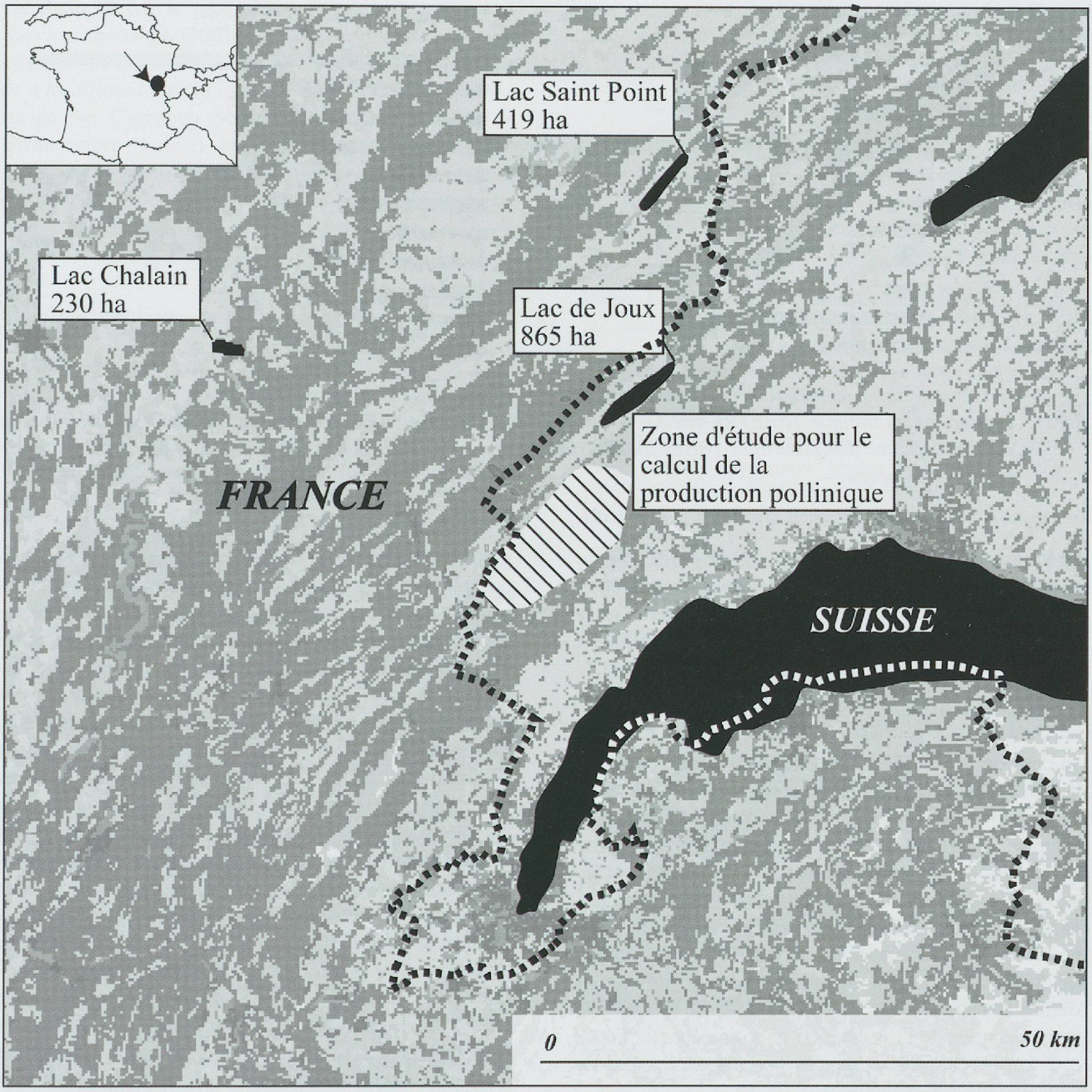

Fig. 2 : Localisation de la zone d'étude et des sites jurassiens sur les cartes de végétation Corine Land-Cover (CLC 90)

taxons ligneux produisent plus de grains de pollen que les taxons herbacés, principalement l'épicéa (*Picea*) et le sapin (*Abies*). Par exemple, l'épicéa produit huit fois plus de grains de pollen que les graminées (Poaceae). Ainsi, transcrire directement le pourcentage des taxons herbacés en pourcentage d'ouverture du milieu sans tenir compte des productions polliniques des taxons entraîne inévitablement une sous-représentation des milieux ouverts.

L'identification de la source pollinique adéquate (RSAP) à l'origine des grains de pollen contenus dans les mousses a aussi été estimée. Pour le paysage semi-boisé du massif jurassien, cette RSAP est représentée par un rayon de 300 m.

Conclusions et perspectives

Cette étude jurassienne et celle de Soepboer *et al.* (2007) sur le Plateau suisse se positionnent comme pionnières pour la calibration quantitative de la relation pollen/

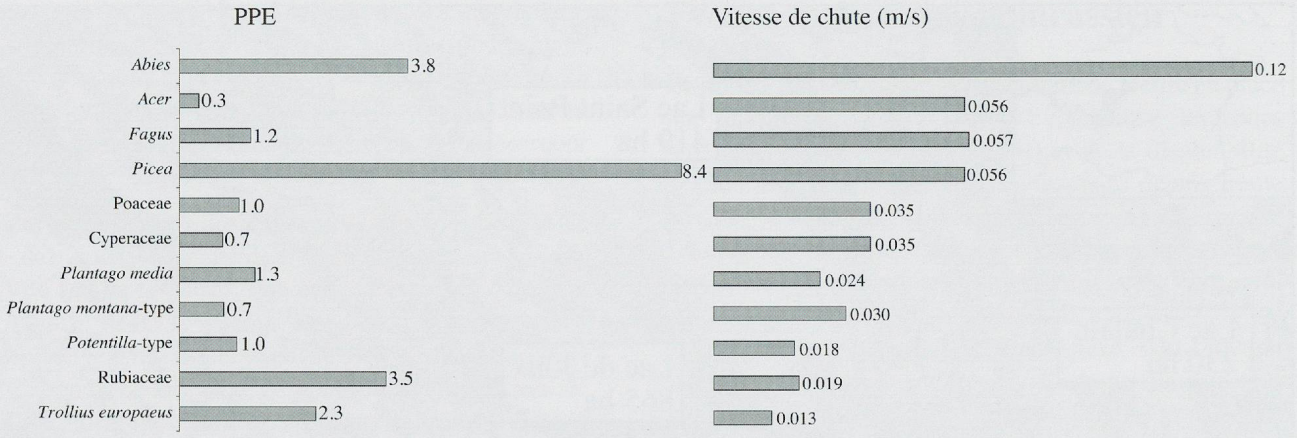

Fig. 3 : Production pollinique (PPE) et vitesse de chute (m/s) (Mazier, 2006 ; Mazier et al., 2008) de 11 taxons caractéristiques des pâturages boisés du massif jurassien. Les PPE sont exprimés par rapport au taxon de référence Poaceae.

végétation pour l'Europe occidentale. Cette étude apporte le premier jeu de données disponibles pour la production et la dispersion pollinique de taxons arboréens et herbacés pour des espaces montagnards. Ces résultats s'appliquent préférentiellement au massif jurassien et constituent le premier pas vers la reconstitution quantitative de la flore et des paysages anciens de ce secteur.

Au-delà de la caractérisation qualitative des paysages jurassiens (présence ou non des communautés végétales) par les études palynologiques précédentes, l'algorithme de reconstitution des paysages (Sugita, 2007a, b) propose de reconstituer diachroniquement et quantitativement les paysages anciens et le pourcentage de couverture des unités de végétation. L'approche multi-scalaire permettra de reconstituer, d'une part, la végétation à l'échelle régionale (≥ 50 km) à partir des données polliniques fossiles des grands lacs et, d'autre part, de fournir une image détaillée de la végétation pour une échelle locale (≤ 2 km) à partir des données polliniques fossiles de petits bassins sédimentaires.

A partir des résultats sur la proportion de couverture des plantes, groupes de plantes ou composantes paysagères, il sera possible de contraindre l'agencement des communautés végétales dans les paysages hypothétiques avec d'autres sources de données indépendantes (paramètres abiotiques : topographie, géologie, pédologie, climat ; paramètres biotiques : compétition inter/intra spécifique, migration ; données historiques : cadastre, textes historiques…).

La reconstitution des paysages à l'échelle régionale à partir des données polliniques fossiles des grands lacs du deuxième plateau jurassien (lacs Saint Point et Joux) permettra d'appréhender quantitativement l'évolution du paysage, les unités de végétation qui le constituent, et d'apprécier l'évolution de l'utilisation du sol et des pratiques humaines à l'échelle régionale. Les résultats pourraient étayer les programmes scientifiques en cours visant à reconstituer les changements climatiques pour le dernier millénaire sur ces deux sites ateliers et comprendre les implications qu'ont pu avoir les changements de l'environnement et du climat sur le développement des sociétés humaines pour des zones de moyenne montagne. La reconstitution des paysages à l'échelle locale autour de tourbières cibles [Parc jurassien vaudois, données polliniques (Sjögren, 2005, 2006)] permettra d'apporter des éléments de réponse pour la conservation et/ou la restauration des pâturages boisés. Ces résultats permettront d'améliorer notre compréhension des effets des activités sylvo-pastorales passées sur la résilience écologique, la diversité fonctionnelle, la durabilité et la valeur de l'écosystème pâturages boisés. L'ensemble de ces résultats permettrait de proposer des stratégies de conservation appropriées et adéquates pour ce type de paysage. De plus, cette nouvelle source d'information concernant les paysages viendra alimenter les programmes archéologiques de Chalain sur les dynamiques de fonctionnement des sociétés néolithiques en relation avec leur environnement et la gestion des territoires.

Remerciements

Nous exprimons nos vifs remerciements à tous les membres du réseau POLLANDCAL rencontrés au cours des nombreux workshops entre 2001-2005. POLLANDCAL (http://www.geog.ucl.ac.uk/ecrc/pollandcal) a été sponsorisé par Norfa *(Nordic Council of Advanced Studies)* et coordonné par Marie-José Gaillard, Université de Kalmar, Suède. Nous remercions tout particulièrement Anna Broström et Shinya Sugita. L'étude jurassienne a

été financée par le programme NCCR *Plant Survival Survival* module 6 (2001-2005) : *Pattern and long-term changes in pasture-woodlands : Complex interactions in a traditional type of agro-forestry,* programme suisse dirigé par Christoph Scheidegger (Institut fédéral de Birmensdorf - Suisse) (http://www.wsl.ch/land/genetics/projplan-de.ehtml). Merci aux membres du Laboratoire bisontin de chrono-écologie et du Laboratoire bernois de paléoécologie.

Bibliographie

Anderson, J., Bugmann H., Dearing J.A. & Gaillard M.-J. 2006. Linking palaeoenvironmental data and models to understand the past and to predict the future. *Trends in Ecology & Evolution,* 21(12) : 696-704.

Berglund B.E. (Ed.), 1991. *The cultural landscape during 6000 years in southern Sweden - the Ystad Project.* Ecological Bulletins ; 41. Munksgaard International Booksellers and Publishers, Copenhagen.

Broström A., Gaillard M.-J., Ihse M. & Odgaard B. 1998. Pollen-landscape relationships in modern analogues of ancient cultural landscapes in southern Sweden - a first step towards quantification of vegetation openess in the past. *Vegetation History and Archaeobotany*, 7 : 189-201.

Broström A., Sugita S. & Gaillard M.-J., 2004. Pollen productivity estimates for the reconstruction of past vegetation cover in the cultural landscape of southern Sweden. *The Holocene*, 14(3) : 368-381.

Bunting M.J., Gaillard M.-J., Sugita S., Middleton R. & Broström, A. 2004. Vegetation structure and pollen source area. *The holocene*, 14(5) : 651-660.

Calcote R., 1995. Pollen source area and pollen productivity : evidence from forest hollows. *Journal of Ecology*, 83 : 591-602.

Claussen M., Brovkin V., Calov R., Ganopolski A. & Kubatzki C. 2005. Did humankind prevent a holocene glaciation ? Comment on Ruddiman's hypothesis of a pre-historic anthropocene. *Climatic Change*, 69 : 409-417.

Crucifix, M., Loutre, M.F. & Berger, A., 2005. Commentary on « the anthropogenic greenhouse era began thousands of years ago ». *Climatic Change*, 69 : 419-426.

Gaillard M.-J., Birks H.J.B., Ihse M. & Runborg S. 1998. Pollen/landscape calibration based on modern pollen assemblages from surface-sediment samples and landscape mapping - a pilot study in South Sweden. *In :* M.-J. Gaillard, B.E. Berglund, B. Frenzel and U. Huckriede (Editors), *Quantification of land surfaces cleared of forests during the Holocene, Paläoklimaforschung /Palaeoclimate Research.* Gustav Fischer Verlag, Stuttgart: 31-52.

Hellman S., Gaillard M.-J., Broström A. & Sugita S. 2007a. The REVEALS model, a new tool to estimate past regional plant abundance from pollen data in large lakes - validation in southern sweden. *Journal of Quaternary Science* : in press.

Hellman S., Gaillard M.-J., Broström A. & Sugita S. 2007b. Effects of the sampling design and selection of parameter values on pollen-based quantitative reconstructions of regional vegetation : a case study in southern Sweden using the REVEALS model. *Vegetation History and Archaeobotany* : accepted.

Jacobson G.L. & Bradshaw R.H.W. 1981. The selection of sites for paleovegetational studies. *Quaternary Research*, 16 : 80-96.

Mazier, F., 2006. *Modélisation de la relation entre pluie pollinique actuelle, végétation et pratiques pastorales en moyenne montagne (Pyrénées et Jura). Application pour l'interprétation des données polliniques fossiles*, Université de Franche-Comté / Université de Neuchâtel, Besançon.

Mazier F., Broström A, Buttler A., Gaillard M.-J., Sugita S. & Vitoz P. 2008. Pollen productivity estimates and relevant source area of pollen for selected plant taxa in a pasture woodland landscape of the Jura mountains (Switzerland). *Vegetation History and Archaeobotany,* 17 : 479-495.

Mitchell F.J.G. 2005. How open were European primeval forests ? Hypothesis testing using palaeoecological data. *Journal of Ecology*, 93 : 168-177.

Moore P.D. 2005. Down to the woods yesterday. *Nature*, 433 : 588-589.

Nielsen A.B. & Sugita S. 2005. Estimating relevant source area of pollen for small Danish lakes around AD 1800. *The Holocene*, 15(7) : 1006-1020.

Parshall T. & Calcote R. 2001. Effect of pollen from regional vegetation and stand-scale forest reconstruction *The Holocene*, 11 : 81-87.

Parsons R.W. & Prentice C.I. 1981. Statistical approaches to R-values and the pollen-vegetation relationship *Review of Palaeobotany and Palynology*, 32 : 127-152.

Prentice I.C. 1985. Pollen representation, source area, and basin size : Toward a unified theory of pollen analysis. *Quaternary Research*, 23(1) : 76-86.

Prentice C.I. & Parsons R.W. 1983. Maximum Likelihood Linear Calibration of Pollen Spectra in terms of Forest Composition. *Biometrics*, 39 : 1051-1057.

Ruddiman W.F. 2003. The Anthropogenic Greenhouse Era Began Thousands of Years Ago. *Climatic Change*, 61 : 261-293.

Ruddiman W.F. 2005. The early anthropogenic hypothesis a year later. *Climatic Change*, 69 : 427-434.

Sjögren P. 2005. *Palaeoecological investigations of pasture woodland in Combe des Amburnex, Swiss Jura Mountains* Thesis, Institut für Planzenwissenschaften, Bern.

Sjögren P. 2006. The development of pasture woodland in the southwest Swiss Jura Mountains over 2000 years, based on three adjacent peat profiles. *The Holocene*, 16 : 210-223.

Soepboer W., Sugita S., Lotter A.F., Van Leeuwen J.F.N. & van der Knaap, W.O. 2007. Pollen productivity estimates for quantitative reconstruction of vegetation cover on the Swiss Plateau. *The Holocene*, 1 : 65-77.

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

Sugita S. 2007b. Theory of quantitative reconstruction of vegetation II: all you need is LOVE. *The Holocene*, 17(2): 243-257.

Sugita S., Gaillard M.-J. & Broström A. 1999. Landscape openness and pollen records: a simulation approach. *The Holocene*, 9: 409-421.

Sugita S., Gaillard M.-J., Hellman S. & Broström A. 2008. Model-based reconstruction of vegetation and landscape using fossil pollen. *In* "Proceedings of the 35th International Conference on Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology (CAA), Berlin, 2007. Layers of Perception Kolloquien zur Vor- und Fruhgeschichte Vol. 10 (Bonn 2008)". (A. Posluschny, K. Lambers, and I. Herzog, Eds.): 385-391.

Sugita S. & Walker K. 2000. Landscape Reconstruction Algorithm for estimating vegetation changes from pollen records: A case study in the Upper Great Lakes region using modern and presettlement pollen-vegetation data sets, AGU Fall meeting, San Fransisco.

Vera F.W.M. 2000. *Grazing Ecology and Forest History*. CABI Publishing, Wallingford.

Webb T.I., Laeski R.A. & Bernabo J.C. 1978. Sensing vegetational patterns with pollen data: choosing the data. *Ecology*, 59: 1151-1163.

Notes

[1] POLLANDCAL (2001-2005) : POLlen LANDscape CA-Libration, programme européen dirigé par la Professeure Marie-José Gaillard du Département Biologie et Sciences de l'Environnement (Université de Kalmar - Suède) regroupant 12 pays http://www.geog.ucl.ac.uk/ecrc/pollandcal.