

B.5. Etudes spatiales des paléo-paysages végétaux par période culturelle

B.5.1 « Le Mésolithique récent – Mésolithique final – Néolithique ancien » : 6500 à 4700 cal. BC

- Inventaire

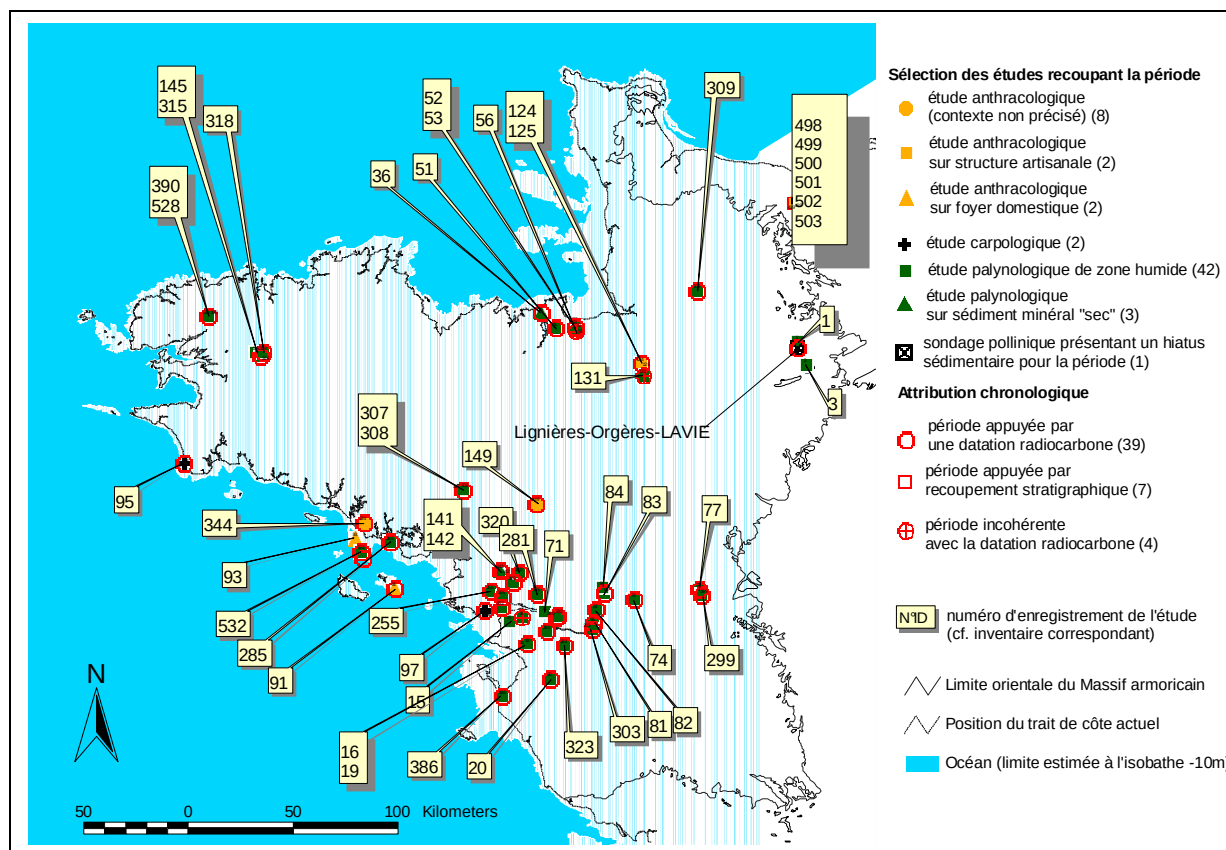


Fig. 264 Carte de répartition des études recoupant la période allant de 6500 à 4700 cal. BC (Mésolithique récent, Mésolithique final, Néolithique ancien). L'étude de Lignières-Ornières-La Vie présente un hiatus pour cette période.

La période allant de 6500 à 4700 BC est renseignée par 60 résultats archéobotaniques (dont une étude pollinique présentant un hiatus sédimentaire). Ces informations sont consignées dans 45 études palynologiques, 12 études anthracologiques et 2 études carpologiques. Une grande part des études palynologiques est localisée autour de la vallée de la Loire et en Brière (Fig. 264 et Fig. 265).

Ces résultats sont appuyés par une quarantaine de datations radiocarboniques. Rappelons que l'existence d'une datation radiocarbone dans au moins une des périodes adjacentes à la période étudiée est une condition nécessaire à l'enregistrement des informations dans la base de données à chronologie culturelle.

L'étude de cette période culturelle recoupe un certain nombre d'observations déjà acquis pour la période Atlantique. Toutefois, les résultats paléoenvironnementaux pris en compte ici intègrent un pas de temps d'enregistrement plus long, aussi les résultats sont finalement assez différents.

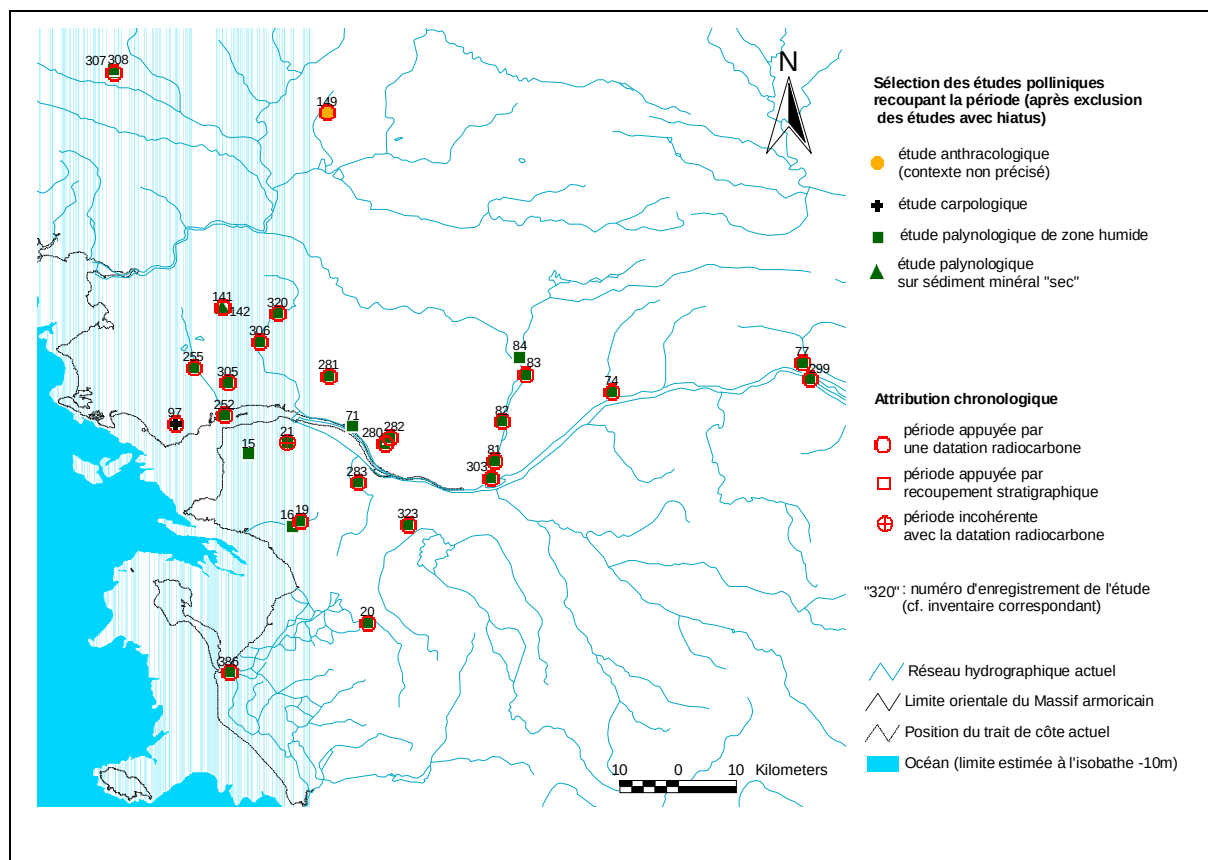


Fig. 265 Carte de répartition des études regroupées autour des marais de Brière et de la vallée de la Loire pour la période allant de 6500 à 4700 cal. BC (Mésolithique récent, Mésolithique final, Néolithique ancien).

- Taux de pollens d'arbres et de Poacées, interpolations

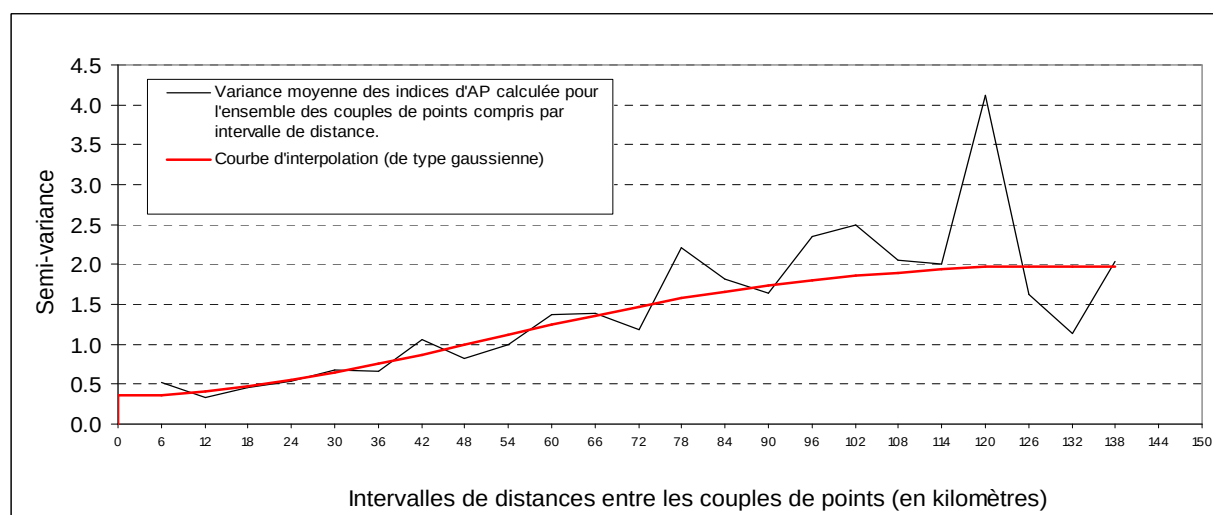


Fig. 266 Semi-variogramme et courbe d'interpolation des indices des taux de pollens d'arbres de l'ensemble des études polliniques de zones humides pour la période allant de 6500 à 4700 cal. BC (Lag interval = 6000 mètres avec une courbe d'interpolation de type gaussien) et ayant permis la construction de la carte d'interpolation des taux de pollens d'arbres. (RMS error = 0,6)

Le semi-variogramme montre des variances entre les indices des taux de pollens d'arbres faibles pour les couples de points proches. Ces variances vont progressivement augmenter avec la distance. La courbe d'interpolation de type gaussien suit relativement bien le semi-variogramme. Notons qu'il faut une grande distance entre les points de sondages polliniques avant que la variance ne stagne (environ 120 kilomètres). Le calcul des valeurs de chaque pixel par krigeage pondérera donc positivement l'ensemble des points compris dans un rayon d'environ 120 kilomètres (nous verrons que ce constat a une répercussion non négligeable sur la carte d'interpolation).

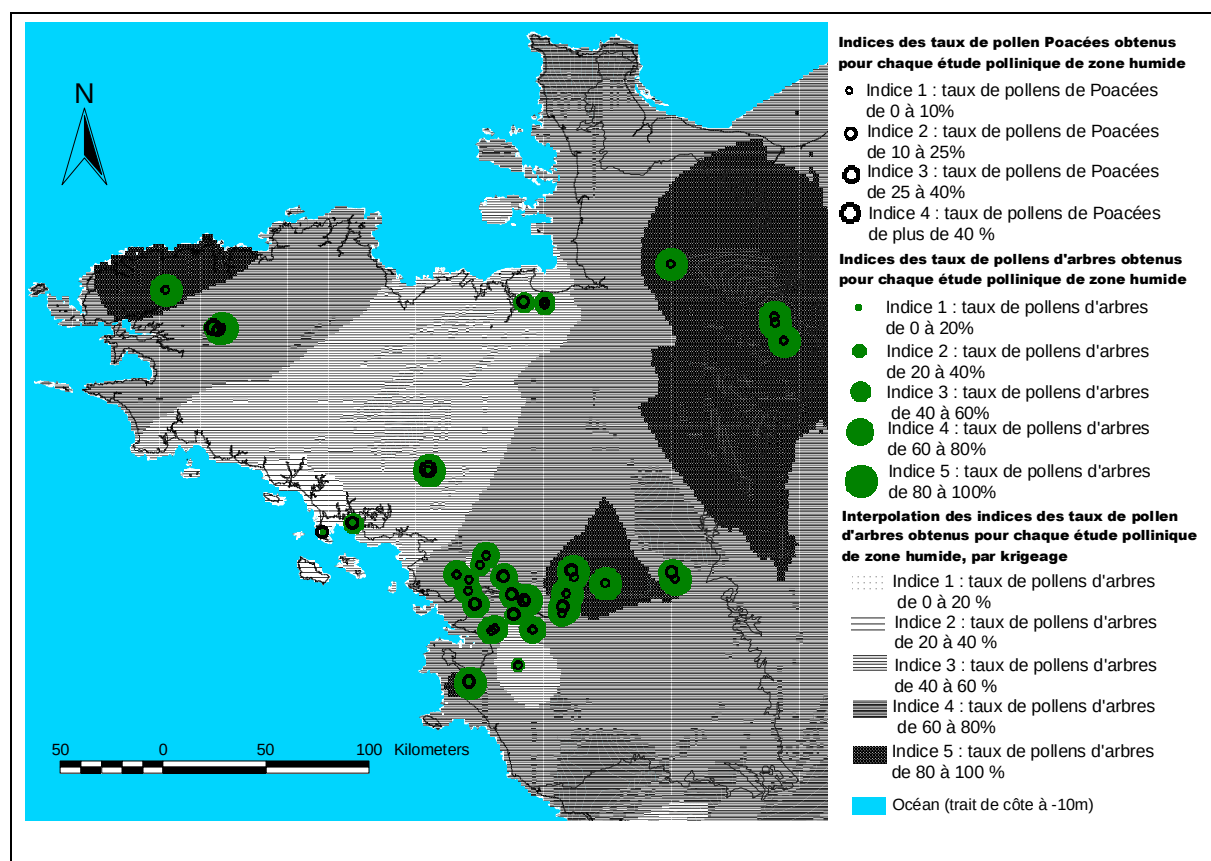


Fig. 267 Représentation et distribution géographique des taux de pollens de Poacées et d'arbres pour la période allant de 6500 à 4700 cal. BC. Le fond de carte est issu de l'interpolation des taux de pollens d'arbres à partir des études de zones humides et après exclusion des études présentant des datations en décalage (semi-variogramme avec un Lag interval = 6000 mètres et courbe d'interpolation de type gaussien).

La carte montre des flux polliniques d'arbres plus importants sur la marge orientale et sur l'extrême ouest de la péninsule bretonne.

Ces deux secteurs sont séparés par une zone présentant des indices interpolés allant de 4 à 3. Si l'obtention de l'indice « 4 » était attendue pour la plus grande partie de la surface du Massif armoricain (Fig. 114 évolution de la moyenne des taux de pollens d'arbres), les valeurs d'indice « 3 » pour tout l'intérieur de la Bretagne sont plus surprenantes et ce notamment au regard de la carte d'interpolation de la fin de l'Atlantique (Fig. 202).

En fait, l'ensemble de ce secteur est à considérer avec précaution puisqu'il y a très peu d'études polliniques de zones humides recoupant cette période à l'intérieur de la péninsule bretonne (seules les deux études de Kerfontaine à Serent (Visset, 1994) sont présentes dans ce vaste secteur). Or, nous avons vu que la forme du semi-variogramme permet de pondérer positivement les valeurs des points de sondages compris dans un rayon de 120 kilomètres

autour de chaque pixel (contre 45 kilomètres seulement pour la carte de la fin de l'Atlantique). L'interpolation des pixels situés au niveau du centre-Bretagne a ainsi pu bénéficier à la fois des valeurs des études polliniques de la baie du Mont-Saint-Michel (ex. études de Saint-Coulban ou du Mont-Dol, Morzadec-Kerfourn, 1974) et de la côte Morbihannaise (ex. études de Kerpenhir à Locmariaquer (Visset, L'Helgouac'h et Bernard, 1996) et de Rohu-Pargo (chapitre C) qui présentent toutes de faibles taux de pollens d'arbres à cause des contraintes maritimes. L'interpolation du centre Bretagne ne traduit donc probablement pas une réalité paysagère.

Afin d'appréhender l'effet de la continentalité sur les flux polliniques d'arbres, nous avons choisi de travailler à l'intérieur d'une fenêtre comprenant un grand nombre d'études polliniques : la région de l'embouchure de la Loire (Fig. 268).

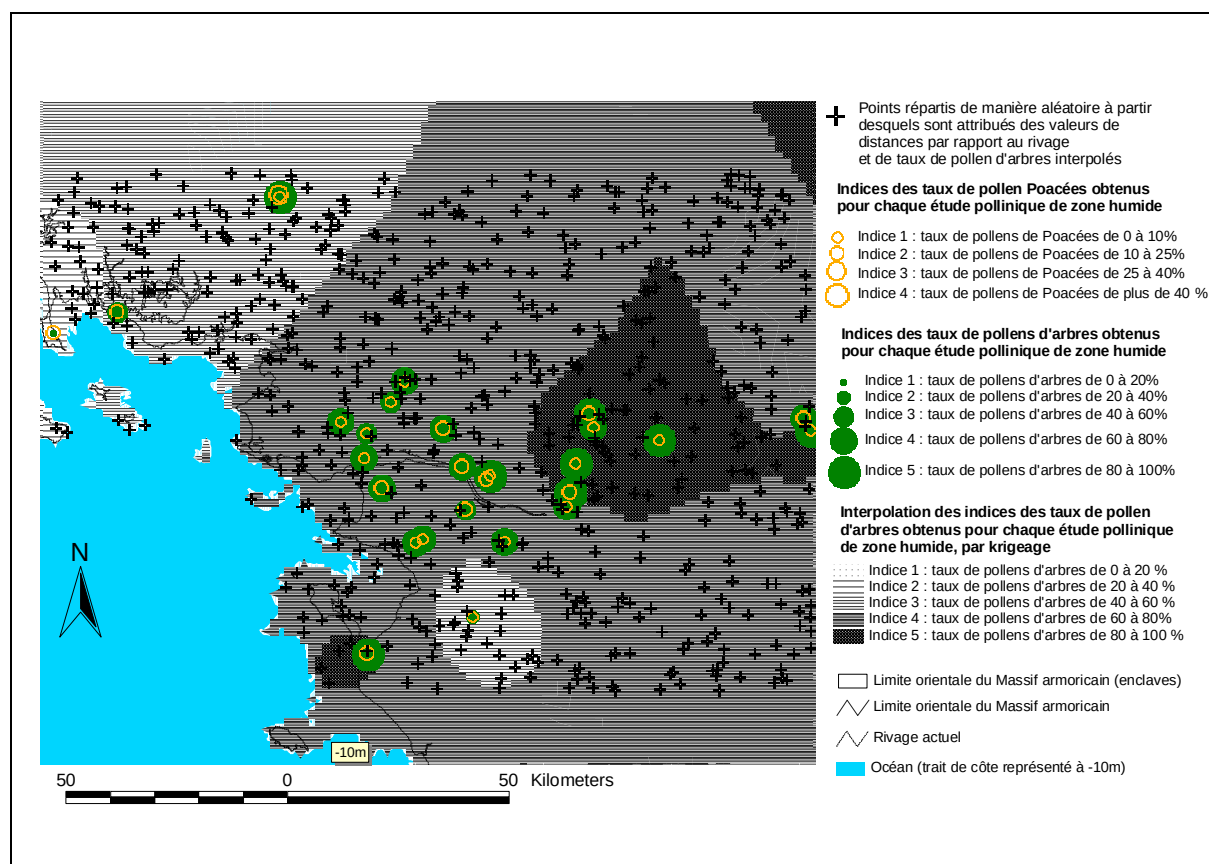


Fig. 268 Représentation et distribution géographique des taux de pollens de Poacées et d'arbres pour la fenêtre de la vallée de la Loire et du littoral sud du Massif armoricain à la période allant de 6500 à 4700 cal. BC. Le fond de carte est issu de l'interpolation des taux de pollens d'arbres à partir des études de zones humides et après exclusion des études présentant des datations douteuses. Des valeurs de distances par rapport au rivage et des taux de pollens d'arbres interpolés ont été attribuées à 609 points répartis de manière aléatoire à la surface de ce secteur.

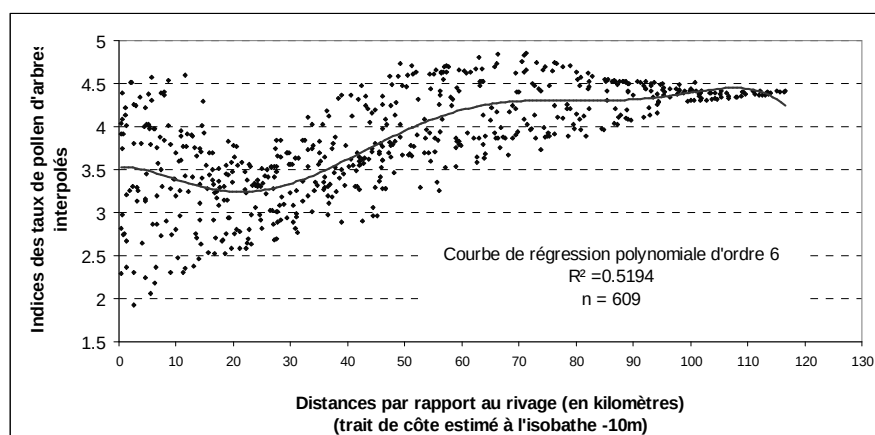


Fig. 269 Indices des taux de pollens d'arbres interpolés en fonction de la distance au rivage pour les 609 points répartis de manière aléatoire dans la fenêtre ci-dessus (Fig. 268).

A l'intérieur de cette fenêtre, la proximité du littoral a un effet contraignant sur la production du flux pollinique d'arbres. Ainsi, sur les trente premiers kilomètres à partir du rivage, la courbe de régression polynomiale indique des valeurs oscillant autour de l'indice 3,3. On note par ailleurs une forte hétérogénéité des valeurs, notamment sur la marge littorale (entre 0 et 10 kilomètres du littoral, les indices des taux d'AP varient entre 2 et 4,5).

De 30 kilomètres à 60 kilomètres du rivage, les valeurs des indices du taux de pollens d'arbres interpolés augmentent régulièrement. Au-delà, des flux polliniques d'arbres importants (entre 60 et 100% de pollens d'arbres) montrent des paysages fermés et homogènes.

- Corrélation entre la distribution des sites archéologiques et les taux de pollens d'arbres de la région Bretagne

Afin de percevoir une éventuelle corrélation entre les concentrations de sites archéologiques et les taux de pollens d'arbres, le nombre de sites archéologiques compris dans un rayon de 10 kilomètres autour de chaque étude pollinique de zone humide recoupant la période a été interrogé par l'intermédiaire de la carte archéologique de la région Bretagne (Fig. 270).

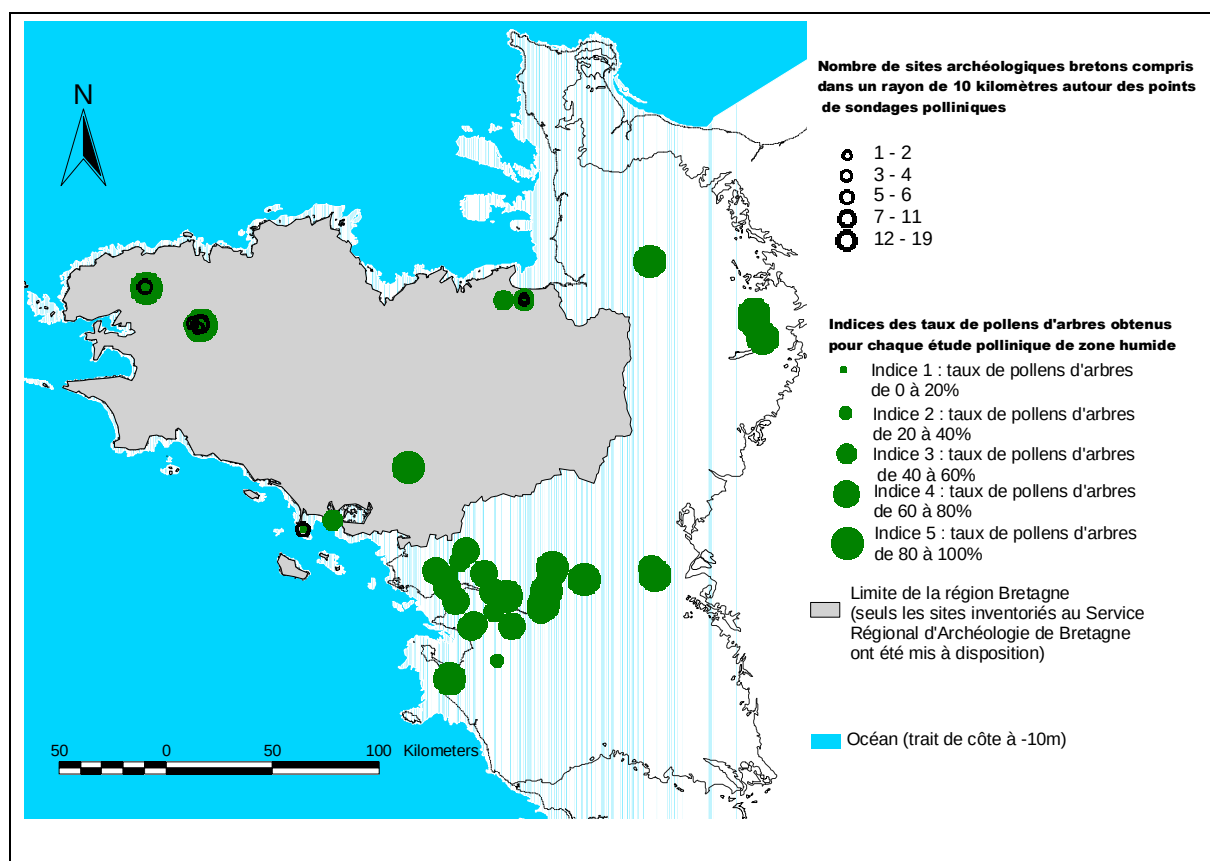


Fig. 270 Répartition des sondages polliniques armoricains de zones humides et recoupant la période allant de 6500 à 4700 cal. BC. L'indice du taux de pollens d'arbres et le nombre de sites archéologiques du Mésolithique de la région Bretagne ont été attribués et indiqués pour chaque sondage pollinique.

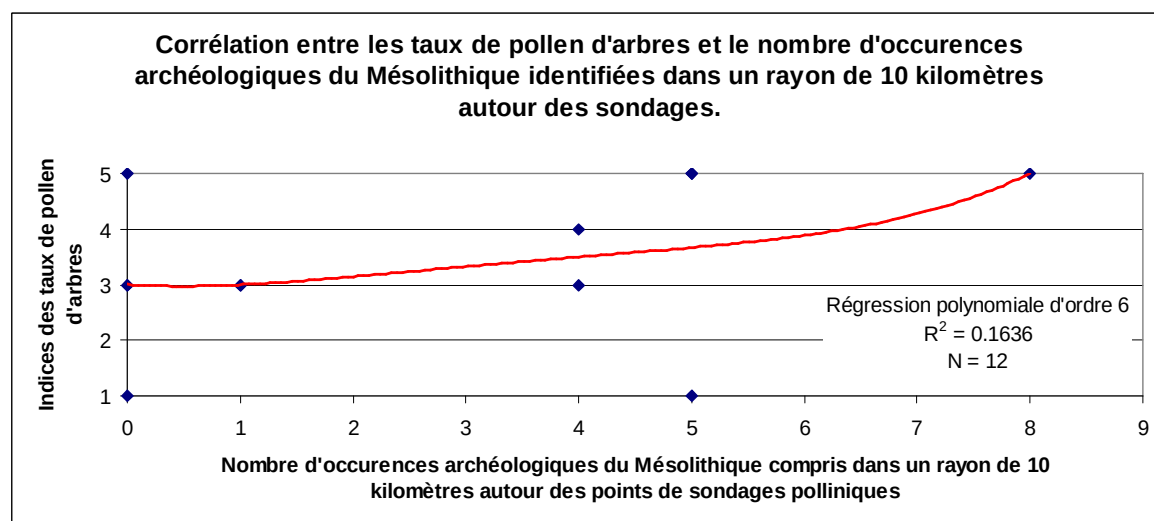


Fig. 271 Mise en relation du nombre de sites archéologiques du Mésolithique avec les indices du taux de pollens d'arbres pour les douze sondages polliniques localisés dans la région Bretagne.

Le graphique obtenu montre une relation plutôt surprenante car on constate davantage d'occurrences archéologiques autour des sondages présentant les indices des taux de pollens d'arbres les plus élevés.

Il faut néanmoins interpréter ces résultats avec beaucoup de précaution car l'effectif des sondages permettant la corrélation est faible (douze sondages seulement) et le coefficient de détermination, faible ($R^2=0,16$) révèlent une forte dispersion des valeurs. D'autre part, la définition chronologique des sites fournie par le Service Régional d'Archéologie n'est pas en adéquation avec le découpage chronologique des données archéobotaniques. En effet, les sites archéologiques sont décrits comme appartenant au « Mésolithique » alors que l'inventaire archéobotanique correspond à la période allant de 6500 à 4700 cal. BC. (cf. remarque sur les biais de la carte archéologique § A.2.2.2.2).

- Indices d'anthropisation, discussion

Parmi l'ensemble des évolutions des attributs archéobotaniques enregistrés pour cette période, ce sont incontestablement les indices d'anthropisation et notamment les indices de cultures qui sont actuellement les plus discutés.

En effet, l'apparition de l'agriculture (qui s'inscrit dans une évolution culturelle plus globale : la Néolithisation, cf. § A.2.2.1) marque une étape décisive dans l'histoire de chaque société.

Actuellement, l'ensemble des investigations archéologiques (hors palynologie) s'accorde pour fixer l'apparition des premiers agriculteurs vers 4700 av. J.-C. dans le nord-ouest de la France (cf. § A.2.2.1.3). Or, des pollens de type « *Cerealia* » ont été identifiés bien plus tôt (jusqu'à 6000 cal. av. J.-C. selon Visset *et al.*, 2002).

Dans le cadre de ce mémoire, nous avons donc inventorié ces quelques indices de culture et de pollens type « *Cerealia* », forts anciens pour la période allant de 6500 à 4700 cal. BC (Fig. 273).

Notons qu'un certain nombre d'études polliniques a enregistré des paléo-végétations littorales (ex. attestations de dinoflagellés et halophytes telles que certaines Plombaginacées, Chénopodiacées). Or, le caractère littoral de certaines études entretient le débat sur l'origine « anthropique » ou non des grains de pollens de « type *Cerealia* ». En effet, d'après Lopez Saez *et al.*, 2003, les pollens de certaines Poacées littorales (ex. *Agropyrum* et particulièrement *A. junceum*) seraient aussi connus pour avoir des caractères anatomiques très proches des pollens de céréales. Les pollens de céréales et d'*Agropyrum* ont des tailles (entre 40 et 60µm) et un rapport de la longueur de l'axe polaire à la longueur de l'axe équatorial (inférieur à 1,25) identiques (Reille, 1992, 1995 ; Chester et Ian Raine, 2001).

La détection de groupements littoraux à quelques kilomètres à l'intérieur des terres peu surprendre. Néanmoins, l'absence bien évidemment de barrages sur les fleuves permettait très probablement la pénétration d'influences marines sur les rivages de ces cours d'eau à l'intérieur des terres. Il n'est donc pas impossible que certains « groupements littoraux ou d'estuaires » se soient développés sur les rives des fleuves à quelques kilomètres à l'intérieur des terres.

Une Analyse Factorielle des Correspondances menée sur l'ensemble des études polliniques et carpologiques recoupant la période (47 résultats) montre clairement que les études présentant des attestations de céréales (codées NA_CE) comportent très souvent aussi des groupements archéobotaniques littoraux (codés, NA_S7 et NA_L8 dans l'analyse suivante Fig. 272).

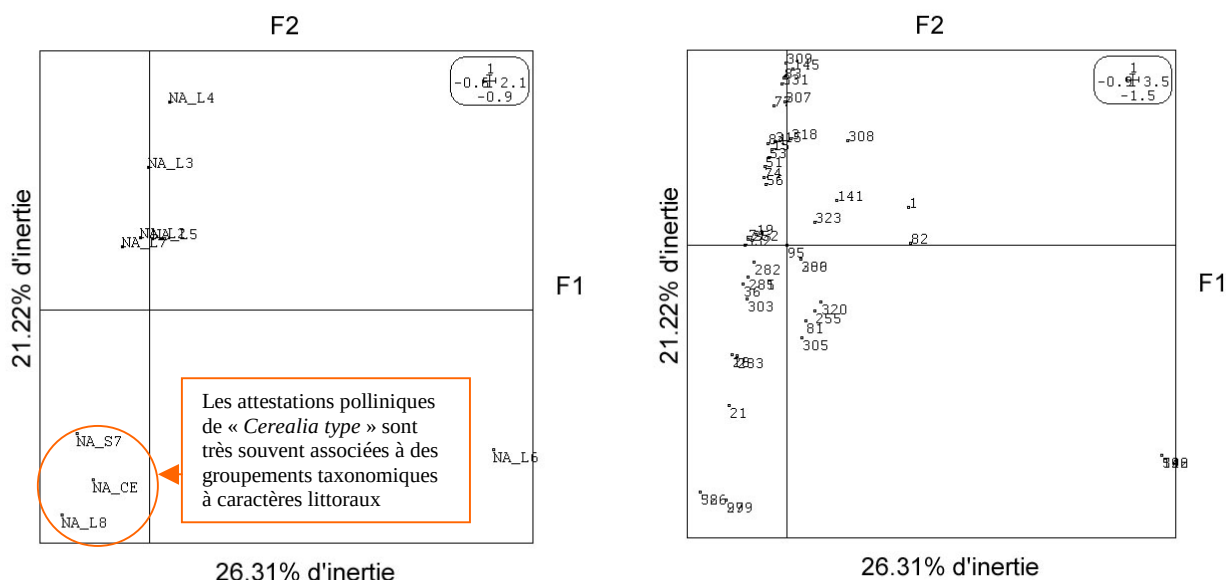


Fig. 272 AFC des groupements archéobotaniques de « sols bien drainés » en plus de groupements littoraux de la période allant de 6500 à 4700 cal. BC. (NA_S7 : « groupements de côtes sableuses » ; NA_L2 : « groupements de friches » ; NA_L3 : « groupements de prairies hygro- à mésophiles » ; NA_L4 : « groupements de landes armoricaines et de pâturages secs » ; NA_L5 : « groupements de boisements rudéraux » ; NA_L6 : « groupements de forêts claires » ; NA_L7 : « groupements de communautés rudérales, chemins, zones d'habitats, lieux de pacages » ; NA_L8 : « groupements de rochers et de falaises »). NA_CE : représente les occurrences des pollens de type « *Cerealia* » dans les études. Le plan factoriel de droite représente la position des études dans le plan factoriel 1-2.

L'axe principal (26,31% de l'inertie totale) permet de ranger les études en fonction des occurrences de groupements littoraux (NA_S7 et NA_L8) ou bien au contraire de groupements forestiers (NA_L6). C'est donc un effet de la continentalité qui est traduit par l'axe F1. Or, les occurrences polliniques de type « *Cerealia* » sont nettement associées aux études présentant les groupements littoraux pour cette période. L'hypothèse de pollens de Poacées type « *Cerealia* » provenant de Poacées littorales serait donc plutôt renforcée.

Notons d'autre part que « l'effet réservoir » peut aussi être évoqué pour expliquer l'ancienneté systématique des datations radiocarboniques réalisées sur des sédiments littoraux, ou plus globalement sur des sédiments susceptibles de comporter des micro-restes coquilliers.

Néanmoins, au regard des datations radiocarboniques (qui présentent parfois des marges d'erreurs assez larges) et à défaut d'études sédimentologiques systématiques sur les niveaux correspondant à ces attestations, il est actuellement impossible de rejeter l'attribution très ancienne des pollens type « *Cerealia* », dont les déterminations restent indéniables.

Afin de contribuer au « débat », nous avons jugé intéressant de sélectionner les études ayant enregistré des pollens type « *Cerealia* » en l'absence d'occurrences de groupement littoraux. (Fig. 273 à Fig. 277).

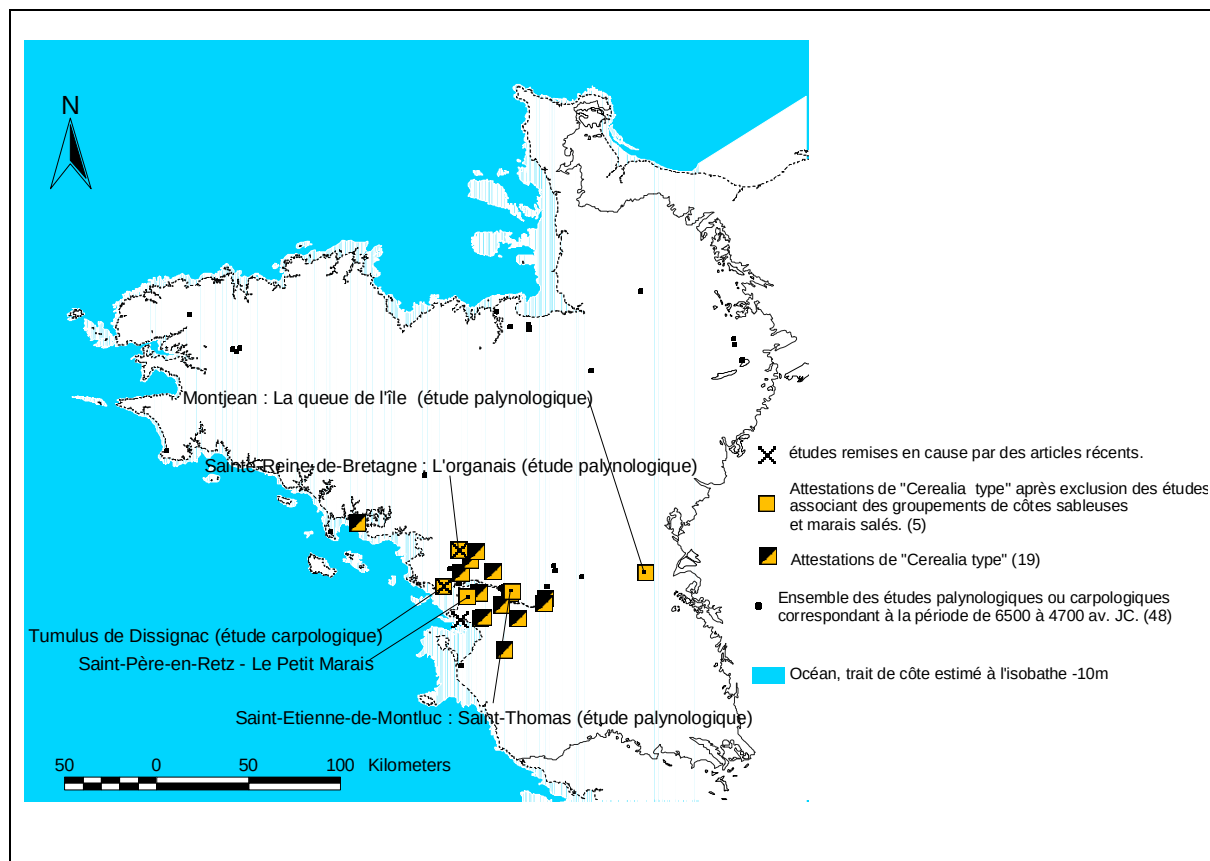


Fig. 273 Distribution géographique des études polliniques présentant des occurrences « *Cerealia type* » entre 6500 et 4700 av. JC (période du Mésolithique / Néolithique ancien). Deux sélections ont été réalisées une présentant l'ensemble des études avec des attestations « *Cerealia type* » et une autre présentant ces mêmes attestations après exclusion des études présentant à la fois des occurrences de végétations littorales (groupements de côtes sableuses).

Seulement cinq études présentent des attestations polliniques de « *Cerealia type* » sans occurrences de groupements littoraux pour la période allant de 6500 à 4700 av. JC.

Lieux de prélèvement	Datation radiocarbone (calibration avec Oxcal v3.9, Stuiver, 1998)	Référence bibliographique	Type d'étude
Saint-Père-en-Retz - Le Petit Marais		BERNARD J., 1996 - Paléoenvironnement du Pays-de-Retz et du Marais Breton-Vendéen. Thèse de Doctorat de l'Université de Nantes, 2 tomes, 174p.	Etude pollinique de zone humide
Saint-Nazaire : Tumulus de Dissignac (étude carpologique)	Gif 3823 : 6250±150 BP; Gif 3822 : 5940±150 BP; Gif 3820 : 5780±150 BP	L'HELGOUACH J., 1979 - Informations archéologiques, Saint-Nazaire, Gallia Préhistoire, 22, p. 563-568.	Etude carpologique
Sainte-Reine-de-Bretagne L'organais (étude palynologique)	Gif 6170 : 5990±100 BP : 5250 (95,4%) 4600 cal. BC	VISSET L., 1985 - Etude palynologie. In : Gallais J.-Y., et al., Le site à microlithes de l'Organais en Sainte-Reine-de-Bretagne (Loire-Atlantique), R A O ,2, p. 40-43.	Etude pollinique en contexte minéral sec
Saint-Etienne-de-Montluc : Saint-Thomas (étude palynologique)	UPS 2400 : 5710±330 BP : 5400 (95,4%) 3800 cal. BC	VOELTZEL D., 1987 - Recherches pollenanalytiques sur la végétation holocène de la plaine alluviale de l'estuaire de la Loire et des coteaux environnants. Laboratoire d'Ecologie et de Phytogéographie Faculté des Sciences et des Techniques, Nantes 1987, 17	Etude pollinique de zone humide
Montjean : La queue de l'île (étude palynologique)	A8668 : 6200±80BP : 5330 (95,4%) 4920 cal. BC A10561 : 6120±110BP : 5350 (95,4%) 4750 cal. BC A8667: 6090±100BP : 5300 (95,4%) 4700 cal. BC	CARCAUD N., CYPRIEN A.-L., VISSET L., 2000 - Marais et vallée de la Loire, mémoire des paysages depuis 10000 ans, Archives d'Anjou 4, 187-215.	Etude pollinique de zone humide

Fig. 274 Inventaire des études ayant enregistré des occurrences de « *Cerealia type* » en absence de « groupements de côtes sableuses et de marais salés ».

Un travail semblable a été mené sur les occurrences de groupements archéobotaniques de « cultures ». L'enregistrement de ces groupements étant basé sur la détection de taxons de plantes adventices en plus de la présence de taxons allochtones, (cf. § B.2.2.2.37.2). Une sélection des études présentant des groupements significatifs de cultures sans groupements littoraux a été réalisée (Fig. 275).

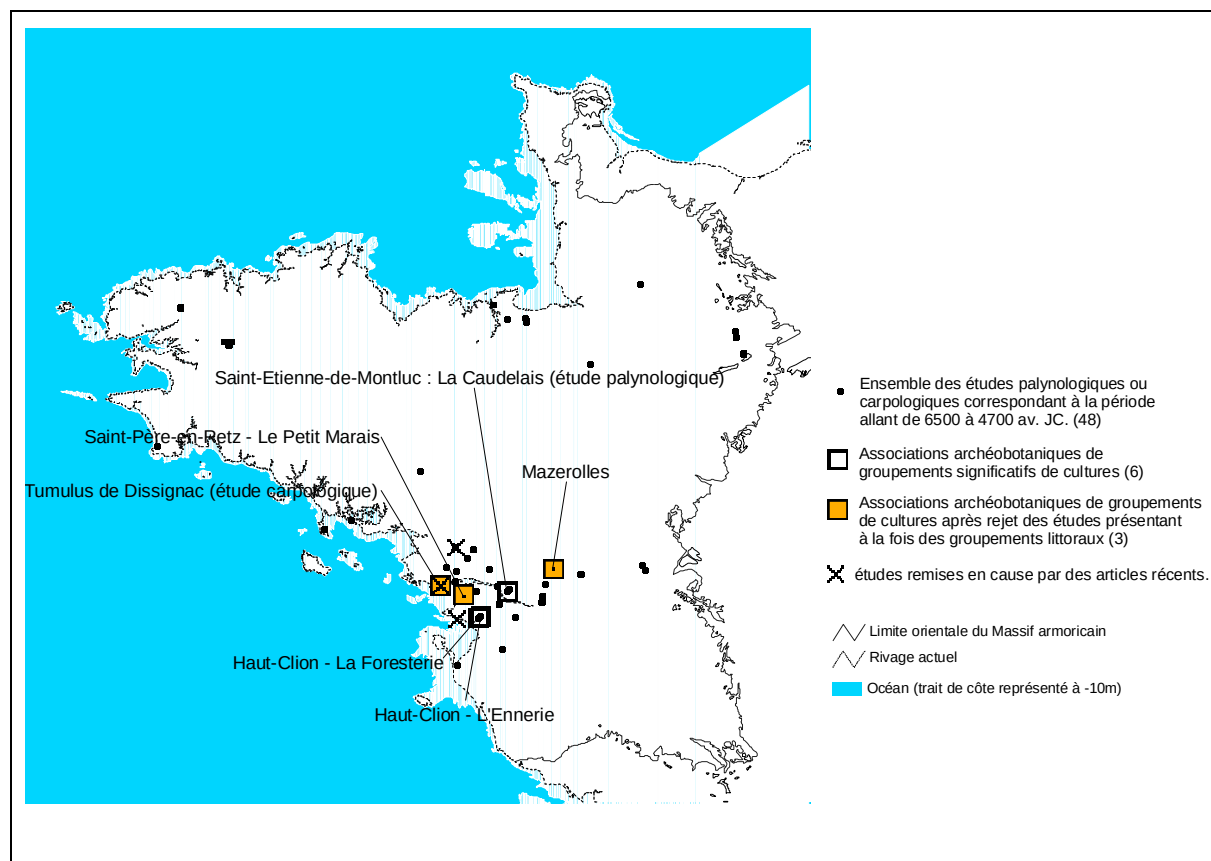


Fig. 275 Carte de répartition des études présentant des occurrences de groupements significatifs de cultures en l'absence de groupements littoraux entre 6500 et 4700 av. JC.

Après sélection, six études présentent des occurrences de groupements significatifs de cultures à la période Mésolithique / Néolithique ancien (6500 à 4700 avant JC). Rappelons que ces résultats sont bien entendu à considérer avec précaution.

Notons cependant que les datations de ces résultats comportent des marges d'erreurs très larges (Fig. 276).

Lieu de l'étude	Datations (calibrations par Oxcal v.3.9 ; Stuiver, 1998)	Référence bibliographique	Attestations allochtones	attestations de « type <i>Cerealia</i> » en présence de groupements littoraux	Résultat Critiqué	Type d'analyse
Saint-Nazaire : Tumulus Dissignac (étude carpologique)	Gif 3823 : 6250±150 BP; Gif 3822 : 5940±150 BP; Gif 3820 : 5780±150 BP	L'HELGOUACH J., 1979 - Informations archéologiques, Saint-Nazaire, Gallia Préhistoire, 22, p. 563-568.	- <i>Cerealia</i> - <i>Vicia faba</i> - <i>Pisum sativum</i> - <i>Triticum aestivo-compactum</i>		OUI (Marchand, 1999)	Etude carpologique
Saint-Père-en-Retz - Le Petit Marais		BERNARD J., 1996 - Paléoenvironnement du Pays-de-Retz et du Marais Breton-Vendéen. Thèse de Doctorat de l'Université de Nantes, 2 tomes, 174p.	- <i>Cerealia</i>			Palynologie en zones humides
Haut-Clion - La Foresterie		BERNARD J., 1996 - Paléoenvironnement du Pays-de-Retz et du Marais Breton-Vendéen. Thèse de Doctorat de l'Université de Nantes, 2 tomes, 174p.	- <i>Cerealia</i> - <i>Vitis</i>	OUI		Palynologie en zones humides
Haut-Clion L'Ennerie	LGQ 590 : 6820±620 BP : 7100 (95,4%) 4300 cal. av. JC ; LGQ 591 : 6980±370 BP : 6700 (95,4%) 5000 cal. av. JC ;	BERNARD J., 1996 - Paléoenvironnement du Pays-de-Retz et du Marais Breton-Vendéen. Thèse de Doctorat de l'Université de Nantes, 2 tomes, 174p.	- <i>Cerealia</i> - <i>Vitis</i> - <i>Cannabis</i> / <i>Humulus</i>	OUI		Palynologie en zones humides
Mazerolles	A10206 : 6485±85BP : 5620 (95,4%) 5300 cal. av. JC ;	OUGUERRAM A., 2002 - Histoire de la vallée de l'Erdre (affluent de la Loire, Massif armoricain, France) de la fin du Tardiglaciaire aux époques actuelles. Thèse de doctorat, Université de Nantes, Editions Groupe d'Etude des Milieux Naturels, 24 Figures,	- <i>Cannabis</i> / <i>Humulus</i> - <i>Vitis</i>			Palynologie en zones humides
Saint-Etienne-de-Montluc : La Caudelais	UPS 2537 : 6550±210 BP : 5900 (95,4%) 4950 cal. Av. JC	VOELTZEL D., 1987 - Recherches pollenanalytiques sur la végétation holocène de la plaine alluviale de l'estuaire de la Loire et des coteaux environnants. Laboratoire d'Ecologie et de Phytogéographie Faculté des Sciences et des Techniques, Nantes 1987, 17	- <i>Cerealia</i> - <i>Vitis</i> - <i>Juglans</i>	OUI		Palynologie en zones humides

Fig. 276 Inventaire des études ayant enregistré des occurrences de groupements significatifs de cultures.

Les études du « Haut-Clion - La Foresterie », du « Haut-Clion - L'Ennerie » et de « Saint-Etienne-de-Montluc : La Caudelais », présentent à la fois des occurrences de pollens type « *Cerealia* » et des groupements de « côtes sableuses et de marais salés » (Fig. 275).

Des groupements significatifs de culture peuvent être interprétés dans les études de Saint-Père-en-Retz (Le Petit Marais) (Bernard, 1996) et de Mazerolle (Ouguerram, 2002), mais l'absence de datations dans la première étude et l'origine peut-être autochtone des pollens de *Cannabis* / *Humulus* et de *Vitis* de la seconde étude amènent à considérer ces interprétations avec circonspection.

Les groupements de « friches » (caractérisés par des taxons de plantes adventices) mais aussi les groupements de communautés rudérales, chemins, zones d'habitats, lieux de pacage (caractérisés par des taxons de plantes rudérales) sont fréquemment détectés dans les sondages. Ces deux groupements semblent se répartir de manière homogène sur le Massif armoricain (Fig. 277). Néanmoins, seule l'analyse de co-inertie devrait permettre de faire ressortir une explication objective au regard des autres paramètres naturels.

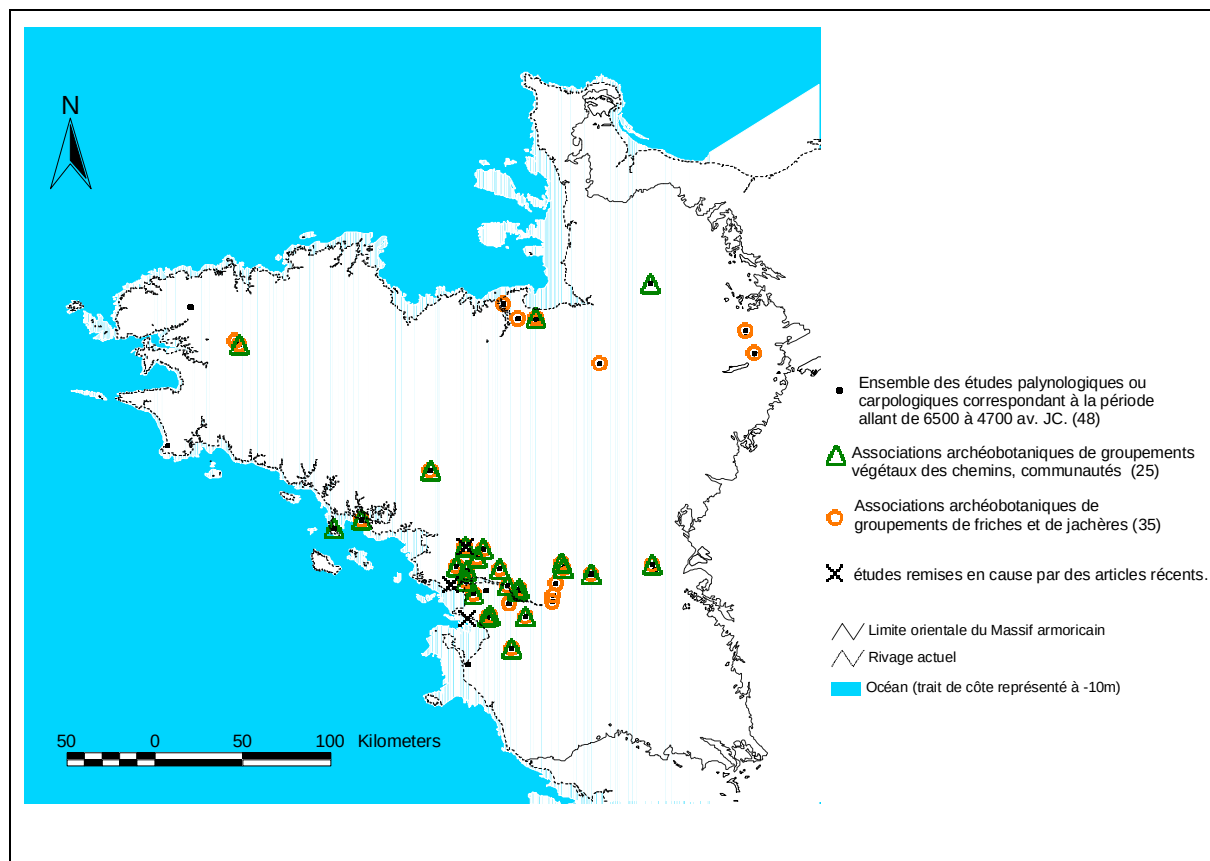


Fig. 277 Distribution des études recoupant la période allant de 6500 à 4700 cal. BC, avec indication des occurrences des groupements de « friches » et des occurrences des groupements de « communautés rudérales, chemins, zones d'habitats, lieux de pacage ».

- Explication de la répartition armoricaine des groupements « des sols bien drainés » par les paramètres abiotiques : analyse de co-inertie

1. Analyse Factorielle des Correspondances des groupements polliniques de « sols bien drainés » de la période allant de 6500 à 4700 cal. BC

Les groupements de « cultures » restant à interpréter avec précaution pour cette période (cf. AFC, Fig. 272), les occurrences de ces groupements ont été exclues de l'Analyse Factorielle des Correspondances et donc de l'analyse de co-inertie. En revanche, les groupements de « friches » mais aussi les groupements de « communautés rudérales, chemins, zones d'habitats, lieux de pacages » pourraient potentiellement représenter la présence de l'homme.

Par ailleurs, les groupements végétaux des rochers et des falaises » et les groupements de « forêts claires » ont aussi été exclus car ils prenaient une part trop importante de l'inertie totale.

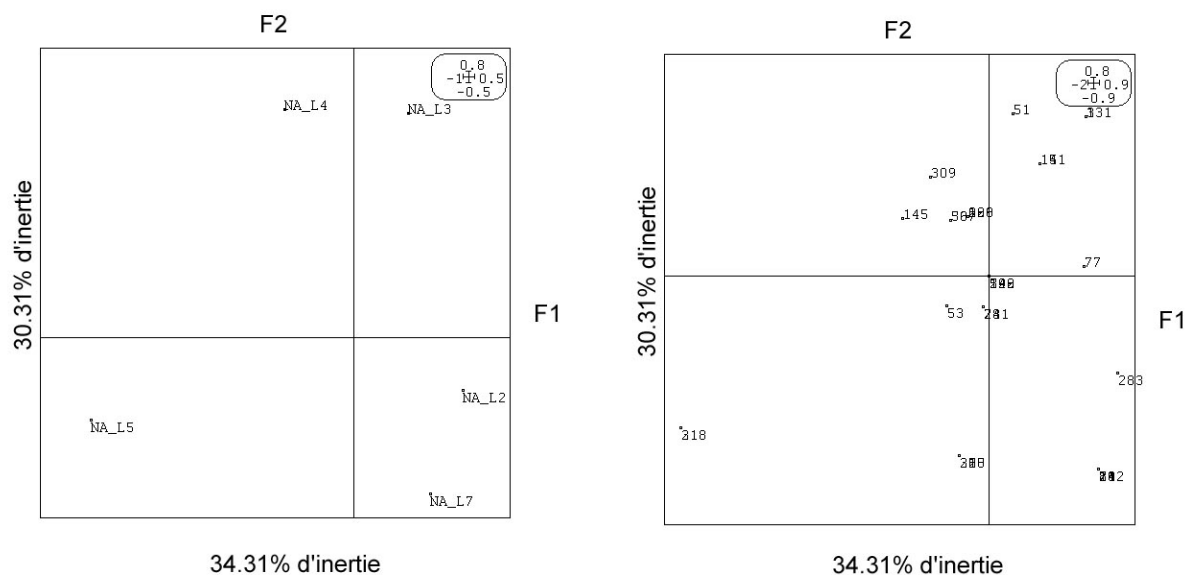


Fig. 278 AFC des groupements polliniques de « sols bien drainés » de la période allant de 6500 à 4700 cal. BC. (NA_L2 : « groupements de friches » ; NA_L3 : « groupements de prairies hygro- à mésophiles » ; NA_L4 : « groupements de landes armoricaines et de pâturages secs » ; NA_L5 : « groupements de boisements rudéraux » ; NA_L7 : « groupements de communautés rudérales, chemins, zones d'habitats, lieux de pacages ». Le plan factoriel de droite représente la position des études dans le plan factoriel 1-2.

L'axe principal (34,31% de l'inertie) traduit un gradient « d'anthropisation » des groupements archéobotaniques, puisqu'il sépare les végétations plutôt anthropisées ou végétations naturelles très ouvertes (NA_L2, NA_L7, NA_L5) des végétations plutôt naturelles (« NA_L4 » : les landes et surtout « NA_L5 » : boisements rudéraux).

2. Analyse des Composantes Principales des paramètres abiotiques des études polliniques de zones humides recoupant la période allant de 6500 à 4700 cal. BC

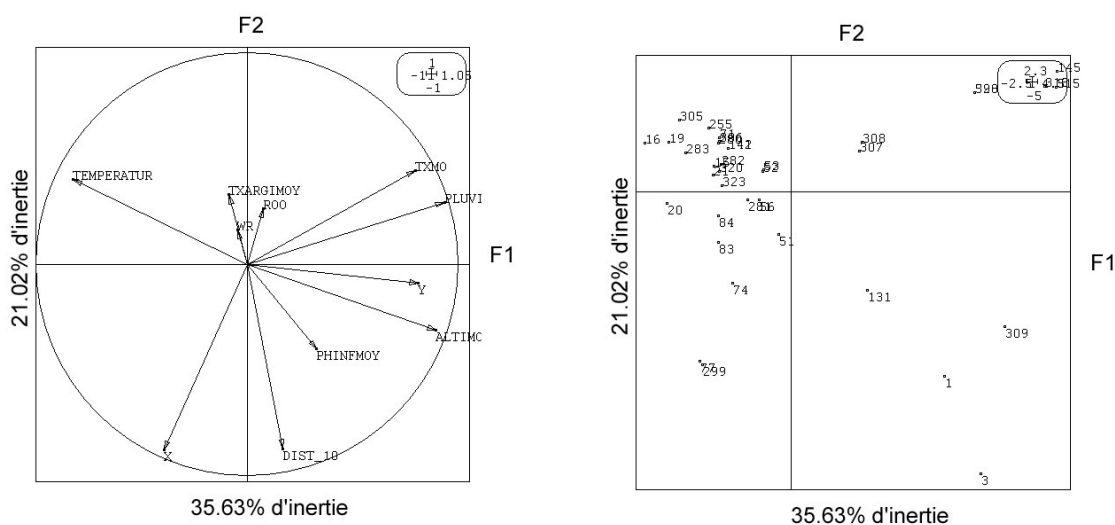


Fig. 279 ACP des paramètres abiotiques des études polliniques de zones humides recoupant la période allant de 6500 à 4700 cal. BC. Un certain nombre d'études a été retiré de cette analyse à cause de l'absence de données concernant un ou plusieurs facteurs environnementaux. Les paramètres pris en compte sont les suivants : « Températur » : température moyenne annuelle actuelle au point d'étude ; « Wr » : régime hydrique ou durée des sols engorgés ; « Txargimoy » : taux d'argile moyen pour le canton ; « Phinf » : Ph inférieur des sols par canton ; « Dist_10 » : distance du point d'étude par rapport à l'isobathe des -10 m ; « Altimoy » : altitude moyenne des environs du point de sondage ; « Pluviométr » : pluviométrie annuelle moyenne actuelle au point d'étude ; « Txmo » : Taux de matière organique moyen par canton ; « X » : coordonnée longitudinale du point d'étude ; « Y » : coordonnée latitudinale du point d'étude.

L'axe F1 de l'analyse est principalement expliqué par les valeurs de pluviométrie, d'altitude et de la latitude. Les valeurs de températures augmentent quant à elles dans le sens inverse de l'axe. Au final, c'est essentiellement l'effet de la latitude qui ressort avec cet axe. L'axe F2 met en évidence l'effet de la continentalité via les valeurs de distance par rapport au rivage (Dist_10) et par les valeurs de longitude qui augmentent vers l'est (X).

3. Analyse de co-inertie à partir de l'AFC des groupements sols bien drainés et de l'ACP des paramètres abiotiques des études recoupant la période allant de 6500 à 4700 cal. BC

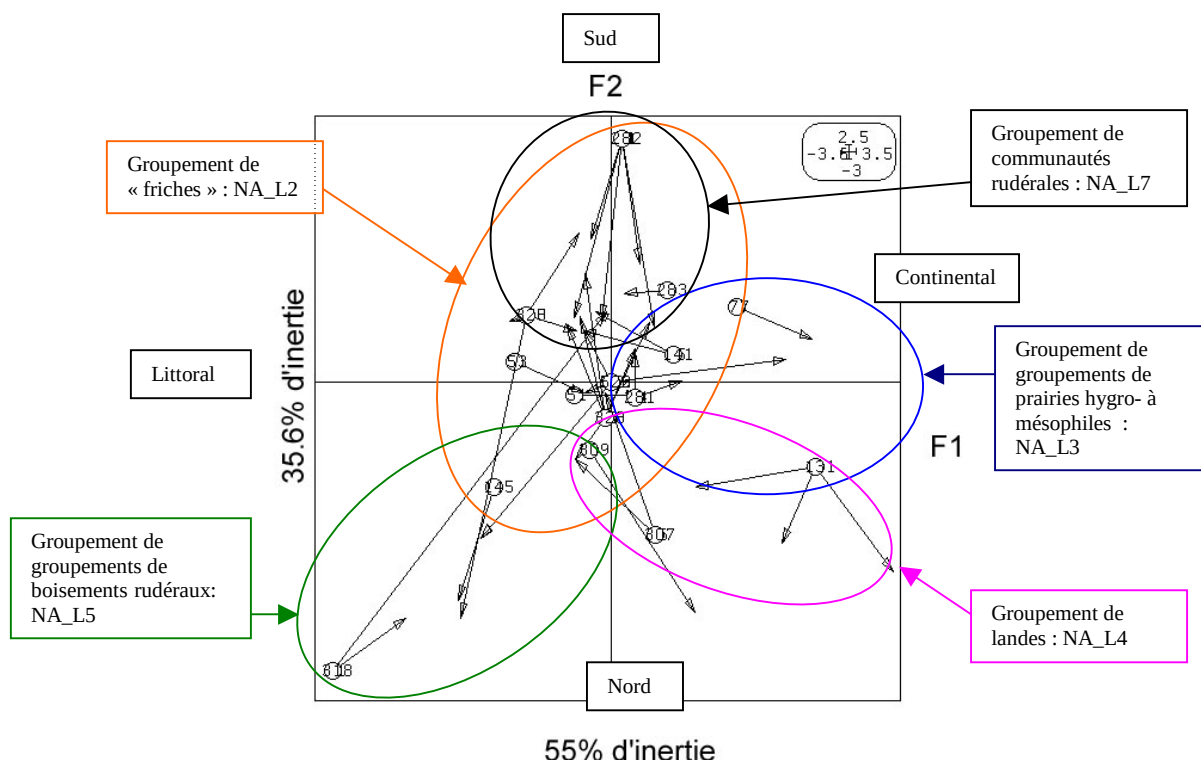


Fig. 280 Analyse de co-inertie à partir de l'AFC des groupements de sols bien drainés et de l'ACP des paramètres abiotiques des études recoupant la période allant de 6500 à 4700 cal. BC. Les études sont signalées par leur numéro d'enregistrement. Un test de Monte Carlo (1000 permutations aléatoires réalisées sur les valeurs des deux tables) a montré que la relation obtenue par l'analyse de co-inertie n'est pas due au hasard à seulement 16%.

L'analyse de co-inertie permet de discerner les 5 groupements archéobotaniques déjà séparés par l'Analyse Factorielle des Correspondances. Par ailleurs, les études 131, 307, 318, 145 permettent de faire correspondre la moitié inférieure du plan factoriel à des études de la moitié nord du Massif alors que les études 282, 283 indiquent des latitudes plus méridionales pour la partie supérieure du plan. L'axe F1 de l'analyse de co-inertie correspond davantage au gradient de la continentalité puisque l'on retrouve des études littorales (telles que les études 318, 145) sur la gauche de l'axe, alors que ce sont des études plus continentales que l'on trouve sur la droite de l'axe (ex. études 131, 77, 283).

Le groupement des « friches » (NA_L2) occupe la partie centrale du plan factoriel car il est identifié dans la grande majorité des études (cf. plan factoriel de l'analyse et Fig. 277).

Les groupements de landes (NA_L4) et de boisements rudéraux (NA_L5) sont quant à eux dans la partie inférieure du plan. Ils sont donc localisés dans la moitié nord du Massif armoricain. De plus, les groupements de landes sont plutôt dans l'intérieur des terres alors que les groupements de boisements rudéraux sont identifiés dans les études proches du littoral, mais ce caractère n'est pas tranché (ex. étude 307).

Tout comme le groupement de landes, le groupement n°3 est plutôt identifié dans les études de l'intérieur des terres (ex. étude 77).

Enfin, les groupements de « communautés rudérales, chemins, zones d'habitats, lieux de pacages » (codé NA_L7) sont plutôt localisés dans le sud du Massif et ne paraissent pas

dépendre de l'effet de la continentalité (ex. étude 282). C'est peut-être là un indice ténu de fréquentation humaine un peu plus importante sur la moitié sud armoricaine, même s'il est probable que les nombreuses études réalisées dans les environs du réseau hydrographique de la Loire, biaisent peut-être les données. En effet, les vallées alluviales fournissent des conditions plutôt favorables au développement de taxons rudéraux (ex. Dipsacacées, Caryophyllacées, Brassicacées...).

B.5.2 Le Néolithique moyen : 4700 à 3500 cal. BC

- Inventaire

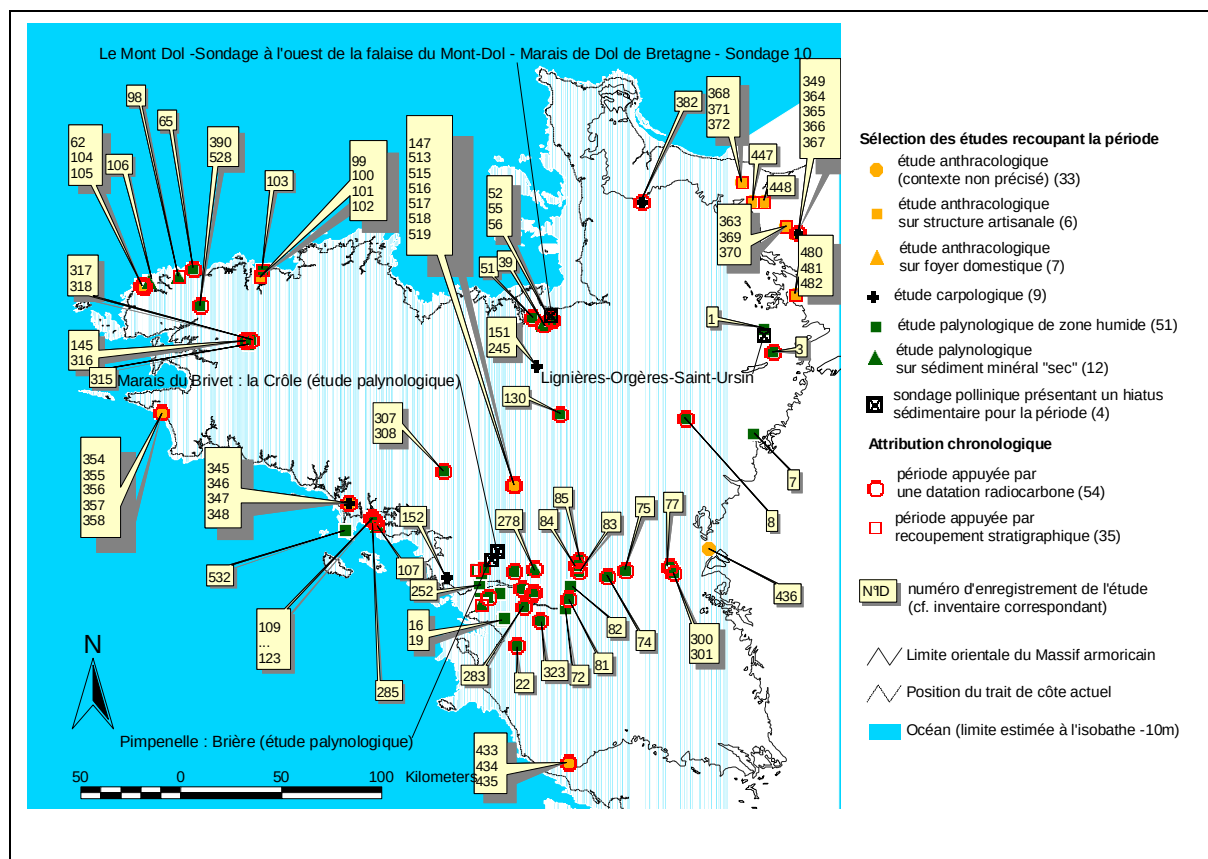


Fig. 281 Carte de répartition des études recoupant la période allant de 4700 à 3500 cal. BC (Néolithique moyen).

Le paysage végétal armoricain est illustré par 118 études archéobotaniques pour la période du Néolithique moyen. Ces études sont divisées en 46 études anthracologiques, 9 études carpologiques et 71 études palynologiques. La distribution spatiale de ces études est de nouveau malheureusement en agrégats. On constate notamment une forte concentration d'études dans l'embouchure de la Loire et dans les marais de Brière. (Fig. 282).

D'un point de vue chronologique, ces résultats sont appuyés par 54 datations radiocarboniques (principalement dans les études polliniques) et par 35 datations relatives (notamment pour les études anthracologiques).

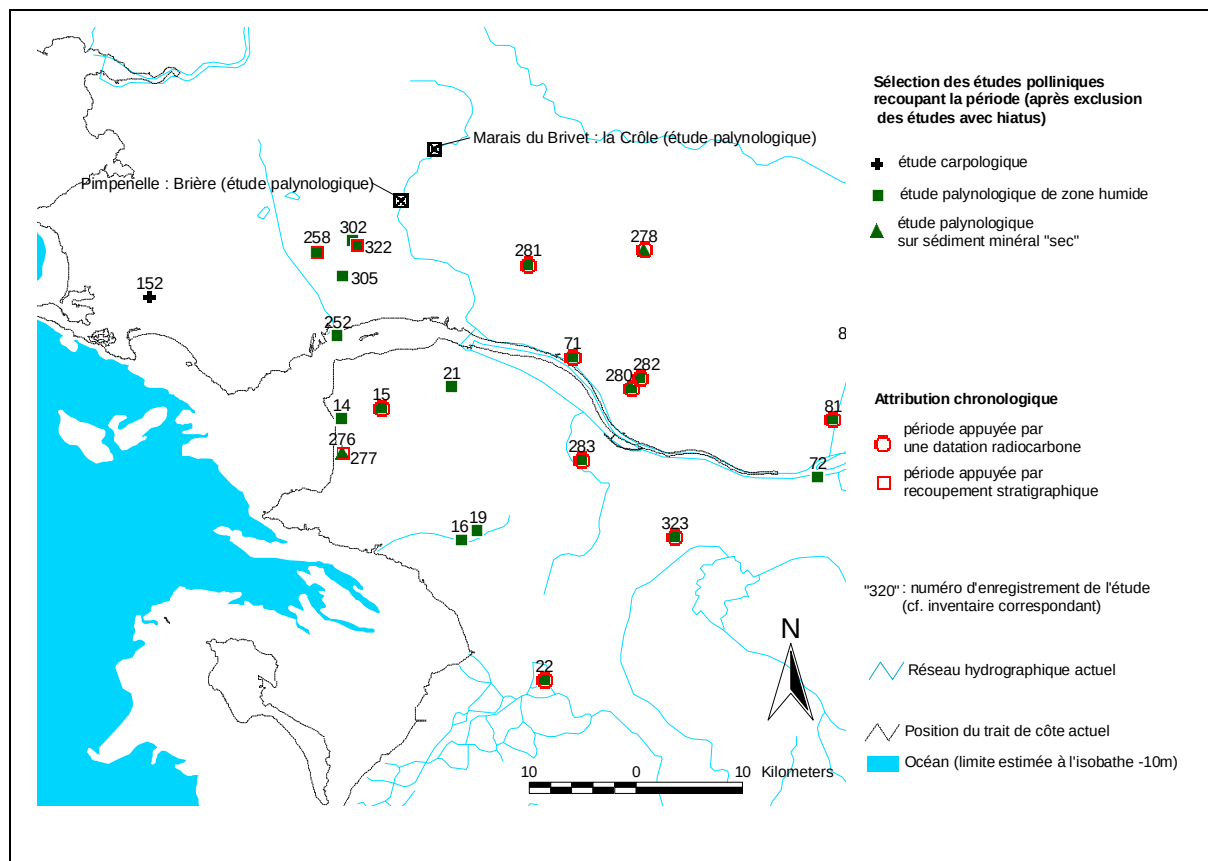


Fig. 282 Carte de répartition des études regroupées autour des marais de Brière et de la vallée de la Loire pour la période allant de 4700 à 3500 cal. BC (Néolithique moyen).

- Taux de pollens d'arbres et de Poacées, interpolations

Une multitude de variogrammes est possible en fonction du « lag interval » choisi.

Le cas ci-dessous illustre assez bien ce problème car pour une même période avec les mêmes valeurs de taux de pollens d'arbres mais en modifiant le « lag interval », on aboutit à des semi-variogrammes relativement différents et donc des interpolations différentes (Fig. 283, Fig. 285, Fig. 284 et Fig. 286).

Ces différences sont surtout patentes dans les zones vides d'études (ex. le centre Bretagne), d'où une nouvelle fois l'intérêt de travailler sur des fenêtres richement fournies en études.

Dans le cadre de ce mémoire, le « lag interval » est décidé après avoir testé l'ensemble des semi-variogrammes (en modifiant le plus souvent le « lag interval » d'un kilomètre jusqu'à atteindre un intervalle de 15 kilomètres). L'intervalle est alors choisi de façon à obtenir un semi-variogramme le plus représentatif possible de l'ensemble des semi-variogrammes obtenus. Ce choix n'est donc que partiellement objectif et les résultats obtenus seront certainement soumis à des modifications profondes avec les futures études polliniques.

En ce qui concerne le Néolithique moyen, deux possibilités d'interpolation ont été retenues. La première est basée sur un semi-variogramme calculé à partir d'un « lag interval » de 15000 mètres mettant en évidence une relation sur de longues distances (Fig. 283 : la variance augmente avec la distance sur près de 200 kilomètres).

Le second variogramme, calculé à partir d'un « lag interval » de 1000 mètres semble néanmoins le plus représentatif de l'ensemble des semi-variogrammes testés. C'est donc

l'interpolation basée sur ce semi-variogramme que nous étudierons plus particulièrement. Le variogramme montre une relation entre la distance et la variance des taux de pollens d'arbres qui s'estompe après 30 kilomètres seulement (Fig. 285). Autrement dit, seules les valeurs des études comprises dans un rayon de 30 kilomètres autour d'un pixel sont pondérées de manière positive lors du krigeage. Les études étant souvent séparées de plus de trente kilomètres, il n'y a alors pas de lissage de l'information.

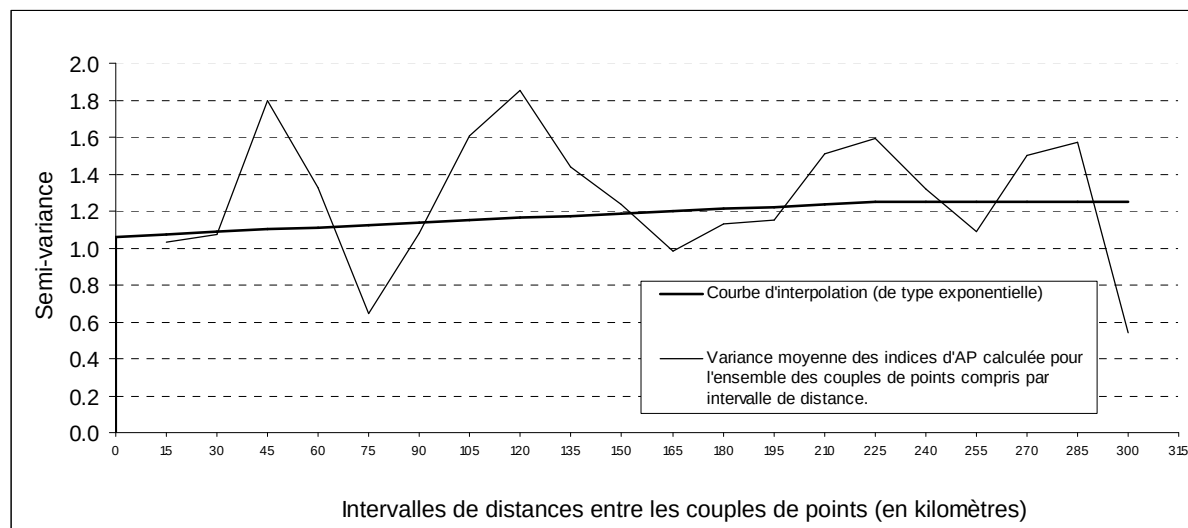


Fig. 283 Semi-variogramme et courbe d'interpolation des indices des taux de pollens d'arbres de l'ensemble des études polliniques de zones humides pour la période allant de 4700 à 3500 cal. BC (Lag interval = 15000 mètres avec une courbe d'interpolation de type exponentiel) et ayant permis la construction de la carte d'interpolation des taux de pollens d'arbres ci-dessous, (RMS error = 0,39).

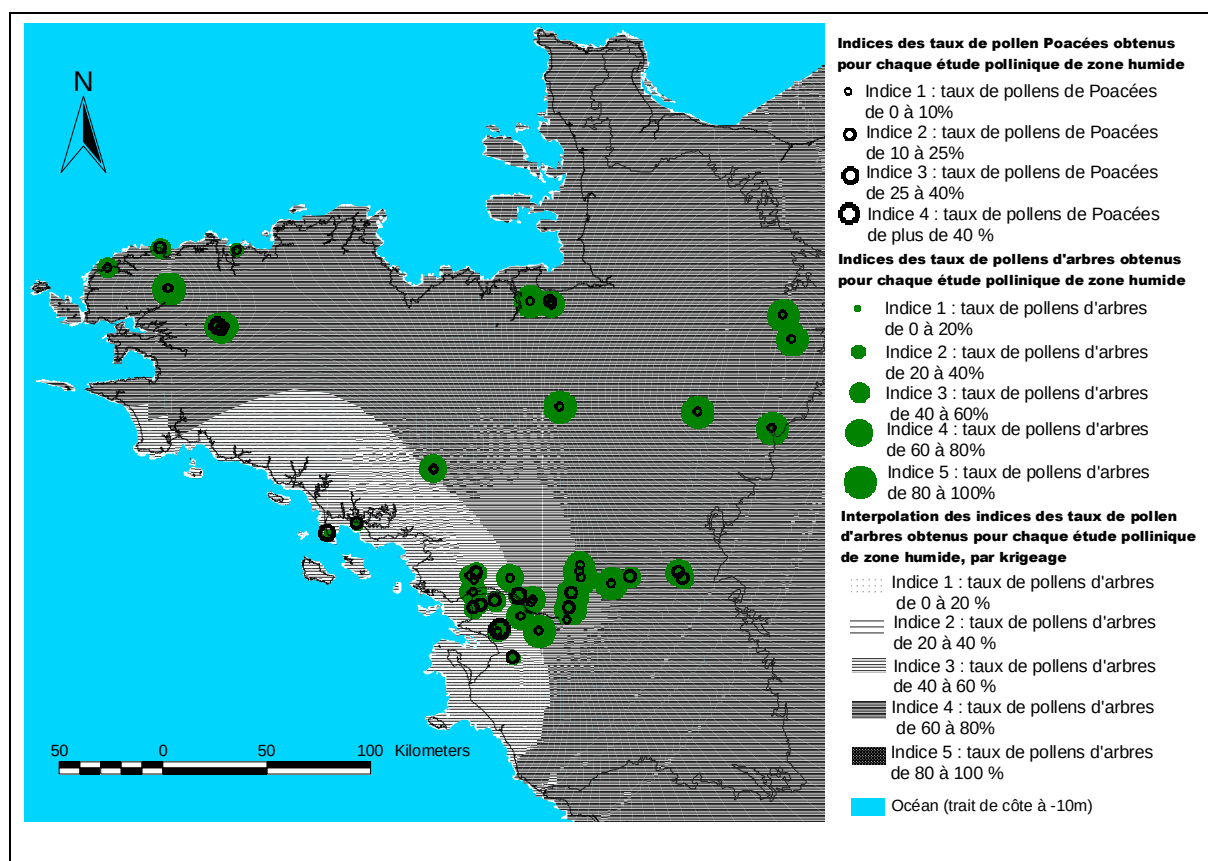


Fig. 284 Représentation et distribution géographique des taux de pollens de Poacées et d'arbres pour la période allant de 4700 à 3500 cal. BC. Le fond de carte est issu de l'interpolation des taux de pollens d'arbres à partir des études de zones humides et après exclusion des études présentant des datations en décalage (semi-variogramme avec un Lag interval = 15000 mètres et courbe d'interpolation de type exponentiel).

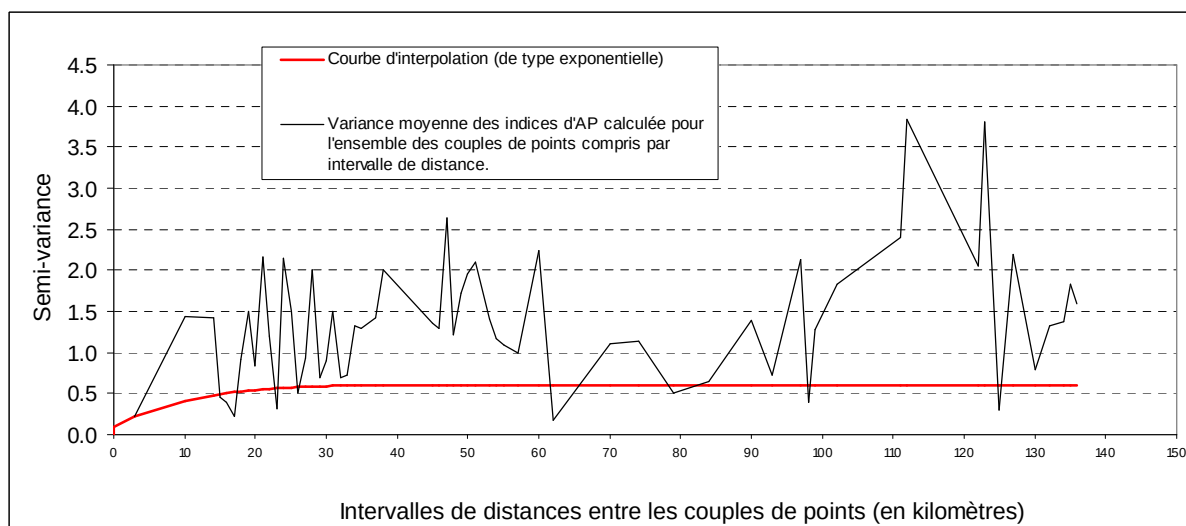


Fig. 285 Semi-variogramme et courbe d'interpolation des indices des taux de pollens d'arbres de l'ensemble des études polliniques de zones humides pour la période allant de 4700 à 3500 cal. BC (Lag interval = 1000 mètres avec une courbe d'interpolation de type exponentiel) et ayant permis la construction de la carte d'interpolation des taux de pollens d'arbres ci-dessous. (RMS error = 1,12). Néanmoins, le semi-variogramme apparaît être le plus représentatif de l'ensemble des semi-variogrammes obtenus.

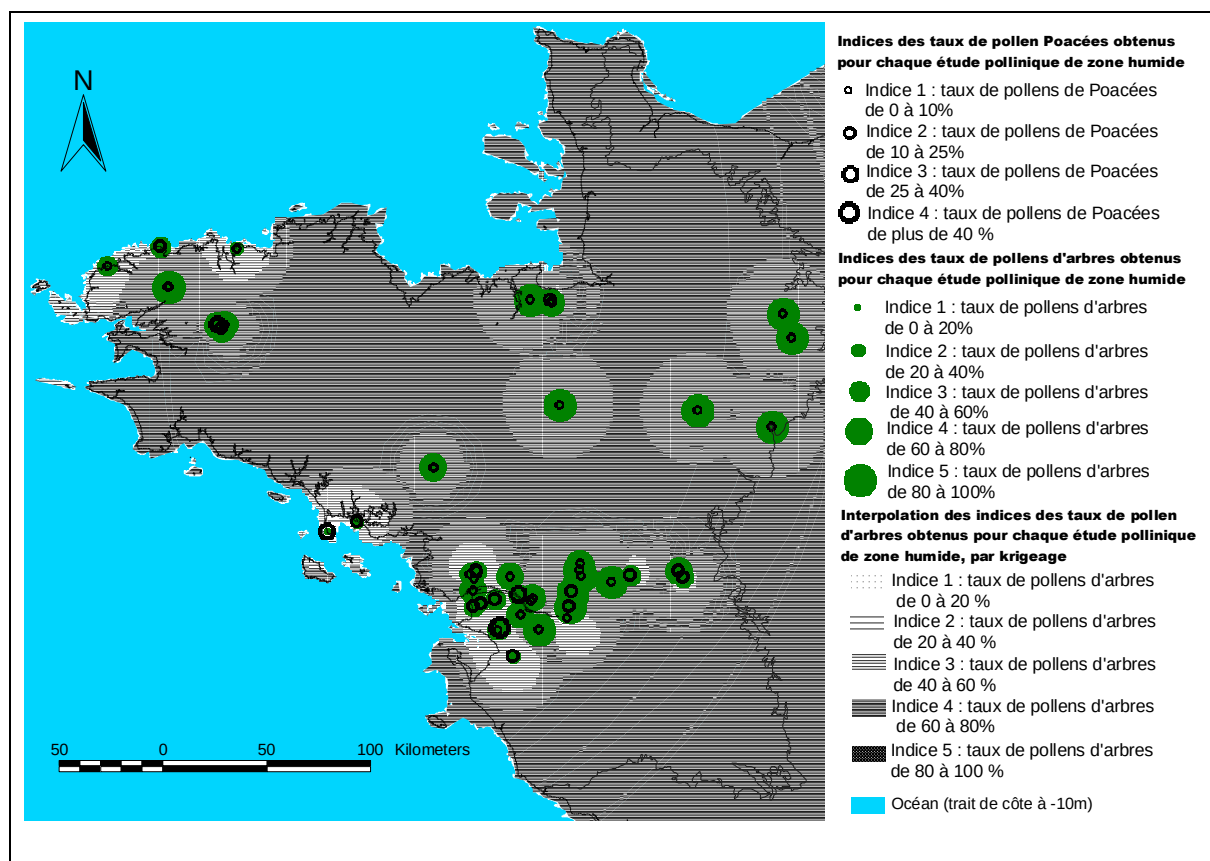


Fig. 286 Représentation et distribution géographique des taux de pollens de Poacées et d'arbres pour la période allant de 4700 à 3500 cal. BC. Le fond de carte est issu de l'interpolation des taux de pollens d'arbres à partir des études de zones humides et après exclusion des études présentant des datations en décalage (semi-variogramme avec un Lag interval = 1000 mètres et courbe d'interpolation de type exponentiel).

L'effet de la continentalité sur les flux polliniques d'arbres peut-être étudié via les taux de pollens d'arbres interpolés à partir des études polliniques réalisées autour de la Loire (Fig. 287).

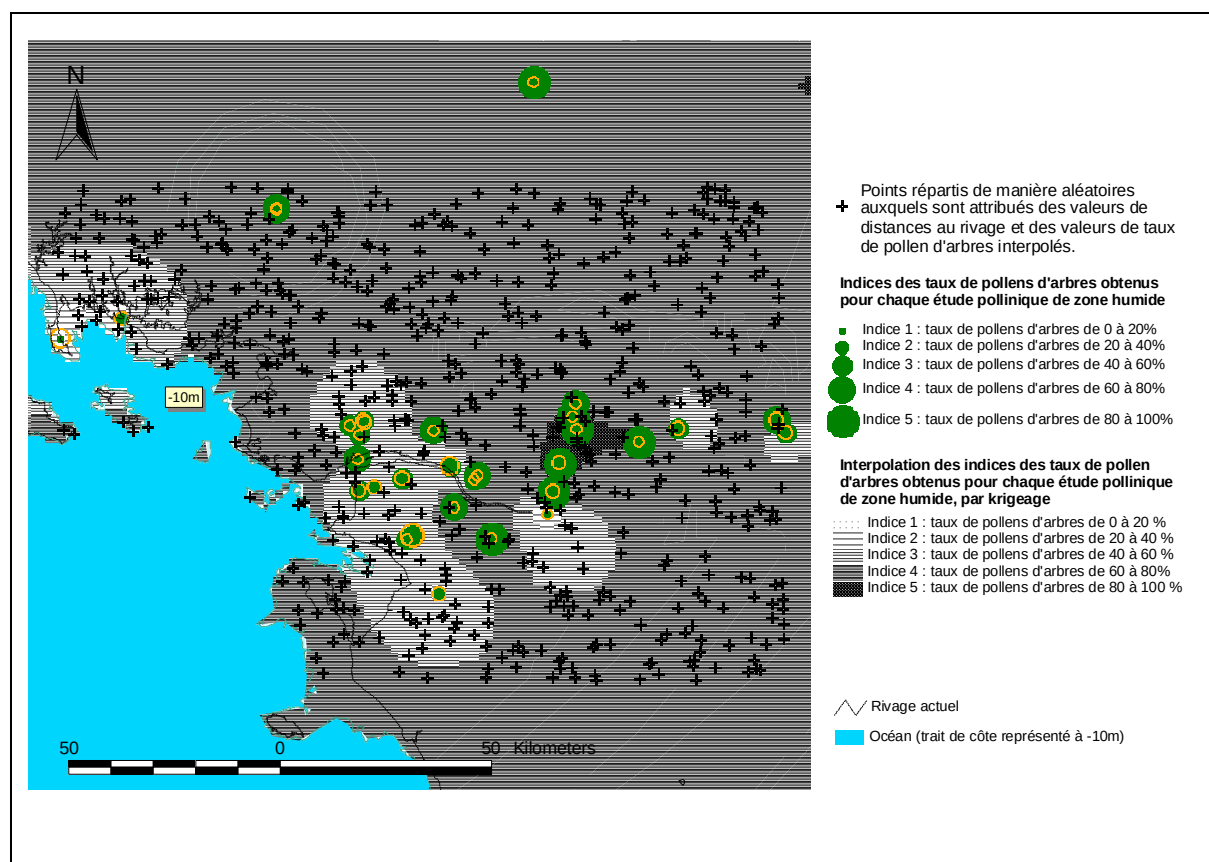


Fig. 287 Représentation et distribution géographique des taux de pollens de Poacées et d'arbres pour la fenêtre de la vallée de la Loire et côte sud du Massif armoricain à la période allant de 4700 à 3500 cal. BC. Le fond de carte est issu de l'interpolation (lag interval = 1000 mètres) de taux de pollens d'arbres correspondant aux études de zones humides et après exclusion des études présentant des datations douteuses. Des valeurs de distances par rapport au rivage et des taux de pollens d'arbres interpolés ont été attribuées à 613 points répartis de manière aléatoire à la surface de ce secteur.

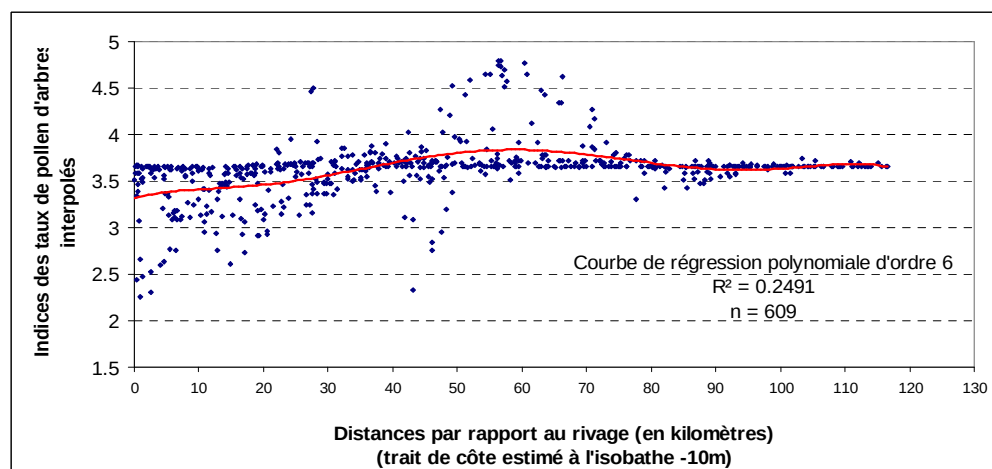


Fig. 288 Indices des taux de pollens d'arbres interpolés (d'après la seconde interpolation avec le « lag interval » = 1000 mètres) en fonction de la distance au rivage pour les 609 points répartis de manière aléatoire dans la fenêtre ci-dessus (Fig. 287).

Dans le cas du second krigeage, nous avons constaté grâce au semi-variogramme que l'ensemble des pixels situés à plus de trente kilomètres de distance d'une étude pollinique ne fait l'objet que d'un calcul de moyenne des douze points les plus proches (cf. semi-variogramme avec le lag interval = 1000 mètres, Fig. 285). Bon nombre de couples de points étant distants de plus de trente kilomètres, il est donc normal de retrouver les espaces vides d'études, affublés de valeurs proches de la moyenne des taux de pollens d'arbres pour la période c'est à dire d'un indice moyen d'environ 3,5.

Les points distribués dans les zones vides ont donc des indices d'AP interpolés proches de 3,5 ce qui explique « l'effet de plateau » au niveau de cette valeur sur le graphique (Fig. 288). Cet effet va considérablement diminuer la relation entre la distance au rivage et le flux pollinique d'arbre interpolé. Néanmoins, le graphique montre une très légère hausse des indices de pollens d'arbres interpolés au fur et à mesure que l'on s'éloigne du rivage. Cette relation cesse à partir d'environ 40 à 60 kilomètres pour cette fenêtre (Fig. 288 ci-dessus).

- Corrélation entre la distribution des sites archéologiques et les taux de pollens d'arbres de la région Bretagne

Afin de percevoir une éventuelle corrélation entre les concentrations de sites archéologiques et les taux de pollens d'arbres, nous avons sélectionné puis attribué à chaque étude pollinique de zone humide, le nombre de sites archéologiques néolithiques et compris dans un rayon de 10 kilomètres (Fig. 289). Les données archéologiques proviennent du Service Régional d'Archéologie de Bretagne et n'ont malheureusement fait l'objet que d'une description partielle. La plupart des vestiges inventoriés pour cette période sont désignés comme « néolithiques » sans plus de détails. En vue de croiser les cartes archéobotaniques et la répartition des vestiges archéologiques, un travail en collaboration avec un archéologue serait nécessaire afin de préciser l'attribution chronologique des vestiges et ainsi de consolider les résultats. (cf. § Perspectives)

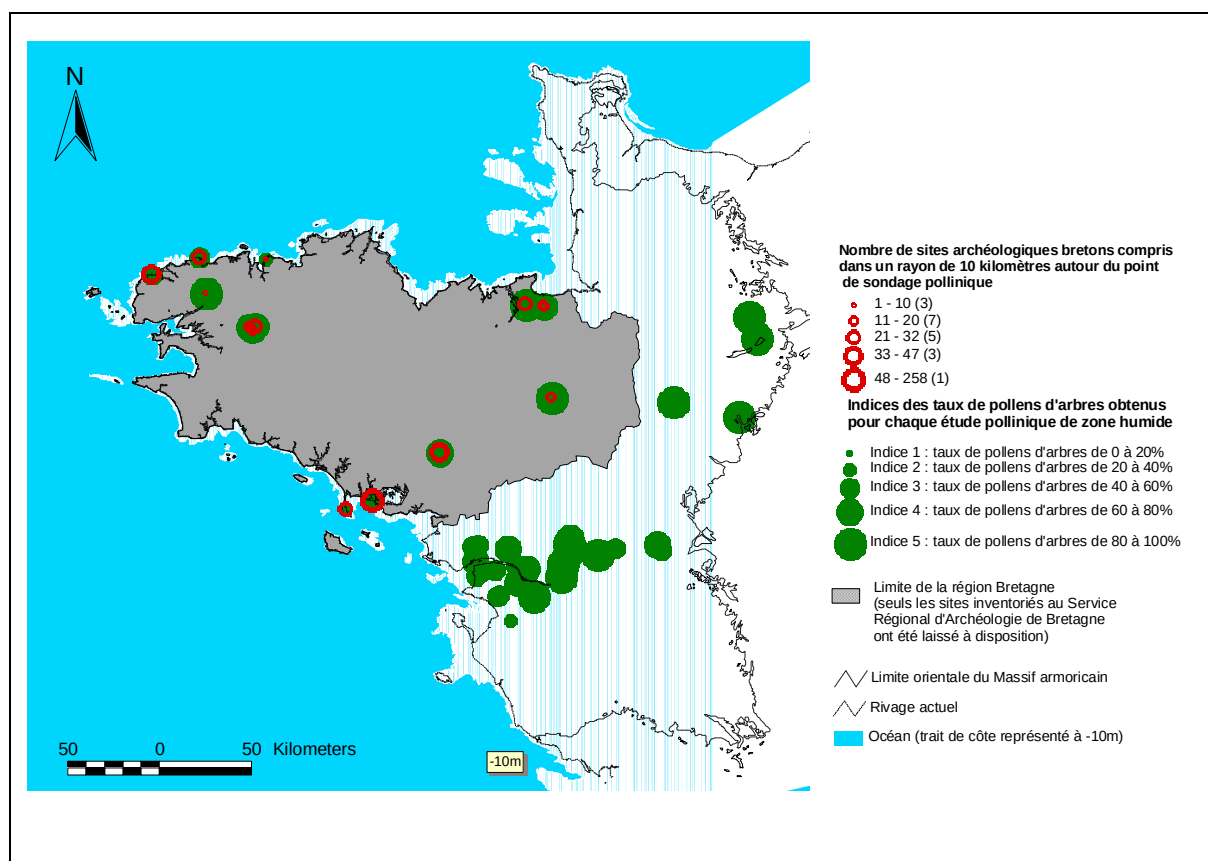


Fig. 289 Répartition des sondages polliniques armoricains de zones humides et recoupant la période allant de 4700 à 3500 cal. BC. L'indice du taux de pollens d'arbres et le nombre de sites archéologiques du Néolithique moyen (les sites sont parfois seulement précisés comme Néolithique ...) de la région Bretagne ont été attribués et indiqués pour chaque sondage pollinique.

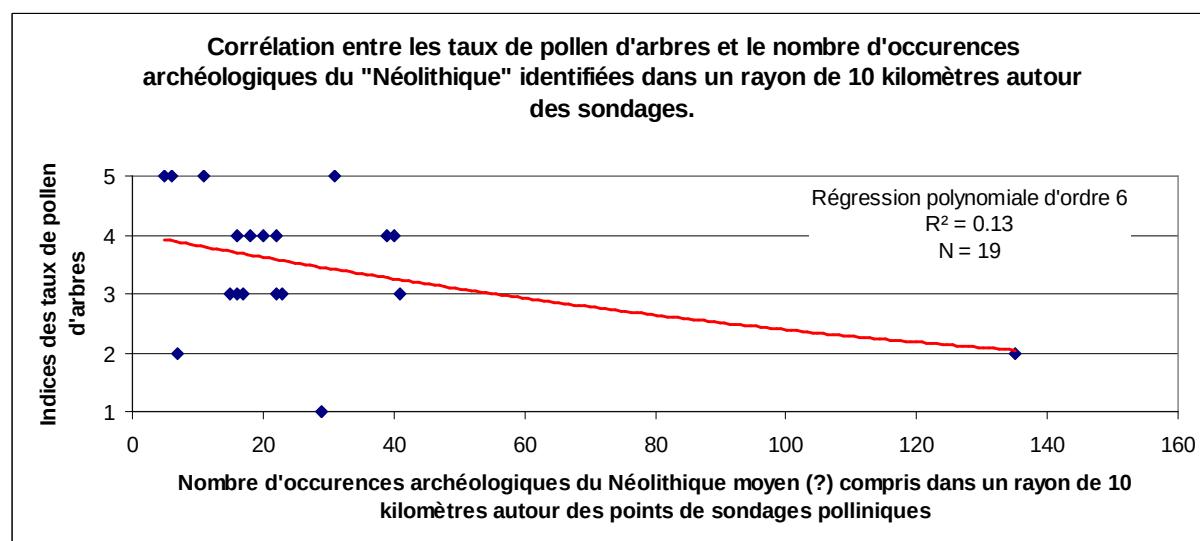


Fig. 290 Mise en relation du nombre de sites archéologiques du « Néolithique » (l'attribution chronologique des sites est souvent limitée au Néolithique dans la base de données du Service Régional d'Archéologie) avec les indices du taux de pollens d'arbres pour les dix-neuf sondages polliniques recoupant la période et localisés dans la région Bretagne.

Il existe une forte hétérogénéité entre les indices des taux de pollens d'arbres et le nombre de sites archéologiques environnants (coefficient de détermination $R^2 = 0,13$). On constate néanmoins une légère corrélation entre les valeurs. En fait, cette légère corrélation est

surtout liée au résultat obtenu dans la région de Carnac. Ce secteur est très riche en vestiges mais les flux polliniques d'arbres sont aussi probablement faibles à cause des contraintes maritimes. Aussi, ces quelques réflexions vont plutôt à l'encontre d'une éventuelle relation entre concentrations de sites archéologiques néolithiques et l'intensité des flux polliniques d'arbres. Il faut cependant souligner les faibles effectifs en études polliniques et le manque de précision chronologique des vestiges archéologiques à partir desquels est basé ce résultat.

- Tentative de corrélation entre les vestiges du Néolithique moyen et les données archéobotaniques de la marge « nord-orientale » du Massif armoricain

Dans le cadre d'un DEA présenté par G. Kerdivel et dirigé par L. Laporte, une corrélation entre les sites attribués au Néolithique moyen appartenant à la marge orientale du Massif armoricain et les indices de pollens d'arbres interpolés dans ces secteurs a été envisagée (Fig. 291).

Pour cela, 234 points ont été générés et répartis de manière aléatoire dans les secteurs proches des études polliniques. Nous avons ensuite attribué à chacun de ces points, la valeur de l'indice du taux de pollens d'arbres interpolé et le nombre de sites archéologiques compris dans un rayon de 10 kilomètres (Fig. 291).

Le graphique suivant permet d'exprimer les indices des taux de pollens d'arbres interpolés en fonction de la densité de sites archéologiques des secteurs pourvus en études polliniques. (Fig. 292).

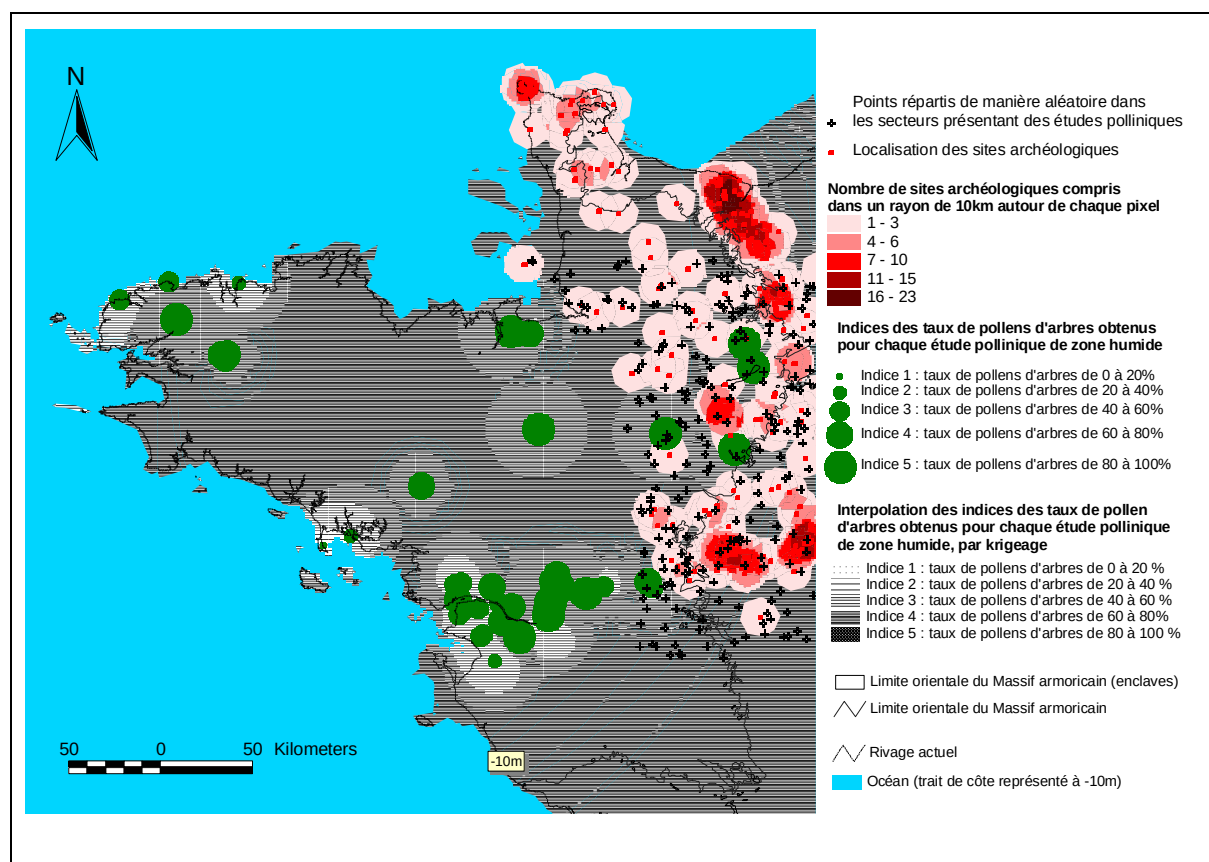


Fig. 291 Carte d'interpolation des indices des taux de pollens d'arbres pour la période de 4700 à 3500 cal. BC. Les sites archéologiques de cette période et appartenant aux départements de la marge orientale du Massif armoricain sont indiqués.

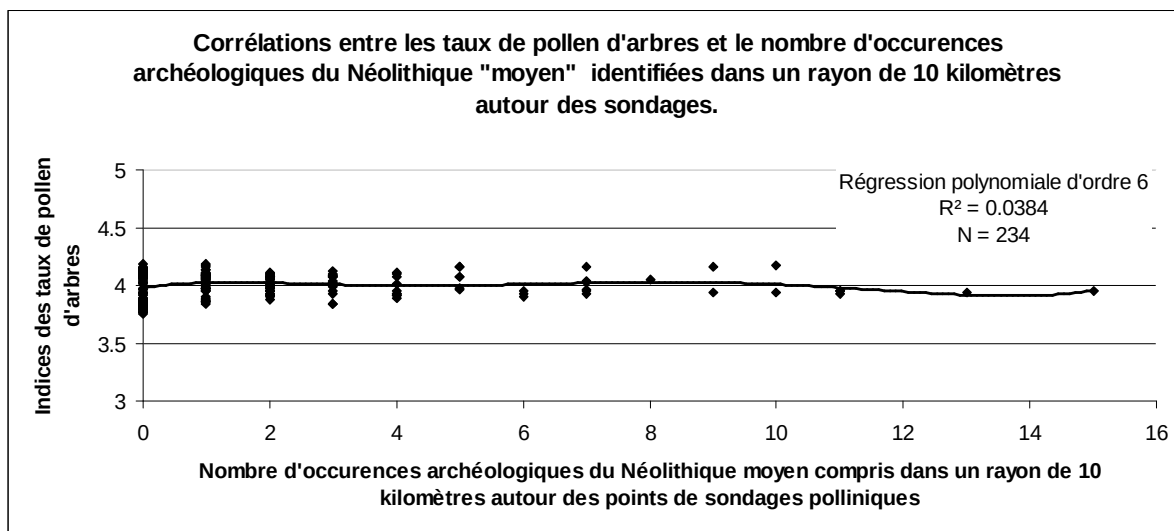


Fig. 292 Mise en relation entre le nombre de sites archéologiques du Néolithique moyen compris dans un rayon de 10 kilomètres et les indices du taux de pollens d'arbres interpolés en 234 points répartis de manière aléatoire dans les départements appartenant à la marge orientale du Massif armoricain.

La forme du graphique traduit l'absence de corrélation entre les deux séries de valeurs puisque les indices de pollens d'arbres interpolés oscillent autour de « 4 » quelles que soient les concentrations de sites archéologiques. Il faut donc à nouveau envisager l'absence de défrichements massifs autour des sites, ou bien l'absence de signaux polliniques des effets de ces défrichements.

Notons cependant que l'interpolation des flux polliniques d'arbres repose sur seulement 5 études polliniques dans les 7 départements étudiés. Le secteur de la basse Normandie est en effet vierge d'études polliniques pour cette période. Les points à partir desquels a été réalisé le graphique n'ont donc pas été répartis dans cette région. Par ailleurs, les 5 études polliniques ont pratiquement toutes le même indice. Il est donc logique de trouver des valeurs de flux polliniques d'arbres interpolés relativement homogènes pour les secteurs concernés.

Afin de parfaire cette étude, il est nécessaire d'effectuer de nouvelles études polliniques notamment en Normandie.

- Tentative de corrélation entre les indices des taux de pollens d'arbres interpolés et quelques mesures « dendro-anthracologiques »

Afin de percevoir une relation entre les flux polliniques d'arbres interpolés et des mesures dendrologiques réalisées sur des lots anthracologiques de chêne, une valeur de l'indice de flux pollinique d'arbre interpolé a été attribuée à chaque lot anthracologique ayant fait l'objet d'une mesure dendrologique. Les lots anthracologiques trop éloignés des études polliniques ayant permis l'interpolation ont été écartés (Fig. 293).

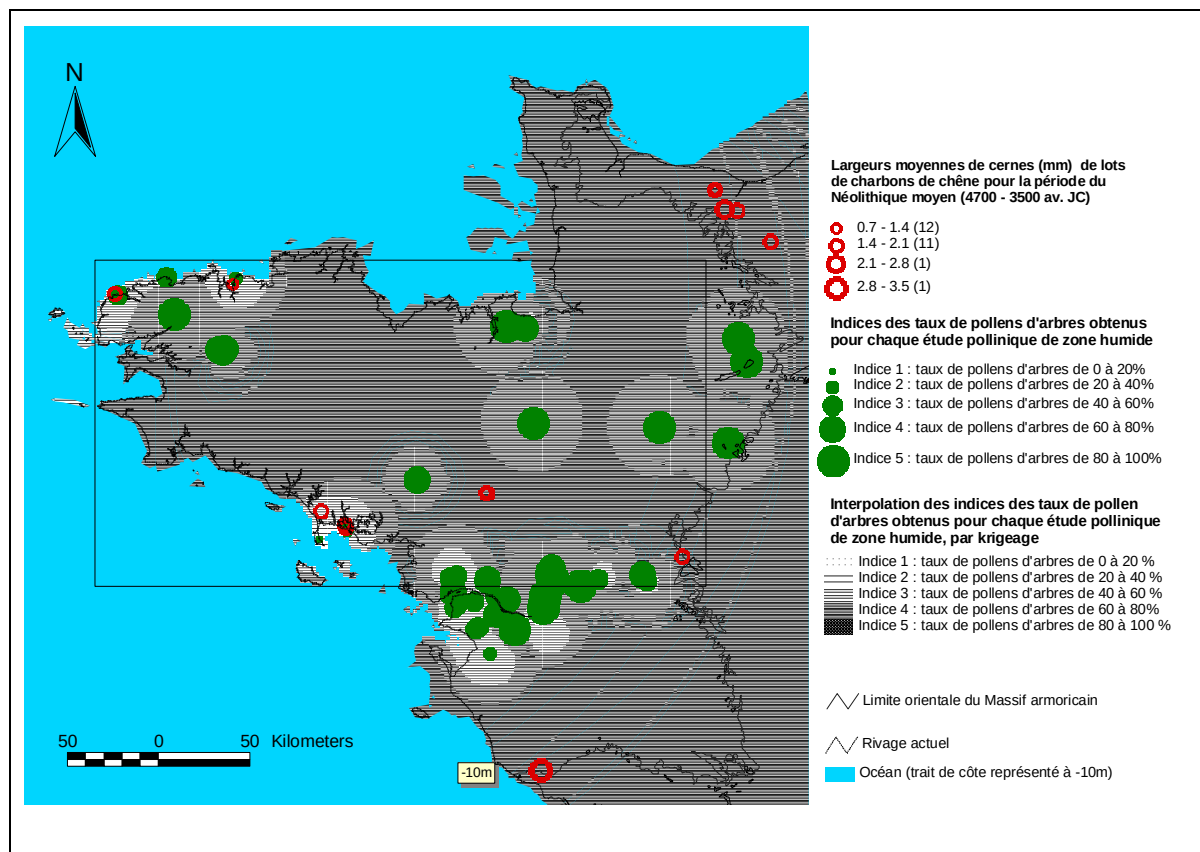


Fig. 293 Carte d'interpolation des indices des taux de pollens d'arbres pour la période de 4700 à 3500 cal. BC. Les études anthracologiques ayant fait l'objet de mesures de largeurs moyennes de cernes sur des charbons de chênes ont été positionnées.

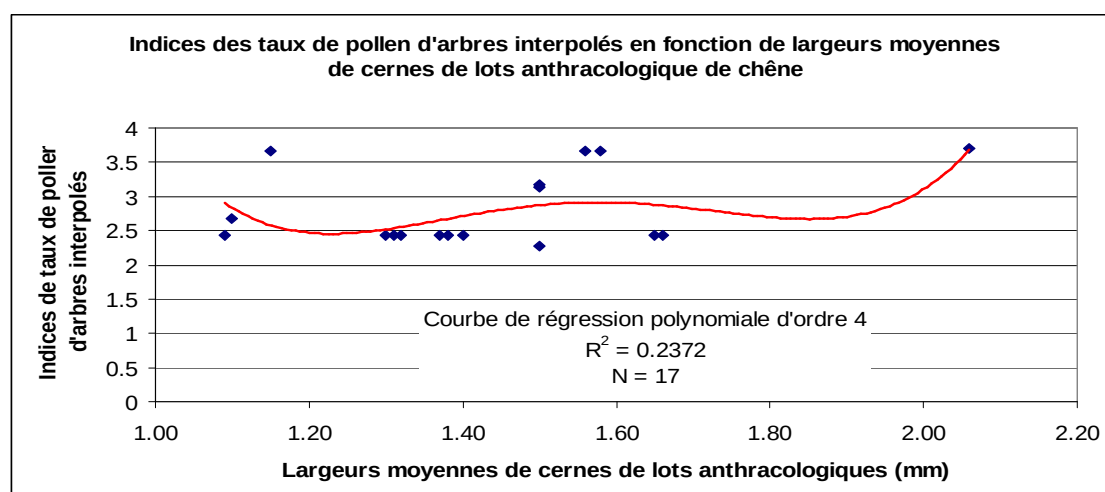


Fig. 294 Graphique mettant en relation les mesures de largeurs moyennes de cernes de charbons de bois de chênes du Néolithique moyen et les indices du taux de pollens d'arbres interpolés au niveau de ces études anthracologiques.

Le graphique ne permet pas de définir de véritable tendance ($R^2 = 0,24$). On pouvait pourtant s'attendre à obtenir des largeurs moyennes de cernes plus importantes dans les espaces interprétés comme les plus « ouverts », c'est à dire dans les secteurs présentant des flux polliniques d'arbres les plus faibles. Le nombre d'études anthracologiques pour cette

période et la forte hétérogénéité des flux polliniques, déjà pressentie dans le semi-variogramme, explique probablement ce résultat.

- Distribution et interprétation de quelques attestations et groupements archéobotaniques

Au regard de l'évolution des différentes fréquences de groupements et d'attestations archéobotaniques établie au chapitre B.3.3.2.5.5, la période est marquée par le développement du groupement des cultures corrélé à l'augmentation des attestations de « type céréale ». En effet, pour le Néolithique moyen, le groupement de cultures est interprété dans 33% des études (20% si l'on exclut les études ayant enregistré en même temps le groupement de végétation littorale) et les occurrences de « *Cerealia type* » sont identifiées dans plus de 40% des études (20% après exclusion des études présentant un enregistrement littoral) (Fig. 124 et Fig. 132).

Une Analyse Factorielle des Correspondances réalisée sur l'ensemble des enregistrements polliniques de la période montre que les attestations de « *Cerealia type* » ne sont désormais plus systématiquement associées aux groupements littoraux (Fig. 295 et Fig. 272).

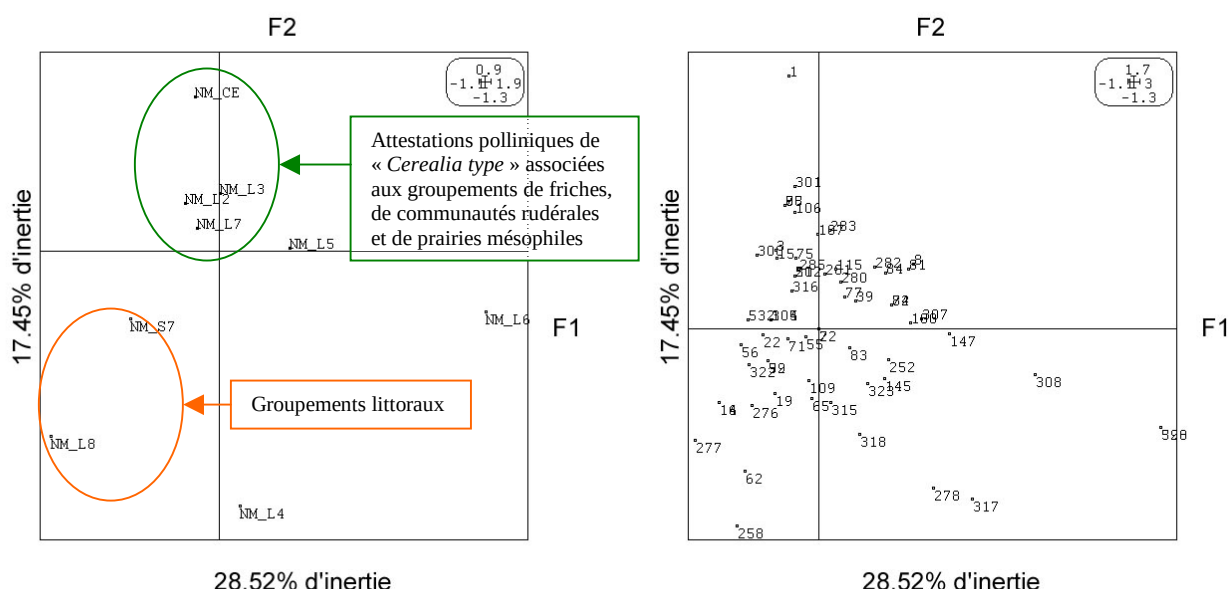


Fig. 295 AFC des groupements archéobotaniques, polliniques, de « sols bien drainés » en plus de groupements littoraux pour la période allant de 4700 à 3500 cal. BC. (NM_S7 : « groupements de côtes sableuses » ; NM_L2 : « groupements de friches » ; NM_L3 : « groupements de prairies hygro- à mésophiles » ; NM_L4 : « groupements de landes armoricaines et de pâturages secs » ; NM_L5 : « groupements de boisements rudéraux » ; NM_L6 : « groupements de forêts claires » ; NM_L7 : « groupements de communautés rudérales, chemins, zones d'habitats, lieux de pacages » ; NM_L8 : « groupements de rochers et de falaises »). NM_CE : représente les occurrences des pollens de type « *Cerealia* » dans les études. Le plan factoriel de droite représente la position des études dans le plan factoriel 1-2.

Les attestations de « *Cerealia type* » sont désormais plutôt associées aux groupements de prairies hygro- à mésophiles (NM_L3), aux « groupements de friches » (NM_L2) et aux « groupements de communautés rudérales, chemins, zones d'habitats, lieux de pacages » (NM_L7). Contrairement à la période précédente (Fig. 272), les attestations polliniques de « *Cerealia type* » sont vraisemblablement des pollens de céréales car les occurrences sont désormais plus systématiquement associées à des groupements archéobotaniques de

formations végétales ouvertes et variées. Par ailleurs, la nature anthropique de ces groupements appuie aussi l'origine agricole des attestations de céréales.

Même en prenant le pourcentage des occurrences de « *Cerealia type* » soustraites des occurrences littorales (soit 20% des études), ce pourcentage représente des valeurs importantes pour une agriculture encore naissante. Il est intéressant d'observer la répartition des occurrences de « *Cerealia type* » pour se rendre compte que c'est surtout dans la partie méridionale du Massif armoricain que ces attestations sont identifiées (Fig. 296). Or c'est aussi dans ce secteur qu'a été réalisée la plupart des études. Il est donc probable que les fréquences des occurrences de « *Cerealia type* » apparaissent sur-représentées à l'échelle du Massif armoricain.

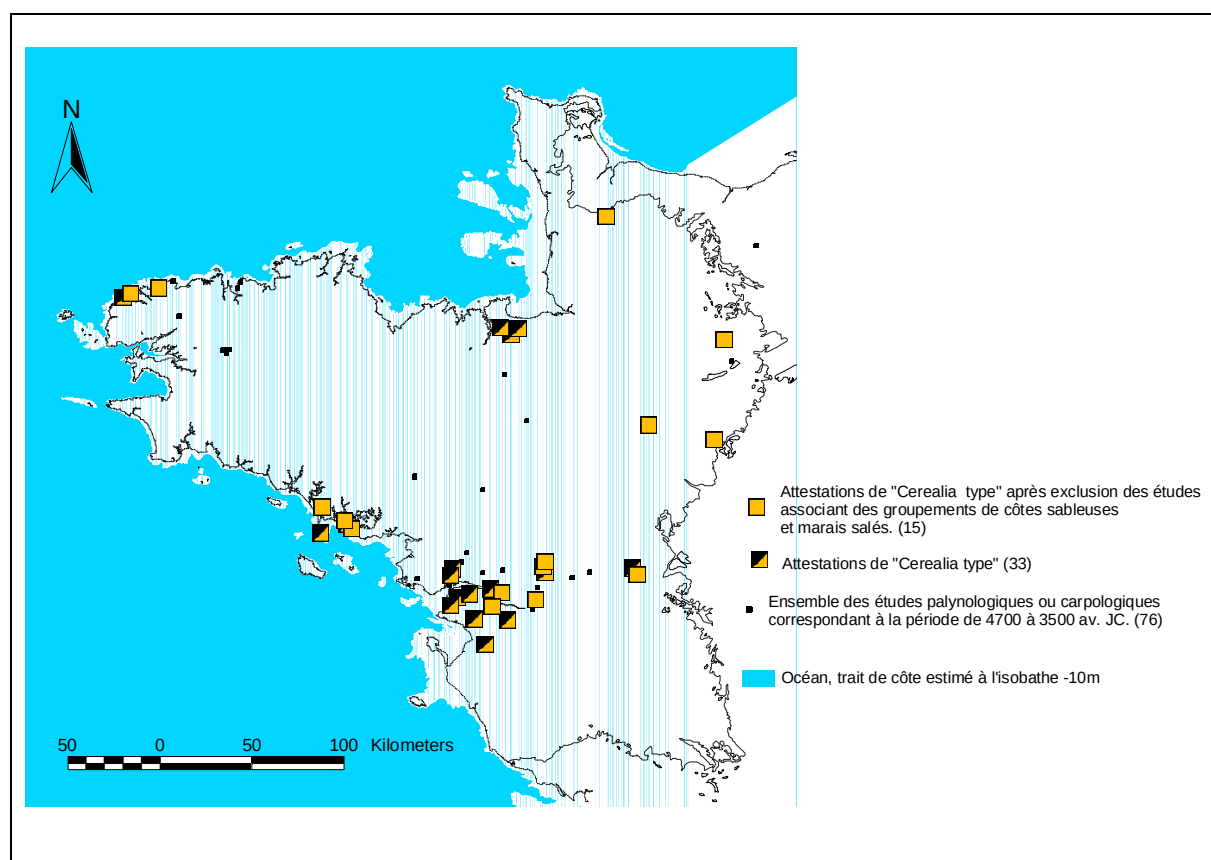


Fig. 296 Distribution géographique des études polliniques présentant des occurrences « *Cerealia type* » entre 4700 et 3500 av. JC (période du Néolithique moyen). Deux sélections ont été réalisées : une présentant l'ensemble des études avec des attestations « *Cerealia type* » et une autre présentant ces mêmes attestations sans groupements de végétations littorales (groupements de côtes sableuses).

La période est d'autre part caractérisée par une augmentation de la fréquence du groupement de « communautés rudérales » et par une baisse relative de la fréquence du groupement de « friches » (Fig. 124) ainsi que du groupement de « prairies hygro à mésophiles » (Fig. 125).

- Explication de la répartition armoricaine des groupements « des sols bien drainés » par les paramètres abiotiques : analyse de co-inertie

Une analyse de co-inertie est envisagée afin de tenter d'expliquer la distribution spatiale de l'ensemble des groupements archéobotaniques des « sols bien drainés » par des paramètres abiotiques.

1. Analyse Factorielle des Correspondances des groupements polliniques de « sols bien drainés » de la période allant de 4700 à 3500 cal. BC

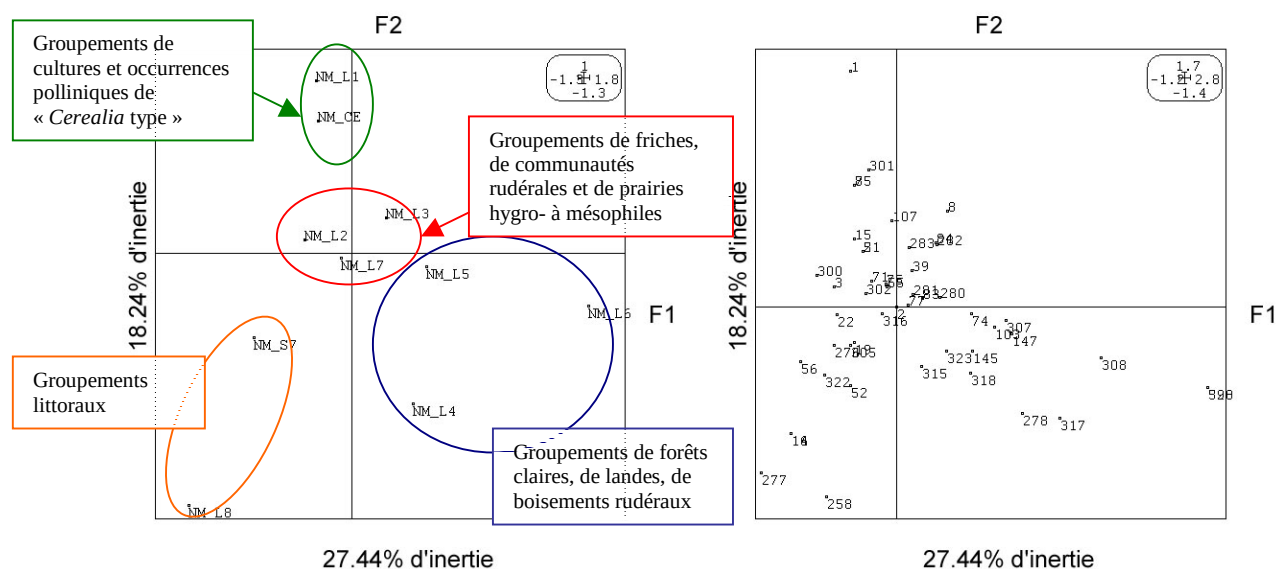


Fig. 297 AFC des groupements archéobotaniques polliniques de « sols bien drainés » de la période allant de 4700 à 3500 cal. BC. (NM_CE : « occurrences de céréales » ; NM_S7 : « groupements de côtes sableuses » ; NM_L1 : « groupements de cultures » ; NM_L2 : « groupements de friches » ; NM_L3 : « groupements de prairie hygro- à mésophiles » ; NM_L4 : « groupements de landes armoricaines et de pâturages secs » ; NM_L5 : « groupements de boisements rudéraux » ; NM_L6 : « groupements de forêts claires » ; NM_L7 : « groupements de communautés rudérales, chemins, zones d'habitats, lieux de pacages » ; NM_L8 : « groupements de rochers et de falaises »). Le plan factoriel de droite représente la position des études dans le plan factoriel 1-2.

L'axe principal de l'AFC (27,44% de l'inertie totale) permet de classer les groupements selon le degré d'ouverture ou de fermeture de la végétation. En effet, on trouve de gauche vers la droite de l'axe les végétations suivantes : les groupements littoraux (NM_S7 et NM_L8), les formations ouvertes de prairies (NM_L3), de friches (NM_L2) et de communautés rudérales (NM_L7) et enfin les végétations plus fermées de landes (NM_L4) mais surtout de boisements rudéraux (NM_L5) et de forêts claires (NM_L6).

Les trois groupements de friches, de communautés rudérales et de prairies hygro- à mésophiles sont situés au centre du plan factoriel ce qui traduit leur présence simultanée dans la plupart des études.

L'axe F2 permet essentiellement de distinguer les groupements significatifs de cultures (NM_L1) ainsi que les occurrences de type *Cerealia* (NM_CE) vis-à-vis des autres groupements. On note que ces deux descripteurs ne sont pas tout à fait liés car le groupement de cultures nécessite la détection de taxons d'adventices en plus de taxons allochtones. Cet

axe permet donc de mesurer le degré « d'anthropisation » des compositions polliniques de chaque étude.

2. Analyse des Composantes Principales des paramètres abiotiques des études polliniques de zones humides recoupant la période allant de 4700 à 3500 cal. BC

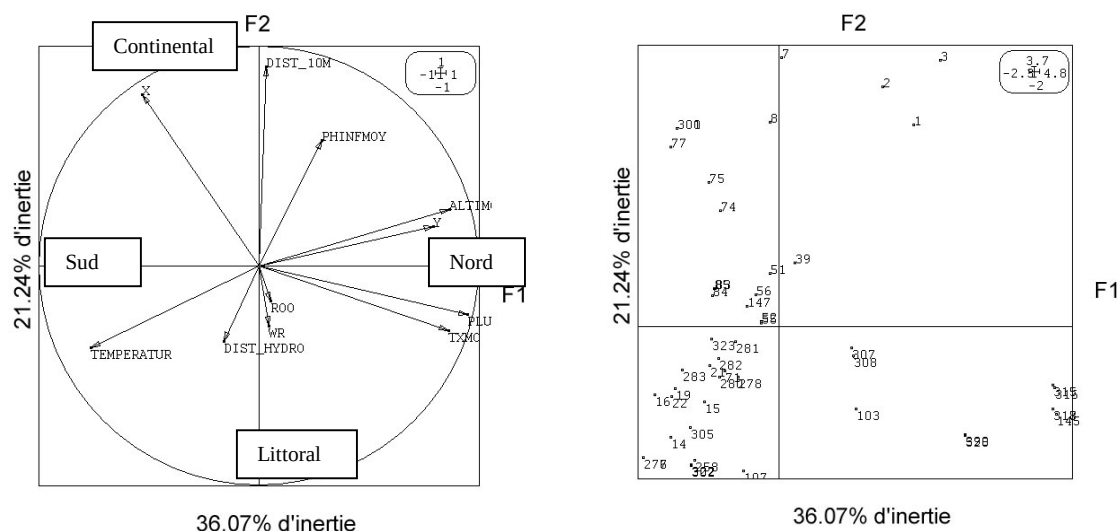


Fig. 298 ACP des paramètres abiotiques des études recoupant la période allant de 4700 à 3500 cal. BC. Un certain nombre d'études a été retiré de cette analyse à cause de l'absence de données concernant un ou plusieurs facteurs environnementaux. Les paramètres pris en compte sont les suivants : « Temperatur » : température moyenne annuelle actuelle au point d'étude ; « Wr » : régime hydrique ; « Phinf » : Ph inférieur des sols par canton ; « Dist_10 » : distance du point d'étude par rapport à l'isobathe des -10m ; « Altimoy » : altitude moyenne des environs du point de sondage ; « Plu » : pluviométrie annuelle moyenne actuelle au point d'étude ; « Txmo » : Taux de matière organique moyen par canton ; « X » : coordonnée longitudinale du point d'étude ; « Y » : coordonnée latitudinale du point d'étude.

L'axe F1 est principalement expliqué par la latitude des points d'études. On constate dans le sens de cet axe, de gauche à droite, une diminution de la température, une augmentation de la pluviométrie, de l'altitude et de la latitude.

L'axe F2 est fortement corrélé à la distance par rapport à l'isobathe de -10 mètres et la proximité du réseau hydrographique en plus des coordonnées latitudinales des études. C'est donc principalement l'effet de la continentalité et dans une moindre mesure, la proximité du réseau hydrographique qui sont décrits par cet axe.

3. Analyse de co-inertie à partir de l'AFC des groupements sols bien drainés et de l'ACP des paramètres abiotiques des études recoupant la période allant de 4700 à 3500 cal. BC

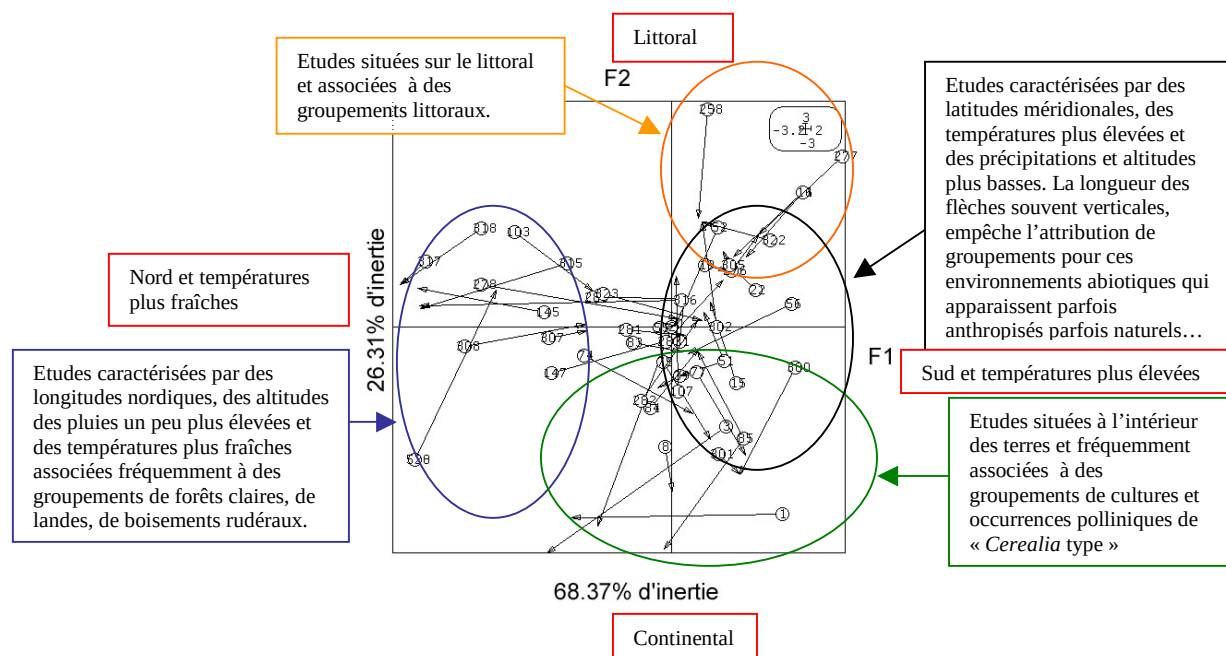


Fig. 299 Analyse de co-inertie à partir de l'AFC des groupements de sols bien drainés et de l'ACP des paramètres abiotiques des études recoupant la période allant de 4700 à 3500 cal. BC. Les études sont signalées par leur numéro d'enregistrement. Un test de Monte Carlo (1000 permutations aléatoires réalisées sur les valeurs des deux tables) a montré que la relation obtenue par l'analyse de co-inertie n'est pas due au hasard à 92,9%. Il existe donc une bonne liaison entre les deux tableaux.

Quatre ensembles ont pu être discernés.

Un premier ensemble d'études relativement stables dans le plan de co-inertie (ex. études n° 318, 103, 315, 317, 307, 528) est caractérisé par des latitudes nordiques, des altitudes et des pluies un peu plus élevées. Par ailleurs, au regard de l'AFC cet ensemble d'études correspond plutôt aux groupements les moins anthropisés avec l'enregistrement assez systématique des groupements de forêts claires, de landes, de boisements rudéraux. Autrement dit, l'image qualitative des végétations des secteurs nord les plus pluvieux et les plus en altitude apparaît globalement peu anthropisée. (Exception faite de l'étude 316, instable dans le plan de co-inertie).

Les études n° 56, 19, 22, 322, 300, 301, et 15 forment un autre ensemble caractérisé par des conditions abiotiques méridionales, des températures plus élevées et des pluies plus faibles. Ce sont principalement des groupements de végétations ouvertes qui sont enregistrés dans ces études. On constate néanmoins une forte hétérogénéité à travers les groupements enregistrés puisque l'on détecte à la fois des études avec des groupements de cultures (ex. étude 22) et des études sans aucun groupement anthropisé (ex. étude 278 caractérisée par une forte instabilité dans le plan de co-inertie).

Toujours dans la partie méridionale du Massif armoricain et plus précisément à proximité du littoral, un autre ensemble composé par les études n°258, 277, 16 et 305 est caractérisé par des enregistrements de groupements littoraux. Ces études sont souvent caractérisées par l'absence de groupements de cultures.

Il existe enfin un dernier ensemble correspondant à des études continentales (ex. études n°8, 301, 85, 1) et caractérisé par des enregistrements de groupements de cultures et des occurrences polliniques de type *Cerealia*. Au Néolithique moyen, il semble donc que les groupements de cultures soient assez caractéristiques des études de l'intérieur des terres et au regard du plan de co-inertie, à la partie méridionale, plus chaude et plus sèche du Massif armoricain. Il existe évidemment des exceptions avec les études 15 et 51 (cf. plan de co-inertie). Néanmoins, si les cultures ne sont pas systématiquement associées aux études littorales, elles sont caractéristiques de quelques études très continentales (études mayennaises de D. Barbier, 1999). La proximité du réseau hydrographique des études présentant des groupements de cultures peut aussi être évoquée, même si les mesures de la distance au réseau hydrographique (Dist_hydro) ne concernent que les rivières principales (cf. ACP).

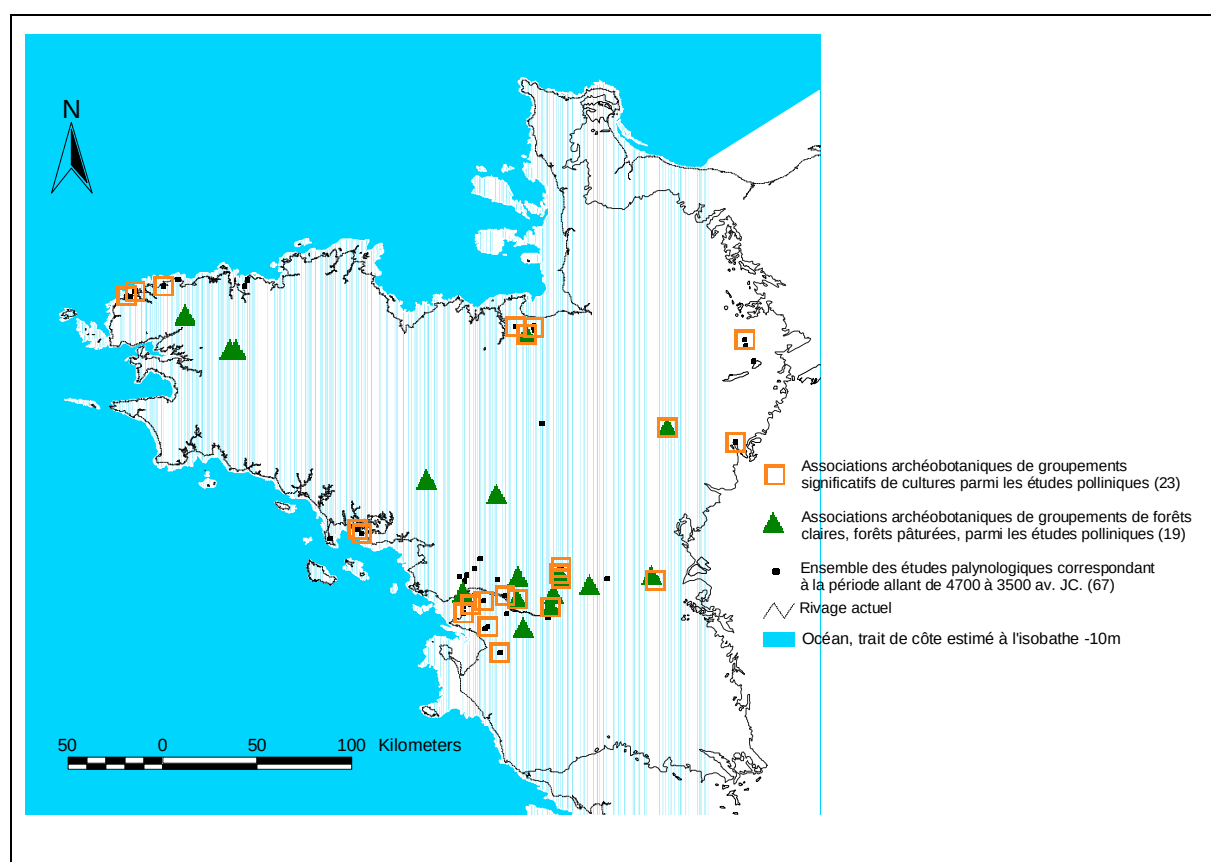


Fig. 300 Distribution des études polliniques recoupant la période allant de 4700 à 3500 cal. BC, avec indication des occurrences des groupements de « cultures » (caractérisés par taxons allochtones en plus de taxons d'adventices) et des occurrences des groupements de « forêts claires, forêts pâturées ».

B.5.3 « Le Néolithique récent, Néolithique final » : 3500 à 2500 cal. BC

- Inventaire

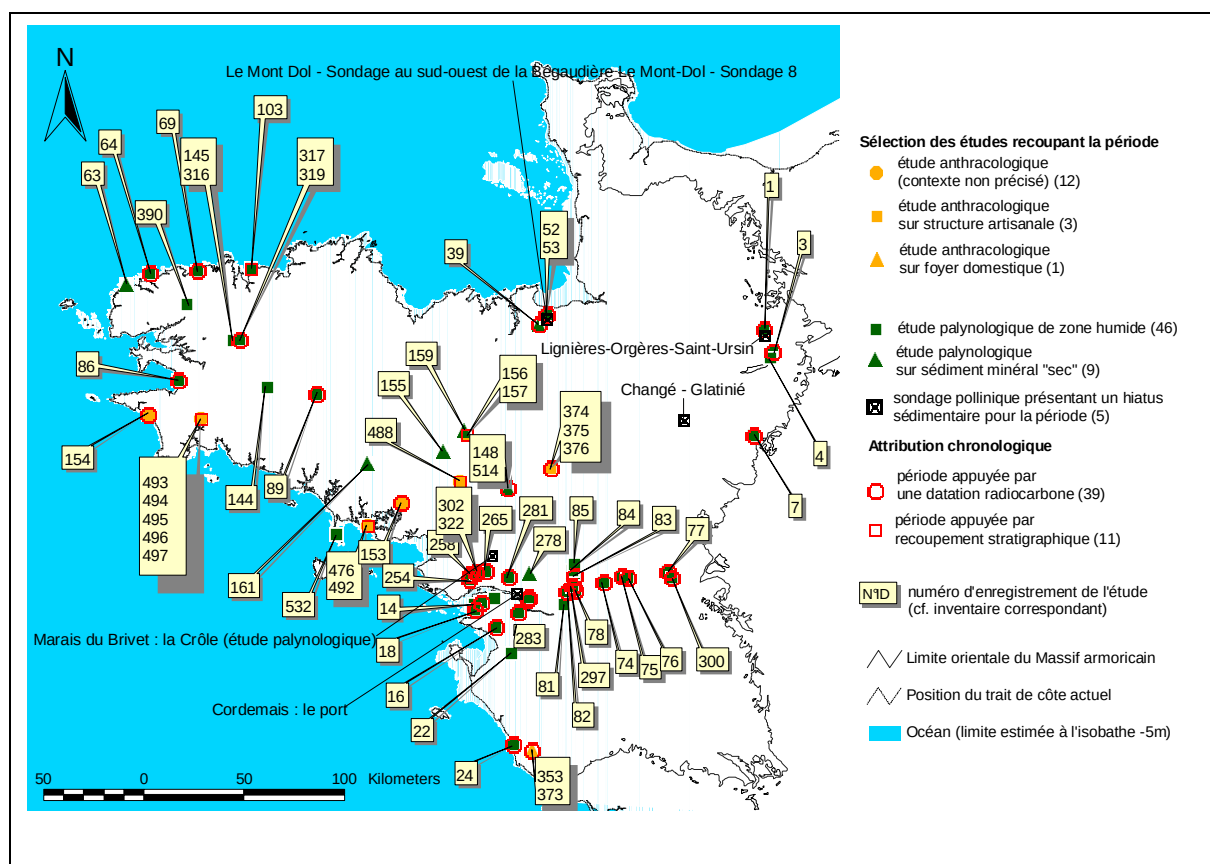


Fig. 301 Carte de répartition des études recoupant la période allant de 3500 à 2500 cal. BC (Néolithique récent, Néolithique final).

Le paysage végétal de cette période est illustré par les résultats de 71 études archéobotaniques. On compte 55 études palynologiques et 16 études anthracologiques.

Ces données sont calées chronologiquement par 39 datations radiocarbone et par 11 recoupements stratigraphiques pour ce qui concerne les structures anthracologiques.

Une nouvelle fois le bassin de la Loire apparaît richement doté en études polliniques par rapport au reste du Massif armoricain.

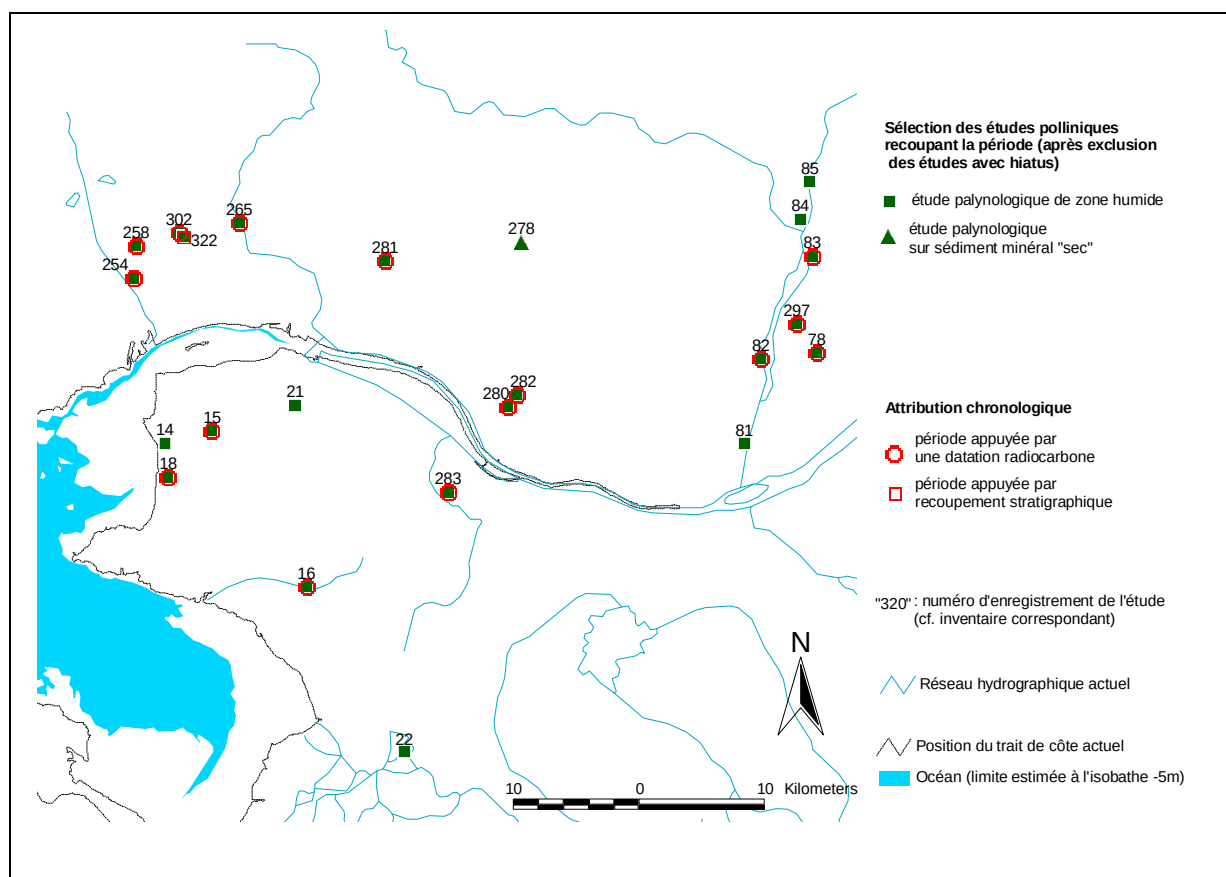


Fig. 302 Carte de répartition des études regroupées autour des marais de Brière et de la vallée de la Loire pour la période allant de 3500 à 2500 cal. BC (Néolithique récent, Néolithique final).

- Taux de pollens d'arbres et de Poacées, interpolations

Les semi-variogrammes calculés pour divers « lag intervals » montrent des courbes d'interpolation semblables (Fig. 303 et Fig. 304). Les variances des indices d'AP augmentent avec la distance de chaque couple de points.

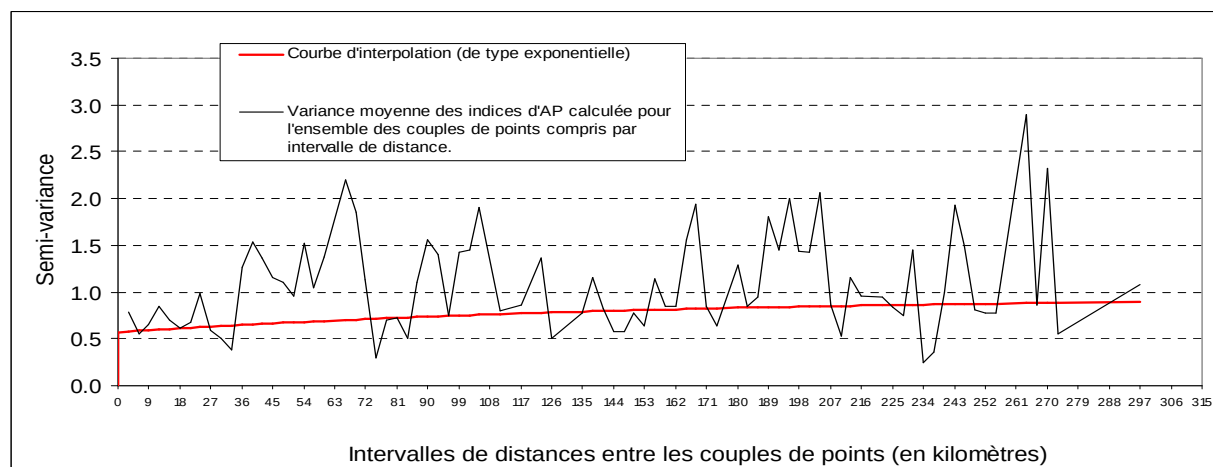


Fig. 303 Semi-variogramme et courbe d'interpolation des indices des taux de pollens d'arbres de l'ensemble des études polliniques de zone humide pour la période allant de 3500 à 2500 cal. BC (Lag interval = 3000 mètres avec une courbe d'interpolation de type exponentiel) et ayant permis la construction de la carte d'interpolation des taux de pollens d'arbres ci-dessous. (RMS error = 0,6)

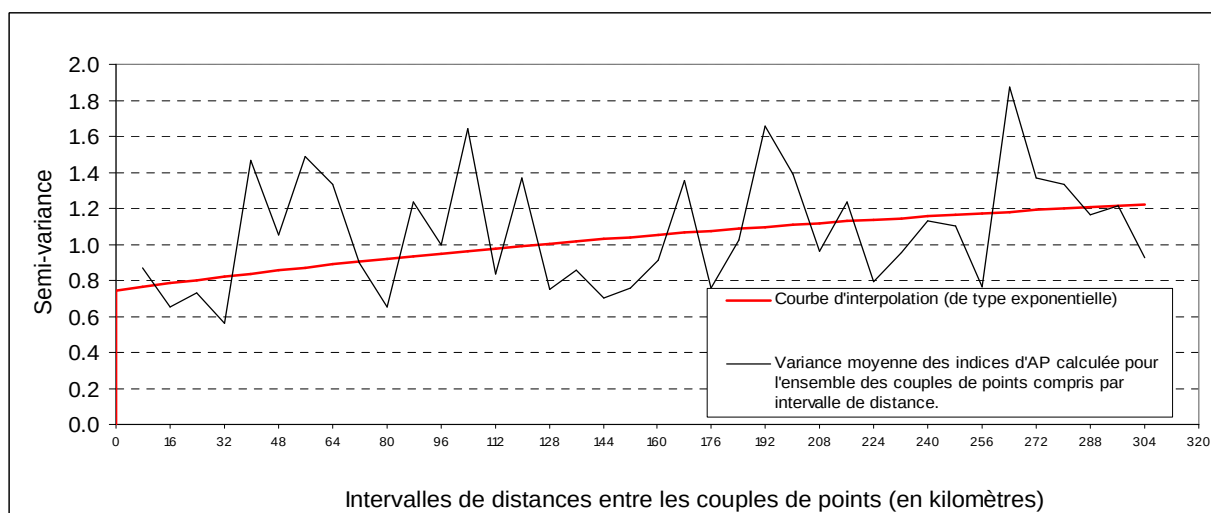


Fig. 304 Semi-variogramme et courbe d'interpolation des indices des taux de pollens d'arbres de l'ensemble des études polliniques de zone humide pour la période allant de 3500 à 2500 cal. BC (Lag interval = 8000 mètres avec une courbe d'interpolation de type exponentiel). (RMS error = 0,33).

On constate une courbe d'interpolation traduisant une variance en augmentation permanente sur au moins 300 kilomètres. Les études polliniques voisines ont donc des valeurs d'AP plus proches que les études éloignées. Par ailleurs, cette relation sur plus de 300 kilomètres traduit une répartition de la densité des flux polliniques d'arbres à l'échelle globale du Massif armoricain (Fig. 305).

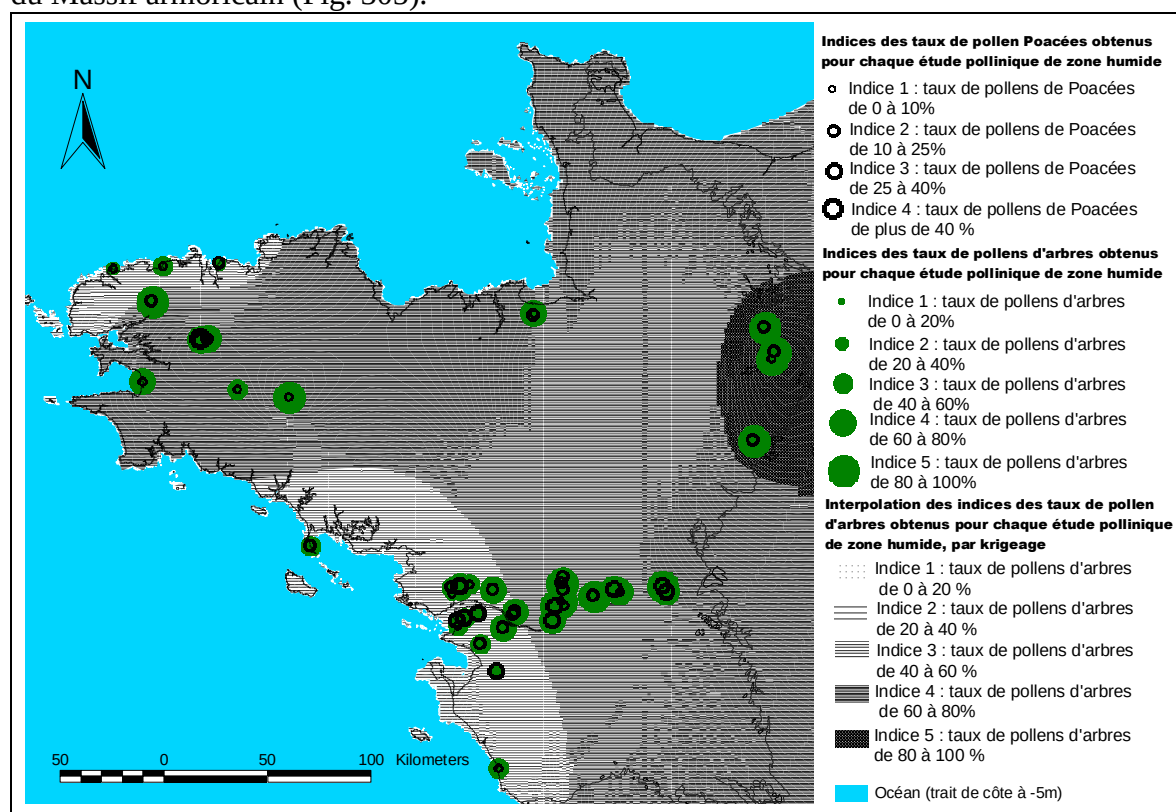


Fig. 305 Représentation et distribution géographique des taux de pollens de Poacées et d'arbres pour la période allant de 3500 à 2500 cal. BC. Le fond de carte est issu de l'interpolation des taux de pollens d'arbres à partir des études de zones humides et après exclusion des études présentant des datations en décalage (semi-variogramme avec un Lag interval = 3000 mètres et courbe d'interpolation de type exponentiel).

A nouveau, on constate un gradient des flux polliniques d'arbres en fonction de la distance au rivage (Fig. 307). Cette relation a été mise en évidence par l'intermédiaire de 6852 points répartis de manière aléatoire sur le Massif armoricain et dans les secteurs pourvus en études polliniques (La Normandie vide d'études polliniques a été écartée) (Fig. 306). Le coefficient de détermination est remarquablement bon ($R^2 = 0,79$).

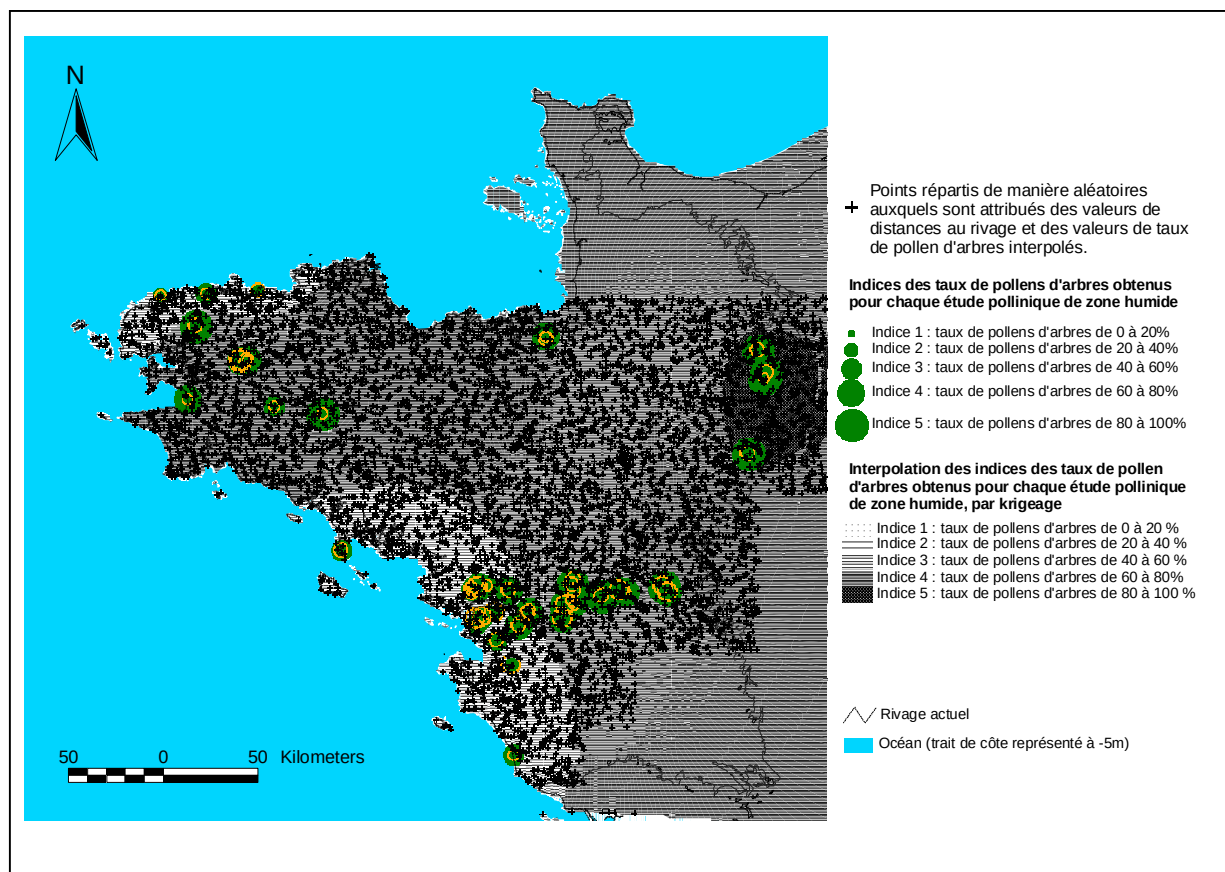


Fig. 306 Des valeurs de distances par rapport au rivage et des taux de pollens d'arbres interpolés ont été attribuées à 6852 points répartis de manière aléatoire à la surface des secteurs pourvus en études polliniques.

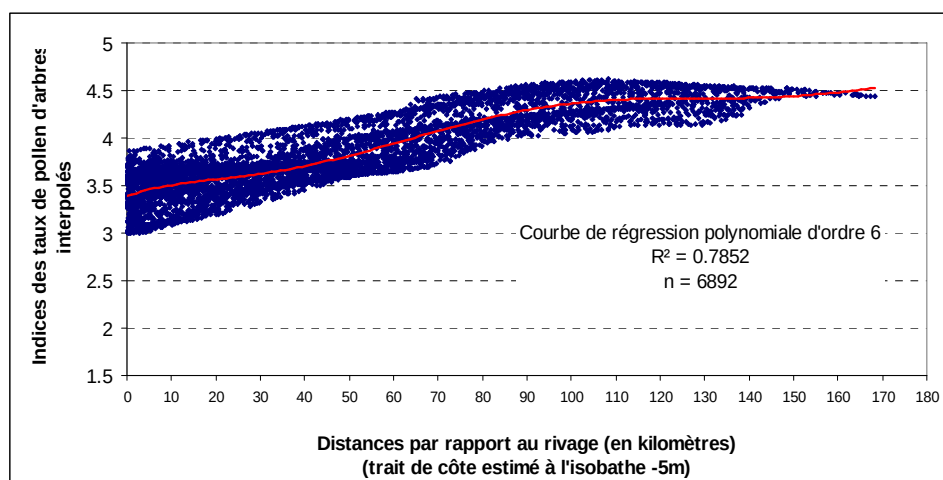


Fig. 307 Indices des taux de pollens d'arbres interpolés (d'après la seconde interpolation avec le « lag interval » = 1000 mètres) en fonction de la distance au rivage pour les 6852 points répartis de manière aléatoire selon la fenêtre ci-dessus (Fig. 306).

La relation entre les flux polliniques d'arbres interpolés et la distance au rivage apparaît de manière très nette sur environ 100 kilomètres pour cette période. Néanmoins, il n'est pas facile de trancher entre des raisons naturelles (contraintes maritimes, vide pollinique au dessus de la mer) et/ou anthropiques pour expliquer ce résultat. La mise en relation entre le nombre de sites archéologiques et les taux de pollens d'arbres ainsi que l'analyse de co-inertie devraient néanmoins apporter quelques éléments de réponses.

- Corrélation entre la distribution des sites archéologiques et les taux de pollens d'arbres de la région Bretagne

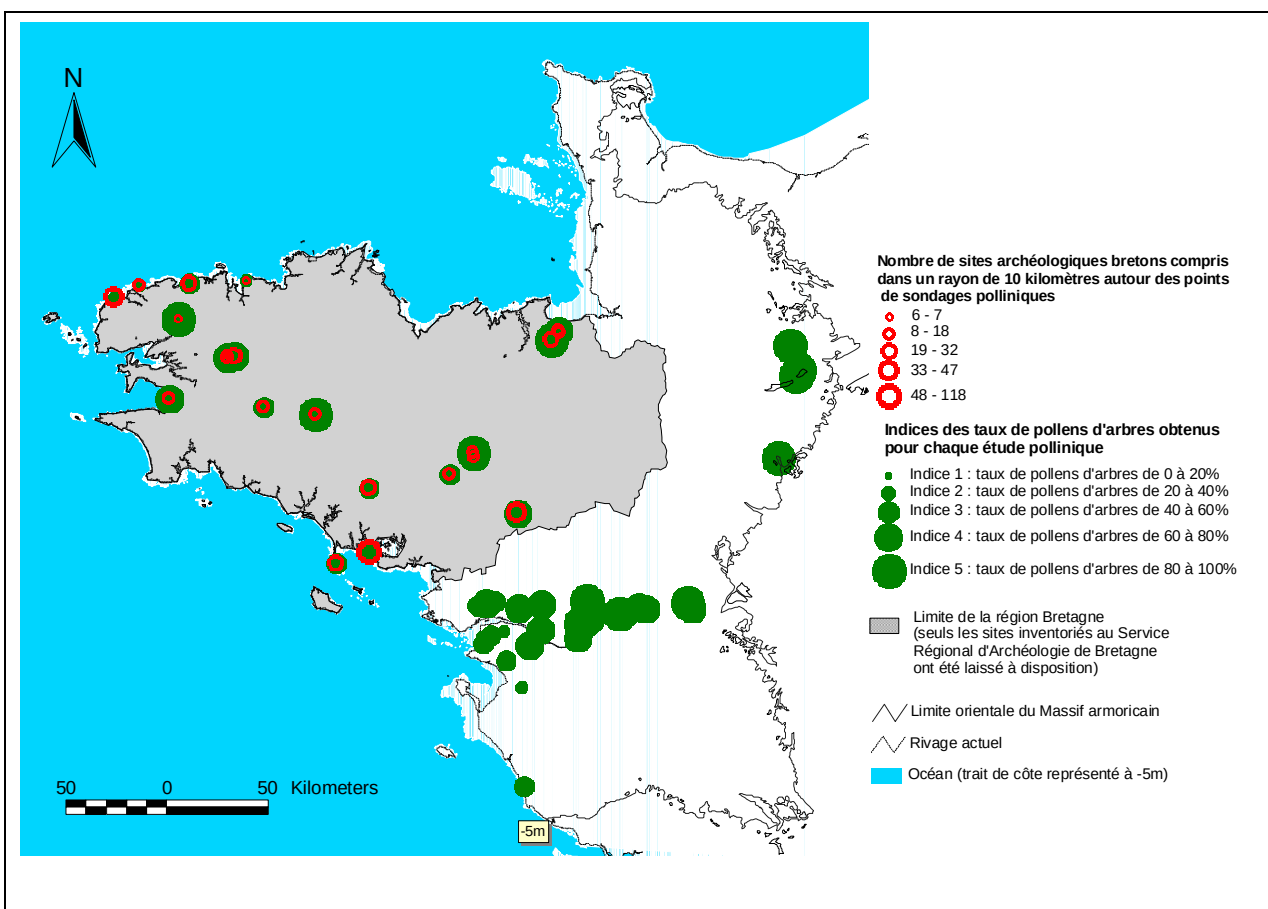


Fig. 308 Répartition des sondages polliniques armoricains et recoupant la période allant de 3500 à 2500 cal. BC. L'indice du taux de pollens d'arbres et le nombre de sites archéologiques du Néolithique (les sites sont parfois seulement signalés comme Néolithique...) en plus de quelques sites du Néolithique récent de la région Bretagne ont été attribués et indiqués pour chaque sondage pollinique.

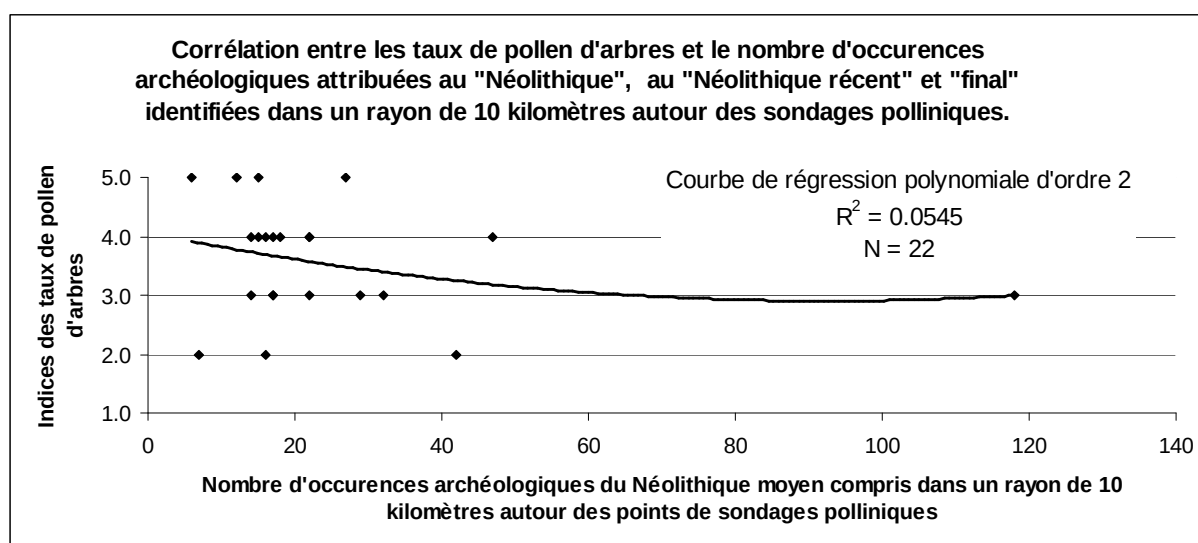


Fig. 309 Mise en relation du nombre de sites archéologiques attribué au « Néolithique », « Néolithique récent » et « Néolithique final » avec les indices du taux de pollens d'arbres pour les dix-neuf sondages polliniques recoupant la période et localisés dans la région Bretagne.

Le graphique montre une faible corrélation entre les taux de pollens d'arbres et le nombre de sites archéologiques compris autour des points de sondages polliniques. Le coefficient de détermination est en effet très faible ($R^2 = 0,0545$) ce qui traduit une hétérogénéité importante des valeurs et l'absence de vraie tendance. On constate logiquement un peu plus de sites archéologiques autour des études polliniques présentant les taux de pollens d'arbres les plus faibles. Au contraire, les plus forts taux de pollens d'arbres sont plutôt retrouvés dans des secteurs presque vides de vestiges archéologiques. L'impact humain a probablement joué un rôle sur les flux polliniques d'arbres autour de quelques points de sondages polliniques seulement, ce qui explique l'hétérogénéité des valeurs. Toutefois, il se trouve que les sites archéologiques identifiés sont un peu plus concentrés sur la côte.

Une Analyse en Composantes Principales réalisée à partir des valeurs des taux de pollens d'arbres, de distances des études polliniques par rapport au rivage et du nombre de sites archéologiques compris dans un rayon de 10 kilomètres autour des études, montre que les valeurs des taux de pollens d'arbres restent fortement et avant tout liées à la distance au littoral durant le Néolithique (Fig. 310). Notons que la faible adéquation entre concentration de sites archéologiques et taux de pollens d'arbres peut aussi être interprétée comme résultant d'un biais de la répartition des sites archéologiques inventoriés (ex. biais de prospection...).

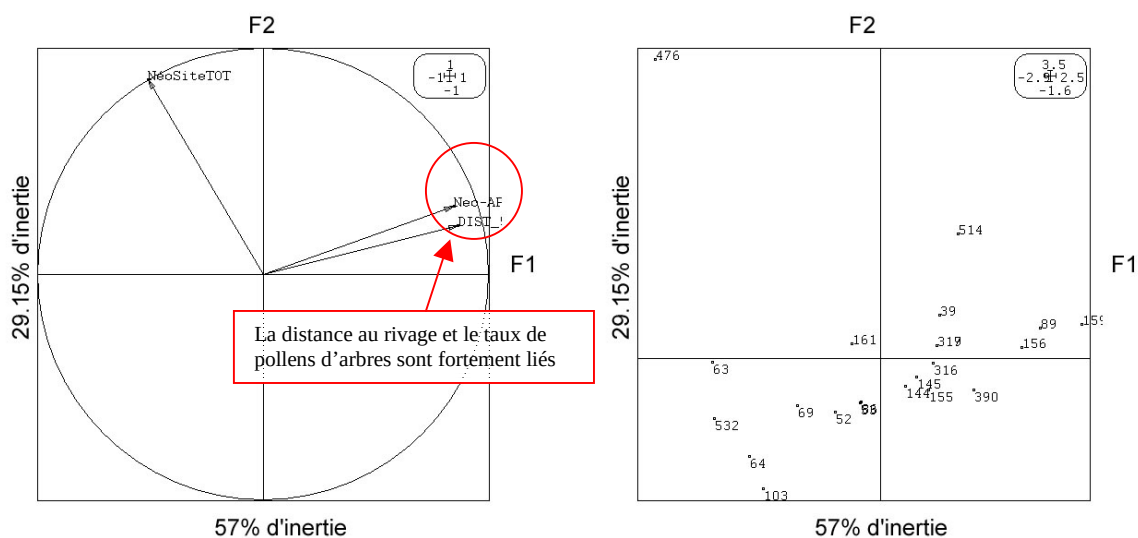


Fig. 310 ACP des taux de pollens d'arbres, des distances par rapport au rivage et du nombre de sites archéologiques du Néolithique compris dans un rayon de 10 kilomètres autour des 22 études polliniques de la région Bretagne recoupant cette période. « Dist_5m » : distances des études polliniques par rapport à l'isobathe des -5 mètres ; « Néo-AP » : taux de pollens d'arbres du Néolithique attribué à chaque étude pollinique ; « NéoSiteTOT » : Nombre d'occurrences archéologiques comprises dans un rayon de 10 kilomètres autour de chaque étude pollinique de la Région Bretagne.

A nouveau, le manque de précisions chronologiques (les sites sont souvent attribués au « Néolithique ») concernant les sites inventoriés au Service Régional d'Archéologie nécessite de considérer ces interprétations avec précaution.

- Explication de la répartition armoricaine de quelques attestations polliniques et des groupements « des sols bien drainés » par les paramètres abiotiques : analyse de co-inertie

1. Analyse Factorielle des Correspondances de quelques attestations et groupements polliniques de « sols bien drainés » de la période allant de 3500 à 2500 cal. BC

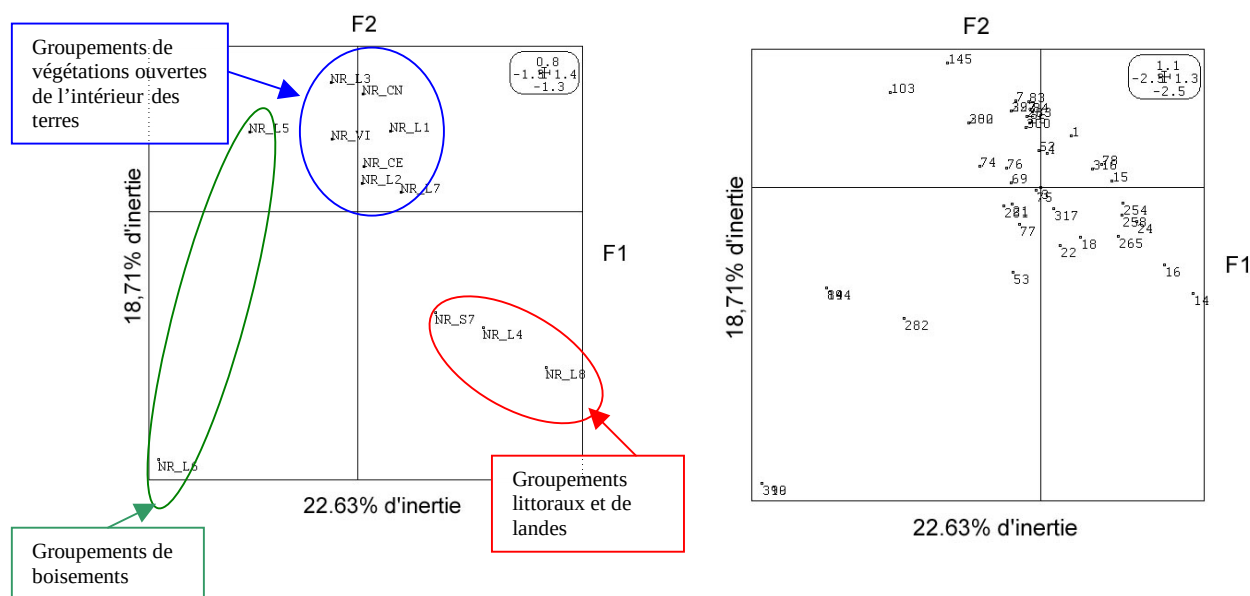


Fig. 311 AFC des groupements archéobotaniques polliniques de « sols bien drainés » de la période allant de 3500 à 2500 cal. BC. NR_CE : « occurrences polliniques de *Cerealia* type » ; NR_VI : « occurrences de *Vitis* » ; NR_CN : « occurrences de *Cannabis-Humulus* » NR_S7 : « groupements de côtes sableuses » ; NR_L1 : « groupements de cultures » ; NR_L2 : « groupements de friches » ; NR_L3 : « groupements de prairie hygro- à mésophiles » ; NR_L4 : « groupements de landes armoricaines et de pâturages secs » ; NR_L5 : « groupements de boisements rudéraux » ; NR_L6 : « groupements de forêts claires » ; NR_L7 : « groupements de communautés rudérales, chemins, zones d'habitats, lieux de pacages » ; NR_L8 : « groupements de rochers et de falaises ». Le plan factoriel de droite représente la position des études dans le plan factoriel 1-2.

Trois ensembles sont perceptibles par l'Analyse Factorielle des Correspondances. On trouve le groupement de « forêts claires » (NR_L6) et de « boisements rudéraux » (NR_L5), les groupements littoraux (NR_S7, NR_L8) associés au groupement de landes (NR_L4) et tout un ensemble de groupements de végétations ouvertes (NR_L1, NR_L2, NR_L3, NR_L7) en plus des occurrences polliniques de *Vitis* (NR_VI), *Cerealia* (NR_CE), et *Cannabis-Humulus* (NR_CN).

L'axe F1 permet de classer ces trois ensembles en fonction du degré d'ouverture des végétations puisqu'on passe de groupements de végétations fermées (NR_L6 et NR_L5) à des végétations plus ouvertes NR_L1, NR_L2, NR_L3, NR_L5 et enfin aux végétations littorales (NR_S7 et NR_L8) accompagnées par le groupement de landes (NR_L4).

L'axe F2 est davantage le reflet du degré d'anthropisation des végétations. Il sépare ainsi les végétations de forêts claires (NR_L6) associées aux végétations littorales et de landes (qui sont donc plutôt des landes d'origine naturelle) (NR_L8, NR_S7 et NR_L4) des végétations de cultures (NR_L1), de friches (NR_L2), de communauté et boisements rudéraux (NR_L7 et NR_L5) et de prairies (NR_L3). Il est à noter que les attestations polliniques de

Vitis, *Cannabis-Humulus* et *Cerealia type* sont bien évidemment associées à ces groupements. D'autre part, *Vitis* apparaît fréquemment associé aux groupements de boisements rudéraux (NR_L5) ce qui accrédite plutôt une origine naturelle de ce taxon. Les attestations de *Cannabis-Humulus* sont quant à elles plutôt associées aux groupements de prairies, écosystème naturel de ce taxon.

Une dernière remarque concerne le groupement de landes désormais associé aux groupements littoraux alors que ces landes étaient proportionnellement davantage détectées dans l'intérieur des terres au Néolithique moyen. Ce constat peut-être associé à la légère hausse des fréquences d'occurrences des groupements et taxons polliniques de landes (Fig. 126 et Fig. 128) traduisant donc plutôt un développement des landes littorales autour des points de sondages. Ce phénomène est peut-être lié à la remontée du niveau marin et donc au rapprochement du trait littoral vers les études polliniques.

2. Analyse des Composantes Principales des paramètres abiotiques des études polliniques de zones humides recoupant la période allant de 3500 à 2500 cal. BC

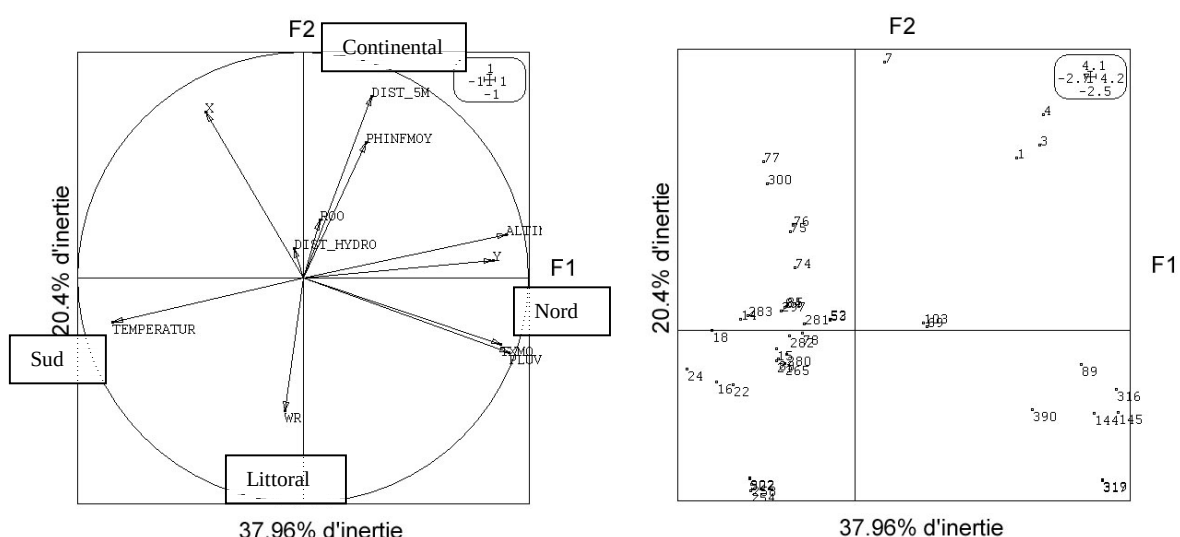


Fig. 312 ACP des paramètres abiotiques des études polliniques de zones humides recoupant la période allant de 3500 à 2500 cal. BC. Un certain nombre d'études a été retiré de cette analyse à cause de l'absence de données concernant un ou plusieurs facteurs environnementaux. Les paramètres pris en compte sont les suivants : « Temperatur » : température moyenne annuelle actuelle au point d'étude ; « Wr » : régime hydrique au point d'étude ; « Phinf » : Ph inférieur des sols par canton ; « Dist_5M » : distance du point d'étude par rapport à l'isobathe des -5 mètres ; « Altimoy » : altitude moyenne des environs du point de sondage ; « Pluviometr » : pluviométrie annuelle moyenne actuelle au point d'étude ; « Txmo » : Taux de matière organique moyen par canton ; « X » : coordonnée longitudinale du point d'étude ; « Y » : coordonnée latitudinale du point d'étude.

L'axe principal de l'étude de l'analyse a permis de classer les études en fonction notamment de leur altitude, de leur latitude et de leur pluviométrie. Le sens inverse de l'axe (vers le sud) voit une augmentation des températures.

L'axe F2 est principalement expliqué par l'effet de la continentalité puisque l'on constate une augmentation des valeurs de la distance à l'isobathe -5 mètres et de la longitude. Le régime hydrique augmente quant à lui avec la proximité du littoral, effet lié à l'existence de nombreux points d'études dans les marais de Brière.

3. Analyse de co-inertie à partir de l'AFC des attestations et groupements polliniques de « sols bien drainés » et de l'ACP des paramètres abiotiques des études recoupant la période allant de 3500 à 2500 cal. BC

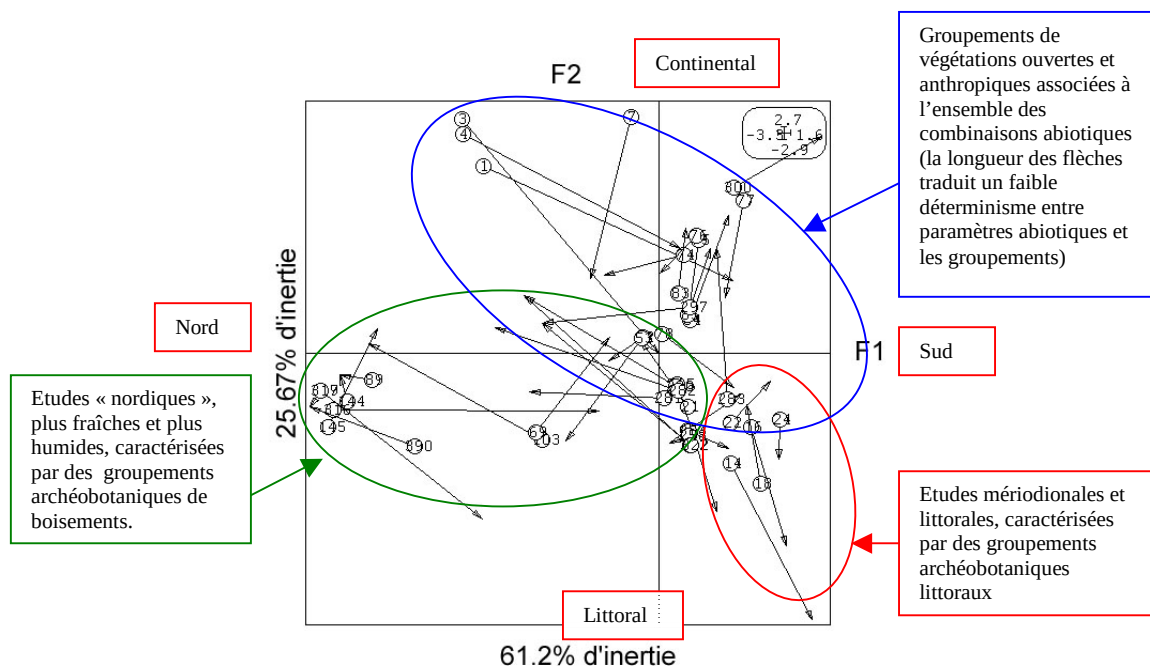


Fig. 313 Analyse de co-inertie à partir de l'AFC des groupements de sols bien drainés et de l'ACP des paramètres abiotiques des études recoupant la période allant de 3500 à 2500 cal. BC. Les études sont signalées par leur numéro d'enregistrement. Un test de Monte Carlo (1000 permutations aléatoires réalisées sur les valeurs des deux tables) a montré que la relation obtenue par l'analyse de co-inertie n'est pas due au hasard à seulement 27,5%.

L'analyse de co-inertie permet d'associer les études les plus septentrionales, les plus froides et les plus pluvieuses aux groupements de boisements (NR_L6 et NR_L7). C'est notamment le cas des études n°69, 89, 103, 144, 145, 319, ces groupements sont par ailleurs plutôt en marge du littoral ou sur la péninsule bretonne (Fig. 314). Ces groupements sont aussi enregistrés dans les études méridionales mais ils sont moins caractéristiques car associés à d'autres groupements (ex. études 281 et 282).

Les études n°24, 18, 16, 22 et 14 sont quant à elles proches du littoral et ont enregistré sans surprise des groupements littoraux (NR_L8 et NR_S7).

Les études ayant enregistré les groupements de végétations ouvertes (cf. AFC) souvent à consonance anthropiques sont quant à elles localisées dans tous les environnements abiotiques du Massif armoricain (cf. plan de co-inertie avec notamment les longues flèches des études traduisant une mauvaise adéquation entre la répartition des groupements et des paramètres abiotiques). Ces études sont identifiées à la fois sur le littoral (ex. 24, 22) mais aussi presque systématiquement à l'intérieur des terres et sur la marge orientale du Massif (ex. 1, 7, 76, 74, 300, 83) (cf. carte de répartition des groupements de cultures et de friches, ci-dessous, Fig. 314). La majorité des études présentant ces groupements de végétations ouvertes sont plutôt sur la partie sud du Massif armoricain mais là encore il faut modérer ce constat car les exceptions existent (ex. études n°1, 4, 7) et ce d'autant plus qu'il y a moins d'études polliniques inventoriées sur la partie nord du Massif armoricain.

Notons que le manque de déterminisme entre paramètres abiotiques et les groupements de végétations ouvertes peuvent s'expliquer par l'introduction d'autres facteurs, non naturels, mais anthropiques.

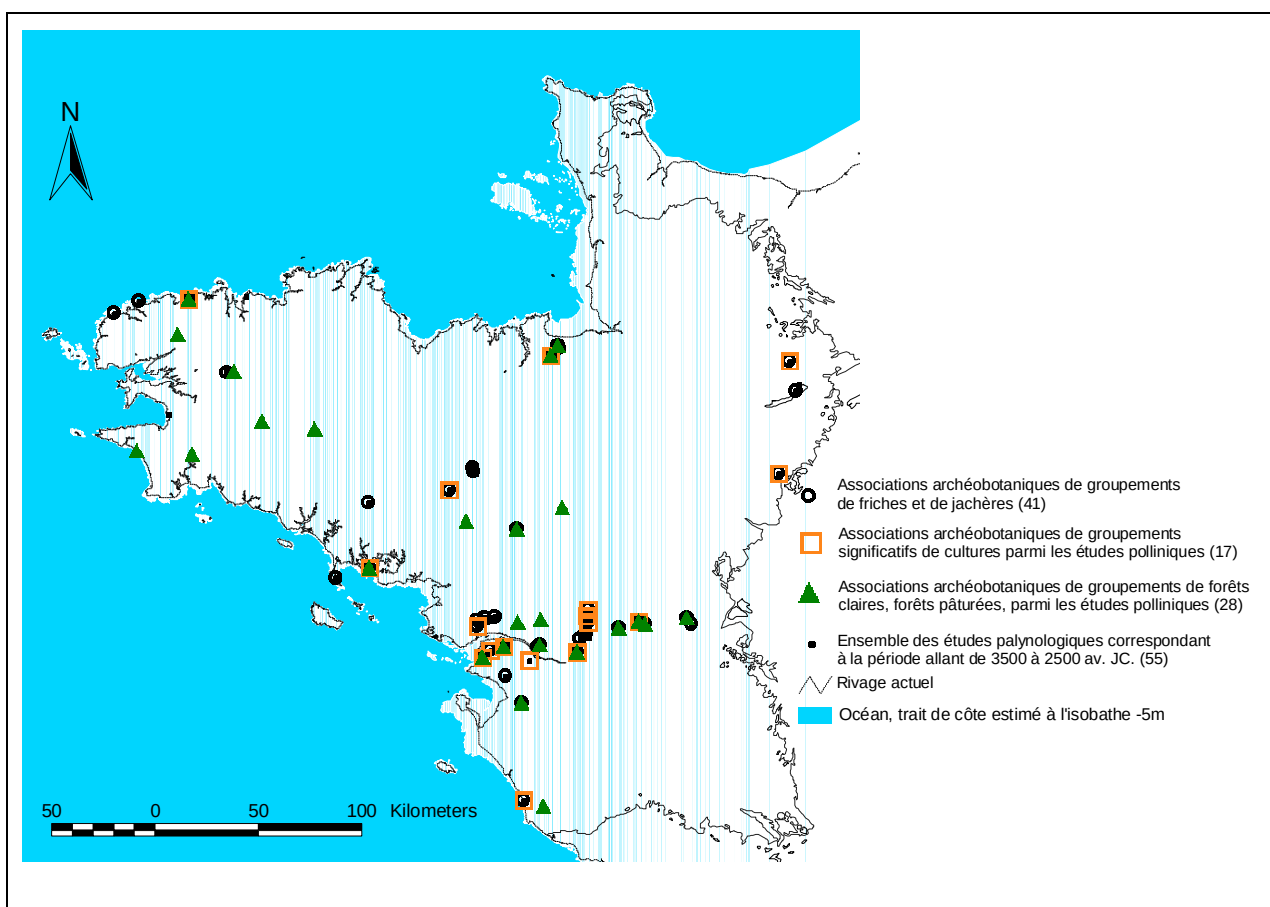


Fig. 314 Distribution des études polliniques recoupant la période allant de 3500 à 2500 cal. BC, avec indication des occurrences des groupements de « cultures » (caractérisées par des taxons allochtones en plus de taxons d'adventices) des groupements de « friches » et des occurrences de groupements de « forêts claires, forêts pâturées ».

B.5.4 « L'Age du Bronze » : 2500 à 750 cal. BC

- Inventaire

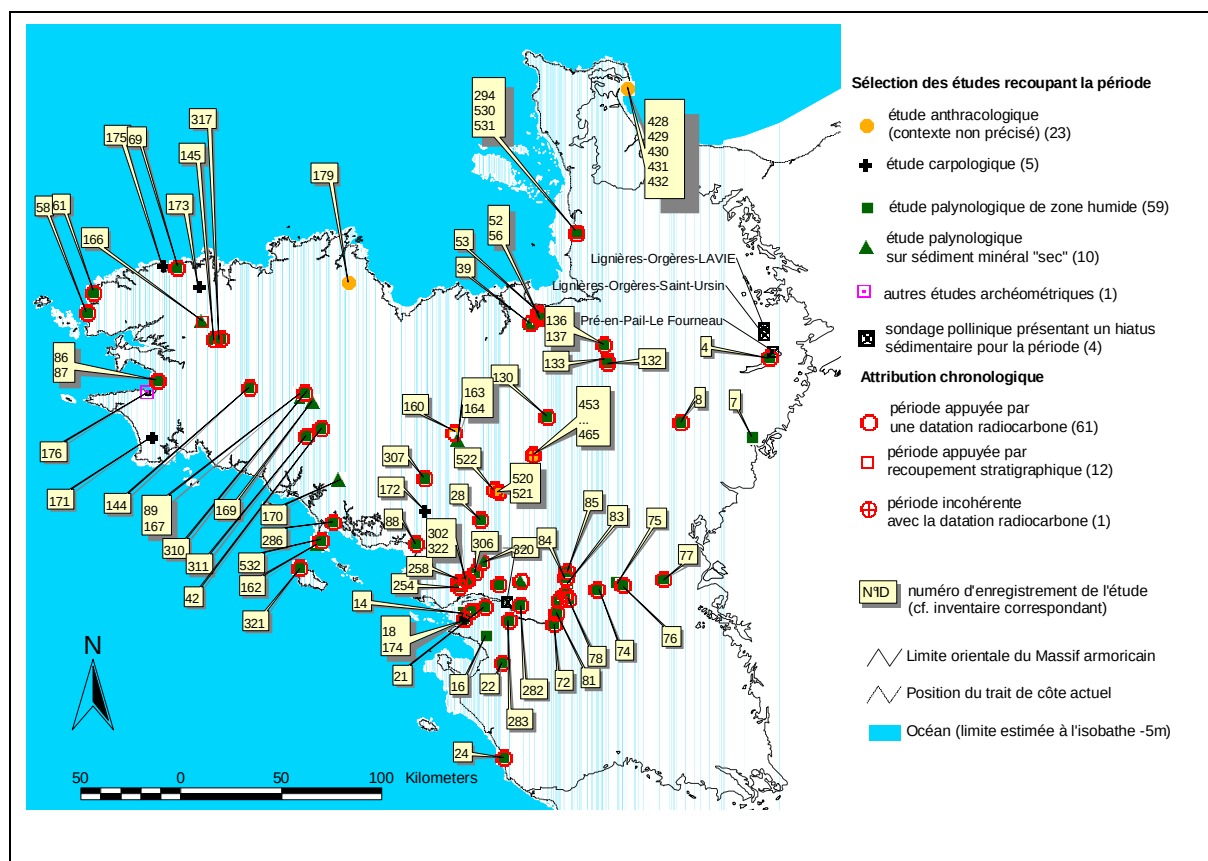


Fig. 315 Carte de répartition des études archéobotaniques recoupant la période allant de 2500 à 750 cal. BC (Age du Bronze).

La période est renseignée par 98 études archéobotaniques dont 23 études anthracologiques et 69 études palynologiques.

Ces résultats sont appuyés par 61 datations radiocarbone en plus de 12 datations relatives pour les structures anthracologiques.

La répartition des études est fidèle à la répartition déjà constatée pour les autres périodes : une concentration d'études le long de la Loire et autour de l'embouchure du fleuve. Le nord du Massif et notamment la région normande est peu fournie en études (Fig. 315).

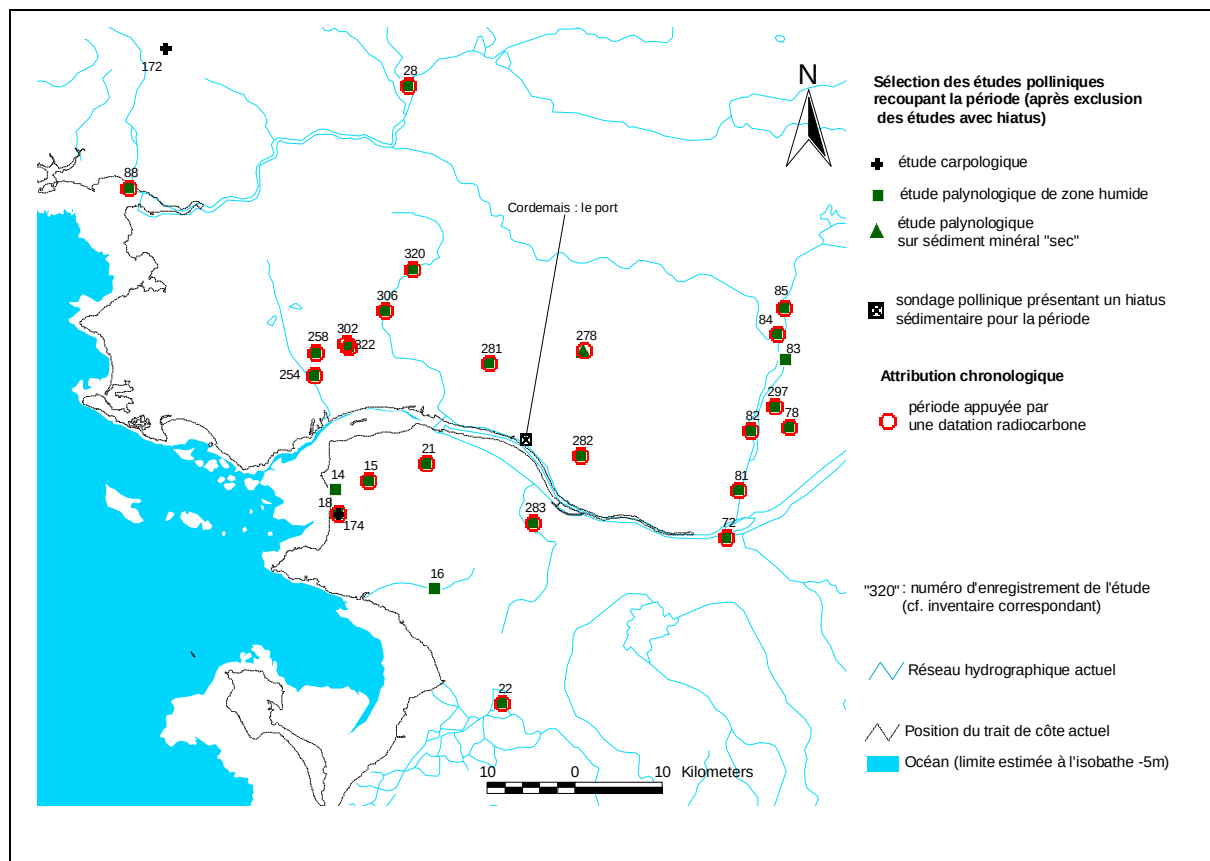


Fig. 316 Carte de répartition des études regroupées autour des marais de Brière et de la vallée de la Loire pour la période allant de 2500 à 750 cal. BC (Age du Bronze).

- Taux de pollens d'arbres et de Poacées, interpolations

L'ensemble des semi-variogrammes proposent des courbes d'interpolation semblables quels que soient les « lag intervals ». Le semi-variogramme obtenu avec l'intervalle de 7000 mètres représente assez bien l'ensemble des semi-variogrammes calculés. Les cartes d'interpolations obtenues peuvent donc être considérées comme fiables.

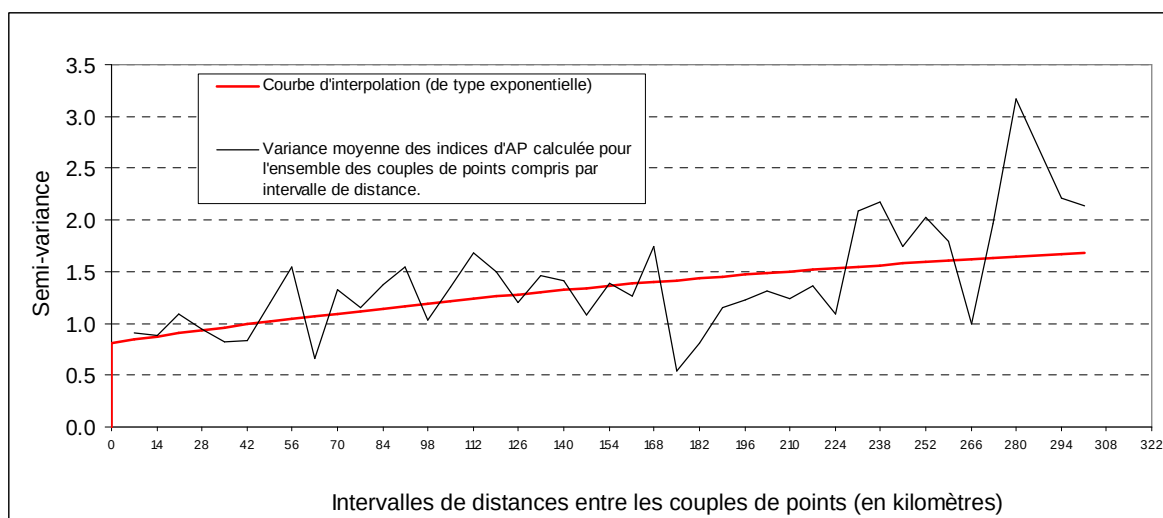


Fig. 317 Semi-variogramme et courbe d'interpolation des indices des taux de pollens d'arbres de l'ensemble des études polliniques de zone humide pour la période allant de 2500 à 750 cal. BC (Lag interval = 7000 mètres avec une courbe d'interpolation de type exponentiel) et ayant permis la construction de la carte d'interpolation des taux de pollens d'arbres. (RMS error = 0,43).

Le semi-variogramme montre une variance des indices des taux d'AP croissante avec des études de plus en plus éloignées sur plus de 300 kilomètres. Les études polliniques voisines ont donc des valeurs d'AP plus proches que les études éloignées. Par ailleurs, cette relation sur plus de 300 kilomètres traduit une répartition de la densité des flux polliniques d'arbres à l'échelle globale du Massif armoricain (Fig. 318).

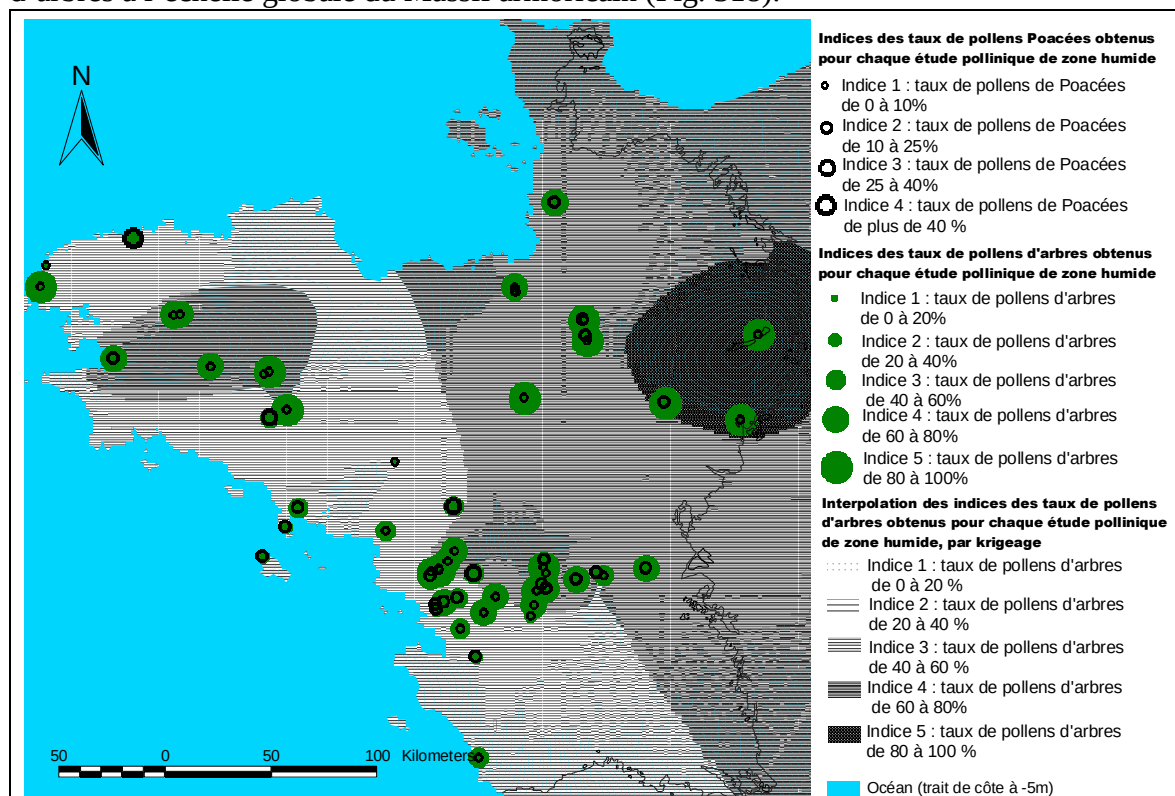


Fig. 318 Représentation et distribution géographique des taux de pollens de Poacées et d'arbres pour la période allant de 2500 à 750 cal. BC. Le fond de carte est issu de l'interpolation des taux de pollens d'arbres à partir des études de zones humides et après exclusion des études présentant des datations en décalage (semi-variogramme avec un Lag interval = 7000 mètres et courbe d'interpolation de type exponentiel).

La carte obtenue montre un paysage un peu plus ouvert qu'à la fin du Néolithique et notamment sur les côtes. Une relation entre les taux de pollens d'arbres interpolés et la proximité du rivage apparaît (Fig. 319 et Fig. 320).

- Tentatives de corrélations entre la distribution des sites archéologiques, la distance par rapport à la mer et les taux de pollens d'arbres

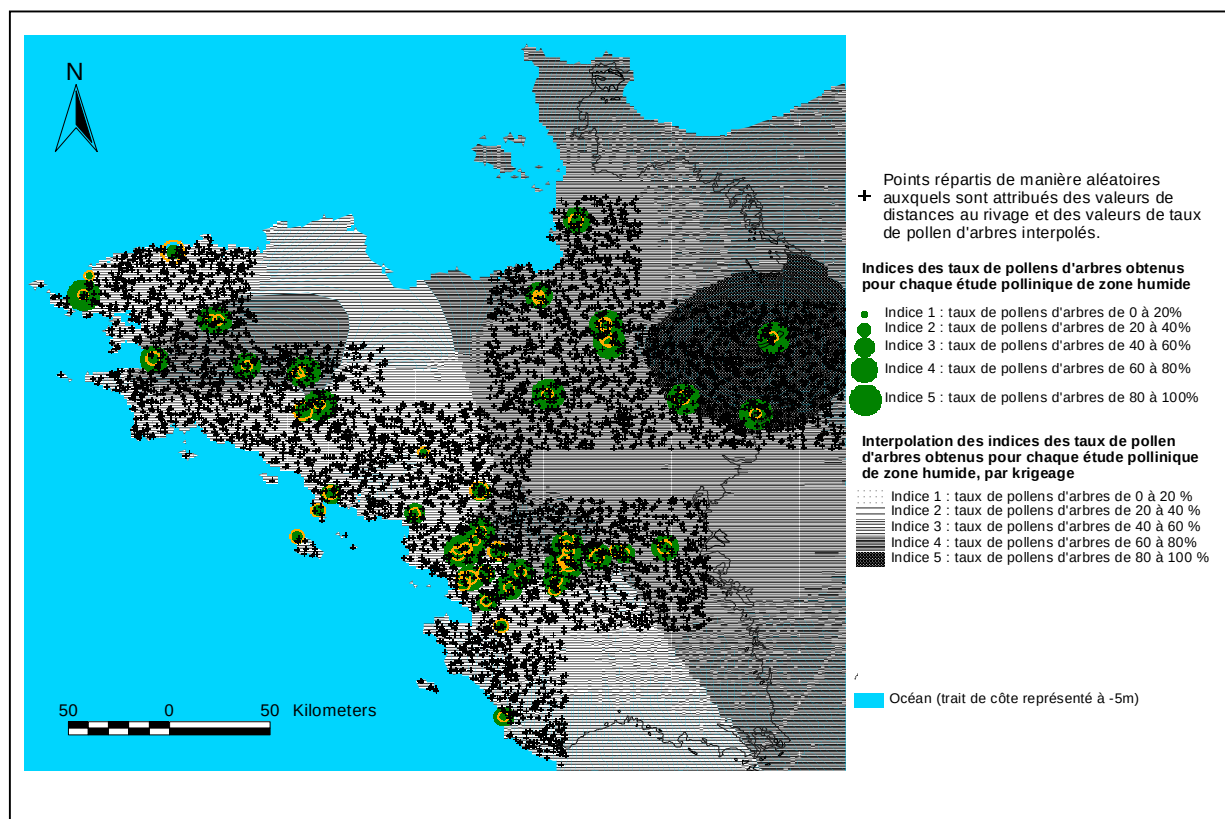


Fig. 319 Des valeurs de distances par rapport au rivage et des taux de pollens d'arbres interpolés ont été attribuées à 5264 points répartis de manière aléatoire à la surface des secteurs pourvus en études polliniques.

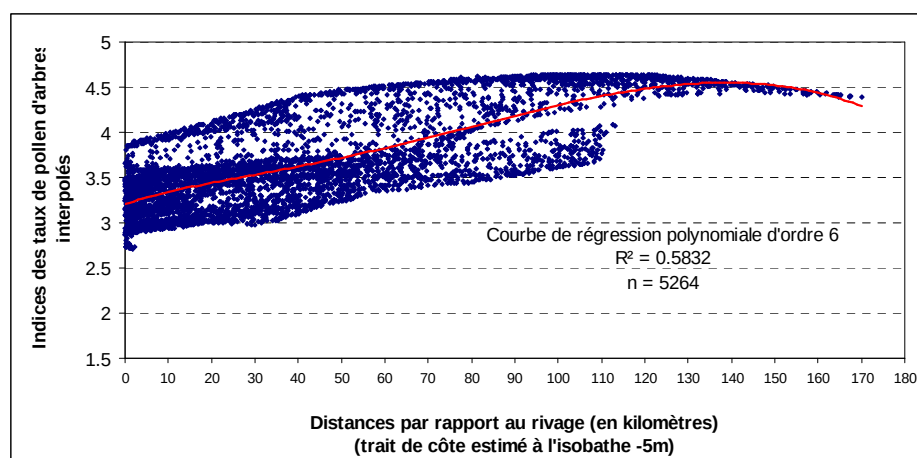


Fig. 320 Indices des taux de pollens d'arbres interpolés (interpolation avec un « lag interval » = 7000 mètres) en fonction de la distance au rivage pour les 5264 points répartis de manière aléatoire dans les secteurs pourvus en études polliniques (Fig. 319).

A l'Age du Bronze, il apparaît à nouveau une relation entre la distance au rivage et les flux polliniques d'arbres interpolés sur environ 100 kilomètres. Le coefficient de

détermination est bon ($R^2 = 0,58$) même s'il est un peu plus faible que pour la période précédente. Cet effet découle de flux polliniques répartis de manière un peu plus hétérogène. Des raisons naturelles (ex. contraintes maritimes) mais aussi anthropiques (ex. défrichements côtiers) peuvent être évoquées.

Dans le cadre du programme « ECLIPSE » menée en collaboration avec M. Gabillot, D. Marguerie, N. Marcoux et moi-même, la répartition des sites, accompagnée du nombre d'objets métalliques retrouvés sur le Massif armoricain et correspondant aux diverses périodes de l'Age du Bronze nous a été transmise. Nous avons donc cherché à corrélérer la répartition des sites archéologiques, (nombre de sites archéologiques de l'Age du Bronze compris dans un rayon de 10 kilomètres, Fig. 321) et du nombre d'objets métalliques interpolés (Fig. 322) avec les taux de pollens d'arbres interpolés au sein de 5264 points répartis de manière aléatoire dans les secteurs pourvus en études polliniques sur le Massif armoricain (Fig. 319). D'autres paramètres tels que la longitude, la latitude, l'altitude et la distance à l'isobathe – 5 mètres de chacun de ces 5264 points ont été ajoutés à l'Analyse des Composantes Principales (Fig. 323).

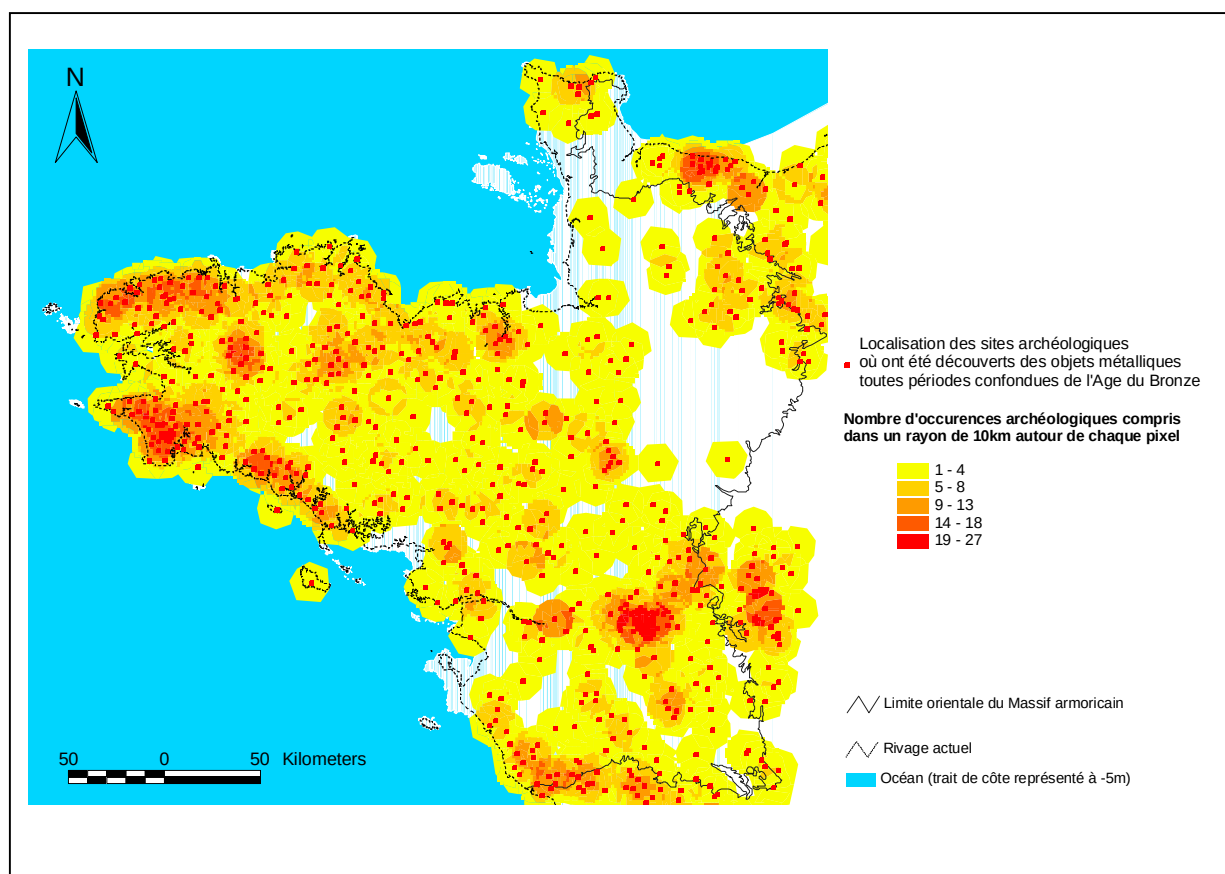


Fig. 321 carte représentant le nombre d'occurrences archéologiques de l'Age du Bronze ayant révélés des objets métalliques dans un rayon de 10 kilomètres autour de chaque pixel de la carte.

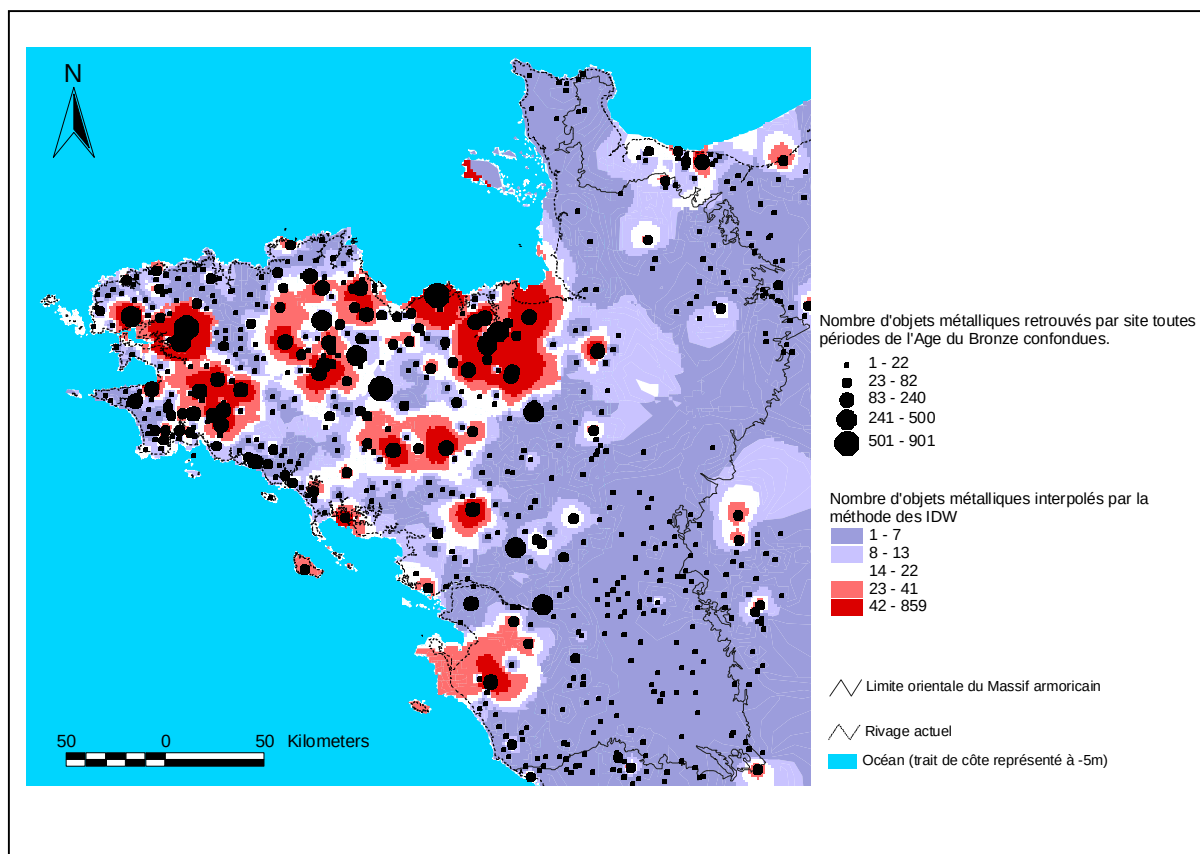


Fig. 322 Nombre d'objets métalliques de l'Age du Bronze interpolé par la méthode des IDW sur le Massif armoricain. L'interpolation par la méthode des IDW a été retenue car la méthode du krigeage n'offrait aucun variogramme (quels que soient les « lag-intervals ») aboutissant à une relation entre variance et distance (cf. chapitre sur les interpolations en annexe). Aucune pondération n'étant alors mise en oeuvre dans le calcul du krigeage, nous obtenions le même résultat que la méthode d'interpolation par l'inverse de la distance (IDW).

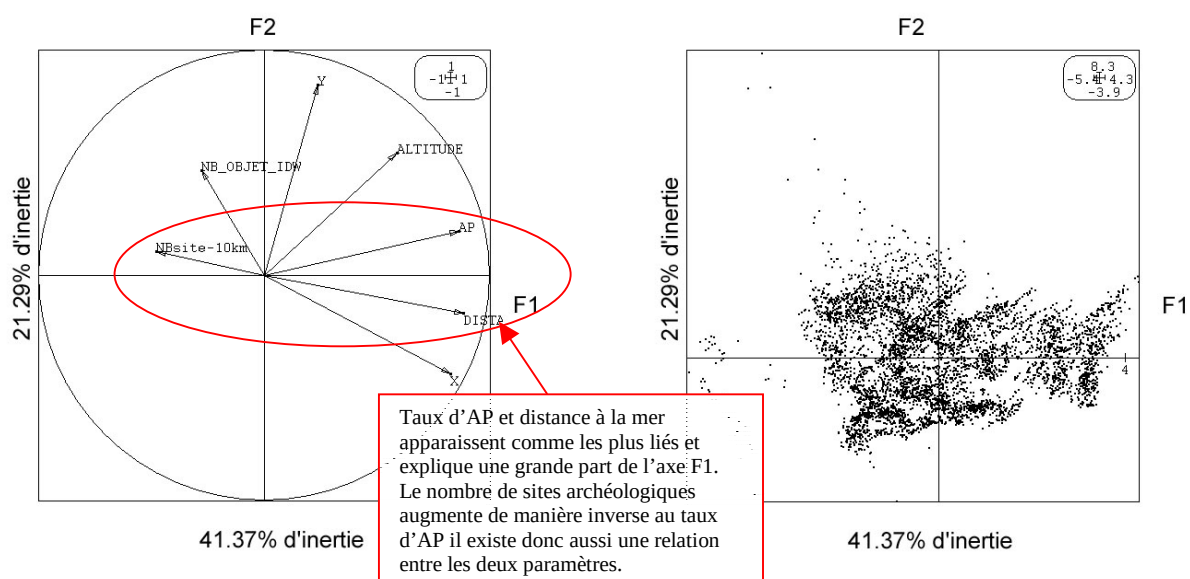


Fig. 323 ACP des taux de pollens d'arbres interpolés, du nombre d'occurrences archéologiques compris dans un rayon de 10 kilomètres autour de chaque pixel, du nombre d'objets métalliques interpolés ainsi que de quelques autres paramètres abiotiques attribués à 5264 points répartis de manière aléatoire autour des études polliniques de zones humides recoupant l'Age du Bronze (cf. distribution de ces points sur la Fig. 319 ci-dessus). Les

paramètres pris en compte sont les suivants : « Distance_-5m » : distance du point par rapport à l'isobathe des -5 mètres ; « Altimoy » : altitude moyenne des environs du point ; « X » : coordonnée longitudinale du point d'étude ; « Y » : coordonnée latitudinale du point ; « AP » : taux de pollens d'arbres interpolés pour l'Age du Bronze ; « Nbsite_-10km » : nombre d'occurrences archéologiques ayant révélé des objets métalliques compris dans un rayon de 10 kilomètres autour de chaque point ; « NB_Objet_IDW » : Nombre d'objets métalliques interpolés par la méthode des IDW au niveau de chaque point. Le plan factoriel de droite représente la position des 5264 points en fonction des principaux axes définis dans le plan de gauche.

L'axe principal de l'analyse traduit principalement l'effet de la continentalité. En effet, les valeurs de distances à la mer (Distance_-5m), la longitude (X) et l'altitude expliquent une grande part de cet axe.

On constate d'autre part que les valeurs des taux de pollens d'arbres interpolés sont fortement liées à cet effet et notamment à la distance par rapport à la mer et à l'altitude.

Le nombre d'occurrences archéologiques ayant révélé des objets métalliques est aussi dépendant de cet effet, puisque les valeurs augmentent vers le rivage (Fig. 321). La longueur du vecteur indique néanmoins une relation de dépendance moins importante que les valeurs de distance au rivage et des taux de pollens d'arbres interpolés. Les taux de pollens d'arbres interpolés semblent donc avant tout liés à la distance par rapport à la mer puis à la répartition des occurrences archéologiques. En revanche la distribution spatiale du nombre d'objets métalliques interpolés est moins fonction de l'effet de la continentalité que de la latitude. Il ne semble donc pas y avoir de liens entre le nombre d'objets métalliques interpolés et les taux de pollens d'arbres.

- Comparaison entre la répartition de flux polliniques d'arbres interpolés et les mesures dendrologiques

En vue de rechercher une corrélation entre des mesures de largeurs de cernes et des taux de pollens d'arbres, des valeurs de taux de pollens d'arbres interpolés (Fig. 319) ont été attribuées à l'ensemble des études dendro-anthracologiques et des études dendrochronologiques (données collectées par V. Bernard) réalisées sur des charbons de bois ou des bois géoréférencés de l'Age du Bronze (Fig. 324).

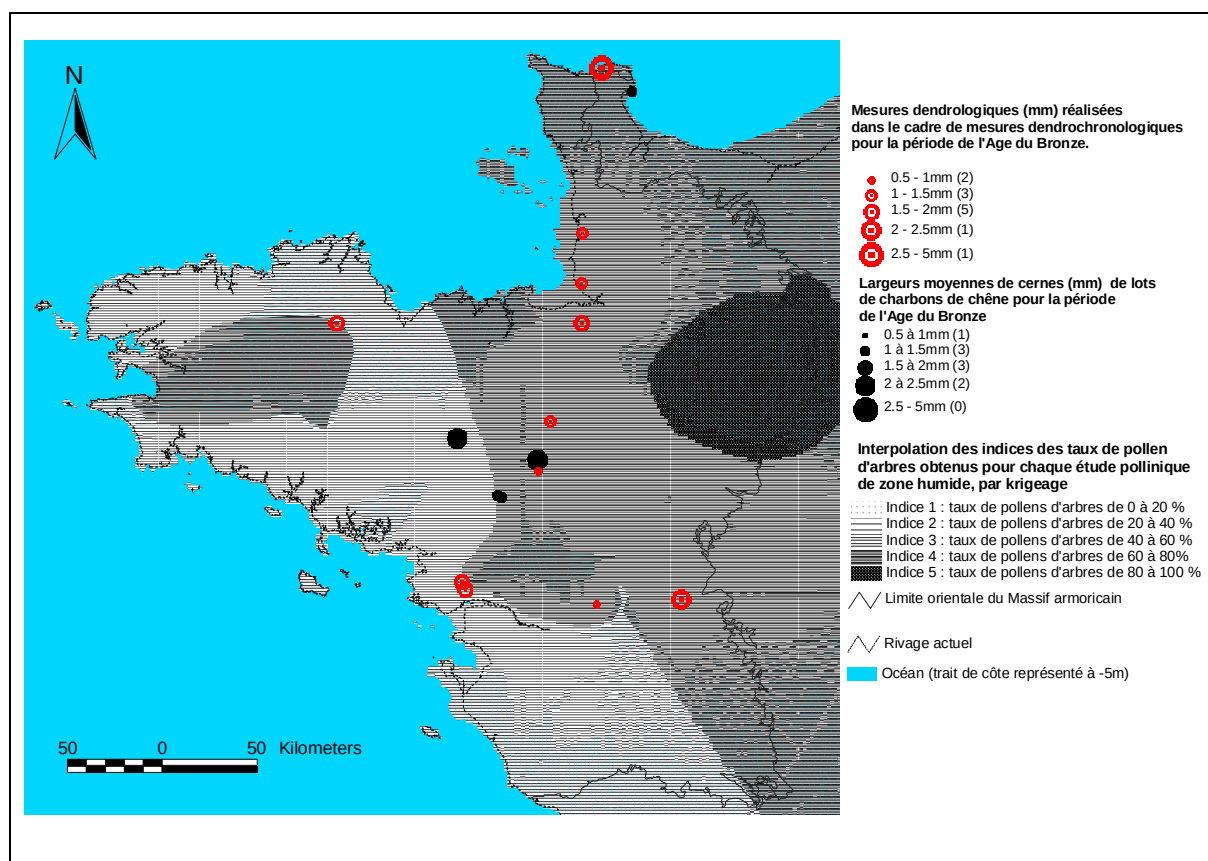


Fig. 324 Carte de répartition des études dendro-anthracologiques et des études dendrochronologiques pour l'Age du Bronze. La carte de fond représente les indices des taux de pollens d'arbres interpolés (krigeage calculé à partir d'un semi-variogramme avec un Lag interval = 7000 mètres et courbe d'interpolation de type exponentiel).

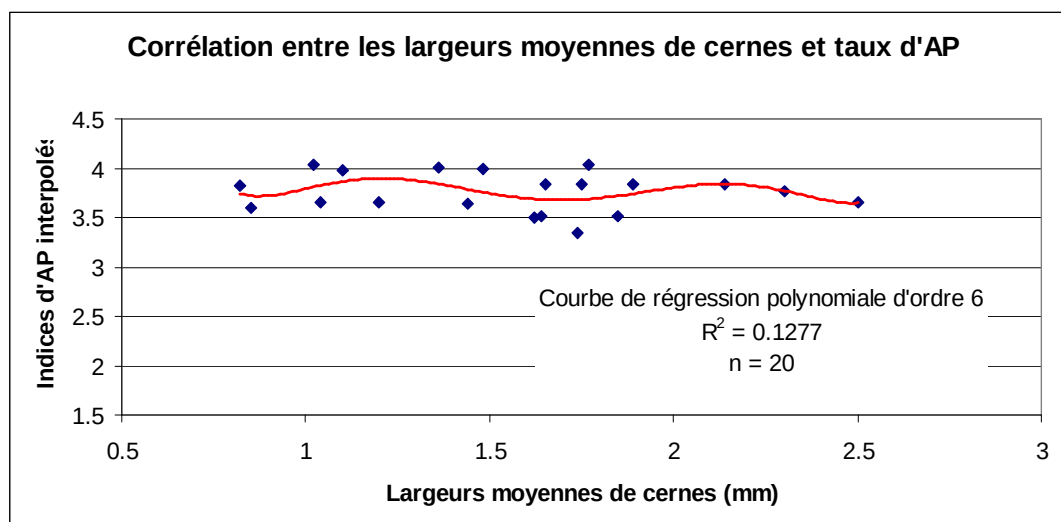


Fig. 325 Graphique exprimant les indices des taux de pollens d'arbres interpolés en fonction des largeurs moyennes de cernes observées pour 20 lots anthracologiques et mesures dendrochronologiques. Une étude dendrochronologique (étude de Fermanville sur la pointe du Cotentin a été exclue car la valeur était très atypique...).

Il n'apparaît pas de véritable relation de dépendance entre les deux séries de valeurs ($R^2 = 0,13$). Seule une très légère tendance se dégage. On pouvait pourtant s'attendre à

observer des largeurs de cernes plus importantes dans les secteurs les plus ouverts (indices de pollens d'arbres les plus faibles).

Il faut attribuer la faiblesse de cette relation, d'une part au maigre effectif de données dendrologiques (seulement 20 mesures dendrologiques) mais aussi probablement à une mauvaise adéquation entre l'échelle de signification spatiale des données palynologiques (jusqu'à une dizaine de kilomètres) et dendrologiques (quelques dizaines de mètres autour de l'arbre).

- Explication de la répartition armoricaine de quelques attestations polliniques et des groupements « des sols bien drainés » par les paramètres abiotiques : analyse de co-inertie

1. Analyse Factorielle des Correspondances de quelques attestations et groupements polliniques de « sols bien drainés » de la période allant de 2500 à 750 cal. BC

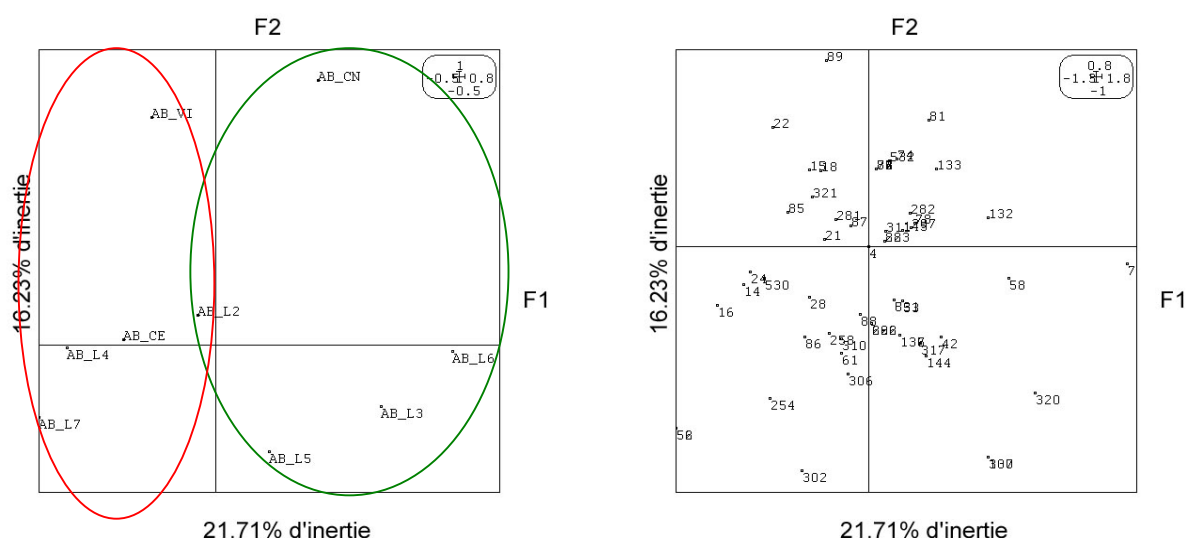


Fig. 326 AFC des groupements archéobotaniques polliniques de « sols bien drainés » de la période allant de 2500 à 750 cal. BC. Le groupement de culture a été remplacé par les occurrences polliniques de *Cerealia type*, de *Vitis* et *Cannabis-Humulus*. AB_CE : « occurrences polliniques de *Cerealia type* » ; AB_VI : « occurrences de *Vitis* » ; AB_CN : « occurrences de *Cannabis-Humulus* » ; AB_L2 : « groupements de friches » ; AB_L3 : « groupements de prairie hygro- à mésophiles » ; AB_L4 : « groupements de landes armoricaines et de pâturages secs » ; AB_L5 : « groupements de boisements rudéraux » ; AB_L6 : « groupements de forêts claires » ; AB_L7 : « groupements de communautés rudérales, chemins, zones d'habitats, lieux de pacages ». Le plan factoriel de droite représente la position des études dans le plan factoriel 1-2.

Les deux axes principaux ne résument qu'une faible part de l'inertie totale et particulièrement le second axe qui ne représente que 16% de l'inertie. En prenant en compte l'axe principal, l'analyse permet de distinguer deux ensembles : un ensemble comprenant les groupements « AB_L6, AB_L3, AB_L5 et AB_CN » (entourés en vert) et l'autre moitié du plan comprenant les groupements « AB_L7, AB_L4, AB_CE et AB_VI » (entourés en rouge). Le groupement « AB_L2 » est quant à lui enregistré dans la plupart des études polliniques ce qui le place au milieu de l'axe principal.

Cette partition apparaît assez logique puisque les groupements de boisements (AB_L6 et AB_L5) sont ensemble et sont associés à des groupements de prairies. Ce qui correspond à

des paysages encore peu anthropisés ou relevant d'une agriculture extensive ou d'élevage. Les occurrences de « *Cannabis-Humulus* », taxons de zones fraîches et humides, s'associent assez bien à ces paysages.

L'ensemble des groupements AB_L7, AB_L4, AB_CE et AB_VI décrivent des paysages plus anthropisés.

2. Analyse des Composantes Principales des paramètres abiotiques des études polliniques de zones humides recoupant la période allant de 2500 à 750 cal. BC

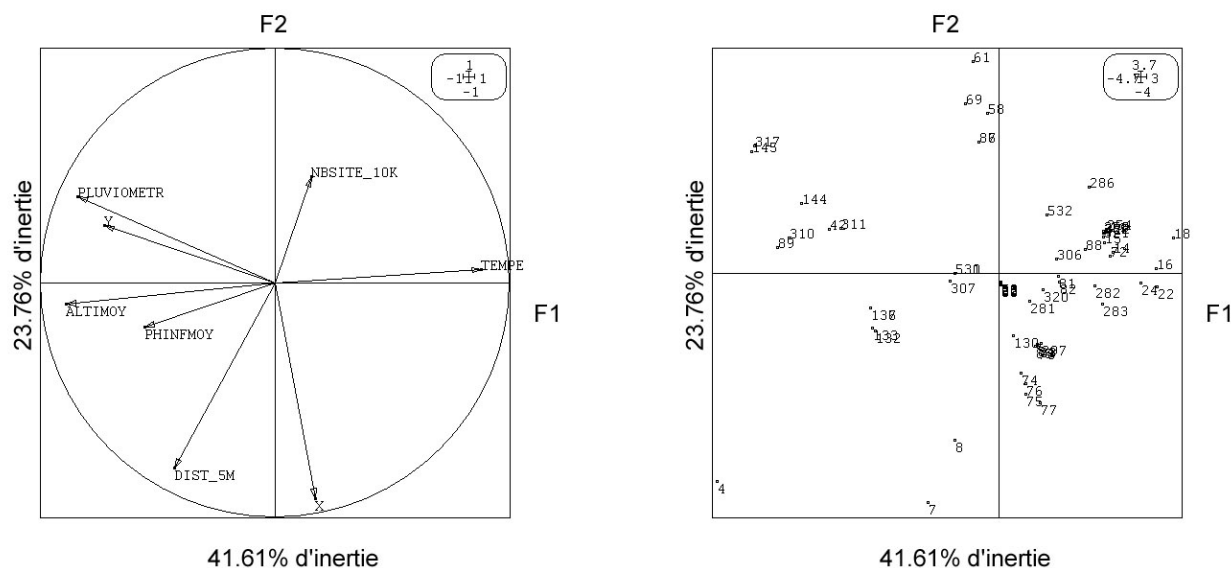


Fig. 327 ACP des paramètres abiotiques des études polliniques recoupant la période allant de 2500 à 750 cal. BC. Un certain nombre d'études a été retiré de cette analyse à cause de l'absence de données concernant un ou plusieurs facteurs environnementaux. Les paramètres pris en compte sont les suivants : « Température » : température moyenne annuelle actuelle au point d'étude ; « Phinf » : Ph inférieur des sols par canton ; « Dist_5M » : distance du point d'étude par rapport à l'isobathe des -5 m ; « Altimo » : altitude moyenne des environs du point de sondage ; « Pluviométr » : pluviométrie annuelle moyenne actuelle au point d'étude ; « X » : coordonnée longitudinale du point d'étude ; « Y » : coordonnée latitudinale du point d'étude ; « NBSITE_10km » : Nombre d'occurrences archéologiques ayant livré des objets métalliques de l'Age du Bronze.

L'axe principal permet de classer les études d'après les valeurs de température, d'altitude, de pluviométrie, de latitude.

L'axe F2 met en évidence un gradient de continentalité avec notamment les valeurs de longitude, de distance à l'isobathe -5 mètres. Notons que le nombre de sites archéologiques augmente avec la proximité de la mer.

3. Analyse de co-inertie à partir de l'AFC des attestations et groupements polliniques de « sols bien drainés » et de l'ACP des paramètres abiotiques des études recoupant la période allant de 2500 à 750 cal. BC

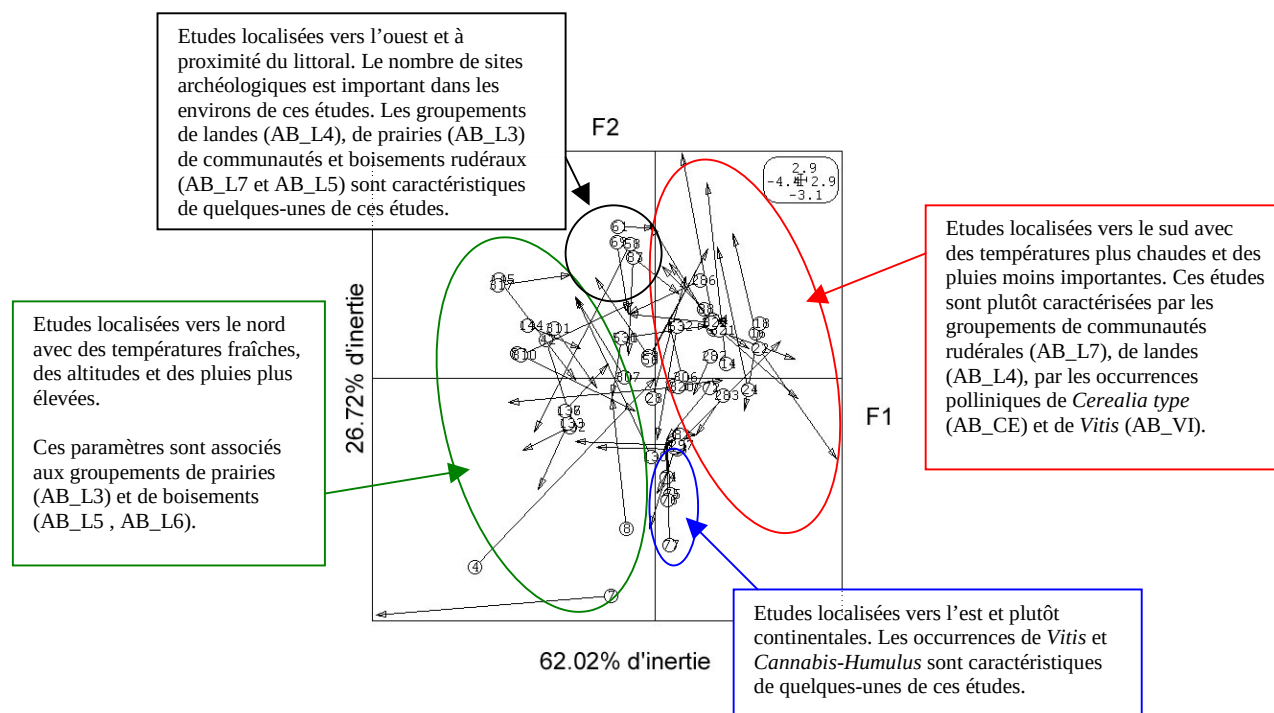


Fig. 328 Analyse de co-inertie à partir de l'AFC de quelques occurrences polliniques et de groupements de sols bien drainés et de l'ACP des paramètres abiotiques des études recoupant la période allant de 2500 à 750 cal. BC. Les études sont signalées par leur numéro d'enregistrement. Un test de Monte Carlo (1000 permutations aléatoires réalisées sur les valeurs des deux tables) a montré que la relation obtenue par l'analyse de co-inertie n'est pas due au hasard à 71,4%.

La position des études dans le plan de l'analyse de co-inertie permet de reconnaître les principaux axes interprétés dans l'ACP, c'est à dire un axe F1 associé aux paramètres de température, d'altitude, de pluviométrie et de latitude, alors que l'axe F2 représente plutôt les valeurs de la longitude, de distance à la mer et du nombre de sites archéologiques.

Il apparaît néanmoins, une forte instabilité des études dans le plan de co-inertie et notamment selon l'axe F2, car l'on peut constater de très nombreuses flèches verticales passant d'un extrême à l'autre de l'axe en coupant l'axe F1. Il est dès lors difficile d'interpréter un classement des études selon cet axe F2. Les valeurs de la longitude, de la continentalité mais aussi, ce qui est plus surprenant, des concentrations de vestiges archéologiques paraissent agir faiblement sur l'image qualitative de la mosaïque paysagère. Aussi, seule une faible tendance peut être dégagée avec les occurrences polliniques de *Vitis* et *Cannabis-Humulus* que l'on retrouve plutôt enregistrées dans les études de la marge orientale et éloigné du rivage (ex. études n°74, 76, 77), alors que les groupements de landes (AB_L4), de prairies (AB_L3), de boisements et communautés rudérales (AB_L5 et AB_L7) sont davantage enregistrés dans les études de l'ouest, située plutôt sur le littoral et proches de sites archéologiques (ex. études n°61,69) (cf. aussi Fig. 329).

L'axe principal de l'analyse de co-inertie propose quant à lui un classement des études plus stable. Il permet ainsi d'associer les groupements de boisements (AB_L6, AB_L5) et de prairies (AB_L3) (ex. études n°132, 133, 144, 145, 8, 7) à des températures plus fraîches, des altitudes plus élevées et des latitudes septentrionales du Massif armoricain (Fig. 329).

Les groupements de landes (AB_L4), de communautés rudérales (AB_L7), les occurrences de *Cerealia type* et de *Vitis* sont quant à eux davantage associés à des températures plus chaudes, des latitudes plus méridionales et des altitudes moins élevées (ex. études n°18, 16, 24, 22) (Fig. 328 et Fig. 329 ci-dessous). Notons que la proximité de la mer et le nombre de sites archéologiques augmentent aussi très légèrement sur cet axe (cf. axe F1 de l'ACP, Fig. 327).

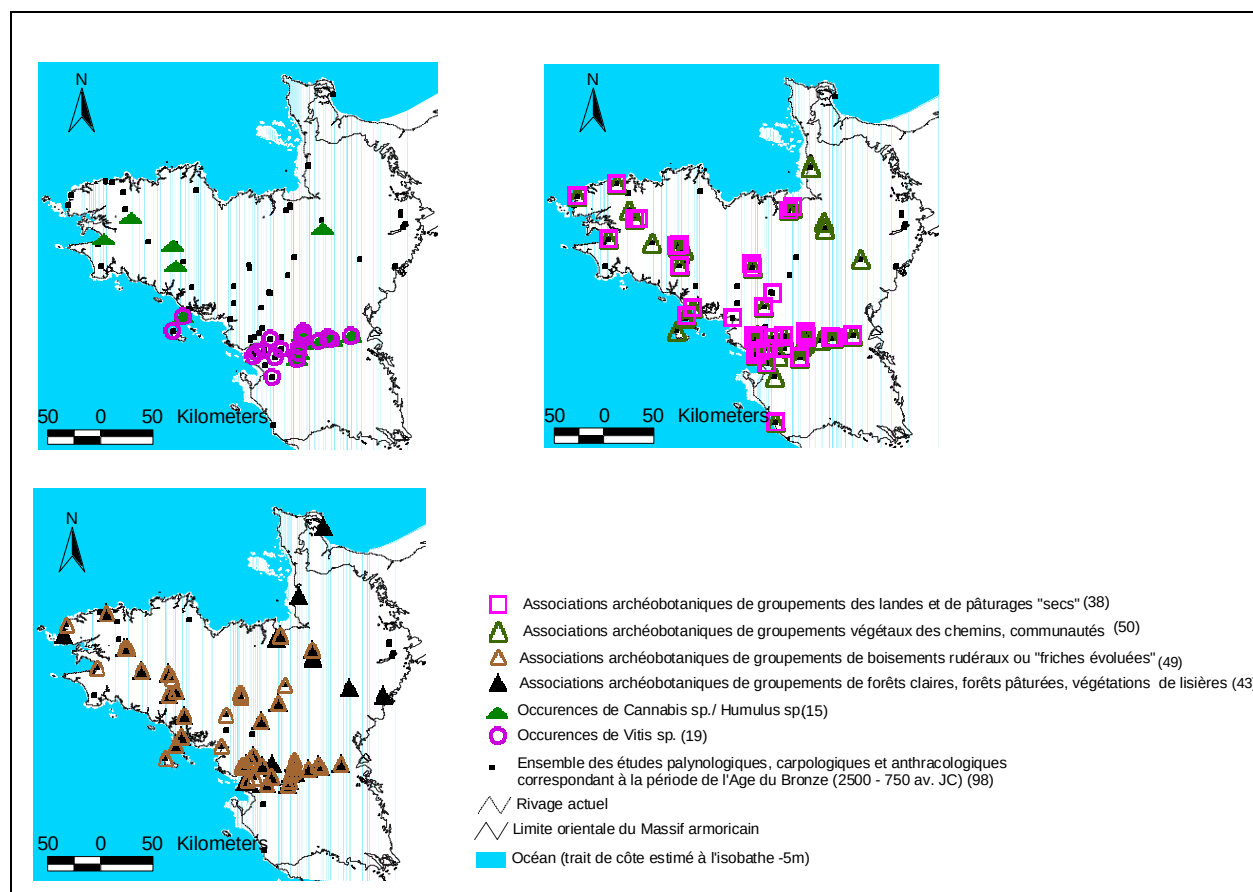


Fig. 329 Cartes représentant les répartitions de quelques groupements et occurrences archéobotaniques enregistrés dans les études recoupant l'Age du Bronze (2500 à 750 cal. BC).

L'incohérence relative et la difficulté d'interprétation qui ressort de cette analyse sont probablement liées aux répartitions assez diffuses des groupements ou des occurrences archéobotaniques. En fait, il existe bien souvent beaucoup d'exceptions dans les quelques tendances que l'on arrive à dégager. En effet, les analyses multivariées permettent de faire ressortir des tendances mais en aucun cas des correspondances nettes entre une répartition de paléo-végétations et une répartition d'un paramètre environnemental (ex. si les groupements de boisements et communautés rudérales sont caractéristiques des études du nord du Massif armoricain, ces groupements sont aussi présents dans la moitié sud du Massif armoricain. Fig. 329).

Par ailleurs, la durée du pas de temps chronologique de la période de l'Age du Bronze est probablement trop longue pour avoir l'image d'un paysage végétal cohérent. En effet, l'enregistrement des données concernant ce pas de temps peuvent tout à la fois correspondre à des paysages séparés de plus 1000 ans (!) puisque la période définie lors de la mise au point de la base de données dure 1750 ans (de 2500 à 750 cal. BC). Or, les paysages de cette période ont subi des changements entre le début et la fin de la période, d'où un certain flou lors de la restitution des résultats sous la forme d'une seule carte.

Aussi, nous avons cherché à étudier les paysages de l'Age du Bronze en divisant la période en trois. Quelques résultats de ce travail sont illustrés dans les pages suivantes.

- Description de la succession des paysages végétaux au cours de l'Age du Bronze

Le découpage chronologique de l'Age du Bronze dans le Nord-Ouest de la France est le suivant :

- Age du Bronze « ancien » : 2300 à 1650 BC
- Age du Bronze « moyen » : 1650 à 1350 BC
- Age du Bronze « final » : 1350 à 700 BC

L'enregistrement des données a été réalisé en partie en reprenant le même protocole que pour la table de données à « chronologie culturelle » (cf. chapitre B.2.1). Dans le cadre de cette étude particulière, l'enregistrement des groupements « forestiers ou régionaux » a en plus été intégré. Par ailleurs, les enregistrements sont systématiquement soumis à l'existence d'au moins une datation radiocarbone par période. Une base de données rassemblant les résultats de 52 études polliniques a ainsi été construite.

o Evolution diachronique d'ordre climatique :

L'évolution du climat peut être suivie par plusieurs descripteurs : les fréquences des occurrences polliniques du tilleul, du groupements à « *Corylus, Quercus, Tilia, Ulmus* » mais aussi par les fréquences des groupements polliniques de zones humides (Fig. 330 et Fig. 331).

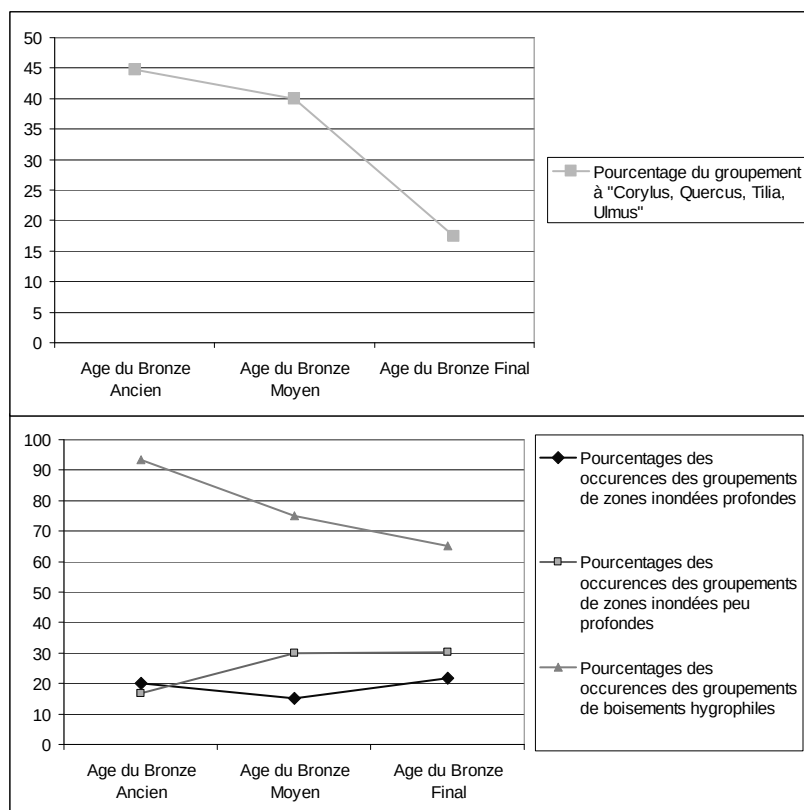


Fig. 330 Evolution des fréquences du groupement à « *Corylus, Quercus, Tilia, Ulmus* » selon les trois périodes de l'Age du Bronze.

Fig. 331 Evolution des fréquences des occurrences de quelques groupements de zone humides : le groupement des zones inondées profondes, des zones inondées peu profondes et des groupements de boisements hygrophiles selon les trois périodes de l'Age du Bronze.

Au regard des ces graphiques, on constate une baisse des occurrences du tilleul et du groupement à « *Corylus, Quercus, Tilia, Ulmus* ». Cette évolution décrit la transition entre le

Subboréal et le Subatlantique, période plus humide. Des taxons comme le tilleul apparaissent ainsi progressivement remplacés par le hêtre sur le Massif armoricain (Fig. 104).

Cette évolution apparaît aussi avec la légère augmentation des fréquences de groupements de zones inondées profondes et peu profondes au détriment des groupements de boisements hygrophiles... (boisements dont la disparition peut aussi être attribuée à des défrichements anthropiques) (Fig. 331).

O Evolution diachronique d'ordre anthropique

Afin d'estimer l'évolution de l'impact humain sur le couvert végétal, une base de données géoréférencées rassemblant des données sur le nombre d'objets métalliques retrouvés par site et par période a été réalisée par M. Gabillot. Les coordonnées X et Y sont les points centroïdes des communes. De plus, des sélections par étapes chronologiques (tous les 200 ans à partir de 2300 BP) sont possibles. Enfin cette base de données comprend un champ attributaire figurant le nombre d'objets en alliage base cuivre trouvés sur chaque site (Fig. 321 et Fig. 322).

Afin de comparer l'évolution de l'impact humain sur la végétation plusieurs descripteurs ont été mis au point :

- un indice moyen des taux de pollens d'arbres pour chacune des trois périodes de l'Age du Bronze (en plus des indices disponibles correspondant au Néolithique final et à l'Age du Fer),
- une moyenne du nombre d'objets « métalliques » retrouvés par site pour chacune des trois périodes,
- un nombre de sites ayant fourni des objets métalliques pour chaque période de l'Age du Bronze.

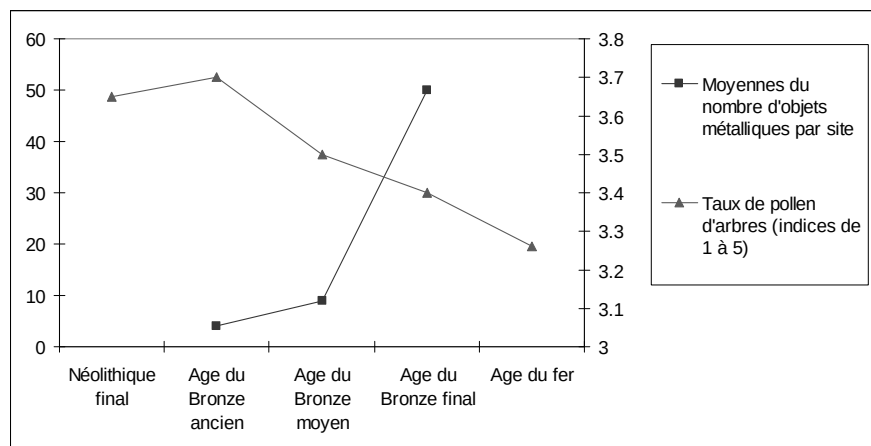


Fig. 332 Graphique montrant l'évolution de l'indice des taux de pollens d'arbres et de la moyenne du nombre d'objets retrouvés par site pour les trois périodes de l'Age du Bronze.

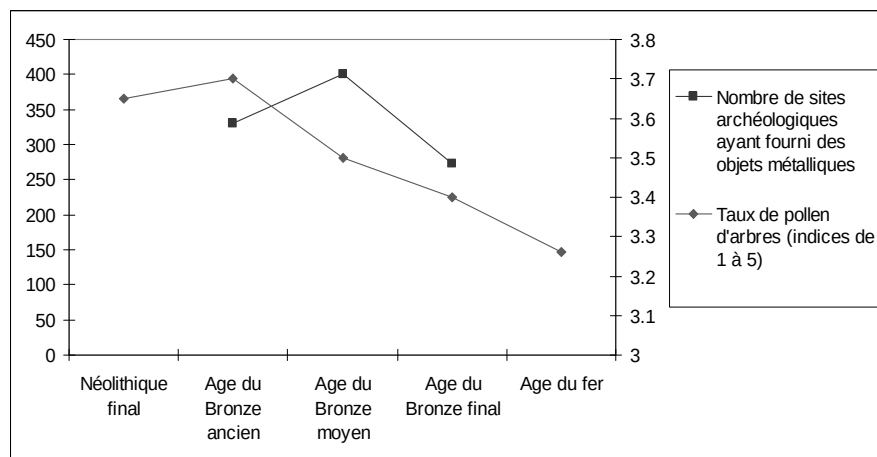


Fig. 333 Graphique montrant l'évolution de l'indice des taux de pollens d'arbres et le nombre de sites archéologiques ayant fourni des objets métalliques pour les trois périodes de l'Age du Bronze.

La comparaison des évolutions des trois descripteurs montre une relation assez logique entre l'augmentation du nombre d'objets archéologiques et la baisse des taux de pollens d'arbres (Fig. 332). Sur ce point, on peut supposer que le développement de l'industrie du « métal » s'est réalisée au détriment d'une forte consommation en bois. On constate en revanche une diminution du nombre de sites archéologiques à la fin de l'Age du Bronze (Fig. 333). Si ce résultat n'est pas très cohérent d'un point de vue diachronique, il est intéressant de comparer la distribution spatiale des occurrences archéologiques vis-à-vis de la répartition des flux polliniques d'arbres de l'Age du Bronze final, pour constater une logique spatiale (Fig. 340).

- o Comparaisons entre les répartitions spatiales des flux polliniques d'arbres interpolés, des sites archéologiques ayant livré des objets métalliques et des concentrations d'objets métalliques, pour chacune des trois périodes.

1. Période de l'Age du Bronze ancien

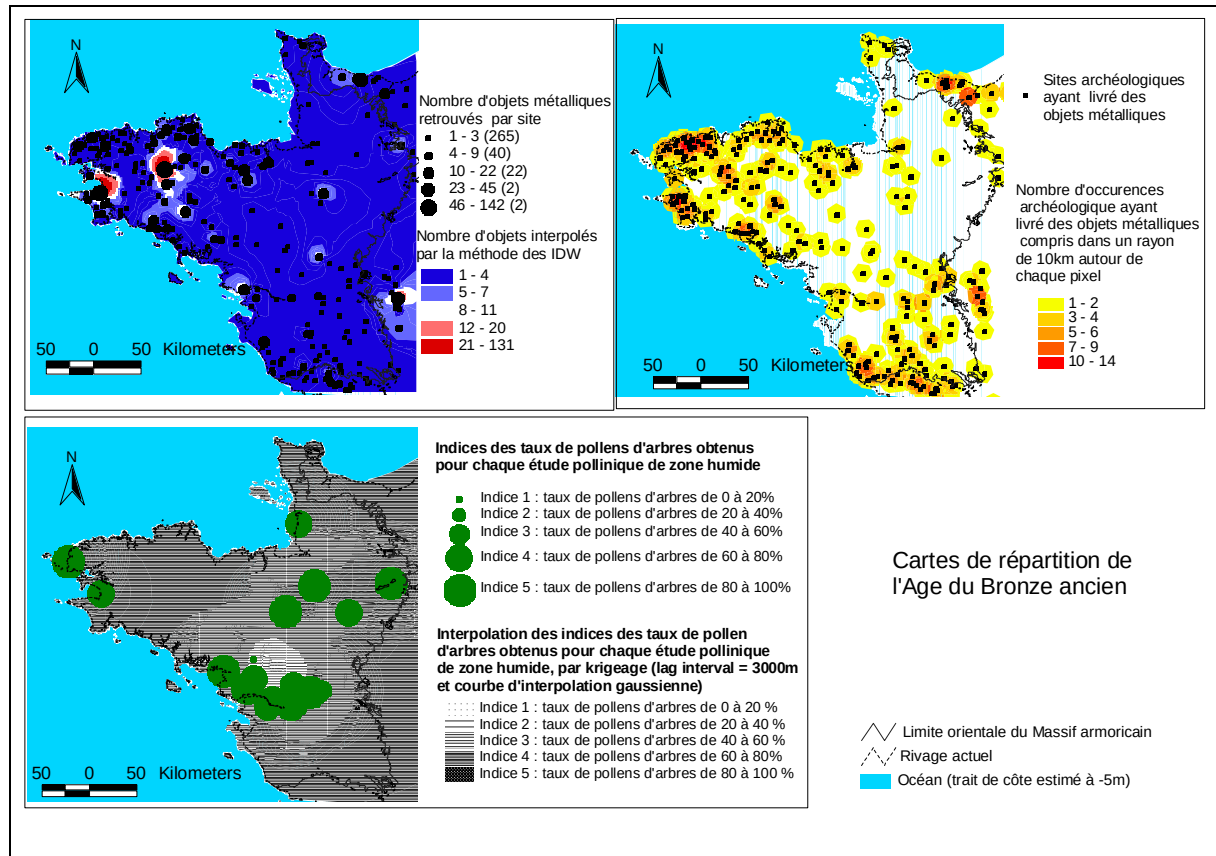


Fig. 334 Cartes de répartition du nombre d'objets métalliques interpolés, du nombre de sites archéologiques ayant livré des objets métalliques dans un rayon de 10 kilomètres autour de chaque pixel, des flux polliniques d'arbres interpolés par krigeage pour l'Age du Bronze ancien.

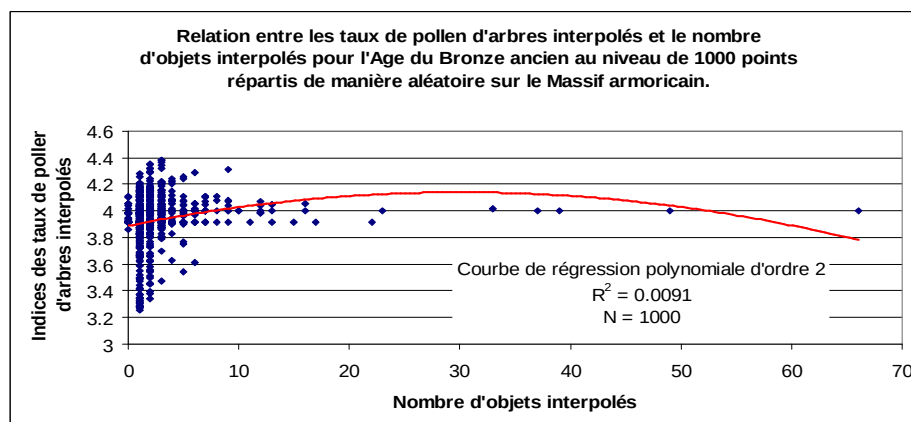


Fig. 335 Graphique exprimant des indices de taux de pollens d'arbres interpolés en fonction du nombre d'objets métalliques interpolés par la méthode des IDW, au niveau de 1000 points répartis de manière aléatoire sur le Massif armoricain.

Aucune corrélation n'apparaît entre la répartition des concentrations d'objets et les flux polliniques d'arbres interpolés ($R^2 = 0,009$).

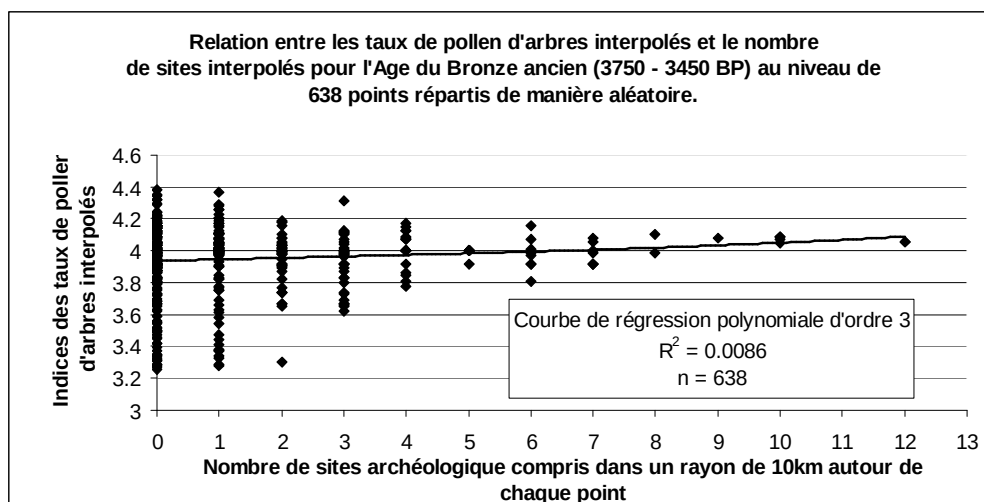


Fig. 336 Graphique exprimant des indices de taux de pollens d'arbres interpolés en fonction du nombre de sites archéologiques ayant fourni des objets métalliques dans un rayon de 10 kilomètres au niveau de 1000 points répartis de manière aléatoire sur le Massif armoricain, à l'Age du Bronze moyen.

A nouveau aucune corrélation n'apparaît entre ces deux séries de valeurs pour l'Age du Bronze ancien ($R^2 = 0,009$). Ces mauvais résultats sont plutôt à attribuer à la carte d'interpolation des flux polliniques d'arbres. En effet, les variogrammes obtenus pour cette période décrivent des variances d'AP relativement égales, quelles que soient les distances entre les couples d'études. Aussi, le krigeage des taux de pollens d'arbres livre logiquement une carte des flux polliniques d'arbres homogènes. On peut donc supposer que les défrichements ne sont pas d'ampleurs et/ou répartis de manière suffisante pour entraîner une baisse significative des taux de pollens d'arbres.

2. Période de l'Age du Bronze moyen

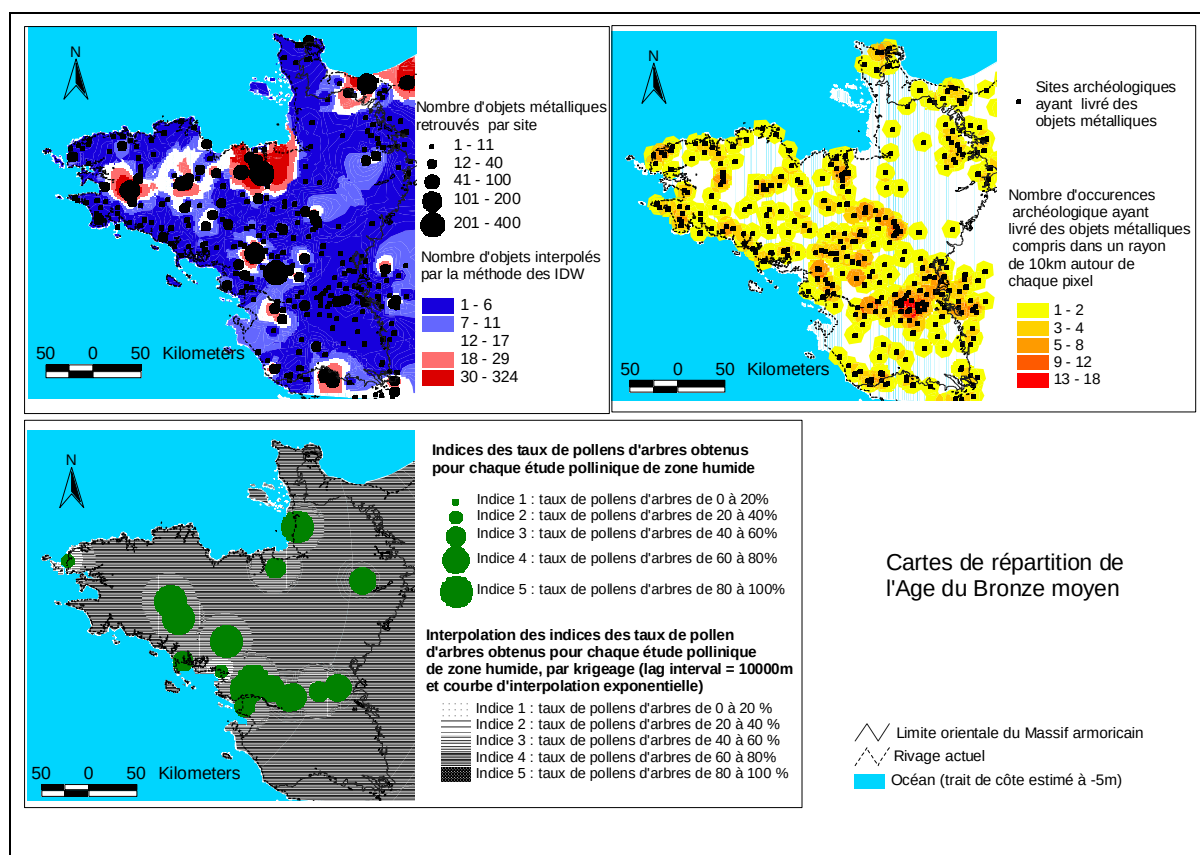


Fig. 337 Cartes de répartition du nombre d'objets métalliques interpolés, du nombre de sites archéologiques ayant livré des objets métalliques dans un rayon de 10 kilomètres autour de chaque pixel, des flux polliniques d'arbres interpolés par krigeage pour l'Age du Bronze moyen.

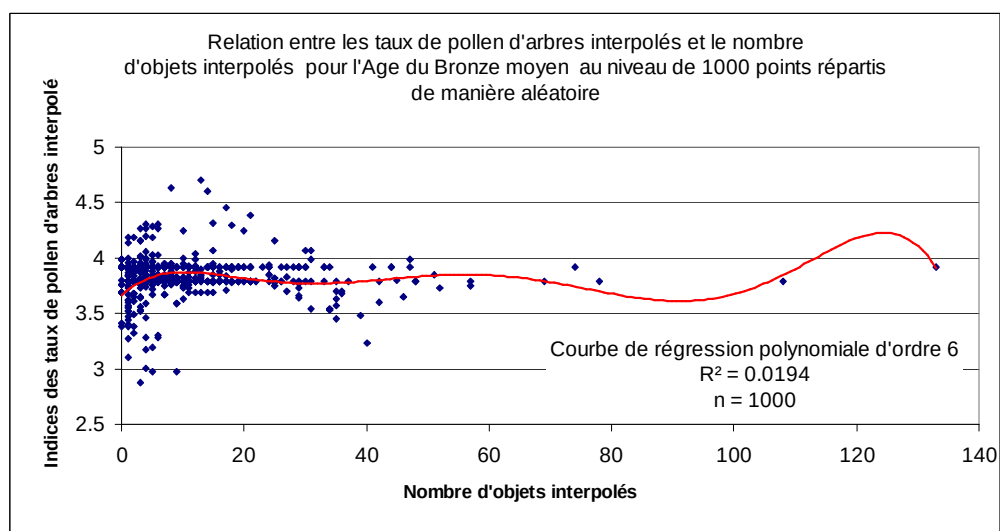


Fig. 338 Graphique exprimant des indices de taux de pollens d'arbres interpolés en fonction du nombre d'objets métalliques interpolés par la méthode des IDW, au niveau de 1000 points répartis de manière aléatoire sur le Massif armoricain.

Aucune corrélation n'apparaît entre la répartition des indices de taux de pollens d'arbres interpolés et la distribution du nombre d'objets métalliques interpolés par la méthode des IDW ($R^2 = 0,019$).

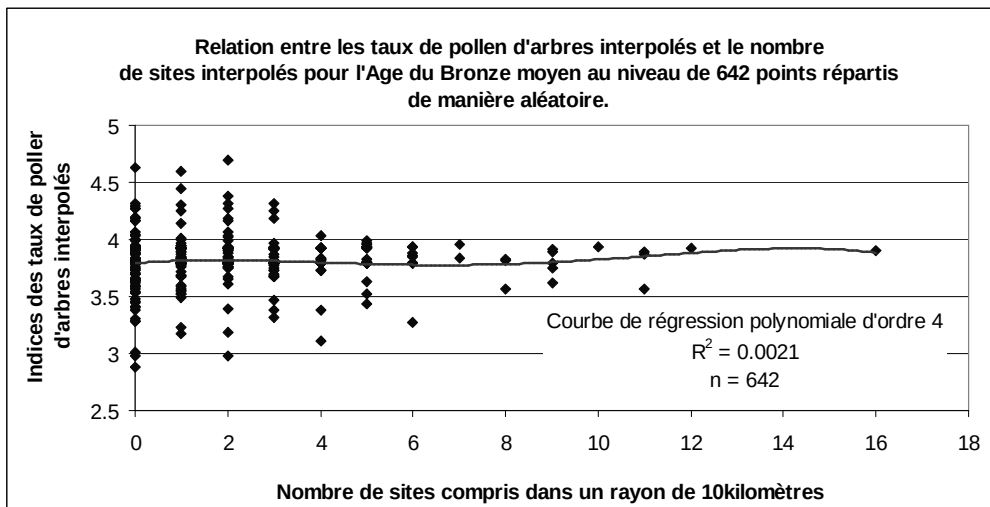


Fig. 339 Graphique exprimant des indices de taux de pollens d'arbres interpolés en fonction du nombre de sites archéologiques ayant fourni des objets métalliques dans un rayon de 10 kilomètres au niveau de 642 points répartis de manière aléatoire sur le Massif armoricain à l'Age du Bronze moyen.

On retrouve des résultats similaires à la période précédente avec un coefficient de détermination faible ($R^2 = 0,0021$). On peut soupçonner là encore l'absence de tendance de répartitions des flux polliniques d'arbres pour expliquer cette mauvaise corrélation.

3. Période de l'Age du Bronze final

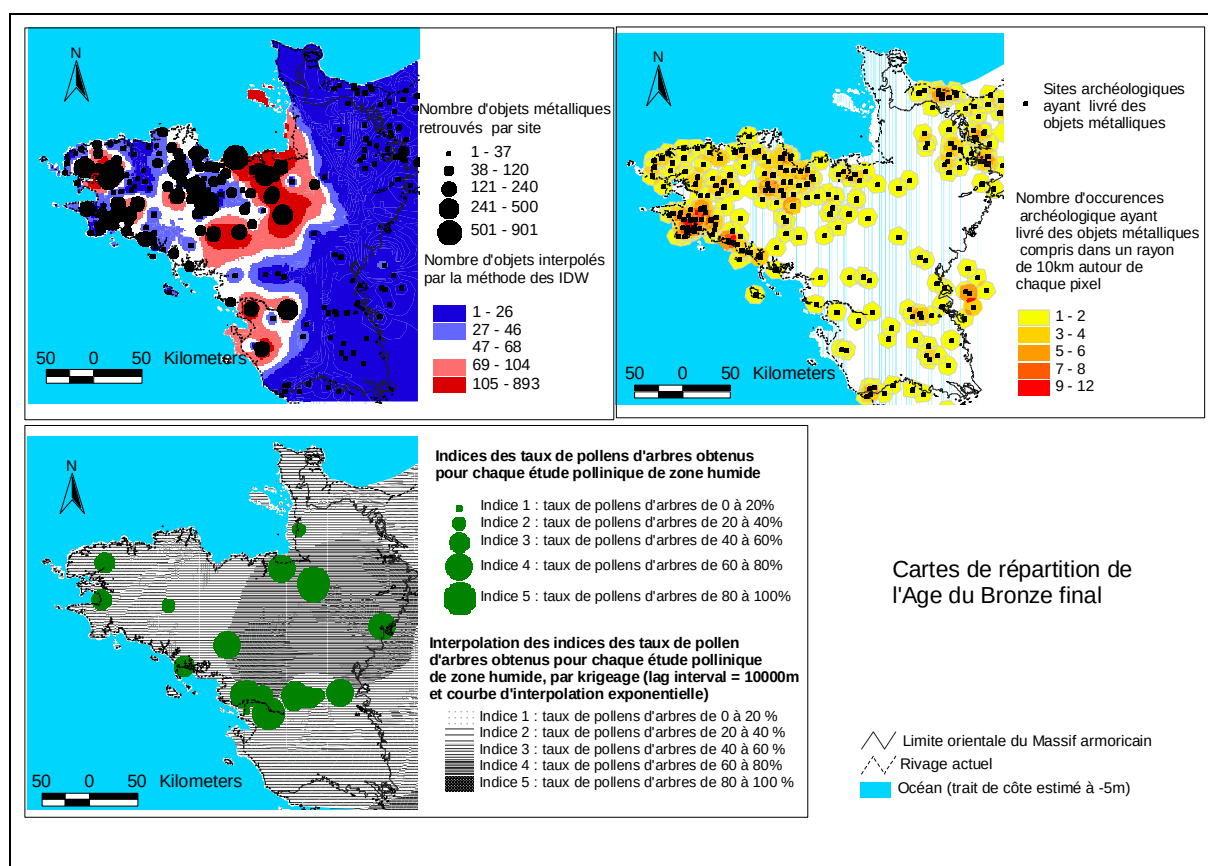


Fig. 340 Cartes de répartition du nombre d'objets métalliques interpolés, du nombre de sites archéologiques ayant livré des objets métalliques dans un rayon de 10 kilomètres autour de chaque pixel et des flux polliniques d'arbres interpolés par krigeage pour l'Age du Bronze final.

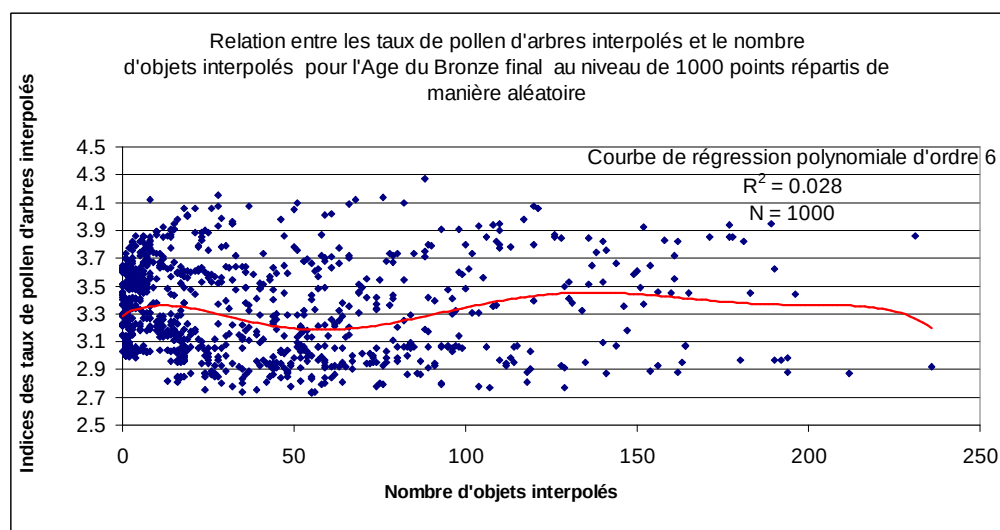


Fig. 341 Graphique exprimant des indices de taux de pollens d'arbres interpolés en fonction du nombre d'objets métalliques interpolés par la méthode des IDW et attribués à l'Age du Bronze final, au niveau de 1000 points répartis de manière aléatoire sur le Massif armoricain.

Aucune corrélation n'apparaît entre la répartition du nombre d'objets interpolés et la distribution spatiale des flux polliniques d'arbres ($R^2 = 0,028$). On observe une relation attendue pour les secteurs interpolés où les dépôts d'objets métalliques vont de 0 à 75 environ, ce qui concerne la majorité des dépôts et recouvre une grande partie du Massif armoricain. Au-delà de 75 objets interpolés, il n'y a plus de relation de proportionnalité entre le nombre d'objets interpolés et les flux polliniques d'arbres, on constate même une légère hausse des flux polliniques d'arbres interpolés dans les secteurs où sont détectés les plus gros dépôts. Les plus gros dépôts semblent donc assez souvent localisés dans des environnements fermés.

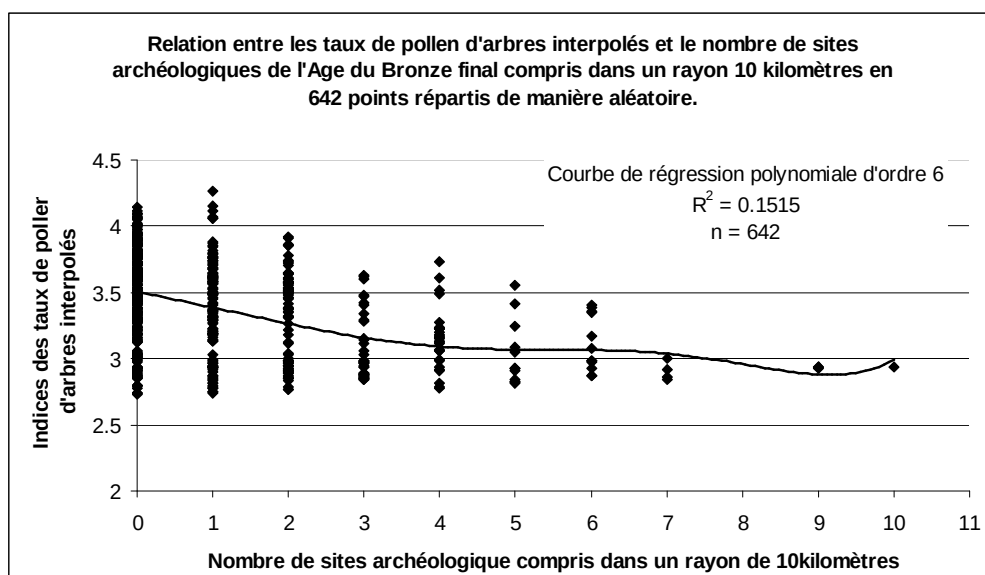


Fig. 342 Graphique exprimant des indices de taux de pollens d'arbres interpolés en fonction du nombre de sites archéologiques ayant fourni des objets métalliques dans un rayon de 10 kilomètres au niveau de 642 points répartis de manière aléatoire sur le Massif armoricain à l'Age du Bronze final.

Contrairement aux deux premières périodes de l'Age du Bronze, on constate une petite corrélation ($R^2 = 0,15$) entre les indices des taux de pollens d'arbres interpolés et le nombre de sites archéologiques. Cette relation est surtout vraie pour les secteurs où les concentrations de sites archéologiques sont de 0 à 4 sites par disque de 10 kilomètres de rayon (ou en terme de densité de 0 à 0,0127 sites par $Km^2...$) ce qui correspond à la plus grande partie du Massif armoricain. A cette époque, il semble donc exister une relation entre les taux de pollens d'arbres interpolés et la répartition des sites archéologiques. Même si les deux premières cartes d'interpolation des taux de pollens d'arbres obtenues par krigeage expliquent en partie l'absence de relation pour les deux premières périodes de l'Age du Bronze (les futures études polliniques devraient permettre d'améliorer les cartes obtenues), la corrélation entre la distribution des sites archéologiques et la distribution des flux polliniques d'arbres obtenue pour la fin de l'Age du Bronze tend à attribuer l'existence de défrichements d'ampleur et de répartition spatiales suffisantes pour entraîner une baisse significative des taux de pollens d'arbres dans certains secteurs du Massif armoricain.

Il faut surtout attribuer cette corrélation aux contraintes marines puisque les sites archéologiques de la fin de l'Age du Bronze sont plutôt localisés sur le rivage. Or, c'est sur le littoral que sont retrouvés les plus faibles taux d'AP (ACP Fig. 343). Il existe donc un effet conjugué, humain et naturel (contraintes littorales) sur les taux de pollens d'arbres. Néanmoins, au regard de l'ACP, il semble que la relation soit plus forte entre distance à la mer (DIST_5m) et les taux de pollens d'arbres (AP) plutôt qu'entre les répartitions des

vestiges archéologiques (OBJET et SumsiteAbf) et les flux polliniques d'arbres (AP) (Fig. 343).

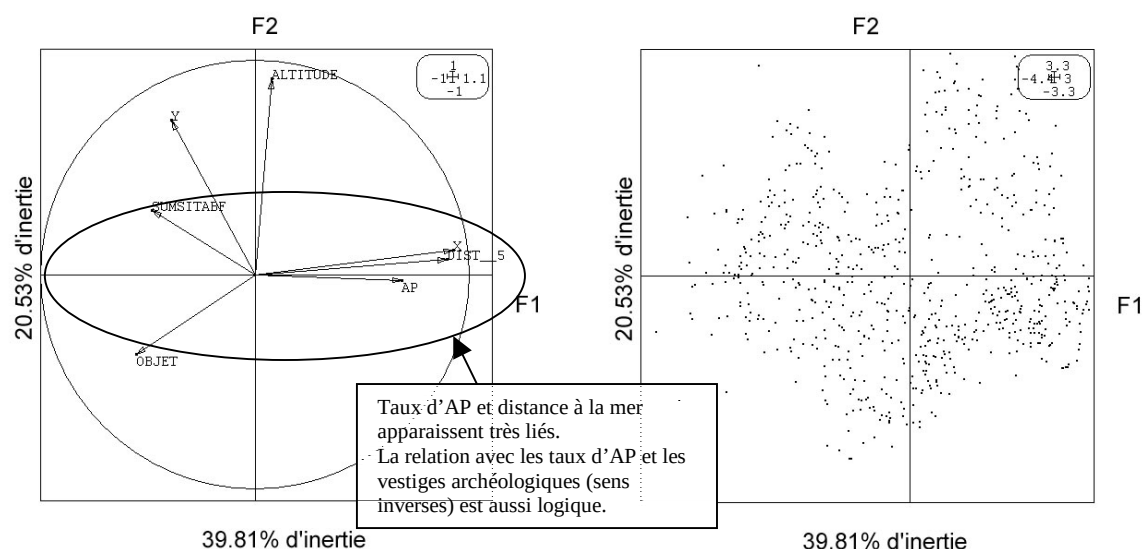


Fig. 343 ACP des taux de pollens d'arbres interpolés, du nombre d'occurrences archéologiques compris dans un rayon de 10 kilomètres autour de chaque pixel, du nombre d'objets métalliques interpolés ainsi que de quelques autres paramètres abiotiques attribués à 709 points répartis de manière aléatoire autour des études polliniques de zones humides recoupant l'Age du Bronze final. Les paramètres pris en compte sont les suivants : « Distance_5m » : distance des points par rapport à l'isobathe des -5 m ; « Altimoy » : altitude moyenne des environs des points ; « X » : coordonnée longitudinale des points ; « Y » : coordonnée latitudinale des points ; « AP » : taux de pollens d'arbres interpolés pour l'Age du Bronze final en chaque point ; « SUMSITEABF » : nombre d'occurrences archéologiques ayant révélé des objets métalliques compris dans un rayon de 10 kilomètres autour de chaque pixel ; « OBJET » : Nombre d'objets métalliques interpolés en chaque point par la méthode des IDW. Le plan factoriel de droite représente la position des 709 points en fonction des principaux axes définis dans le plan de gauche.

B.5.5 « L'Age du Fer » : 750 à 50 cal. BC

- Inventaire

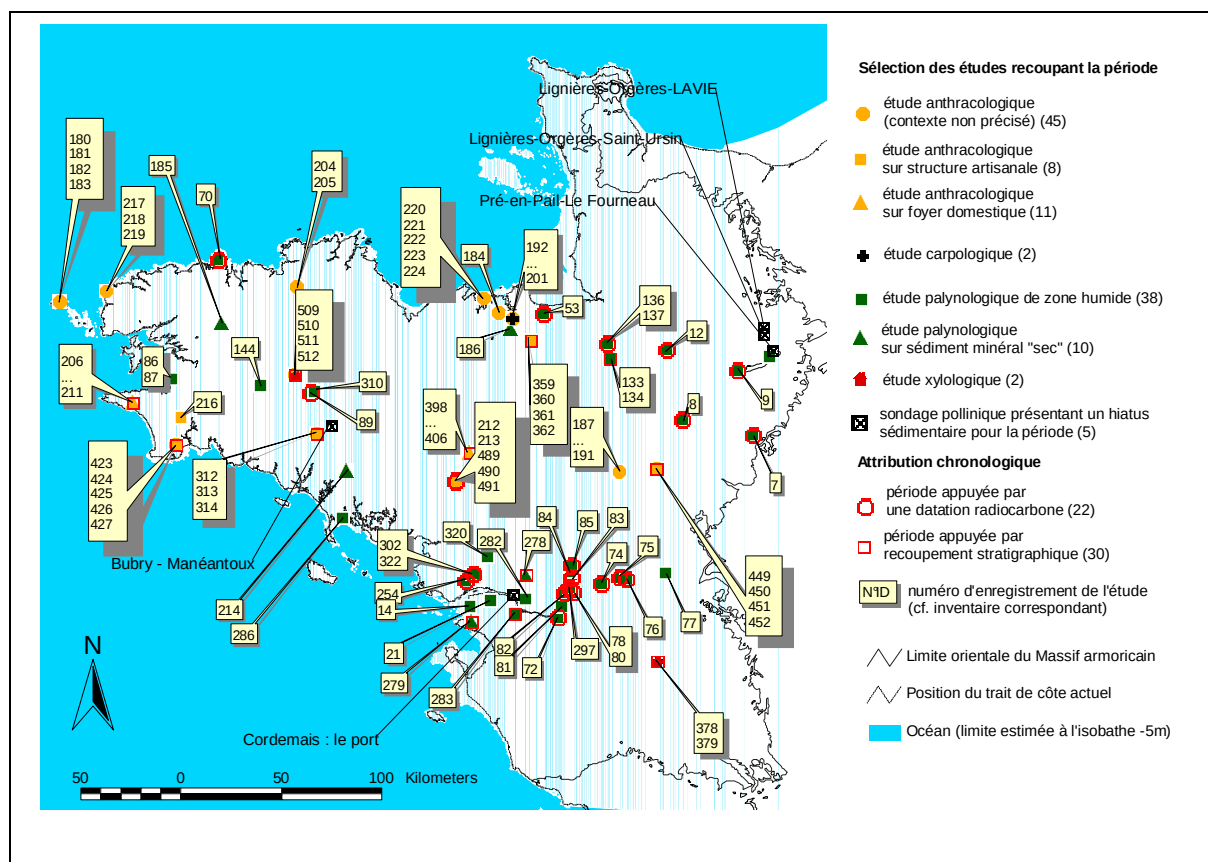


Fig. 344 Carte de répartition des études archéobotaniques recoupant la période allant de 750 à 50 cal. BC (Age du Fer).

La période de l'Age du Fer est renseignée par 116 études archéobotaniques dont 64 études anthracologiques et 48 études palynologiques.

Ces résultats sont appuyés par 22 datations radiocarbone en plus de 30 datations relatives pour les analyses anthracologiques.

La répartition des études est le reflet de la répartition constatée pour les autres périodes : une concentration d'études le long de la Loire et autour de l'embouchure du fleuve. Le nord du Massif et notamment la région normande est peu fournie en études (Fig. 344 ci-dessus). Par rapport aux périodes précédentes, on constate une augmentation très nette du nombre d'études anthracologiques réalisées.

- Taux de pollens d'arbres et de Poacées, interpolations,

Plusieurs semi-variogrammes ont été calculés. Ils expriment pour la plupart une faible relation entre les variances des taux d'AP et la distance entre les études palynologiques. Le semi-variogramme retenu avec l'intervalle de 10000 mètres représente assez bien l'ensemble des semi-variogrammes obtenus (Fig. 345). De plus, les différentes cartes d'interpolations obtenues montrent toutes la même tendance. La carte ci-dessous est ainsi représentative de l'ensemble des cartes d'interpolations calculées par ailleurs (Fig. 346 ci-dessous).

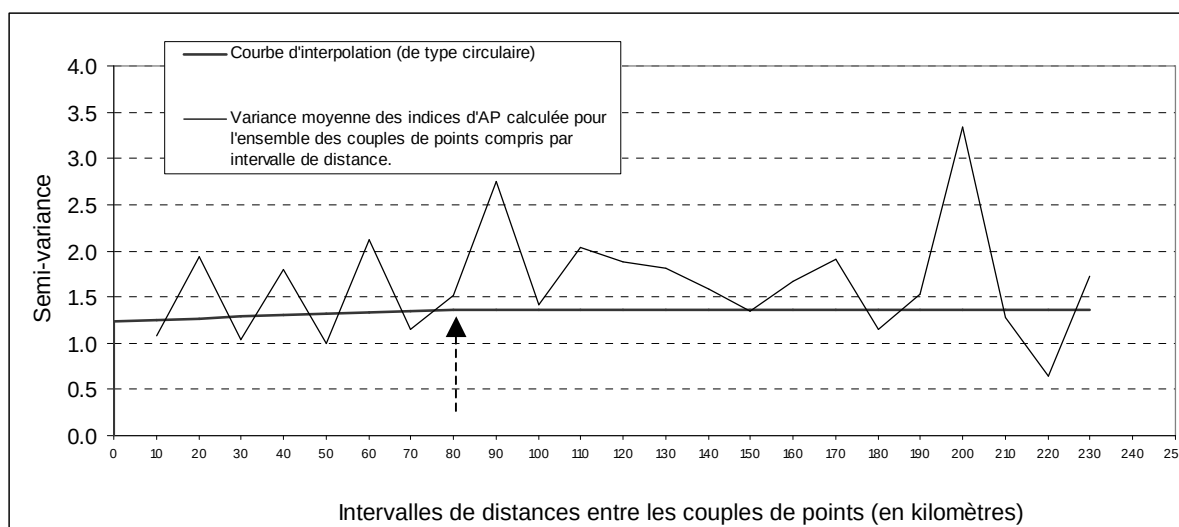


Fig. 345 Semi-variogramme et courbe d'interpolation des indices des taux de pollens d'arbres de l'ensemble des études polliniques de zones humides pour la période de l'Age du Fer (750 à 50 cal. BC). (Lag interval = 10000 mètres avec une courbe d'interpolation de type circulaire) ayant permis la construction de la carte d'interpolation des taux de pollens d'arbres (RMS error = 0,71). (La portée = 80 km).

Le semi-variogramme et la courbe d'interpolation obtenue montrent une légère augmentation de la variance des indices d'AP en fonction de la distance sur environ 80 kilomètres. Autrement dit, les études polliniques distantes de moins de 80 kilomètres (la portée) présentent des indices de taux de pollens d'arbres globalement plus proche que des études qui sont distantes de plus de 80 kilomètres. De plus, en deçà de ces 80 kilomètres, les indices d'AP sont d'autant plus semblables que les études sont proches.

Lors du calcul du krigeage, les études qui sont comprises dans un rayon de 80 kilomètres autour de chaque pixel ont donc leur indice d'AP pondéré de manière positive par rapport à des études situées à plus de 80 kilomètres.

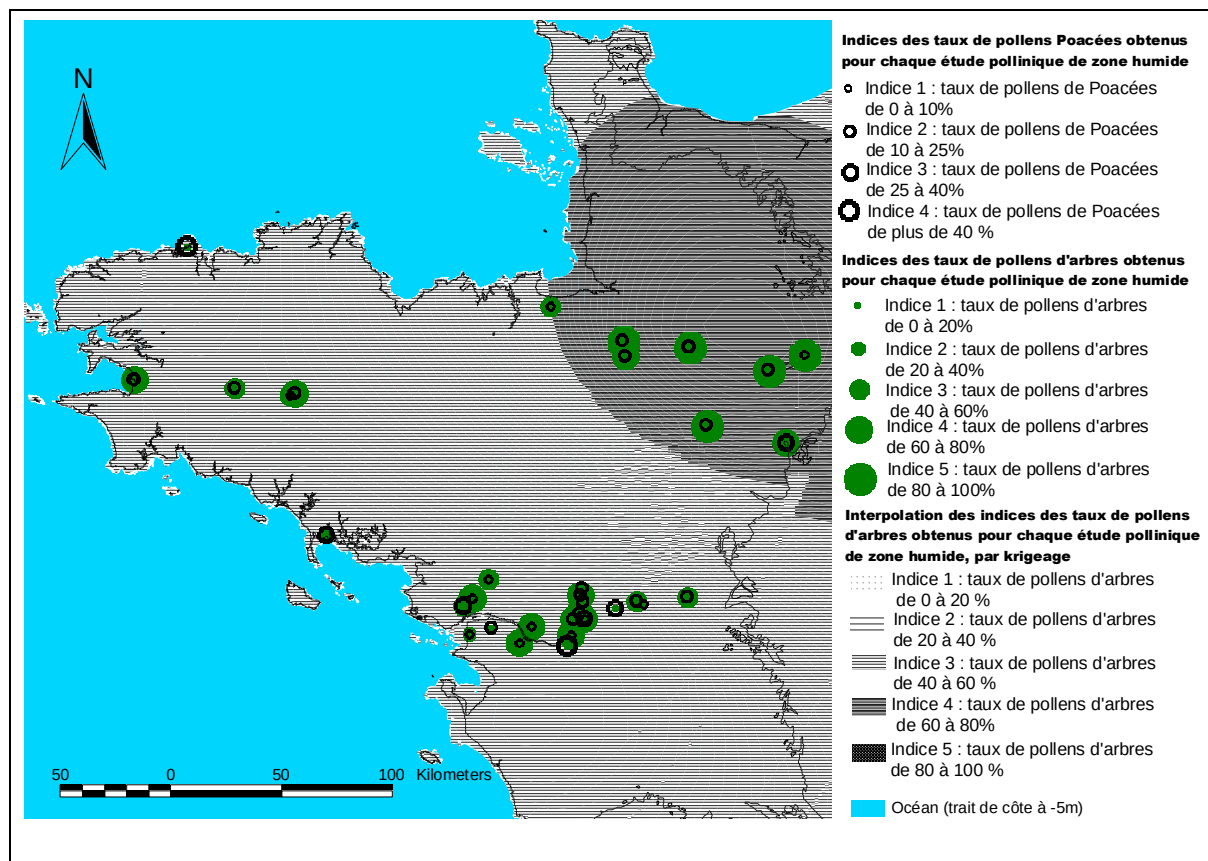


Fig. 346 Représentation et distribution géographique des taux de pollens de Poacées et d'arbres pour la période allant de 750 à 50 cal. BC (Age du Fer). Le fond de carte est issu de l'interpolation des taux de pollens d'arbres à partir des études de zones humides et après exclusion des études présentant des datations en décalage (semi-variogramme avec un Lag interval = 10000 mètres et courbe d'interpolation de type circulaire).

La carte obtenue montre un paysage largement plus ouvert que durant l'Age du Bronze. Elle est néanmoins assez proche de la carte d'interpolation de la fin de l'Age du Bronze (Fig. 340). Ce résultat est logique au regard de l'évolution de la moyenne des indices de taux de pollens d'arbres (Fig. 114). L'ouverture a surtout progressé sur la partie orientale du Massif armoricain, là où les taux de pollens d'arbres interpolés étaient restés relativement importants à l'Age du Bronze (Fig. 347 suivante). Certains secteurs côtiers (ex. la côte du Morbihan) sont maintenus ouverts.

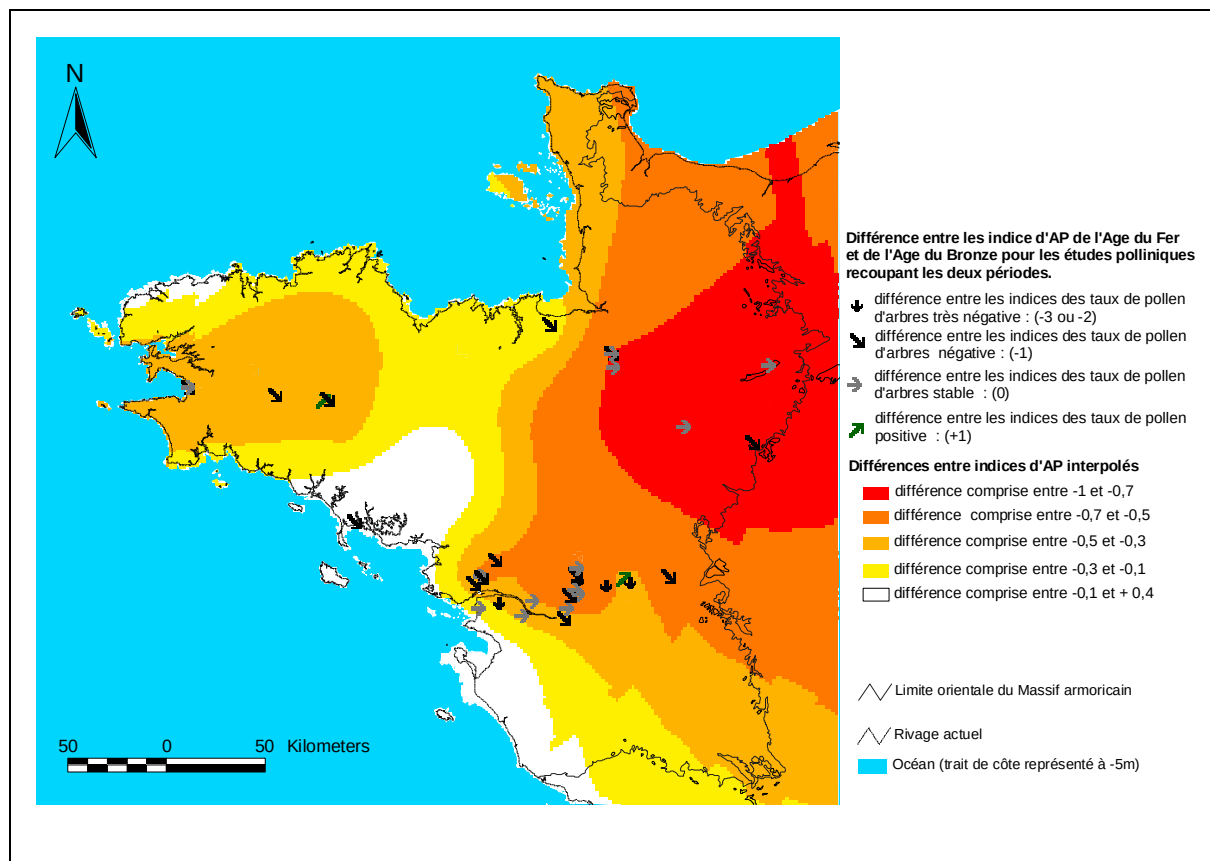


Fig. 347 Carte représentant la différence des taux de pollens d'arbres interpolés entre l'Age du Bronze et l'Age du Fer. Pour les études recoupant les deux périodes, la différence entre les indices a aussi été calculée.

Même si cette ouverture du paysage est très probablement attribuable à l'homme une relation entre les taux de pollens d'arbres interpolés et la proximité du rivage paraît persister.

- Tentatives de corrélations entre la distance par rapport à la mer, la distribution des sites archéologiques et les taux de pollens d'arbres

Pour percevoir l'effet de la continentalité sur les taux de pollens d'arbres, 5245 points ont été générés et répartis de manière aléatoire dans les secteurs pourvus en études polliniques (Fig. 348). Pour chacun de ces points, la valeur de la distance à la mer et le taux de pollens d'arbres interpolés ont été attribués.

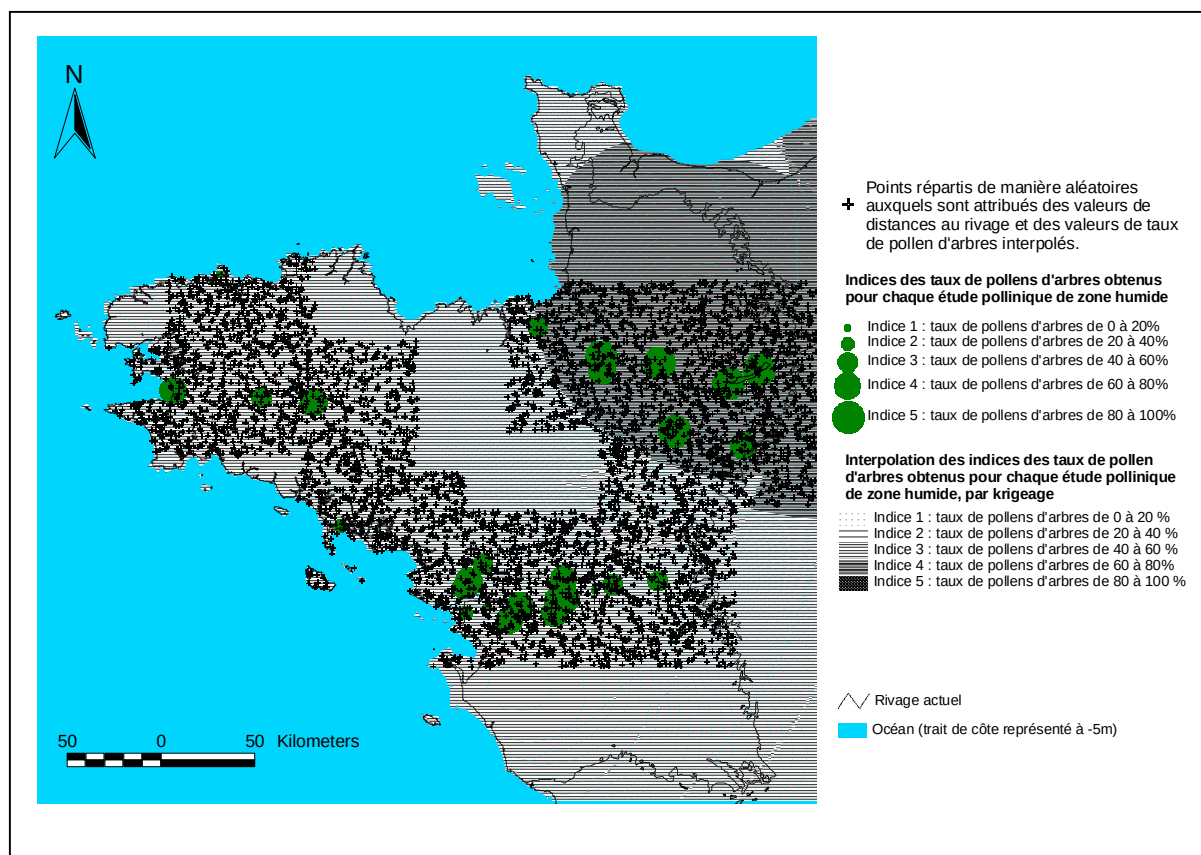


Fig. 348 Des valeurs de distances par rapport au rivage et des taux de pollens d'arbres interpolés ont été attribuées à 5245 points répartis de manière aléatoire à la surface des secteurs pourvus en études polliniques.

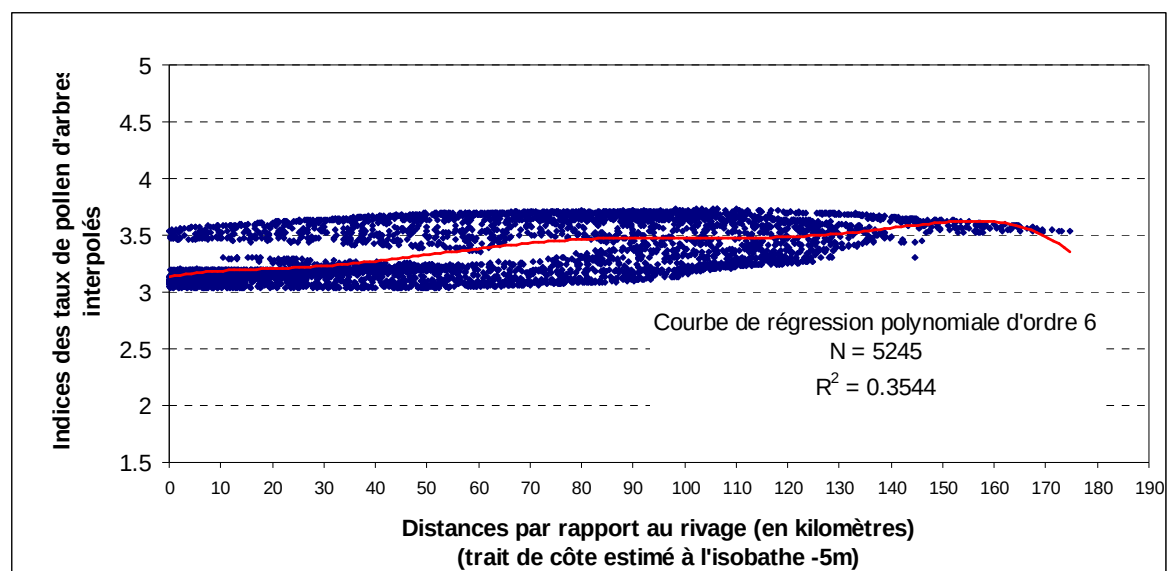


Fig. 349 Indices des taux de pollens d'arbres interpolés (interpolation avec un « lag interval » = 7000 mètres) en fonction de la distance au rivage pour les 5264 points répartis de manière aléatoire dans les secteurs pourvus en études polliniques (Fig. 348).

Une relation entre la proximité de la mer et les taux de pollens d'arbres existe puisque les taux de pollens d'arbres sont toujours globalement plus élevés à l'intérieur des terres. Mais cette relation est nettement moins forte que durant l'Age du Bronze (coefficient de détermination $R^2 = 0,35$ durant l'Age du Fer contre $R^2 = 0,58$ pour l'Age du Bronze). L'effet des contraintes marines sur la répartition spatiale des flux polliniques apparaît désormais considérablement lissé par d'autres facteurs et dont probablement les pressions anthropiques.

Afin de répondre à l'hypothèse anthropique, nous avons cherché à exprimer la répartition spatiale des sites archéologiques en fonction des taux de pollens d'arbres. Aussi, le nombre d'occurrences archéologiques de l'Age du Fer comprises dans un rayon de 10 kilomètres autour des points des études polliniques de zones humides et les indices des taux de pollens d'arbres ont été attribués à chacun des 12 points de sondage de la région Bretagne.

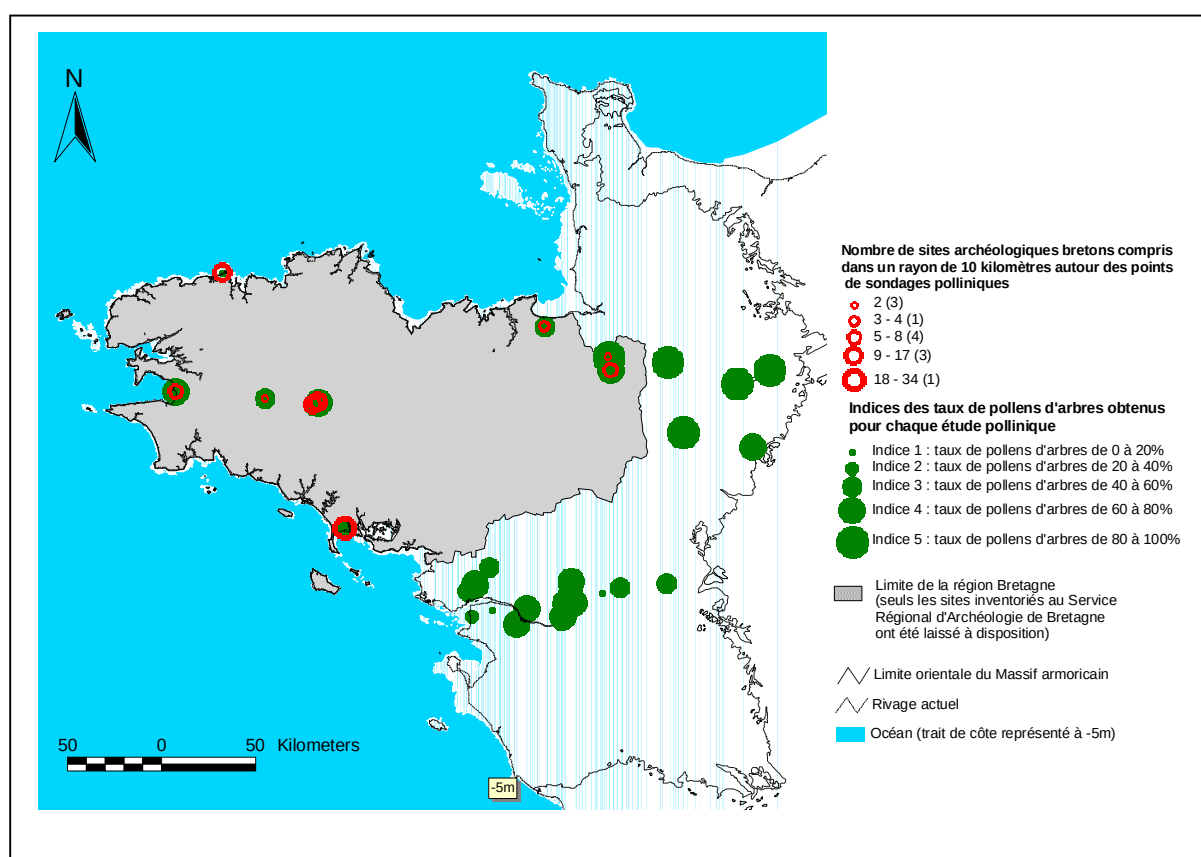


Fig. 350 Répartition des sondages polliniques armoricains recoupant la période allant de l'Age du Fer 750 à 50 cal. BC. L'indice du taux de pollens d'arbres et le nombre de sites archéologiques de l'Age du Fer (inventoriés comme tels à la carte archéologique du Service Régional d'Archéologie de Bretagne) ont été attribués et indiqués pour chacun des 12 sondages polliniques de la région Bretagne.

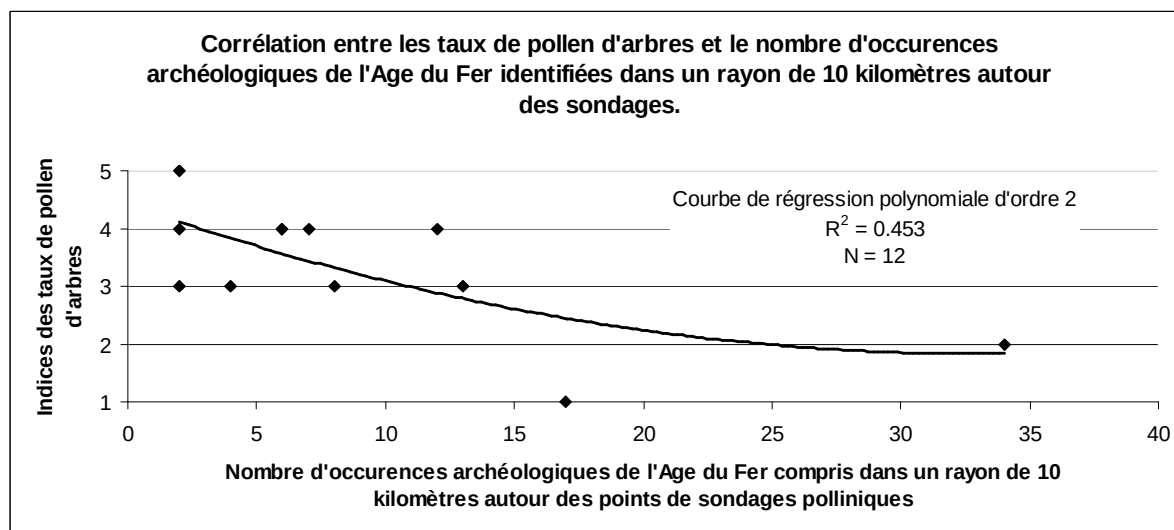


Fig. 351 Mise en relation du nombre de sites archéologiques attribué à l'Age du Fer avec les indices du taux de pollens d'arbres pour les 12 sondages polliniques recoupant la période et localisés dans la région Bretagne.

On constate une corrélation assez logique entre la répartition des sites archéologiques et les flux polliniques d'arbres puisque les études autour desquelles sont concentrés les sites archéologiques sont aussi les études présentant les indices des taux de pollens d'arbres les plus faibles ($R^2 = 0,45$). Ces résultats tendent donc à lier les indices des taux de pollens d'arbres à la répartition des occupations humaines plutôt qu'à la proximité de la mer. Notons que les faibles effectifs des sondages polliniques (12 seulement pour la région Bretagne) imposent cependant de considérer ces quelques conclusions avec précaution. Nous avons vu qu'il existait aussi, bien souvent, un lien entre la répartition des sites archéologiques et la proximité de la mer. (ex. Fig. 343 pour l'Age du Bronze).

- Comparaison entre les répartitions de flux polliniques d'arbres interpolés et les mesures dendrologiques réalisées sur des bois fossiles ou sur des lots anthracologiques

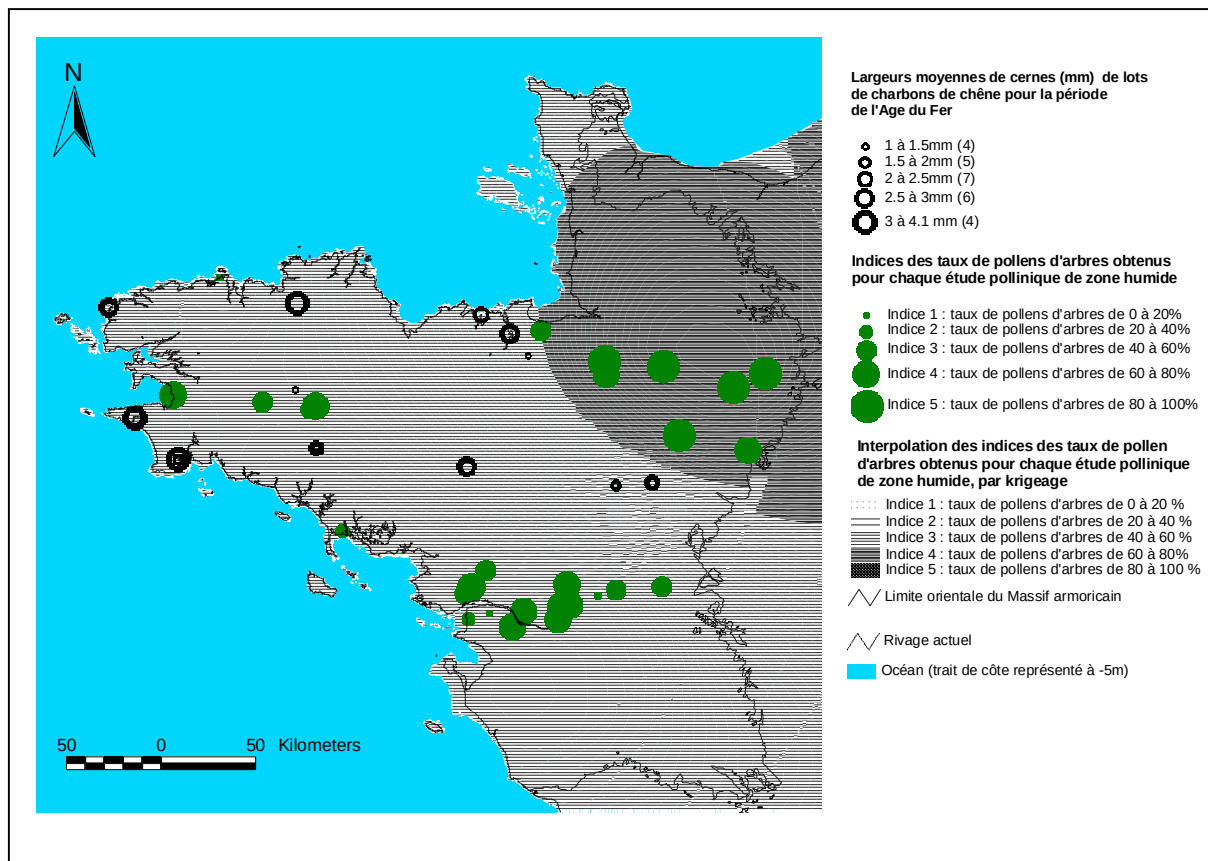


Fig. 352 Carte de répartition des études dendro-anthracologiques pour l'Age du Fer. La carte de fond représente les indices des taux de pollens d'arbres interpolés (krigeage calculé à partir d'un semi-variogramme avec un Lag interval = 10000 mètres et courbe d'interpolation de type circulaire).

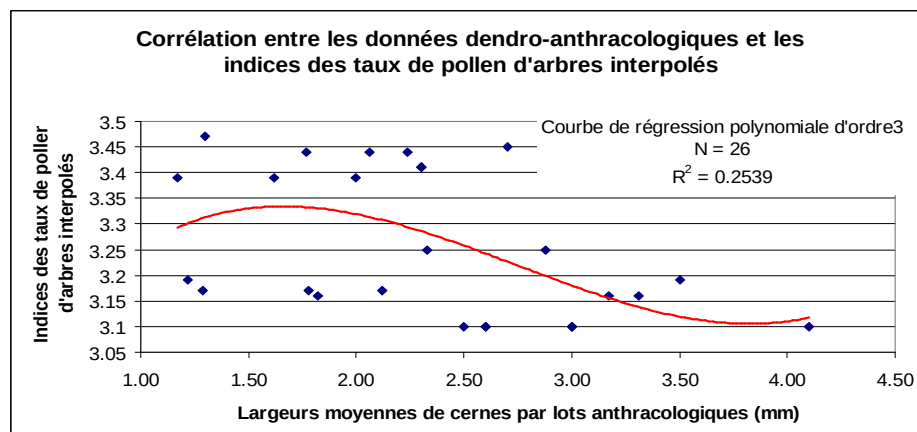


Fig. 353 Graphique exprimant les indices des taux de pollens d'arbres interpolés en fonction des largeurs moyennes de cernes observées pour 26 lots anthracologiques de l'Age du Fer.

Le graphique montre une relation attendue entre les indices des taux de pollens d'arbres interpolés et les largeurs moyennes de cernes et ce malgré des valeurs assez disparates ($R^2 = 0,25$). On constate notamment que les largeurs moyennes de cernes les plus larges sont systématiquement inventoriées dans les secteurs où les taux de pollens d'arbres interpolés sont les plus faibles. Cette relation est logique puisqu'en théorie les arbres ont des croissances optimales dans des environnements peu contraignants, environnements

caractérisés notamment par des structures de végétation peu denses. Ce résultat appuie donc aussi la carte d'interpolation des taux de pollens d'arbres.

- Comparaison entre la répartition de flux polliniques d'arbres interpolés et des mesures sédimentologiques

En vue de corrélérer l'ouverture du paysage avec la qualité des sols retrouvés à l'Age du Fer, une série d'indices allant de 1 à 4 permettant de qualifier l'état des sols ont été mis au point avec l'aide d'A. Gebhardt (cf. § B.2.2.2.46). Pour l'Age du Fer, 11 études sédimentologiques ont été inventoriées sur le Massif armoricain (Fig. 354).

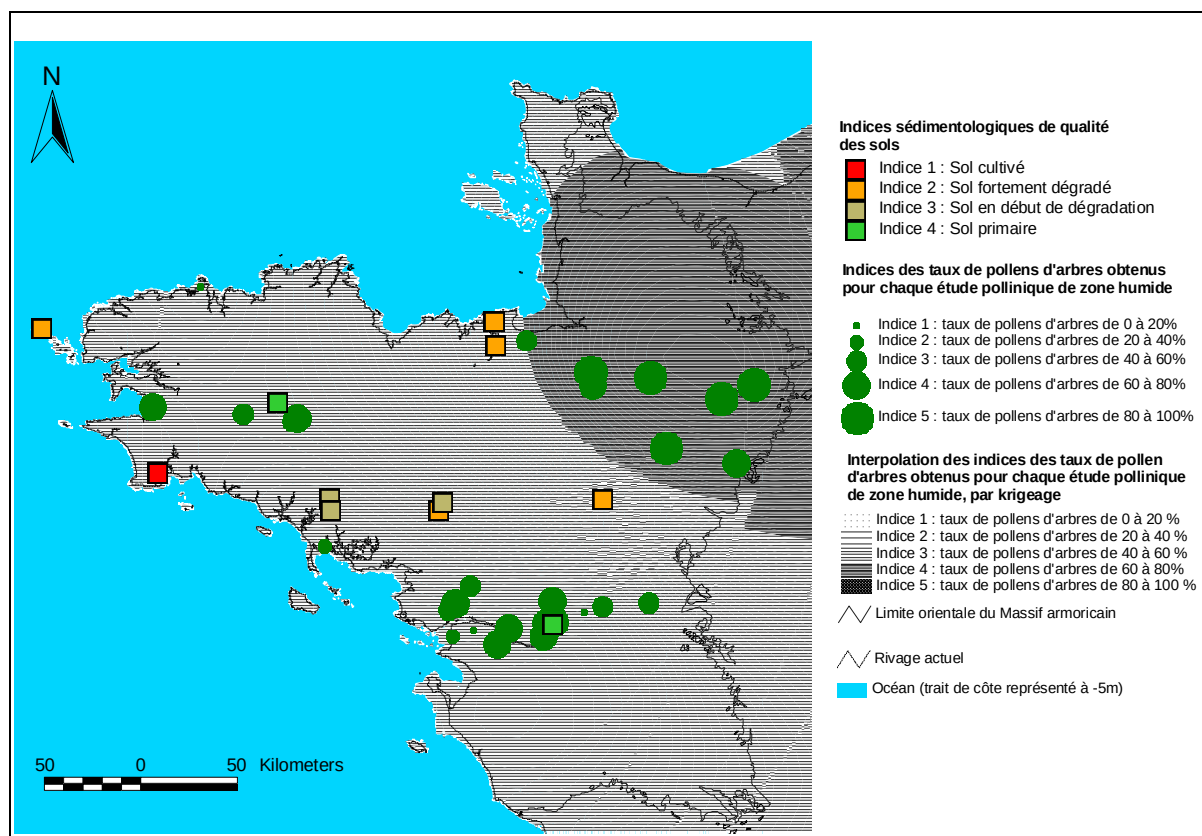


Fig. 354 Carte de répartition des études sédimentologiques attribuées à l'Age du Fer. Ces études sont représentées par l'indice de qualité des sols qui a été interprété au sein de chacune d'entre elles. La carte de fond représente les indices des taux de pollens d'arbres interpolés (krigeage calculé à partir d'un semi-variogramme avec un Lag interval = 10000 mètres et courbe d'interpolation de type circulaire).

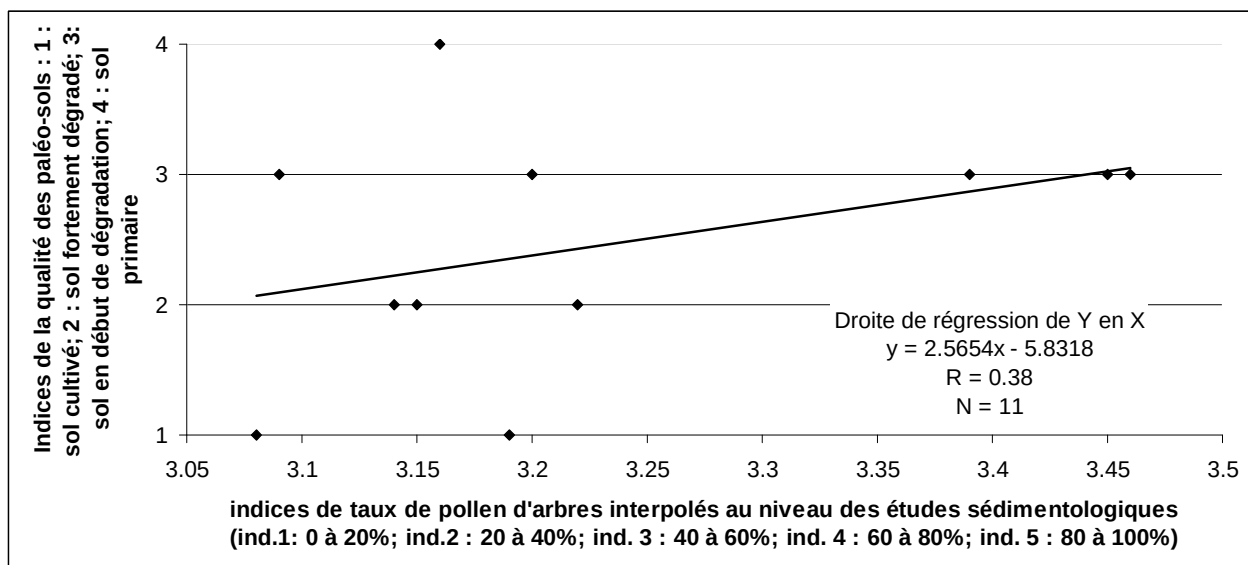


Fig. 355 Mise en relation des valeurs de taux de pollens d'arbres interpolés avec des valeurs de qualités de paléo-sols de l'Age du Fer au niveau de 11 sondages sédimentologiques réalisés sur le Massif armoricain.

On constate une relation attendue entre les deux séries de valeurs puisque les sols interprétés comme les plus dégradés et les sols cultivés (indices sédimentologiques 2 et 1) sont localisés dans des secteurs où les taux de pollens d'arbres interpolés sont les plus faibles. En revanche, les études sédimentologiques présentant des paléo-sols « primaires » ou peu dégradés (indices sédimentologiques 4 et 3) sont plutôt dans des secteurs où les taux de pollens d'arbres interpolés sont plus forts.

Les secteurs présentant les taux de pollens d'arbres interpolés les plus faibles sont donc des espaces présentant des sols souvent plus dégradés voire mis en cultures.

- Explication de la répartition armoricaine de quelques attestations polliniques et des groupements « des sols bien drainés » par les paramètres abiotiques : analyse de co-inertie

1. Analyse Factorielle des Correspondances de quelques attestations et groupements polliniques de « sols bien drainés » de la période de l'Age du Fer

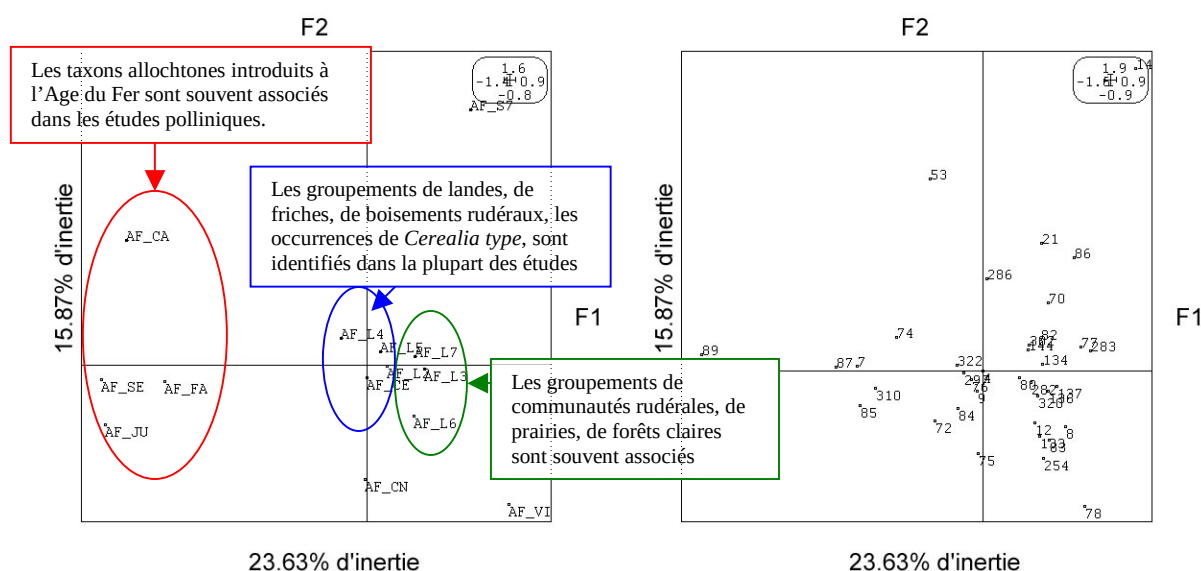


Fig. 356 AFC des groupements archéobotaniques polliniques de « sols bien drainés » de la période allant de 750 à 50 cal. BC. Le groupement de culture (AF_L1) a été remplacé par les occurrences polliniques de *Cerealia type*, de *Castanea*, de *Juglans*, de *Secale*, de *Fagopyrum*, de *Vitis* et *Cannabis-Humulus*. (AF_CE : « occurrences polliniques de *Cerealia type* » ; AF_FA « occurrences polliniques de *Fagopyrum* » ; AF_SE « occurrences polliniques de *Secale* » ; AF_JU « occurrences polliniques de *Juglans* » ; AF_CA « occurrences polliniques de *Castanea* » ; AF_VI : « occurrences de *Vitis* » ; AF_CN : « occurrences de *Cannabis-Humulus* » ; AF_L2 : « groupements de friches » ; AF_L3 : « groupements de prairie hygro- à mésophiles » ; AF_L4 : « groupements de landes armoricaines et de pâturages secs » ; AF_L5 : « groupements de boisements rudéraux » ; AF_L6 : « groupements de forêts claires » ; AF_L7 : « groupements de communautés rudérales, chemins, zones d'habitats, lieux de pacages » ; AF_S7 : « groupements de côtes sableuses et marais salés ». Le plan factoriel de droite représente la position des études dans le plan factoriel 1-2.

Cette première analyse permet de rassembler les occurrences de taxons allochtones introduits sur le Massif armoricain durant l'Age du Fer (cf § B.3.3.2.6). On constate ainsi que les occurrences polliniques de *Castanea*, *Secale*, *Juglans* et *Fagopyrum* sont souvent identifiées ensemble dans les spectres polliniques mais ne sont présentes que dans une partie seulement des enregistrements polliniques.

Les groupements de landes (AF_L4), de friches (AF_L2), de boisements rudéraux (AF_L5) forment un autre ensemble qui est pratiquement systématiquement identifié dans les études (preuve en est la position centrale de cet ensemble dans le plan factoriel). La mosaïque des paléo-environnements végétaux enregistrés à l'Age du Fer comprend donc systématiquement au moins des groupements de landes, et/ou de friches et/ou de boisements rudéraux.

Les groupements de communautés rudérales (AF_L7), de prairies (AF_L3), de forêts claires (AF_L6) sont quant à eux souvent associés dans les études et tendent à décrire des paysages où serait pratiquée une agriculture extensive. Cet ensemble est légèrement excentré

dans le plan ce qui traduit des enregistrements nombreux mais non systématique dans les études. Ces groupements apparaissent par ailleurs rarement enregistrés en présence des occurrences de *Castanea*, *Secale*, *Juglans* et *Fagopyrum*.

On observe enfin trois descripteurs archéobotaniques relativement isolés : il s'agit du groupement des côtes sableuses et de marais salés (AF_S7) et des occurrences de *Vitis* et de *Cannabis-Humulus*.

En ce qui concerne les deux dernières occurrences allochtones, il est intéressant de noter la nette séparation avec les taxons allochtones (*Secale*, *Juglans*, *Castanea*, *Fagopyrum*) et en revanche, un rapprochement avec les groupements de forêts claires, de communautés rudérales, de prairies, groupements là aussi plutôt synonymes d'une agriculture extensive. Ce rapprochement tendrait donc plutôt à attribuer une origine « naturelle » à ces deux taxons.

2. Analyse des Composantes Principales des paramètres abiotiques des études polliniques de zones humides recoupant la période de l'Âge du Fer

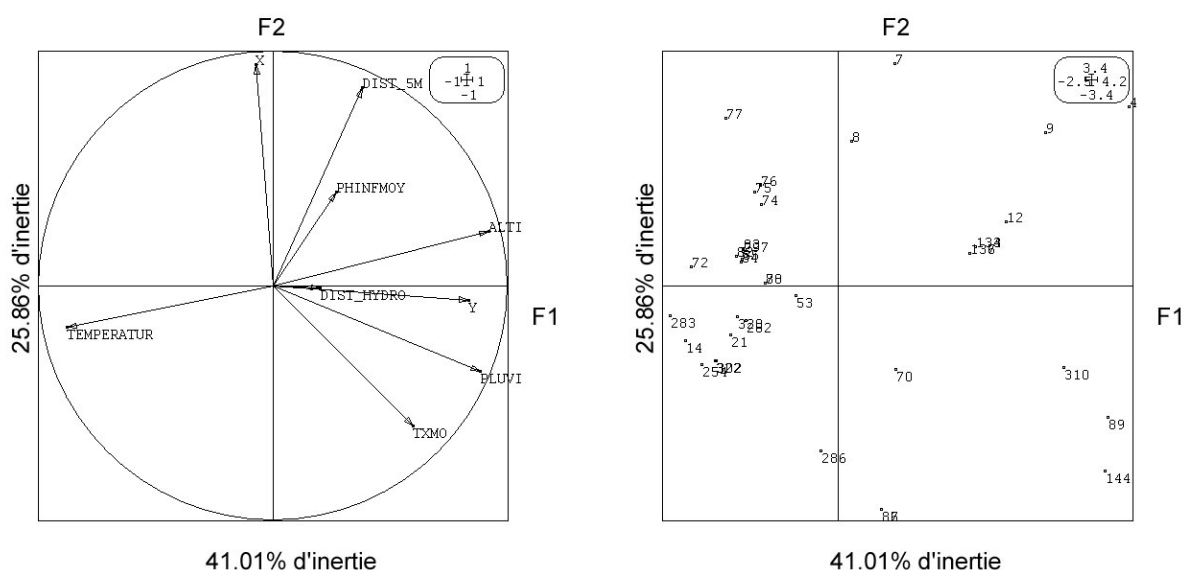


Fig. 357 ACP des paramètres abiotiques des études recoupant la période de l'Âge du Fer (750 à 50 cal. BC). Un certain nombre d'études a été retiré de cette analyse à cause de l'absence de données concernant un ou plusieurs facteurs environnementaux. Les paramètres pris en compte sont les suivants : « Temperatur » : température moyenne annuelle actuelle au point d'étude ; « Phinf » : Ph inférieur des sols par canton ; « Txmo » : Taux de matière organique moyen par canton ; « Dist_5M » : distance du point d'étude par rapport à l'isobathe des - 5 mètres ; « Dist_hydro » : distance au réseau hydrographique principal ; « Altimoy » : altitude moyenne des environs du point de sondage ; « Pluviometr » : pluviométrie annuelle moyenne actuelle au point d'étude ; « X » : coordonnée longitudinale du point d'étude ; « Y » : coordonnée latitudinale du point d'étude.

L'axe principal de l'ACP (41,01% de l'inertie) est essentiellement dicté par l'effet de la latitude puisque l'on constate une relation avec les valeurs de latitude (Y), mais aussi de pluviométrie et d'altitude. Les valeurs de températures augmentent quant à elles vers le sud.

L'axe F2 permet d'appréhender l'effet de la continentalité avec les valeurs de longitudes mais aussi les valeurs de la distance par rapport au littoral (Dist_5m).

3. Analyse de co-inertie à partir de l'AFC des attestations et groupements polliniques de « sols bien drainés » et de l'ACP des paramètres abiotiques des études recoupant la période de l'Age du Fer.

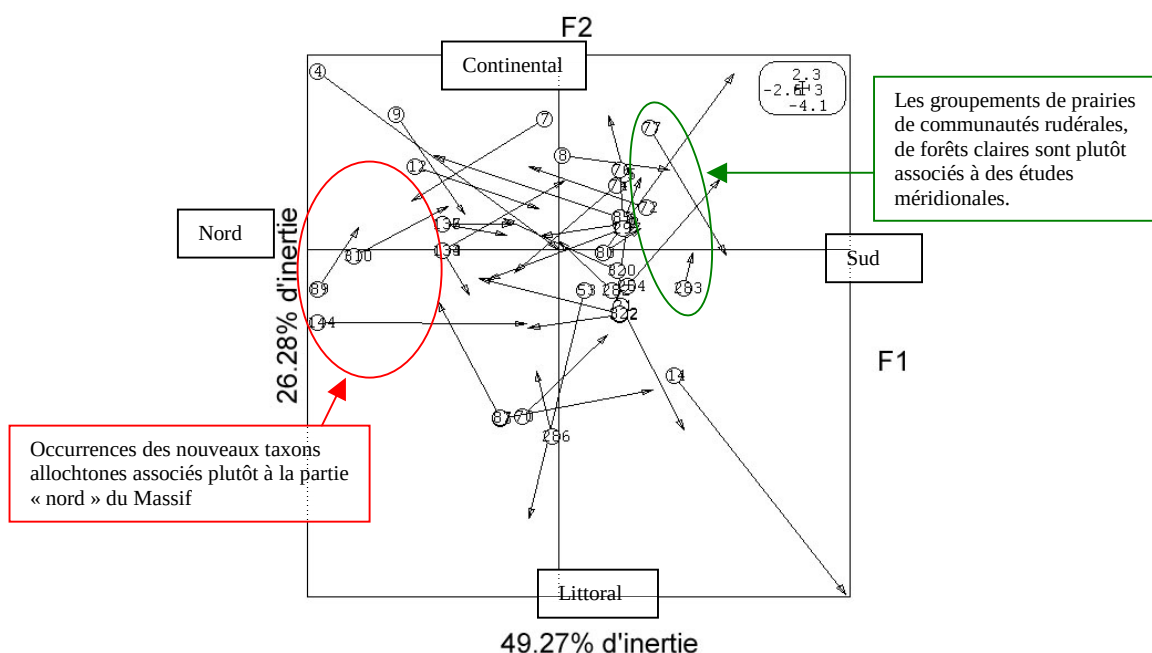


Fig. 358 Analyse de co-inertie à partir de l'AFC de quelques occurrences polliniques et de groupements de sols bien drainés et de l'ACP des paramètres abiotiques des études recoupant la période de l'Age du Fer (750 à 50 cal. BC). Les études sont signalées par leur numéro d'enregistrement. Un test de Monte Carlo (10000 permutations aléatoires réalisées sur les valeurs des deux tables) a montré que la relation obtenue par l'analyse de co-inertie n'est pas due au hasard à 30,57%.

En tenant compte des interprétations de l'AFC et de l'ACP, il est alors possible d'associer grâce à l'analyse de co-inertie les ensembles de groupements et d'occurrences archéobotaniques aux paramètres abiotiques.

On observe ainsi que l'ensemble des taxons allochtones nouvellement « introduits » sur le Massif armoricain (*Secale*, *Juglans*, *Castanea*, *Fagopyrum*) est plutôt caractéristique des études de la partie nord (sites avec des altitudes et des précipitations plus élevées) du Massif avec notamment les études 89, 310, 87, 7 (il existe évidemment des exceptions, Fig. 359).

D'autre part, l'ensemble des groupements de communautés rudérales (AF_L7), de prairies (AF_L3), de forêts claires (AF_L6) est plutôt associé à la partie sud du Massif avec les études n°283, 77, 76, 14 (Fig. 360). Les occurrences de *Vitis* sont retrouvées dans cette partie du Massif armoricain et sont plutôt dans des études de l'intérieur des terres (ex. études n°8, 77, 78, 80) (Fig. 359).

Comme l'AFC l'a déjà montré, les groupements de friches, de landes et les occurrences de céréales sont identifiés partout sur le Massif armoricain.

Les groupements de côtes sableuses et marais salés sont logiquement identifiés sur le littoral (ex. études n° 14 et 286).

Enfin, les occurrences de *Cannabis-Humulus* sont plutôt retrouvées à l'intérieur des terres (ex. 72, 75, 78, 84, 254). Les figures suivantes illustrent ces résultats.

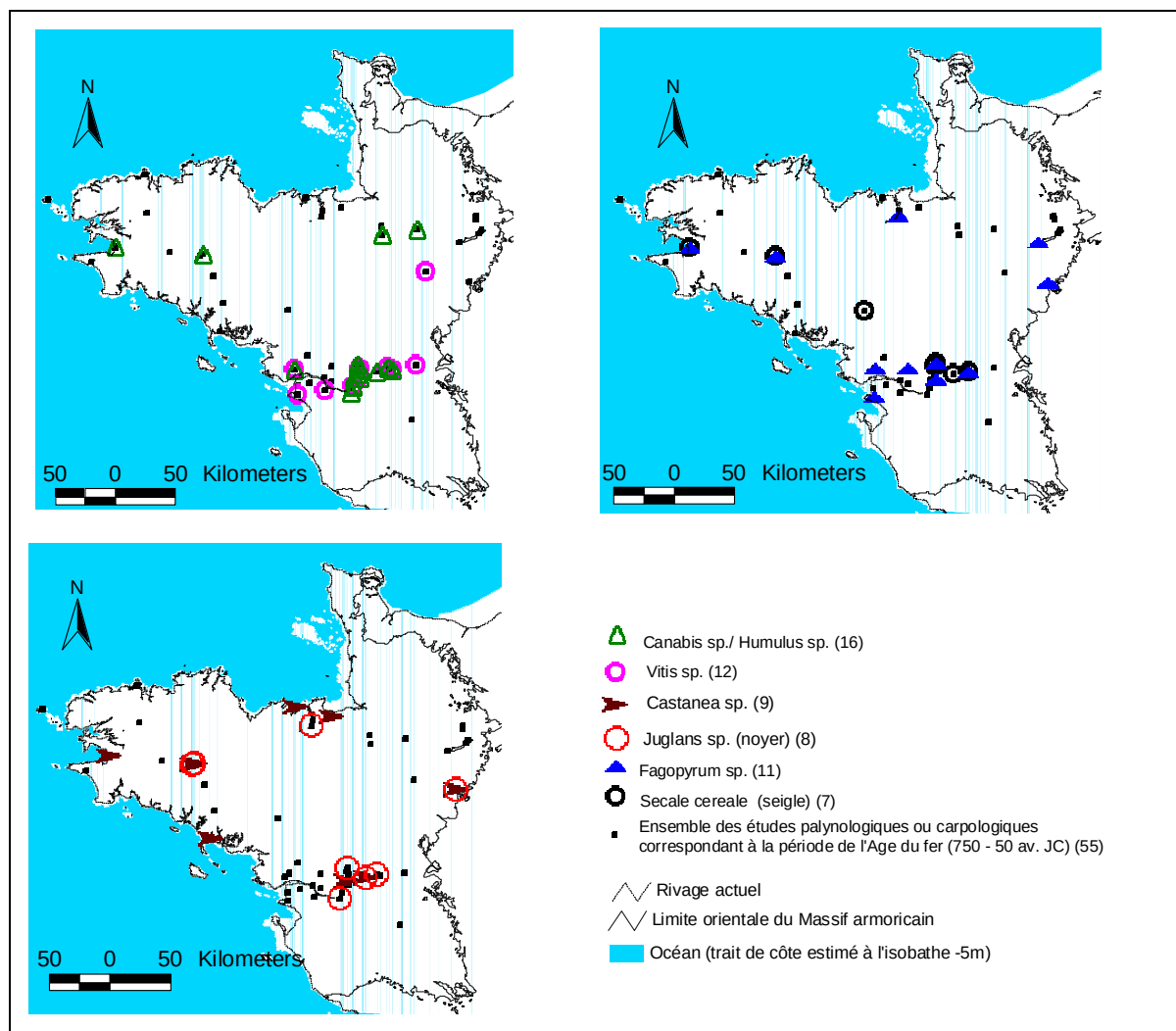


Fig. 359 Cartes représentant les répartitions de quelques occurrences archéobotaniques dont certaines (*Secales*, *Fagopyrum*, *Juglans*, *Castanea*) en partie introduites au cours de l'Age du Fer (750 à 50 cal. BC).

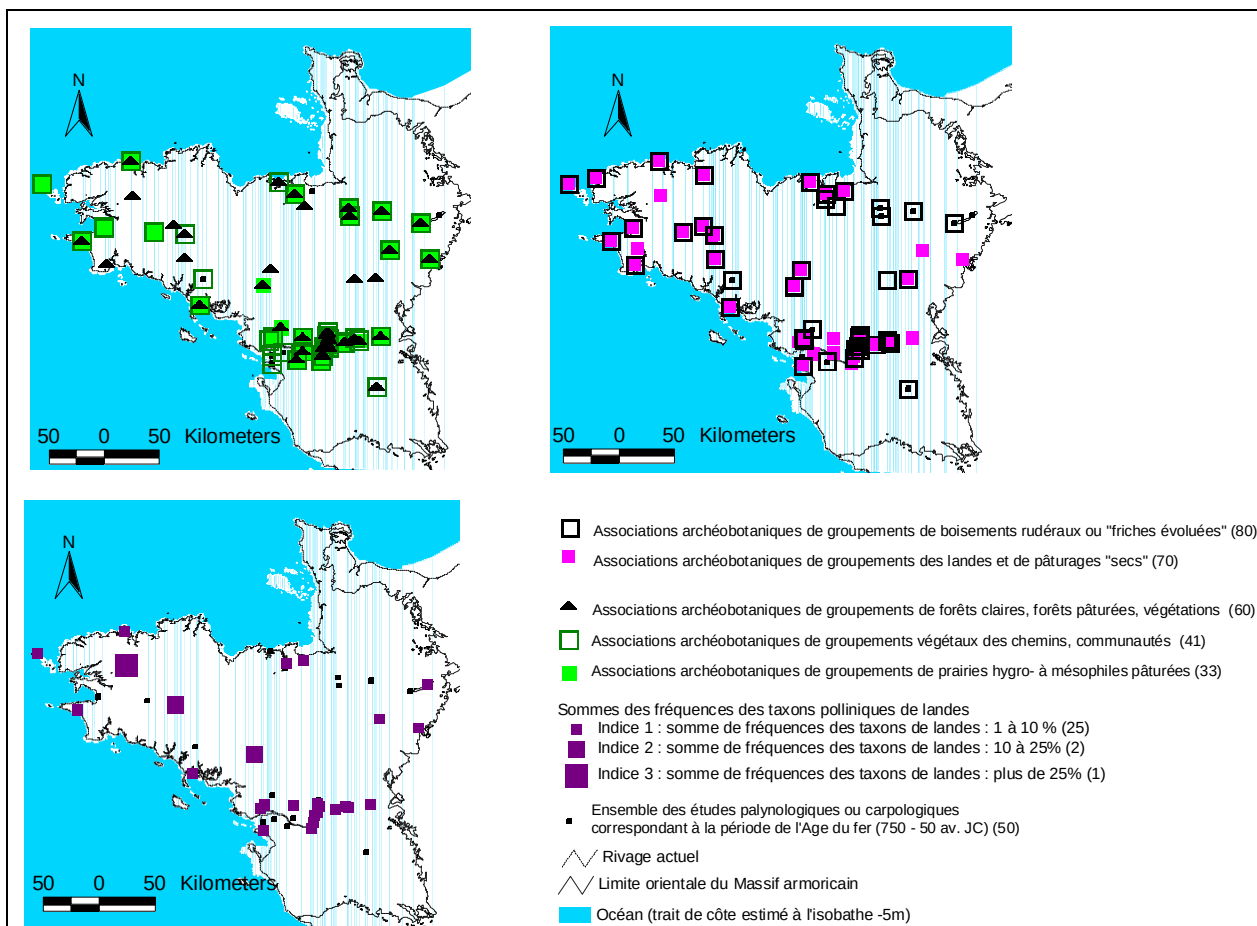


Fig. 360 Cartes représentant les répartitions de quelques associations archéobotaniques enregistrées dans les niveaux correspondant à l'Age du Fer (750 à 50 cal. BC). La somme des fréquences des taxons polliniques de landes est aussi indiquée.

Il est intéressant de noter que la répartition des landes correspond assez bien aux secteurs où les taux de pollens d'arbres interpolés sont les plus faibles (Fig. 346). Seul le secteur nord-est du Massif, secteur apparaissant comme assez boisé, est peu pourvu en groupements de landes. Les landes paraissent ainsi marquer les paysages de l'Age du Fer puisqu'elles sont identifiées dans plus de 60% des études anthracologiques et carpologiques de cette période. Ce phénomène avait déjà été mis en évidence par D. Marguerie (1992). Elles découlent probablement d'une exploitation agricole de ces espaces depuis les périodes antérieures et notamment durant l'Age du Bronze. On peut supposer que l'ouverture du paysage s'est accompagnée d'une exploitation des sols qui, sans véritables moyens d'amendements, se sont rapidement appauvris, offrant ainsi des terrains favorables au développement des landes.

B.5.6 « L'époque gallo-romaine » : 50 BC à 500 cal. ap. J.-C.

- Inventaire

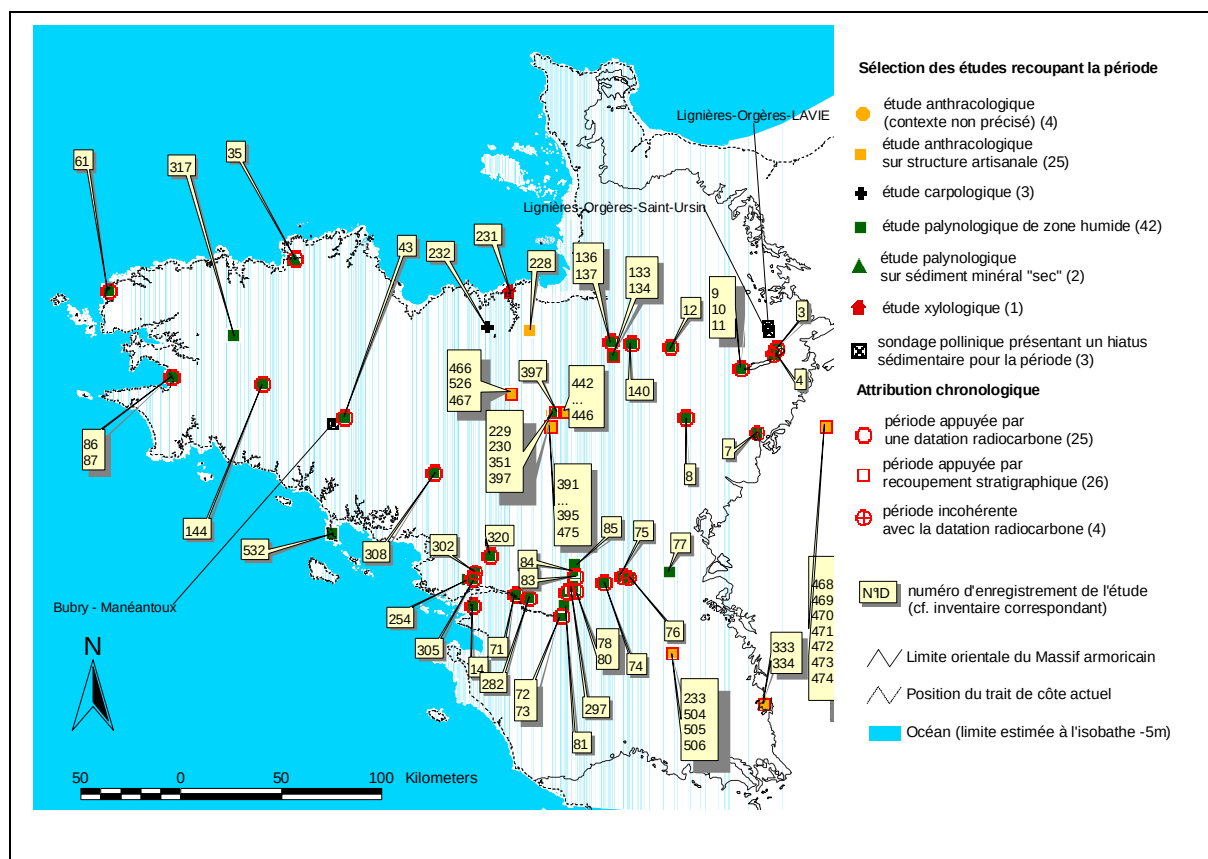


Fig. 361 Carte de répartition des études archéobotaniques recoupant la période allant de 50 cal. BC à 500 cal. ap. J.C. (époque gallo-romaine).

77 résultats archéobotaniques renseignent sur la végétation armoricaine de l'époque gallo-romaine. 25 datations radiocarbone viennent appuyer l'attribution chronologique de ces résultats en plus de 26 datations relatives pour les ensembles anthracologiques.

La répartition des études est le reflet de la répartition constatée pour les autres périodes : une concentration d'études le long de la Loire et autour de l'embouchure du fleuve. Le nord du Massif et notamment la région normande est peu fournie en études (cf. carte ci-dessus Fig. 361). L'ouest de la péninsule bretonne est aussi moins riche en études par rapport aux périodes précédentes.

- Taux de pollens d'arbres et de Poacées, interpolations

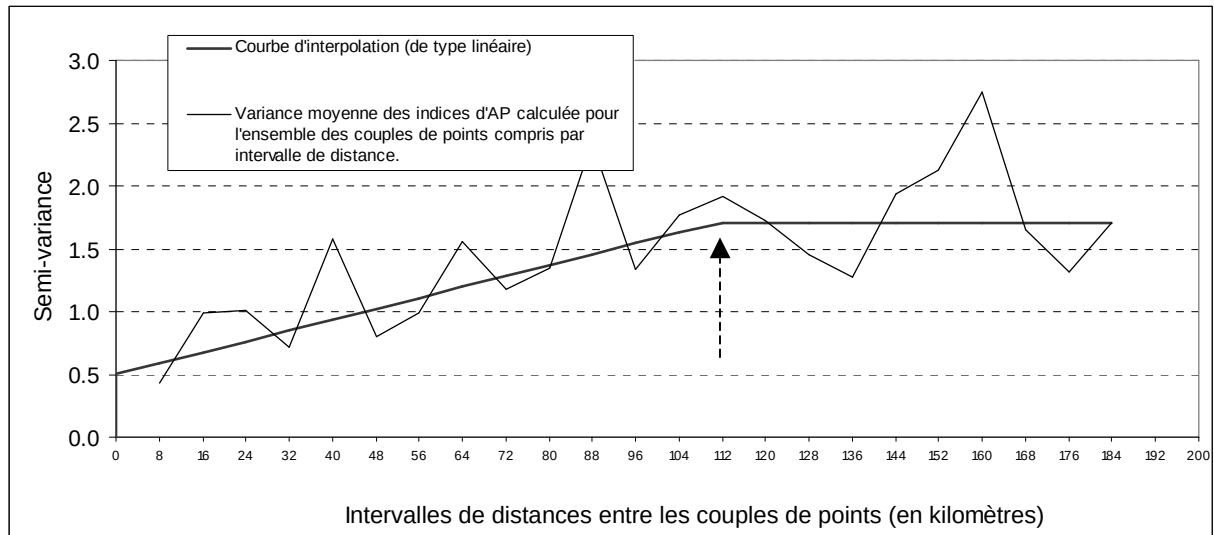


Fig. 362 Semi-variogramme et courbe d'interpolation des indices des taux de pollens d'arbres de l'ensemble des études polliniques de zones humides pour la période gallo-romaine (50 cal. BC à 500 cal. ap. J.C.). (Lag interval = 8000 mètres avec une courbe d'interpolation de type linéaire) ayant permis la construction de la carte d'interpolation des taux de pollens d'arbres. (RMS error = 0,43). (Portée = 110 kilomètres).

Le semi-variogramme montre une augmentation des valeurs de variance des taux de pollens d'arbres en fonction de la distance sur environ 110 kilomètres. Autrement-dit, les valeurs d'AP des points de sondages polliniques comprises dans un rayon inférieur à 110 kilomètres de distance d'un pixel seront pondérées de manière positive dans le calcul de la valeur interpolée de ce pixel.

La forme de ce semi-variogramme et de la courbe d'interpolation tendent à indiquer l'existence de « contraintes » diffuses et graduelles sur les valeurs des taux de pollens d'arbres sur des pas spatiaux d'environ 110 kilomètres. En effet, les couples d'études polliniques compris dans un rayon de moins de 110 kilomètres présentent des valeurs de taux de pollens d'arbres d'autant plus homogènes que les études sont proches.

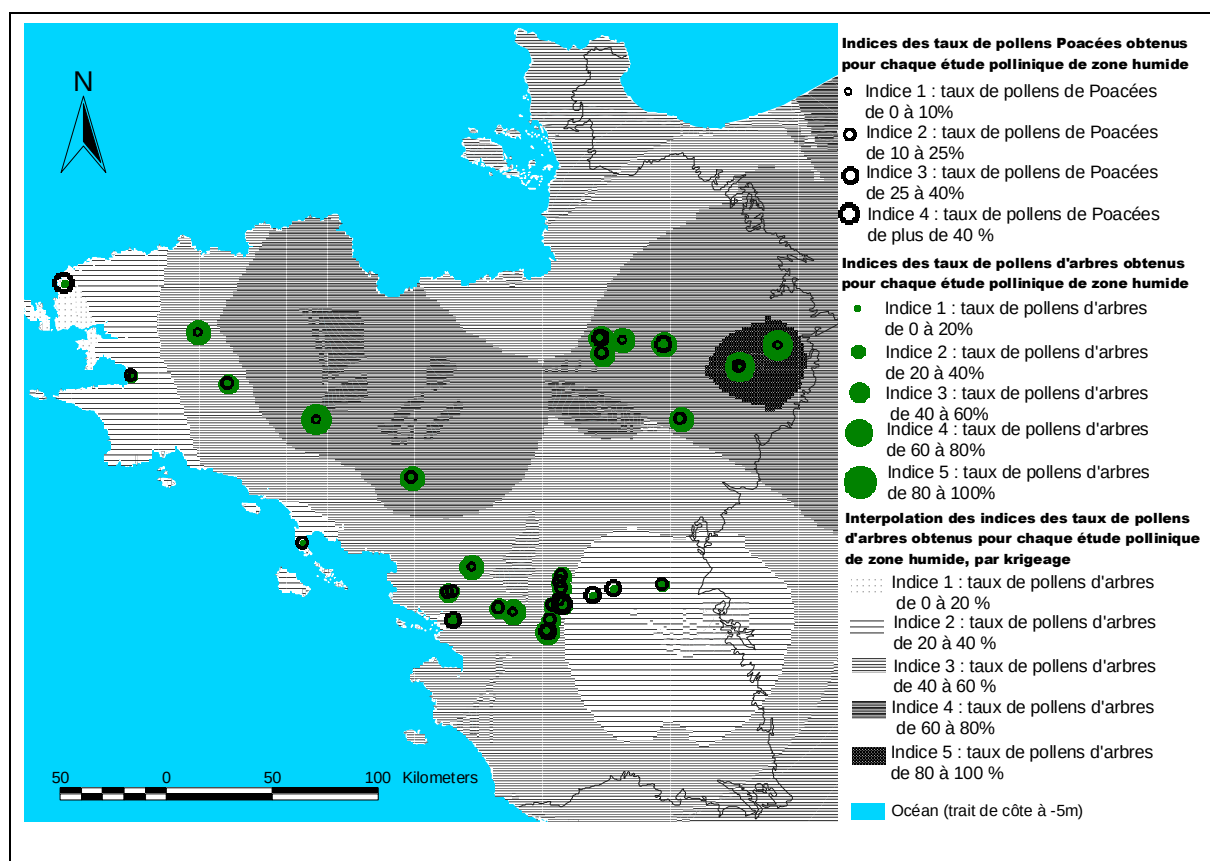


Fig. 363 Représentation et distribution géographique des taux de pollens de Poacées et d'arbres pour la période allant de 50 cal. BC à 500 cal. ap. J.C. Le fond de carte est issu de l'interpolation des taux de pollens d'arbres à partir des études de zones humides et après exclusion des études présentant des datations en décalage (semi-variogramme avec un Lag interval = 8000 mètres et courbe d'interpolation de type linéaire).

La carte d'interpolation montre une couverture des flux polliniques d'arbres plus contrastée que pour l'Age du Fer. En effet, si les taux de pollens d'arbres interpolés oscillaient entre les indices 3 et 4 durant l'Age du Fer, on constate des valeurs d'indices d'AP allant de 1 à 5 durant la période Gallo-romaine. Ces résultats sont directement liés aux formes des semi-variogrammes. Alors qu'à l'Age du Fer, la variance des taux d'AP est relativement stable en fonction de la distance (ce qui est synonyme de valeurs d'AP homogènes, Fig. 345), durant l'époque gallo-romaine il existe une relation entre la proximité des couples d'études polliniques et les taux de pollens d'arbres sur environ une centaine de kilomètres (cf. semi-variogramme Fig. 362).

Les résultats des moyennes des indices des taux de pollens d'arbres indiquent une très légère diminution des taux de pollens d'arbres entre les deux périodes. L'interpolation obtenue donne néanmoins l'impression d'un « reboisement » dans le centre-Bretagne durant l'époque gallo-romaine. En revanche, certains secteurs tels que l'extrémité de la péninsule bretonne ou bien la partie de la vallée de la Loire située en amont de l'embouchure paraissent « déboisés » (Fig. 363 et Fig. 364).

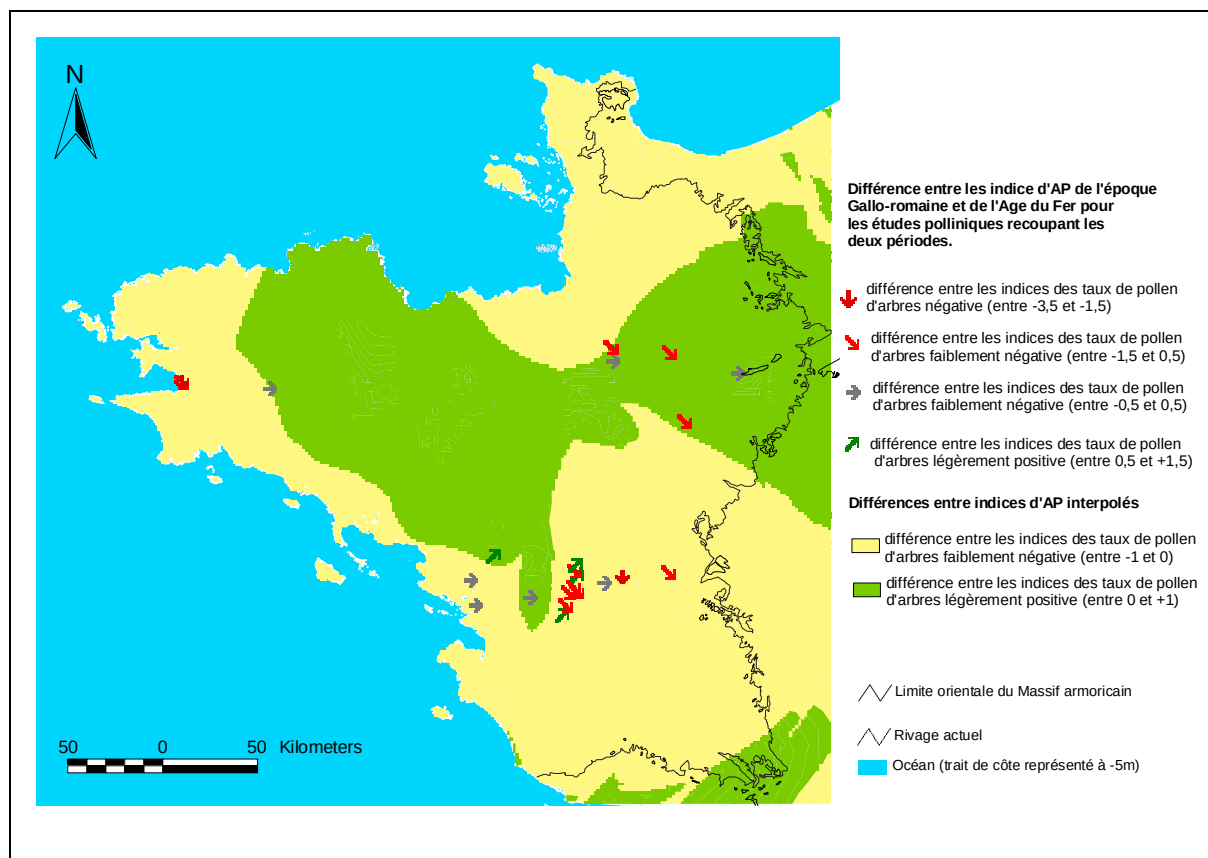


Fig. 364 Carte représentant la différence des indices des taux de pollens d'arbres interpolés entre l'Age du Fer et l'époque gallo-romaine. Pour les études recoupant les deux périodes, la différence entre les indices a aussi été calculée.

Il faut néanmoins interpréter ces résultats avec précaution puisque les études polliniques du centre-Bretagne sont relativement isolées et ont une importance capitale dans l'interpolation des valeurs de ce secteur (ex. il n'y a aucune étude pollinique sur le département des Côtes d'Armor !). Au contraire, la baisse des taux de pollens d'arbres dans quelques études de la Brière ne se traduit pas par des changements de l'indice interpolé dans ce secteur, mais a un effet sur la moyenne de l'indice des taux de pollens d'arbres (Fig. 114).

Ces remarques mises à part, le fort contraste des flux polliniques d'arbres qui se dégage de la carte interpolée peut être interprété comme la conséquence de contraintes humaines ou naturelles désormais concentrées et non diffuses comme durant l'Age du Fer. Même si l'effet de la continentalité joue probablement toujours sur la distribution des flux polliniques d'arbres (Fig. 366), l'impact humain explique très certainement aussi une part de l'hétérogénéité des valeurs interpolées. Une concentration des activités humaines par rapport à la période précédente peut ainsi être évoquée pour expliquer l'hétérogénéité importante de la répartition des flux polliniques d'arbres. Afin de faire ressortir une explication, nous avons donc cherché à croiser la répartition des flux polliniques d'arbres par rapport à la proximité du trait de côte mais aussi par rapport à la répartition des sites archéologiques de cette période.

- Tentatives de corrélation entre la distance par rapport à la mer, la distribution des sites archéologiques et les taux de pollens d'arbres

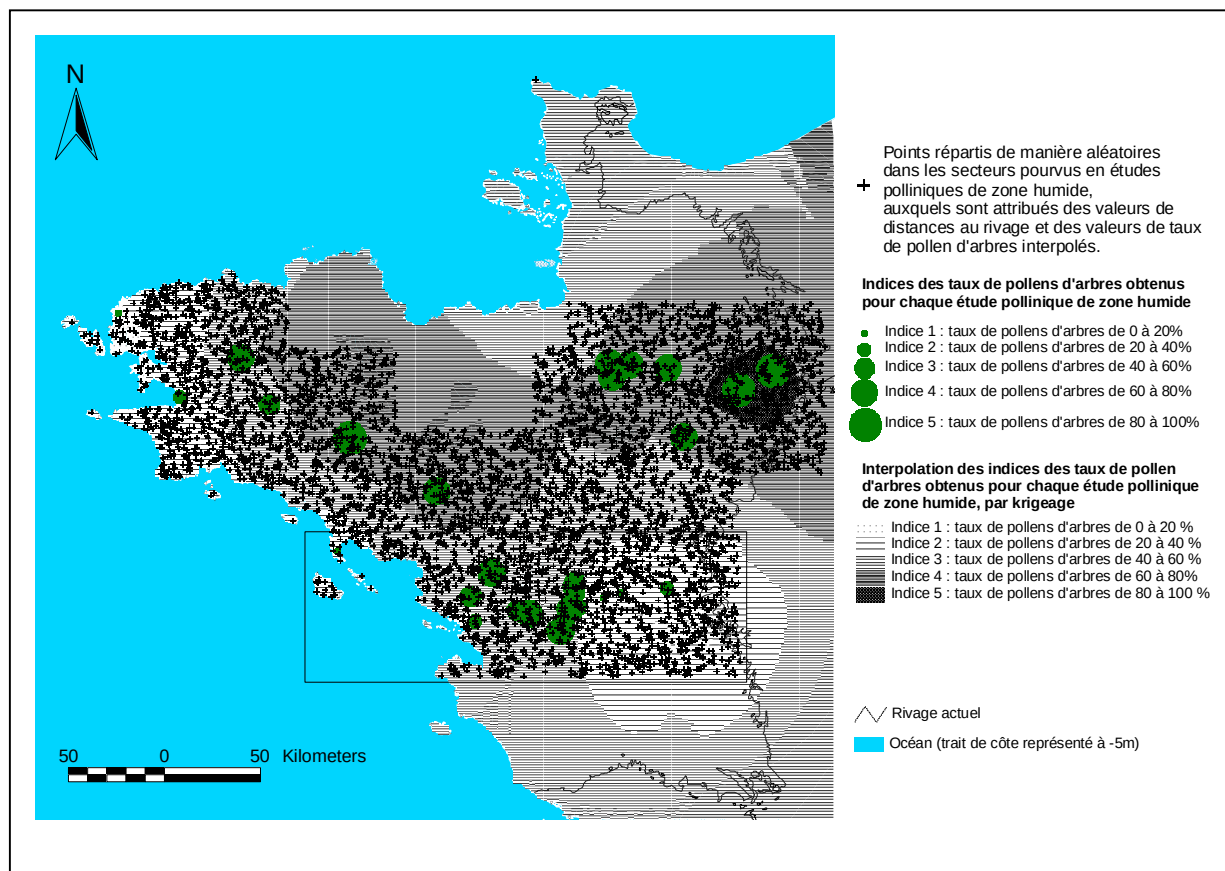


Fig. 365 Des valeurs de distances par rapport au rivage et des taux de pollens d'arbres interpolés ont été attribuées à 5257 points répartis de manière aléatoire à la surface des secteurs pourvus en études polliniques. Afin d'appréhender l'effet de la continentalité sur les flux polliniques répartis le long de la vallée de la Loire, une fenêtre a été définie dans un second temps (Fig. 367).

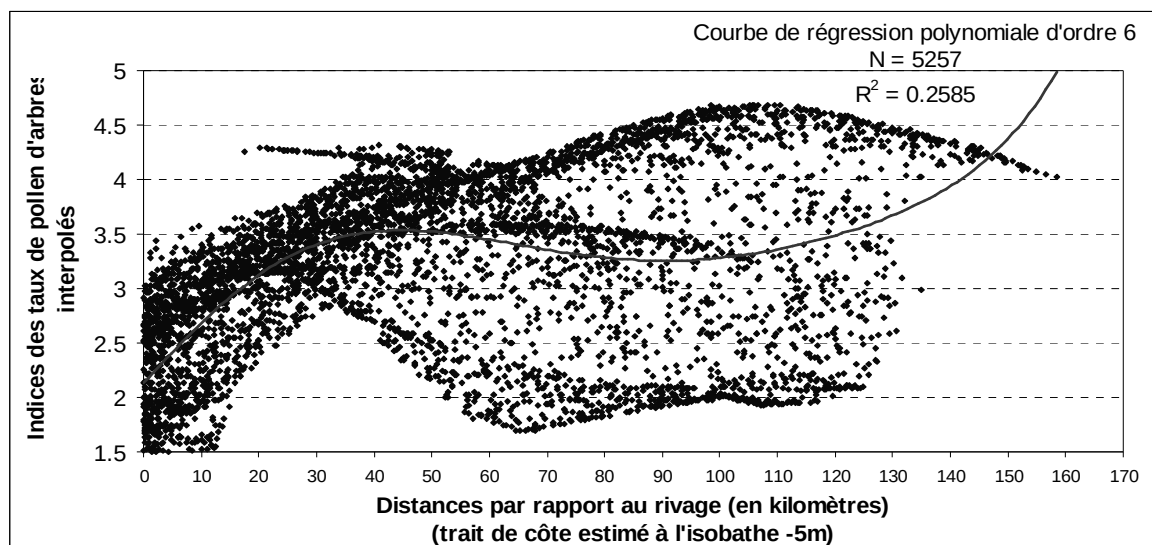


Fig. 366 Indices des taux de pollens d'arbres interpolés (interpolation avec un « lag interval » = 8000 mètres et courbe de régression de type linéaire) en fonction de la distance au rivage pour les 5257 points répartis de manière aléatoire dans les secteurs pourvus en études polliniques (Fig. 365).

A l'échelle de l'ensemble du Massif armoricain, on constate une relation entre la proximité de la mer et les taux de pollens d'arbres sur les 30 à 40 premiers kilomètres. A partir d'environ 30 kilomètres à l'intérieur des terres, on observe une grande hétérogénéité des valeurs des taux de pollens d'arbres interpolés ($R^2 = 0,26$). En fait, il semble que l'effet de la continentalité ne soit plus le seul facteur essentiel expliquant la répartition des flux polliniques à l'intérieur des terres. Afin de préciser ce phénomène sur la partie sud du Massif armoricain et notamment au niveau de la vallée de la Loire, une fenêtre prenant en compte uniquement les points répartis de manière aléatoire dans ce secteur a été définie. Elle permet ainsi d'appréhender l'effet de la « continentalité » dans ce secteur (Fig. 367).

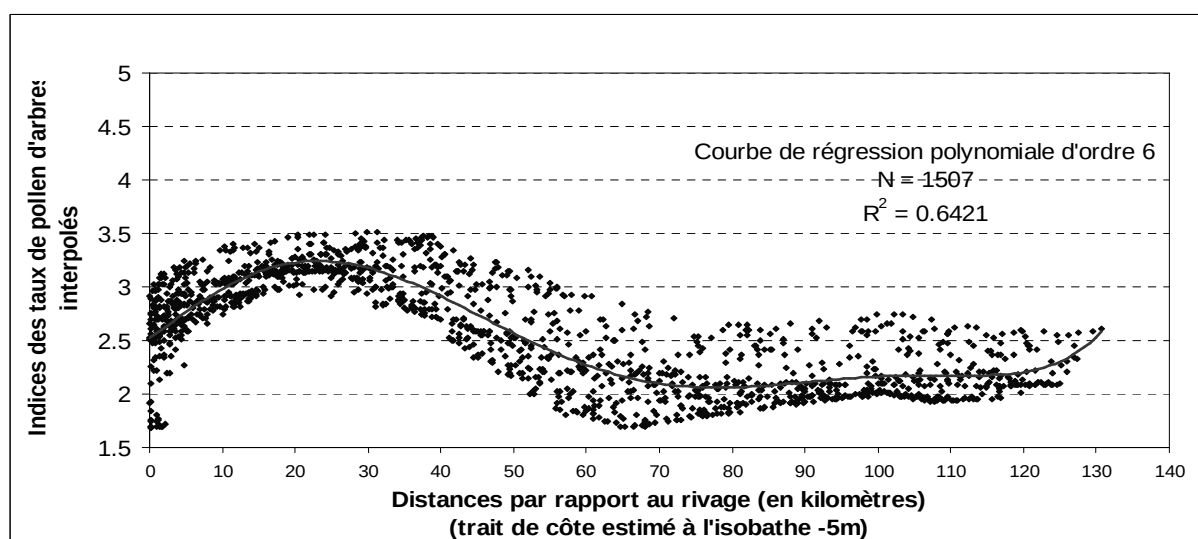


Fig. 367 Indices des taux de pollens d'arbres interpolés (interpolation avec un « lag interval » = 8000 mètres et régression de type linéaire) en fonction de la distance au rivage pour les 1507 points répartis de manière aléatoire dans les secteurs pourvus en études polliniques de la vallée de la Loire et jusqu'à la côte sud armoricaine (cf. fenêtre sud définie dans la carte de la Fig. 365).

Dans cette fenêtre de la partie sud armoricaine, la répartition des flux polliniques d'arbres en fonction de la proximité de la mer montre de nouveau un effet de la proximité du littoral non négligeable sur les 20 à 30 premiers kilomètres. Cette relation est néanmoins complètement remise en cause au delà d'une distance de 30 kilomètres des côtes. En effet, on constate une chute importante des taux de pollens d'arbres interpolés à partir 30 kilomètres (indice moyen d'AP = 3,25) et ce jusqu'à 70 kilomètres (indice moyen d'AP = 2). Ce résultat correspond au secteur apparaissant ouvert dans la partie amont de la vallée de la Loire (Fig. 365).

En l'absence d'effet de la continentalité, il est possible d'interpréter cette baisse des flux polliniques d'arbres comme une ouverture liée à des phénomènes naturels (ex. inondations puisque certaines des études polliniques ont été réalisées dans des zones alluviales), mais pourquoi pas aussi à des activités humaines. Le croisement de la carte de répartition des flux polliniques d'arbres interpolés avec la distribution des sites archéologiques de ce secteur et de cette période pourrait apporter des éléments de réponses. Malheureusement seuls les résultats de la carte archéologique de Bretagne ont été à notre disposition (Fig. 368 et Fig. 369).

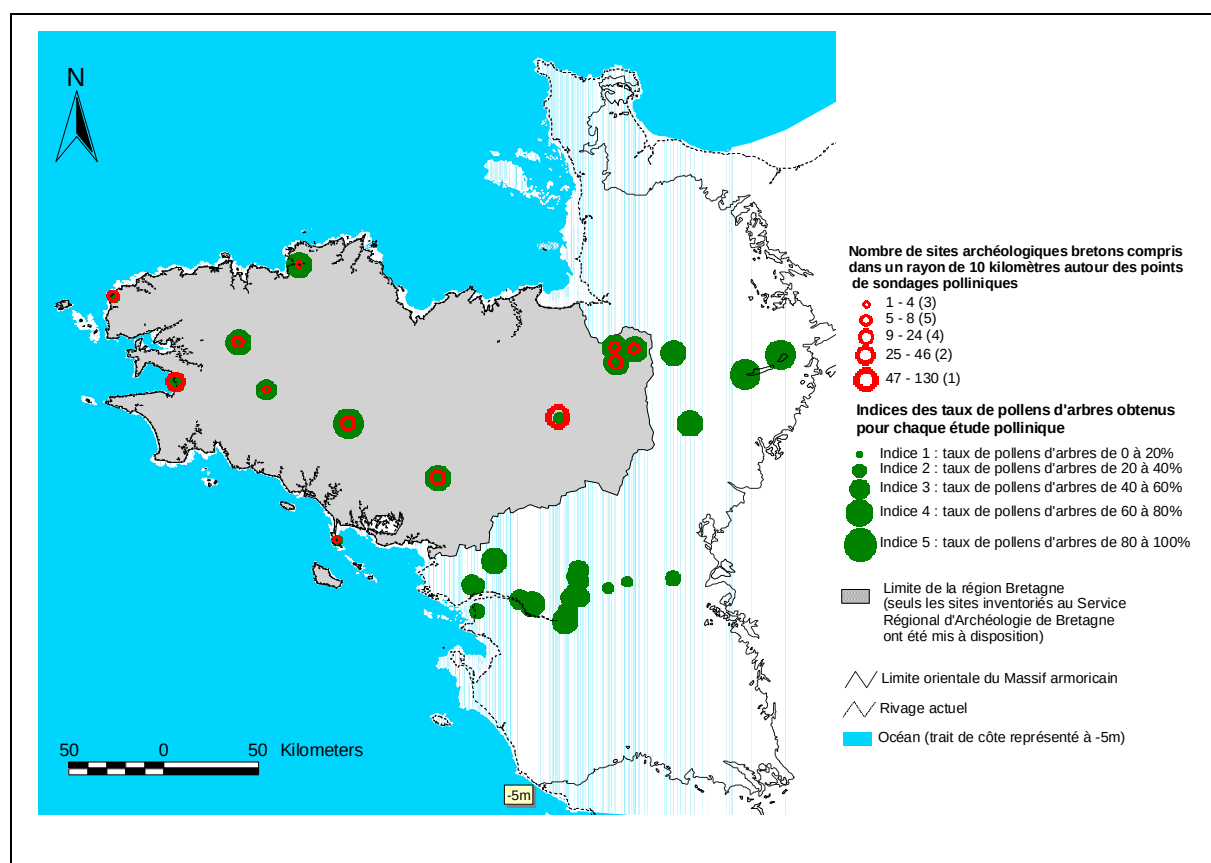


Fig. 368 Répartition des sondages polliniques armoricains recoupant la période gallo-romaine (50 BC à 500 cal. ap. JC). L'indice du taux de pollens d'arbres et le nombre de sites archéologiques gallo-romains (inventoriés comme tels à la carte archéologique du Service Régional d'Archéologie de Bretagne) ont été attribués et indiqués pour chacun des 15 sondages polliniques de la région Bretagne.

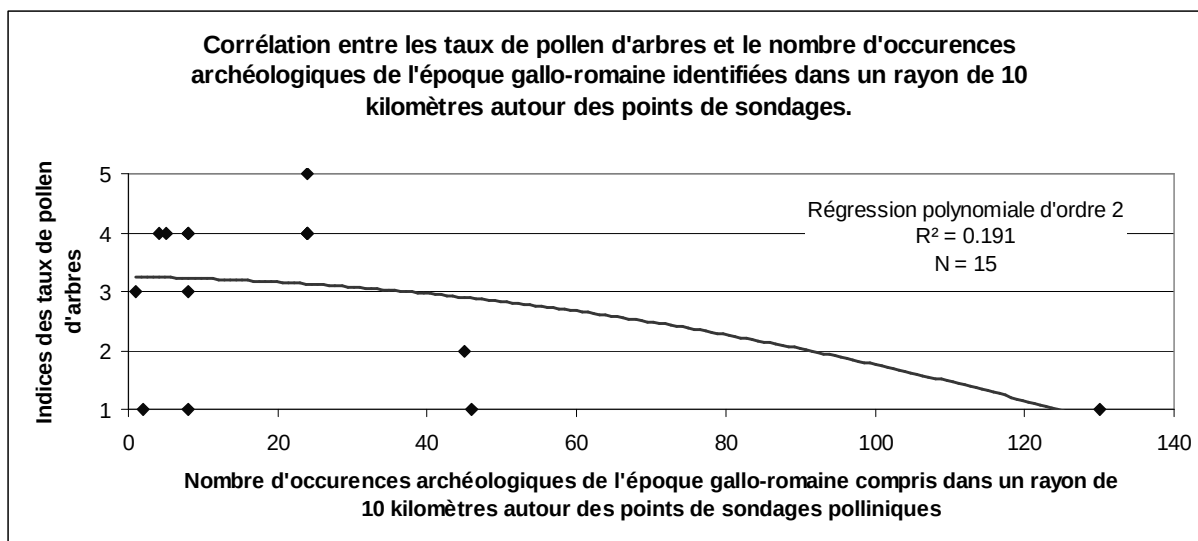


Fig. 369 Mise en relation du nombre de sites archéologiques attribué à l'époque gallo-romaine avec les indices du taux de pollens d'arbres pour les 15 sondages polliniques recoupant la période et localisés dans la région Bretagne.

Il apparaît une relation assez logique entre les taux de pollens d'arbres et le nombre de sites archéologiques environnant les 15 études polliniques de la région Bretagne.

En effet, les études présentant de forts taux de pollens d'arbres sont assez systématiquement entourées par un très faible nombre de sites archéologiques, en revanche les études entourées par un grand nombre de sites gallo-romains présentent de faibles taux d'AP. Il est donc tentant d'expliquer la valeur des taux de pollens d'arbres par la répartition de l'occupation humaine. Cette interprétation est néanmoins à considérer avec précaution à cause du très faible nombre d'études polliniques disponibles. Le faible coefficient de détermination est quant à lui révélateur de valeurs disparates.

- Explication de la répartition armoricaine de quelques attestations polliniques et des groupements « des sols bien drainés » par les paramètres abiotiques : analyse de co-inertie

1. Analyse Factorielle des Correspondances de quelques attestations et groupements polliniques de « sols bien drainés » de l'époque gallo-romaine

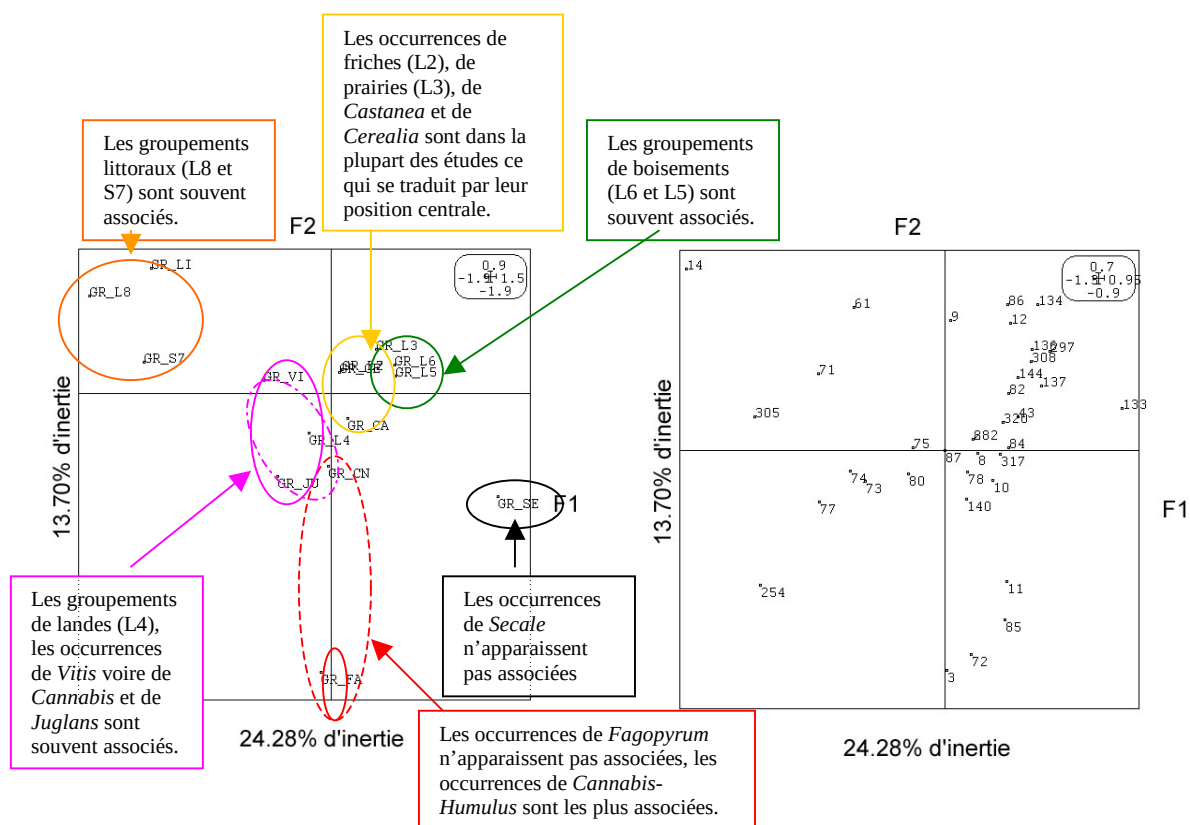


Fig. 370 AFC des groupements archéobotaniques polliniques de « sols bien drainés » de la période allant de 50 BC à 500 cal. ap. JC (époque gallo-romaine). Le groupement de culture (GR_L1) a été remplacé par les occurrences polliniques de *Cerealia* type, de *Castanea*, de *Juglans*, de *Secale*, de *Fagopyrum*, de *Linum*, de *Vitis* et *Cannabis-Humulus*. (GR_CE : « occurrences polliniques de *Cerealia* type » ; GR_FA « occurrences polliniques de *Fagopyrum* » ; GR_SE « occurrences polliniques de *Secale* » ; GR_JU « occurrences polliniques de *Juglans* » ; GR_CA « occurrences polliniques de *Castanea* » ; GR_VI : « occurrences de *Vitis* » ; GR_CN : « occurrences de *Cannabis-Humulus* » ; GR_L2 : « groupements de friches » ; GR_L3 : « groupements de prairie hygro- à mésophiles » ; GR_L4 : « groupements de landes armoricaines et de pâturages secs » ; GR_L5 : « groupements de boisements rudéraux » ; GR_L6 : « groupements de forêts claires » ; GR_L7 : « groupements de communautés rudérales, chemins, zones d'habitats, lieux de pacages » ; GR_S7 : « groupements de côtes sableuses et marais salés »). Le plan factoriel de droite représente la position des études dans le plan factoriel 1-2.

L'Analyse Factorielle des Correspondances permet d'obtenir 4 ensembles et 2 autres occurrences isolées :

Les 2 groupements littoraux (GR_S7 et GR_L8) forment un premier ensemble sur la partie gauche du plan. L'occurrence de *Linum* (GR_L1) est associée à ces groupements mais le très faible enregistrement de ce taxon (une seule occurrence !) ne permet pas de tirer de conclusion solide.

Les groupements de landes (GR_L4), les occurrences de *Juglans* (GR_JU) sont souvent enregistrés en même temps dans les spectres polliniques. Les pollens de *Vitis* et de

Cannabis-Humulus bien qu'un peu excentrés y sont aussi souvent associés. Ils correspondent à l'enregistrement d'environnements végétaux plutôt chauds (bien exposés ?) et anthropisés (ensemble entouré en violet). Notons que ces enregistrements sont proches du centre du plan factoriel. Ces descripteurs archéobotaniques sont donc très souvent enregistrés dans les études polliniques.

Ces occurrences archéobotaniques se trouvent proches d'un autre ensemble situé au centre du plan : l'ensemble des groupements de friches (GR_L2), de communautés rudérales (GR_L7), de prairies (GR_L3), des occurrences polliniques de *Castanea* (GR_CA) et de *Cerealia* (GR_CE) décrivant des environnements fortement anthropisés.

La position centrale de cet ensemble montre que ces groupements et occurrences sont enregistrés dans la plupart des études (ces variables ne sont alors plus discriminantes).

Les groupements de boisements (GR_L6 et GR_L5) voire aussi de prairies (GR_L3) sont souvent associés dans les enregistrements. L'ensemble est légèrement excentré par rapport au centre du plan factoriel ce qui traduit des enregistrements nombreux et souvent en association avec les groupements et occurrences archéobotaniques du centre du plan.

Il faut noter les enregistrements très nombreux des groupements de boisements (GR_L6 et GR_L5), enregistrements qui sont donc souvent associés aux groupements anthropiques et occurrences allochtones du centre du plan.

En revanche, les occurrences de *Secale* mais aussi de *Fagopyrum* encore rares, se trouvent isolées dans le plan (cf. § B.3.3.2.6 concernant l'évolution des fréquences des occurrences des taxons allochtones : 10% des études pour le seigle et environ 15% des études pour le sarrasin). Les occurrences de seigle (représentées par seulement deux enregistrements dans le cadre de cette analyse de co-inertie) se rattacheraient plutôt à l'ensemble des boisements, alors que les indices polliniques de sarrasin sont davantage associées aux occurrences de noyer et de chanvre-houblon.

A l'époque gallo-romaine, la très grande majorité des environnements végétaux enregistrés autour des points de sondages polliniques de zones humides apparaît donc inféodée à l'homme. Ce constat rejoint les résultats déjà acquis à l'Age du Fer. Notons que les groupements de communautés rudérales (GR_L7) mais aussi les occurrences de *Castanea*, de *Vitis* et de *Cannabis-Humulus* apparaissent désormais enregistrées de manière plus systématique. Ce résultat correspond à une dispersion de ces taxons à l'ensemble du Massif armoricain.

L'AFC réalisée à partir des résultats polliniques de l'époque gallo-romaine décrit donc des mosaïques végétales comprenant à la fois des groupements anthropiques (friches, communautés rudérales, prairies), très souvent des landes, des occurrences allochtones (*Castanea*, *Vitis*, *Cannabis-Humulus*, *Juglans*) et très souvent aussi des groupements de boisements (forêts claires, boisements rudéraux). Notons que les cultures de sarrasin et du seigle sont rencontrées de manière ponctuelle.

2. Analyse des Composantes Principales des paramètres abiotiques des études polliniques de zones humides recoupant l'époque gallo-romaine

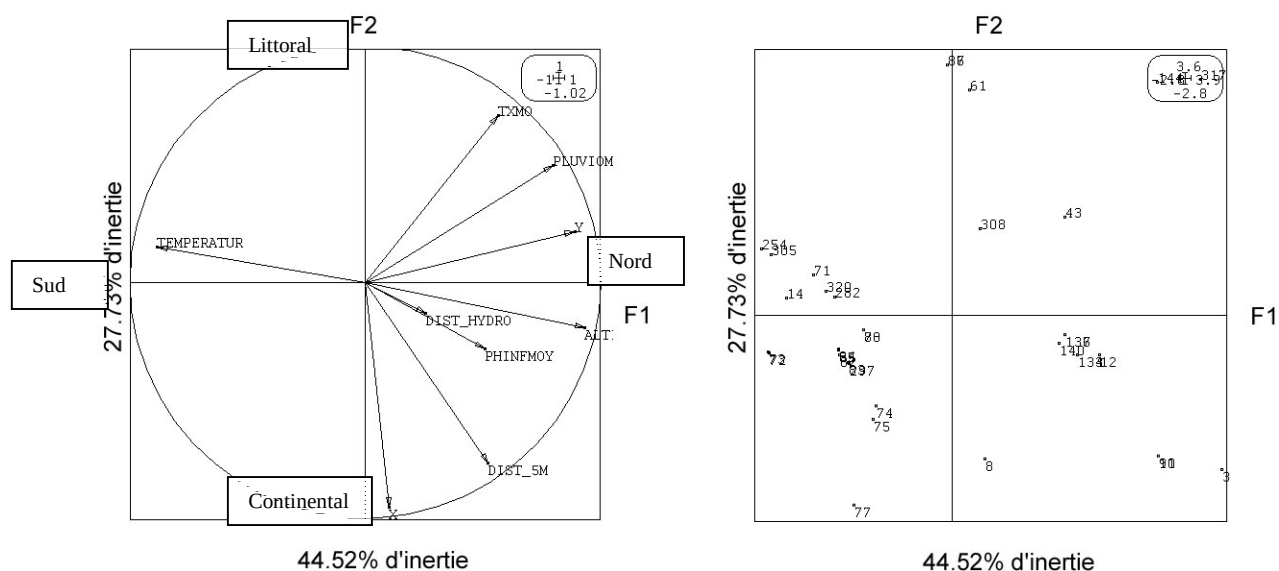


Fig. 371 ACP des paramètres abiotiques des études polliniques de zones humides recoupant l'époque gallo-romaine (50 cal. BC à 500 cal. ap. JC). Un certain nombre d'études a été retiré de cette analyse à cause de l'absence de données concernant un ou plusieurs facteurs environnementaux. Les paramètres pris en compte sont les suivants : « Temperatur » : température moyenne annuelle actuelle au point d'étude ; « Phinf » : Ph inférieur des sols par canton ; « Txmo » : Taux de matière organique moyen par canton ; « Dist_5M » : distance du point d'étude par rapport à l'isobathe des - 5 mètres ; « Dist_hydro » : distance au réseau hydrographique principal ; « Altimoy » : altitude moyenne des environs du point de sondage ; « Pluviometr » : pluviométrie annuelle moyenne actuelle au point d'étude ; « X » : coordonnée longitudinale du point d'étude ; « Y » : coordonnée latitudinale du point d'étude.

L'axe principal de l'ACP (44,52% de l'inertie) est essentiellement expliqué par l'effet de la latitude, puisque l'on constate une relation avec les valeurs de latitude (Y), mais aussi de pluviométrie et d'altitude (vers la droite du plan). Les valeurs de températures augmentent quant à elles vers le sud (à gauche du plan).

L'axe F2 (27,73% de l'inertie) décrit principalement l'effet de la continentalité avec les valeurs de la longitude mais aussi les valeurs de distance par rapport au littoral (Dist_5m) (vers le bas du plan).

3. Analyse de co-inertie à partir de l'AFC des attestations et groupements polliniques de « sols bien drainés » et de l'ACP des paramètres abiotiques des études recoupant l'époque gallo-romaine

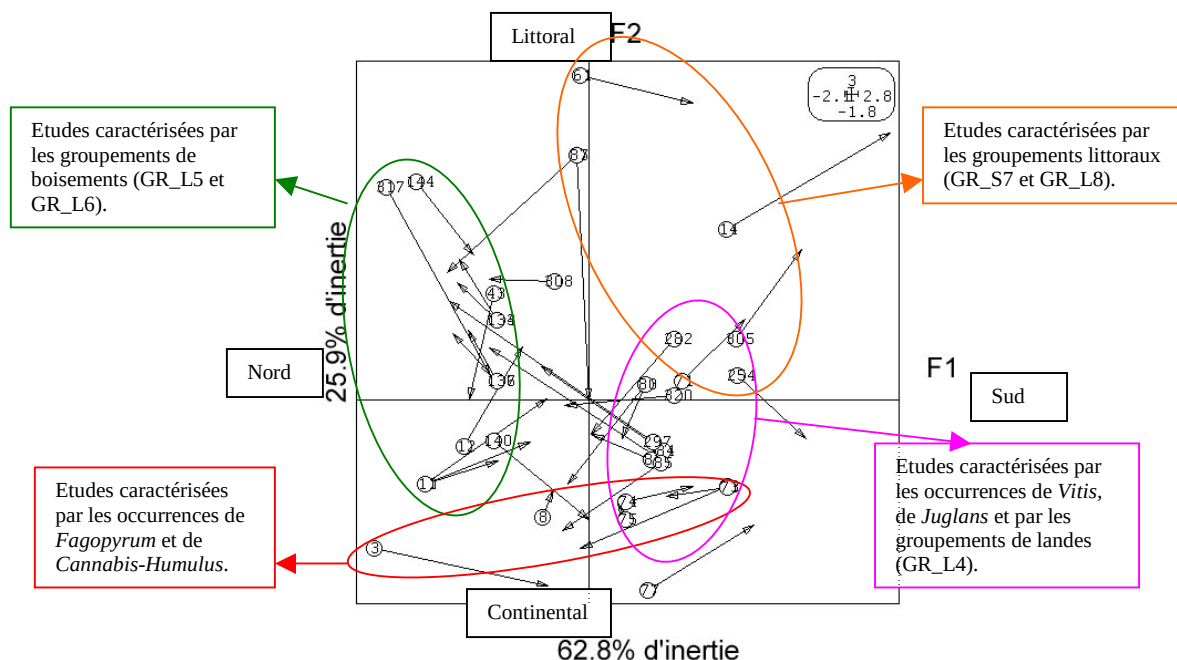


Fig. 372 Analyse de co-inertie à partir de l'AFC des groupements régionaux et de l'ACP des paramètres abiotiques des études recoupant la période gallo-romaine. Les études sont signalées par leur numéro d'enregistrement. Un test de Monte Carlo (1000 permutations aléatoires réalisées sur les valeurs des deux tables) a montré que la relation obtenue par l'analyse de co-inertie n'est pas due au hasard à 100%. Il existe donc une bonne liaison entre les deux tableaux.

Il est possible de faire correspondre les axes principaux du plan de co-inertie aux axes principaux décrits par l'ACP. En effet, on constate globalement une répartition semblable des études dans les deux plans factoriels. L'axe F1 traduit l'effet de la latitude, de la température moyenne actuelle, et de l'altitude des points de sondages (ex. les études n° 254, 305, 14, 73 sont situées au sud du Massif armoricain alors que les études n° 3, 10, 12, 317, 144 sont localisées plus au nord, plus en altitude, (Fig. 371 de l'ACP et plan de co-inertie Fig. 372).

L'axe F2 du plan de co-inertie décrit quant à lui l'effet de la continentalité puisque l'on retrouve la distribution des études obtenue par l'axe secondaire de l'ACP (ex. les études n° 61, 14, 144, 308 sont proches du littoral par rapport aux études n° 8, 74, 75, 77, cf. ACP Fig. 371).

Une correspondance entre les groupements identifiés dans AFC et les axes principaux du plan de co-inertie peut ensuite être trouvée, cela en considérant principalement les études ayant le plus d'inertie (ou de flèches courtes) dans le plan de co-inertie.

Ainsi l'ensemble des groupements littoraux est de manière logique associé aux études proches du littoral (ex. études n° 61, 14, 305, 71).

Les occurrences polliniques de *Fagopyrum*, *Cannabis-Humulus*, voire de *Secale* (occurrences qui occupaient la moitié inférieure du plan de l'AFC) sont plutôt enregistrées dans des études polliniques éloignées du littoral. (ex. études n° 3, 85, 72, 11). Notons néanmoins que l'étude n° 532 de Rohu-Pargo (Quiberon), étude proche du littoral, a permis d'enregistrer des occurrences de *Fagopyrum* pour cette période. Cependant, l'absence d'un

certain nombre de données abiotiques n'a pas permis de prendre en compte cette étude dans l'analyse de co-inertie. Il faut donc relativiser ce résultat en ce qui concerne le sarrasin.

Les groupements de boisements (GR_L5 et GR_L6) et les rares attestations de seigle caractérisent plutôt des études situées sur la moitié nord du Massif, en altitude et dans les secteurs actuellement les plus frais. (ex. études n° 43, 133, 137, 12, 11).

Enfin, les études caractérisées par les occurrences de *Vitis*, de *Juglans* et le groupement des landes se trouvent plutôt dans la moitié sud et continentale du Massif (ex. études 74, 75, 73, 80, 305, 254) (même si quelques occurrences de noyer aussi sont repérées dans les études de la Mayenne).

L'ensemble de ces constats se retrouvent assez bien au regard des cartes représentées ci-dessous (Fig. 373). Encore une fois, le traitement des données par analyses multivariées permet de prendre en compte la présence mais aussi l'absence de données dans les études polliniques. Cela permet d'aboutir à des résultats plus objectifs que le simple commentaire de cartes de présence d'occurrences archéobotaniques inféodées à la distribution des sondages polliniques.

Remarque : Les groupements anthropiques de communautés rudérales, de friches, les occurrences de *Cerealia type*, de *Castanea* étant enregistrés dans la plupart des études polliniques (cf. AFC), il n'existe pas de correspondances entre l'enregistrement de ces données archéobotaniques et la répartition des contextes abiotiques. Ce sont donc les descripteurs archéobotaniques les plus caractéristiques (ceux décrits ci-dessus et globalement les plus excentrés dans le plan de l'AFC) qui permettent d'obtenir (ou non) des correspondances avec divers contextes abiotiques.

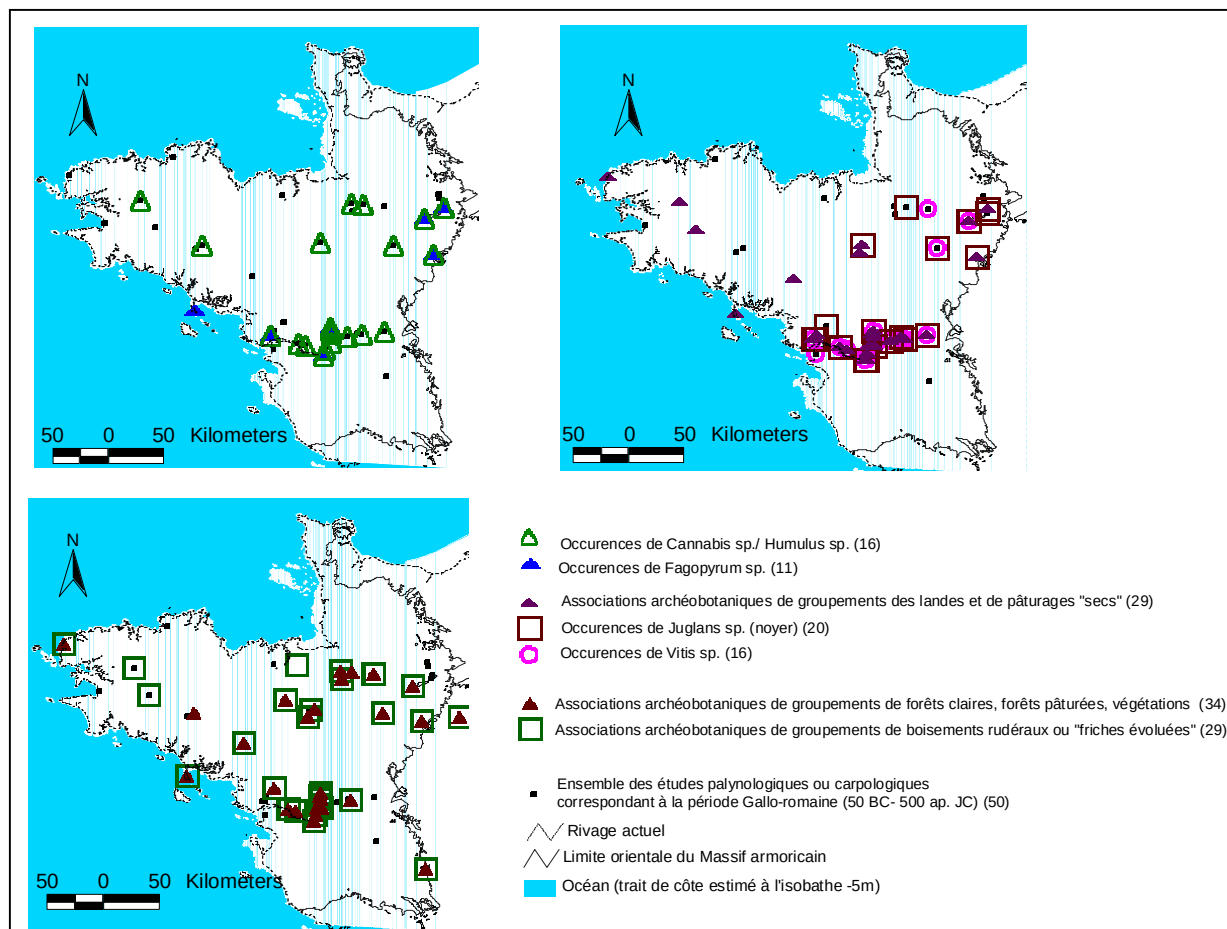


Fig. 373 Cartes représentant les répartitions de quelques occurrences archéobotaniques (*Cannabis-humulus*, *Fagopyrum*, *Juglans*, *Vitis*, associations archéobotaniques de landes, de friches, de forêts claires) de l'époque gallo-romaine (50 cal. BC à 500 cal. ap. JC).

B.5.7 Le haut Moyen-Age : 500 à 1000 cal. ap. J.-C.

- Inventaire

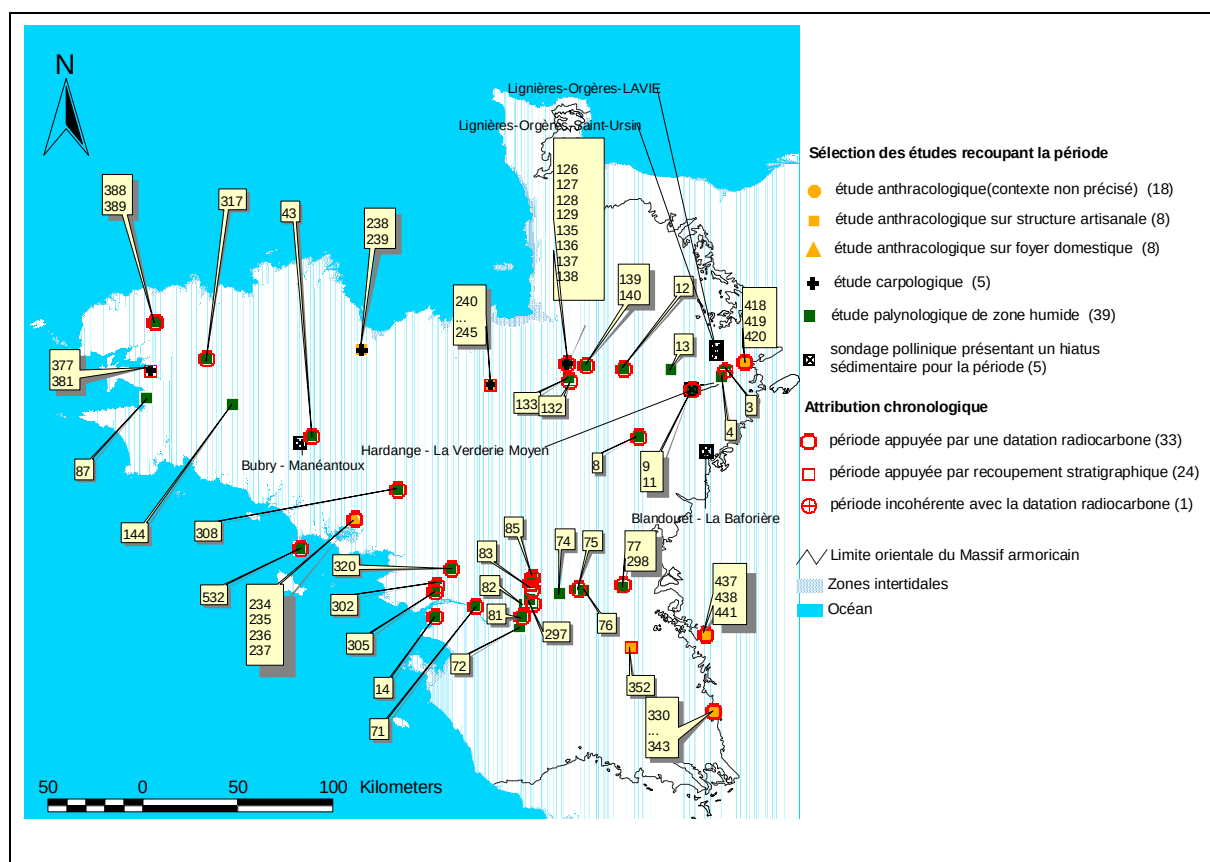


Fig. 374 Carte de répartition des études archéobotaniques recoupant la période allant de 500 à 1000 cal. ap. JC. (haut Moyen-Age).

83 études archéobotaniques recoupent la période du haut Moyen-Age. Ce sont en réalité 39 études palynologiques, 5 études carpologiques et 34 études anthracologiques qui nous informent sur l'image paléoenvironnementale de cette période. Ces informations sont par ailleurs basées sur 33 datations radiocarbone et 24 recoupements stratigraphiques pour ce qui concerne les études anthracologiques et carpologiques.

- Taux de pollens d'arbres et de Poacées, interpolations

L'ensemble des semi-variogrammes proposent des courbes d'interpolation semblables quels que soient les « lag intervals ». Le semi-variogramme obtenu avec l'intervalle de 7000 mètres représente assez bien l'ensemble des semi-variogrammes calculés. Les cartes d'interpolations obtenues peuvent donc être considérées comme fiables d'autant plus que le RMS error est faible avec une courbe de régression de type exponentiel (RMS error = 0,36).

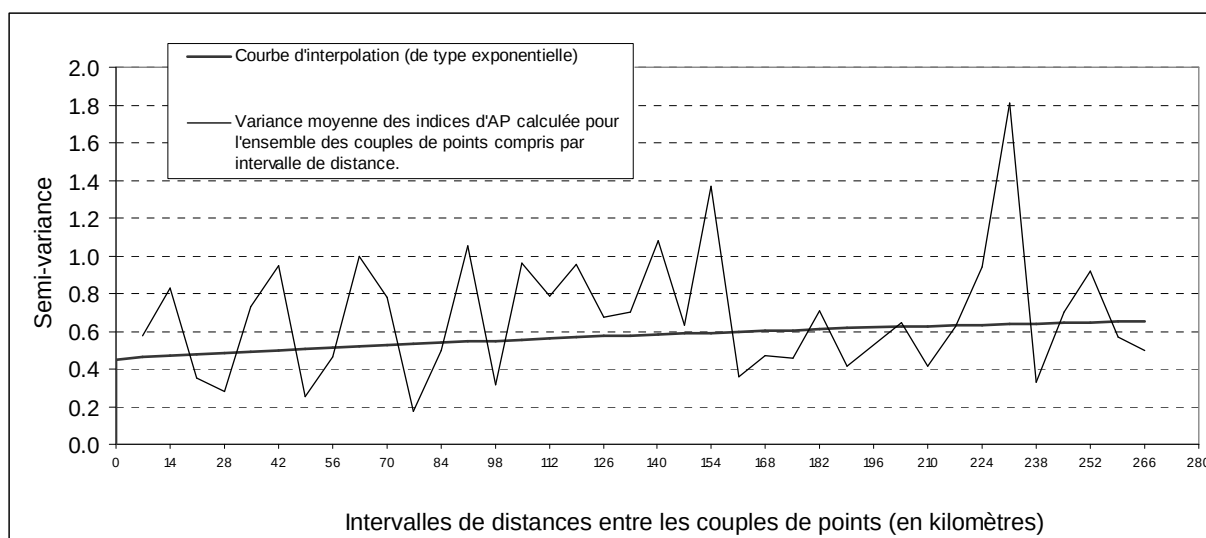


Fig. 375 Semi-variogramme et courbe d'interpolation des indices des taux de pollens d'arbres de l'ensemble des études polliniques de zone humide pour la période allant de 500 à 1000 cal. BC (Lag interval = 7000 mètres avec une courbe d'interpolation de type exponentiel) et ayant permis la construction de la carte d'interpolation des taux de pollens d'arbres. (RMS error = 0,36).

Le semi-variogramme montre une relation de dépendance entre les valeurs de variance d'AP et la distance entre les couples de points de sondages polliniques. En effet, les valeurs de variances augmentent de manière importante sur les 100 premiers kilomètres puis plus régulièrement et plus lentement à partir d'environ 140 kilomètres.

Autrement dit, les taux de pollens d'arbres des études ont plus de chances d'être de même valeur lorsque les études sont proches (les variances moyennes des AP des couples d'études de distances inférieures à 100 kilomètres sont inférieures à 0,5 environ). A partir d'une distance de plus de 100 kilomètres, les couples d'études polliniques montrent une variance moyenne des indices d'AP d'environ « 0,6 », valeur augmentant légèrement avec la distance. Il existe donc une relation entre les valeurs de variances et de distance entre les études jusqu'à 100 kilomètres.

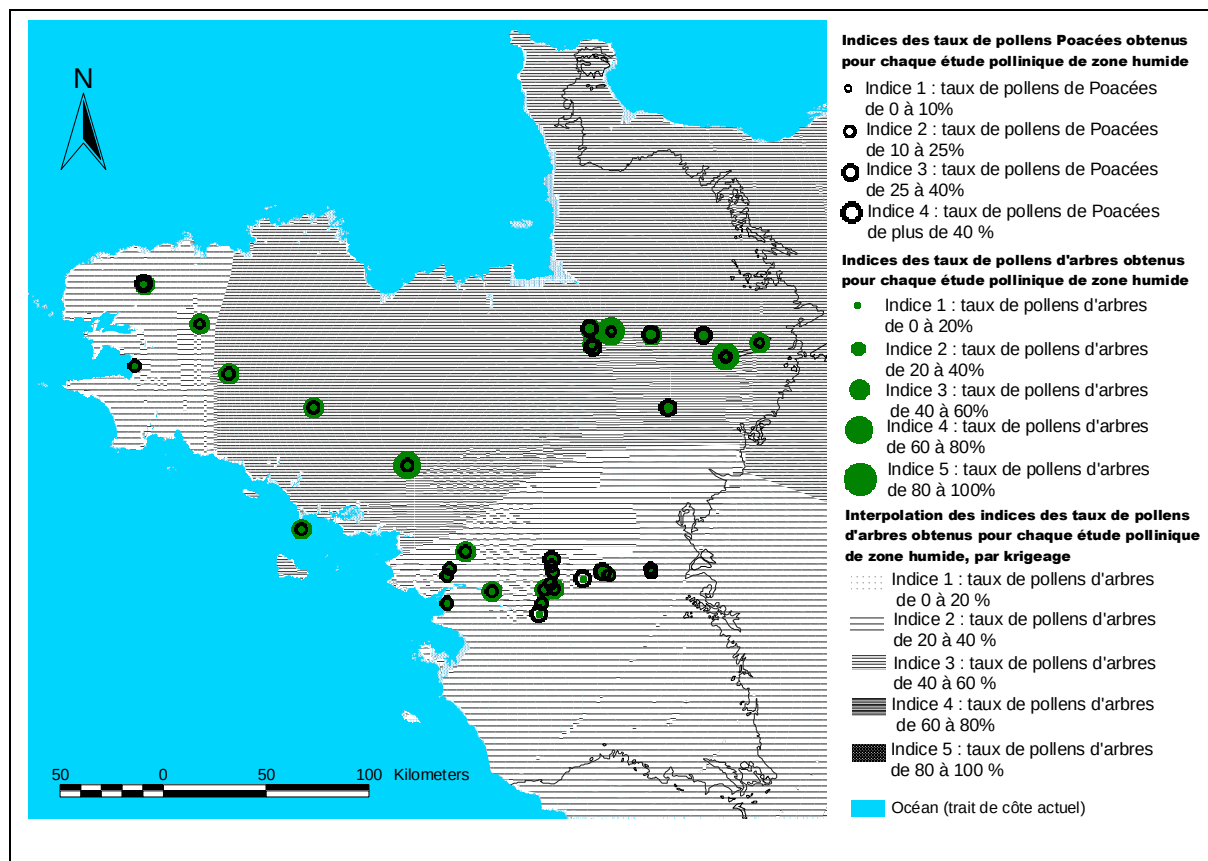


Fig. 376 Représentation et distribution géographique des taux de pollens de Poacées et d'arbres pour la période allant de 500 à 1000 cal. ap. JC. Le fond de carte est issu de l'interpolation des taux de pollens d'arbres à partir des études de zones humides et après exclusion des études présentant des datations en décalage (semi-variogramme avec un Lag interval = 7000 mètres et courbe d'interpolation de type exponentiel).

La carte montre une distribution des flux polliniques d'arbres interpolés relativement semblable à celle observée pour l'époque gallo-romaine (Fig. 363). On constate en effet un centre-Bretagne plus boisé que l'extrémité occidentale de la péninsule et aussi un horizon sud-est armoricain plus « ouvert ».

En revanche, les valeurs moyennes des indices des taux de pollens d'arbres étant passées de 3 durant l'époque gallo-romaine à 2,5 pour le haut Moyen-Age, on observe une baisse générale des valeurs d'AP, baisse répartie à l'ensemble du Massif.

Il apparaît d'autre part moins de « contraste » dans la répartition des flux polliniques d'arbres. Si l'interpolation des flux polliniques d'arbres de l'époque gallo-romaine laissait entrevoir 5 indices (Fig. 363), nous n'en constatons plus que 2 pour le haut Moyen-Age. Par ailleurs, les valeurs moyennes de variances ont aussi diminuées puisque les variances allant de 0,5 à 2 de l'époque gallo-romaine sont passées à des variances allant de 0,4 à 0,7 à l'époque du haut Moyen-Age. Ce phénomène de « lissage » des flux polliniques est très probablement lié à l'impact de l'homme. En effet, les tentatives de mise en relation entre la répartition des flux polliniques et la distribution de paramètres naturels ne permettent plus l'obtention de corrélations (Fig. 378).

- Tentatives de corrélations entre la distribution des sites archéologiques, la distance par rapport à la mer et les taux de pollens d'arbres

Afin d'appréhender quel peut être encore l'effet de la continentalité sur les flux polliniques d'arbres au début du Moyen-Age, un ensemble de points a été réparti de manière aléatoire dans les secteurs pourvus en études polliniques.

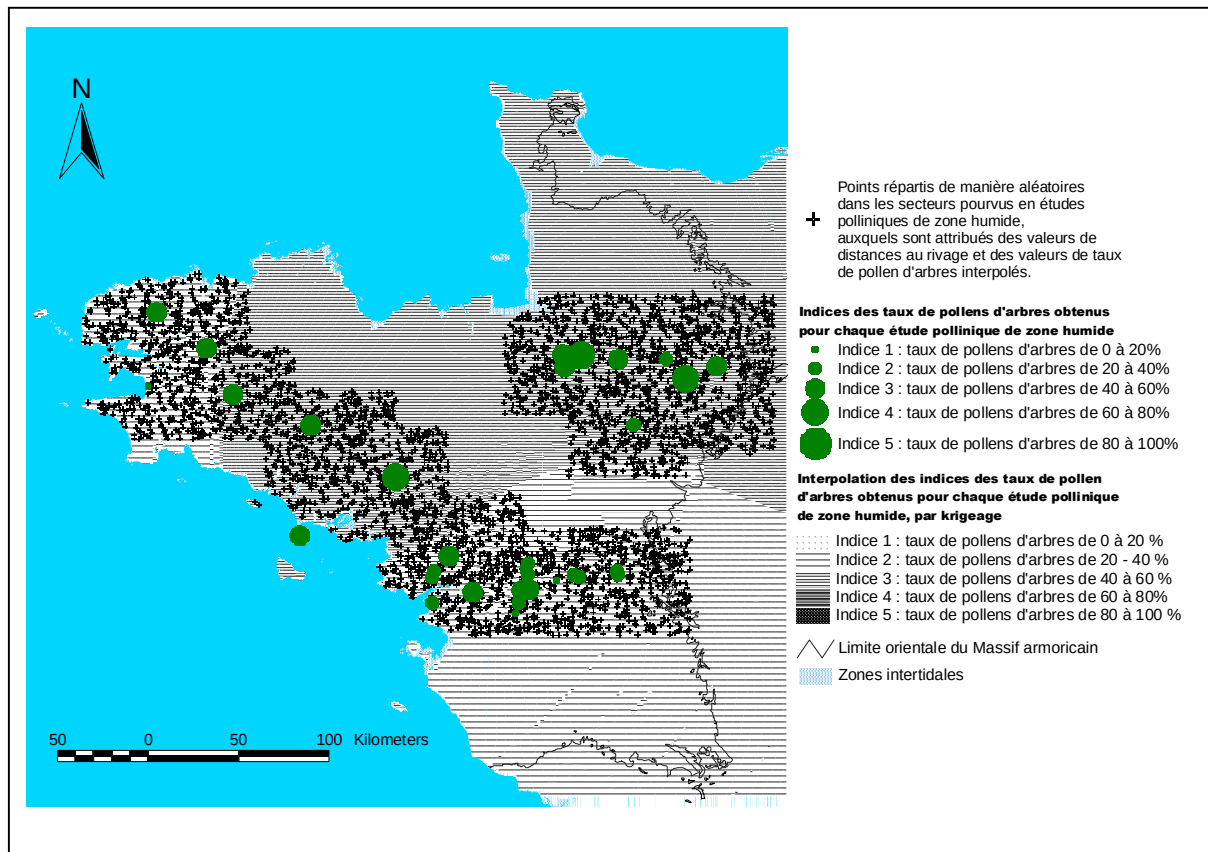


Fig. 377 Des valeurs de distances par rapport au rivage et des taux de pollens d'arbres interpolés ont été attribuées à 3956 points répartis de manière aléatoire à la surface des secteurs pourvus en études polliniques.

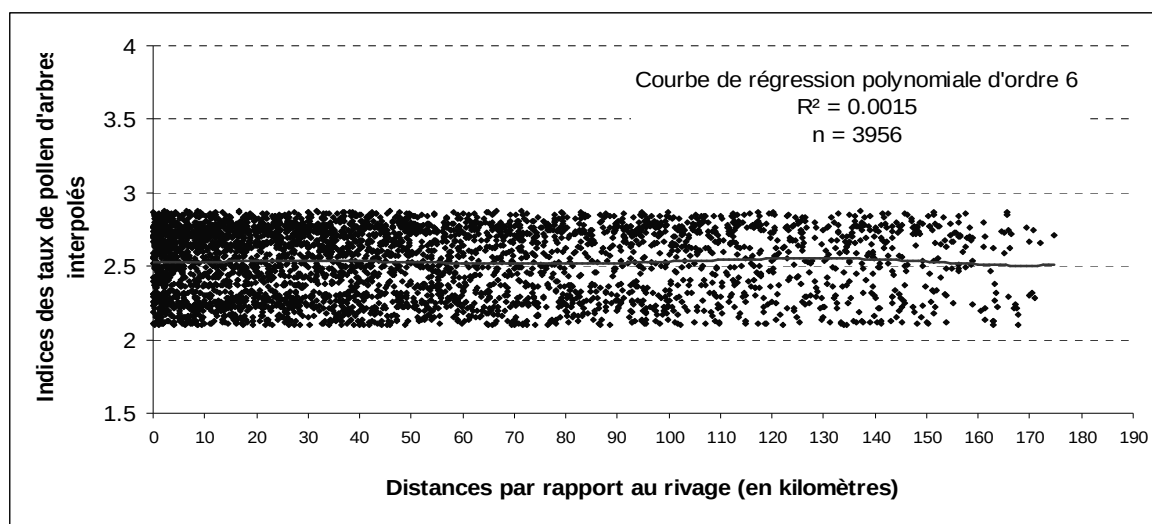


Fig. 378 Indices des taux de pollens d'arbres interpolés (interpolation avec un « lag interval » = 7000 mètres et courbe de régression de type exponentiel) en fonction de la distance au rivage pour les 3956 points répartis de manière aléatoire dans les secteurs pourvus en études polliniques (Fig. 377).

Au regard du graphique ci-dessus, il n'existe plus de relations entre la distance par rapport au rivage et la répartition des flux polliniques d'arbres à l'échelle du Massif armoricain.

Ce « lissage » des flux polliniques d'arbres est très probablement attribuable à des défrichements de plus en plus importants et affectant l'ensemble du Massif. L'exploitation du bois s'est en effet probablement accrue avec l'augmentation de la population. Néanmoins, on ne trouve pas de corrélation entre la distribution des flux polliniques d'arbres et la répartition des sites archéologiques voisins attribués au haut Moyen-Age (Fig. 379 et Fig. 380).

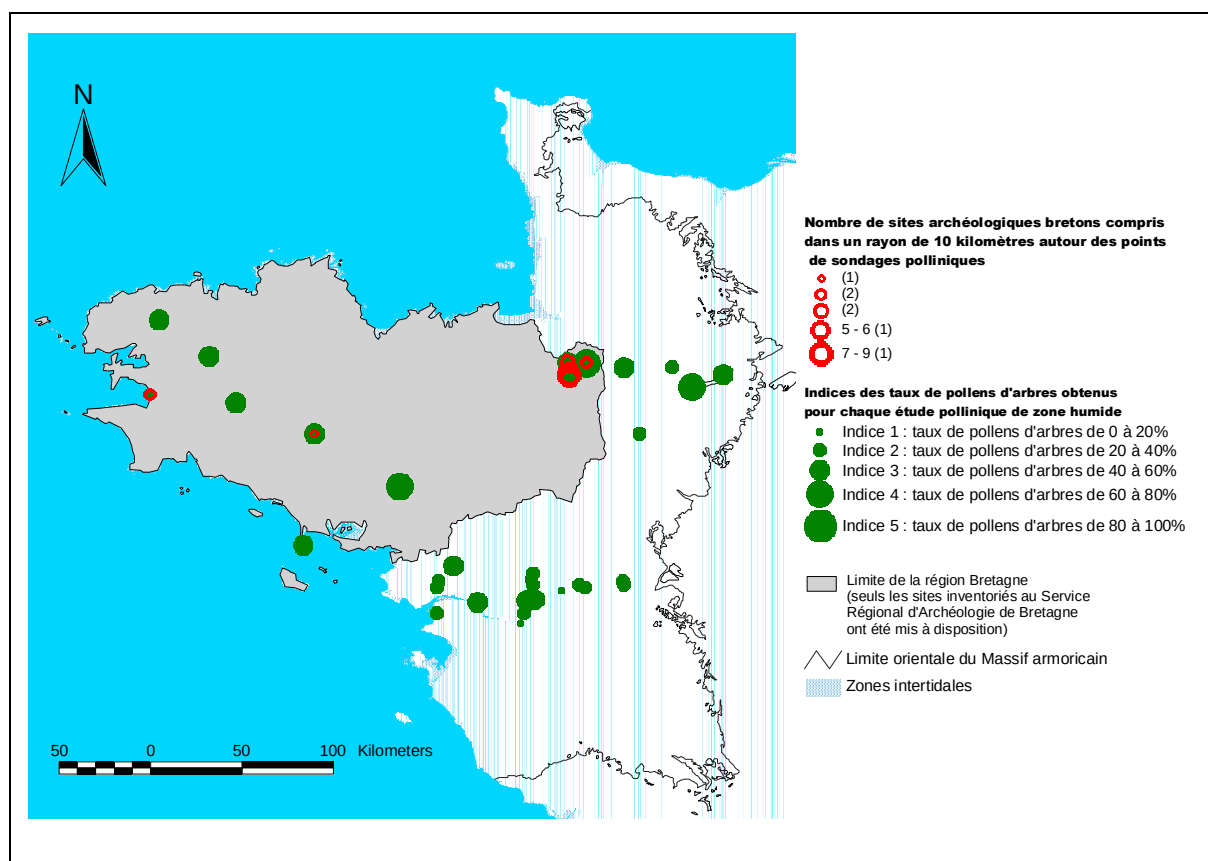


Fig. 379 Répartition des sondages polliniques de zones humides armoricains recoupant le haut Moyen-Age (500 à 1000 cal. ap. JC). L'indice du taux de pollens d'arbres et le nombre de sites archéologiques de cette période (inventoriés dans la carte archéologique du Service Régional d'Archéologie de Bretagne) ont été attribués et indiqués pour chacun des 15 sondages polliniques de la région Bretagne.

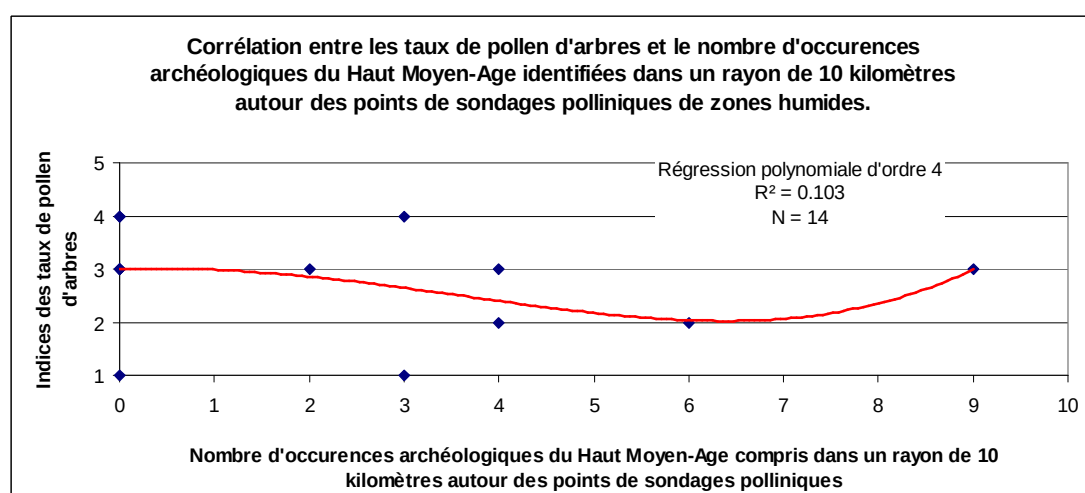


Fig. 380 Mise en relation du nombre de sites archéologiques attribué au haut Moyen-Age avec les indices du taux de pollens d'arbres pour les 14 sondages polliniques recoupant la période et localisés dans la région Bretagne.

La répartition des (trop) rares occurrences archéologiques attribuées à cette époque et enregistrée dans la base archéologique du Service Archéologique de Bretagne n'est pas

représentative de la distribution de la densité d'occupation. L'absence de corrélation ($R^2 = 0,1$) entre les taux de pollens d'arbres et le nombre de sites archéologiques identifiés dans un rayon de 10 kilomètres autour des sondages polliniques n'est donc pas étonnante.

- Tentative d'explication de la répartition armoricaine de quelques données archéobotaniques quantitatives par les paramètres abiotiques : Analyse des Composantes Principales

L'évolution diachronique des mesures de quelques descripteurs polliniques montre à partir du haut Moyen-Age, des valeurs maximales (ex. la moyenne du nombre de taxons pollinique de plantes adventices, Fig. 129) ou bien des valeurs atteignant un plateau de valeurs fortes (ex. la moyenne du nombre de taxons polliniques de plantes rudérales, Fig. 130).

L'évolution du taux de pollens d'arbres est aussi marquée durant cette époque puisqu'il y a une nette baisse de la moyenne du taux d'AP entre l'époque gallo-romaine (indice moyen environ : 3) et le début du Moyen-Age (indice moyen environ : 2,5). D'ailleurs, c'est là une ultime évolution du taux d'AP car celui-ci oscille ensuite autour de l'indice de 2,5 jusqu'à l'actuel. Cette baisse est particulièrement perceptible sur la figure 114 montrant une évolution des moyennes des indices d'AP en chronologie constante.

Contrairement aux périodes précédentes durant lesquelles l'évolution de ces descripteurs polliniques quantitatifs apparaissait moins essentielle, nous avons donc cherché à corréler les séries de valeurs d'un certain nombre de mesures polliniques avec les données quantitatives de paramètres abiotiques propre à chacun des points de sondages polliniques.

Ces descripteurs polliniques et abiotiques sont les suivants :

1. descripteurs polliniques :

- taux de pollens d'arbres (indices de 1 à 5),
- taux de Poacées (indices de 1 à 4),
- nombre de taxons polliniques de plantes rudérales,
- nombre de taxons polliniques de plantes adventices,
- classes des sommes des taux de polliniques de taxons de landes (indices de 0 à 3).

2. paramètres abiotiques :

- pH inférieur,
- altitudes,
- distance au littoral,
- distance au réseau hydrographique principal,
- longitude du point de sondage,
- latitude du point de sondage,
- taux de matière organique moyen du canton,
- température annuelle actuelle,
- précipitation annuelle actuelle.

La corrélation entre ces différents paramètres a été réalisée grâce à une simple ACP sur ces différentes mesures (Fig. 381). Une analyse de co-inertie (ou une analyse canonique) mettant en relation d'une part les données archéobotaniques avec d'autre part les données abiotiques auraient aussi été possible mais pour un résultat sensiblement égal.

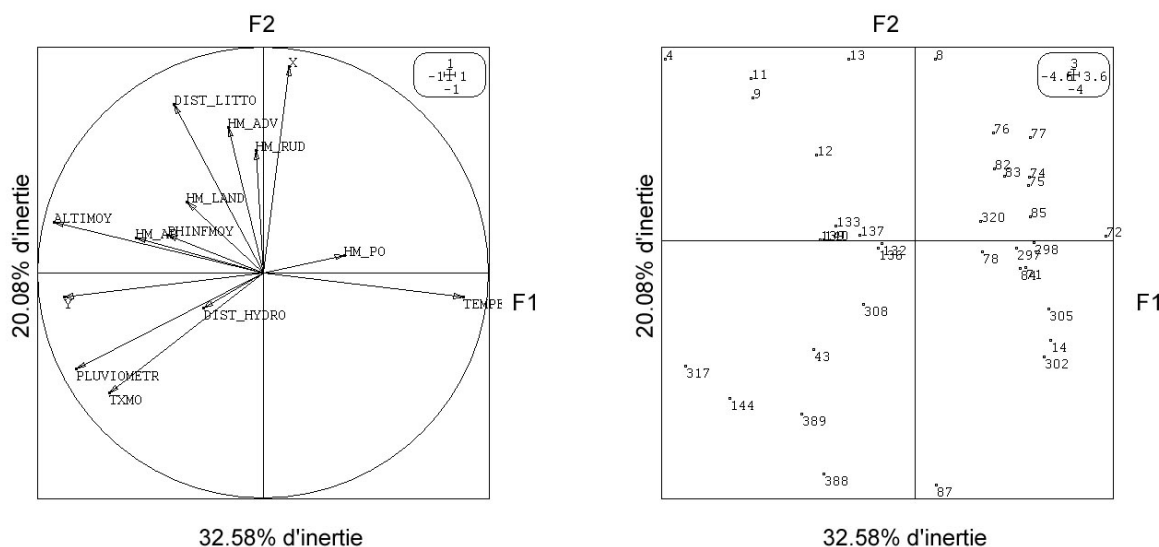


Fig. 381 ACP des paramètres abiotiques des études polliniques de zones humides recoupant le haut Moyen-Age (500 à 1000 cal. ap. JC). Un certain nombre d'études a été retiré de cette analyse à cause de l'absence de données concernant un ou plusieurs facteurs environnementaux. Les paramètres pris en compte sont les suivants : « Temperatur » : température moyenne annuelle actuelle au point d'étude ; « Phinf » : Ph inférieur des sols par canton ; « Txmo » : Taux de matière organique moyen par canton ; « Dist_litto » : distance du point d'étude par rapport au rivage actuel ; « Dist_hydro » : distance au réseau hydrographique principal ; « Altimoy » : altitude moyenne des environs du point de sondage ; « Pluviometr » : pluviométrie annuelle moyenne actuelle au point d'étude ; « X » : coordonnée longitudinale du point d'étude ; « Y » : coordonnée latitudinale du point d'étude ; « HM_AP » : taux de pollens d'arbres ; « HM_PO » : taux de pollens de Poacées ; « HM_Land » : classe de la somme des taux polliniques de taxons de landes ; « HM_RUD » : nombre de taxons polliniques de plantes rudérales ; « HM_ADV » : nombre de taxons polliniques de plantes adventices.

L'ACP permet de constater plusieurs corrélations entre paramètres abiotiques et paléobotaniques.

Tout d'abord, notons que l'axe F1 (près de 33% de l'inertie) est principalement expliqué par les valeurs de latitudes, d'altitudes et de températures. L'axe F2 traduit l'effet de la continentalité notamment grâce aux valeurs de longitude et de distance par rapport au rivage.

Les taux de pollens d'arbres (HM_AP) apparaissent avant tout dépendants de la latitude. On constate davantage de taux de pollens d'arbres dans les études situées en altitude et au nord. L'augmentation du pH des sols semble favoriser aussi ces flux polliniques d'arbres. En revanche, les AP sont plus faibles et les taux de pollens de Poacées plus importants dans les études situées au sud et exposées à des températures plus chaudes. Ces constations sont tout à fait cohérentes avec la carte d'interpolation des flux polliniques d'arbres (Fig. 376).

Les autres mesures archéobotaniques sont davantage corrélées à l'axe F2 et donc plus sensibles à l'effet de la continentalité. Ainsi, on observe que le nombre de taxons polliniques de plantes adventices (HM_ADV) et de plantes rudérales (HM_RUD) augmente plutôt avec les études éloignées du rivage et situées sur la partie orientale du Massif armoricain. L'intérieur des terres apparaît donc plus anthropisé pour cette période.

Enfin, les sommes des taux polliniques de taxons de landes (HM_LAND) augmentent quant à eux aussi avec l'éloignement par rapport au rivage, mais avec une relation un peu moins forte (longueur du vecteur courte).

- Etude des typologies de la mosaïque paléo-botanique via l'études des compositions archéobotaniques : Analyse de co-inertie

Même si le lien entre les compositions polliniques et les paramètres abiotiques paraît diminuer à cause de l'emprise humaine croissante sur les paysages, nous avons choisi de tenter d'appréhender les différents types de paysages perçus à travers l'information palynologique pour cette période. Pour cela une AFC a été réalisée sur l'ensemble des groupements de « terrains bien drainés » et taxons allochtones enregistrés dans les niveaux recoupant le haut Moyen-Age. Une analyse de co-inertie est ensuite envisagée pour positionner les ensembles archéobotaniques.

1. Analyse Factorielle des Correspondances de quelques attestations et groupements polliniques de « sols bien drainés » de la période du haut Moyen-Age

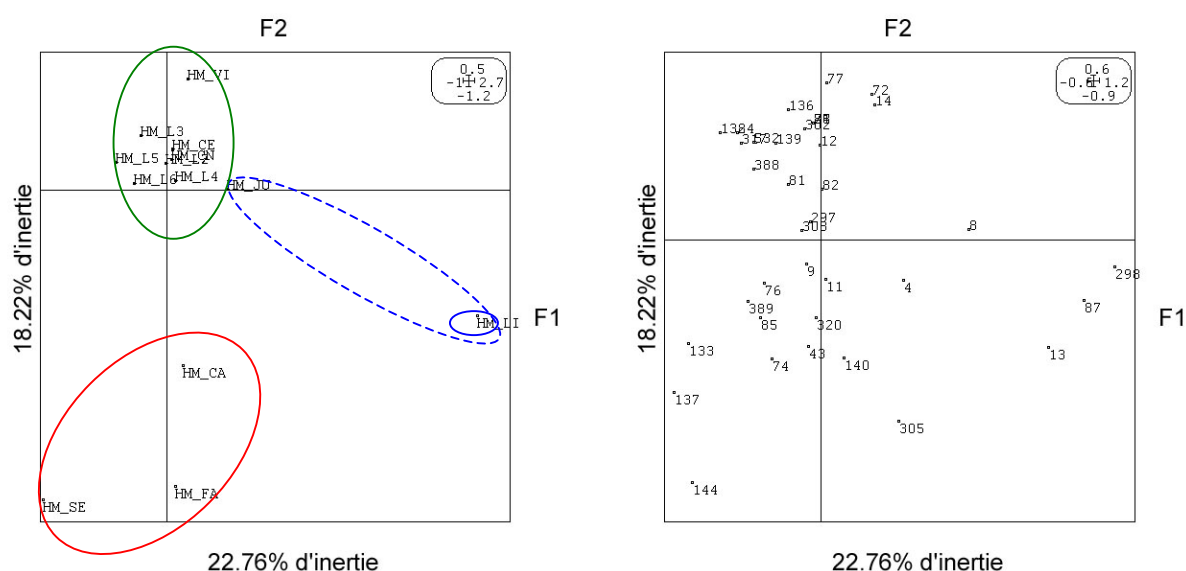


Fig. 382 AFC des groupements archéobotaniques polliniques de « sols bien drainés » de la période du haut Moyen-Age (500 à 1000 cal. ap. JC.). Le groupement de culture (HM_L1) a été remplacé par les occurrences polliniques de *Cerealia* type, de *Castanea*, de *Juglans*, de *Secale*, de *Linum*, de *Fagopyrum*, de *Vitis* et *Cannabis-Humulus*. (HM_CE : « occurrences polliniques de *Cerealia* type » ; HM_FA « occurrences polliniques de *Fagopyrum* » ; HM_SE « occurrences polliniques de *Secale* » ; HM_JU « occurrences polliniques de *Juglans* » ; HM_CA « occurrences polliniques de *Castanea* » ; HM_VI : « occurrences de *Vitis* » ; HM_CN : « occurrences de *Cannabis-Humulus* » ; HM_LI : « occurrences polliniques de *Linum* » ; HM_L2 : « groupements de friches » ; HM_L3 : « groupements de prairie hygro- à mésophiles » ; HM_L4 : « groupements de landes armoricaines et de pâturages secs » ; HM_L5 : « groupements de boisements rudéraux » ; HM_L6 : « groupements de forêts claires » ; HM_L7 : « groupements de communautés rudérales, chemins, zones d'habitats, lieux de pacages »). Le plan factoriel de droite représente la position des études dans le plan factoriel 1-2.

L'Analyse Factorielle des Correspondances permet de discerner trois ensembles : les études caractérisées par les occurrences des taxons polliniques de *Secale*, *Fagopyrum* et/ou *Castanea* (ensemble entouré en rouge).

Un autre ensemble comprend les études caractérisées par les occurrences de *Linum*. Ces études sont souvent associées à des pollens de *Juglans* (ensemble entouré en bleu).

Un dernier ensemble rassemble les études présentant les groupements de landes, de boisements de forêts claires, de boisements rudéraux, de prairies mésophiles, de communautés rudérales, les occurrences de *Cannabis-Humulus*, de *Vitis* et de *Cerealia* type. Ces groupements et occurrences archéobotaniques sont situées au centre du plan factoriel ce qui traduit l'omniprésence de ces attestations parmi l'ensemble des études (ensemble entouré en vert).

Les études palynologiques ont donc enregistré deux grands types de paléo-paysages caractéristiques, les paysages caractérisés par du châtaignier (*Castanea*), des cultures de seigle (*Secale*) et de sarrasin (*Fagopyrum*) et d'autre part des paysages caractérisés par des cultures de lin (*Linum*).

Afin d'expliquer ces ensembles par les contextes abiotiques, une Analyse des Composantes Principales sur quelques paramètres abiotiques des études polliniques a été suivie d'une Analyse de co-inertie.

2. Analyse des Composantes Principales des paramètres abiotiques des études polliniques de zones humides recoupant la période du haut Moyen-Age

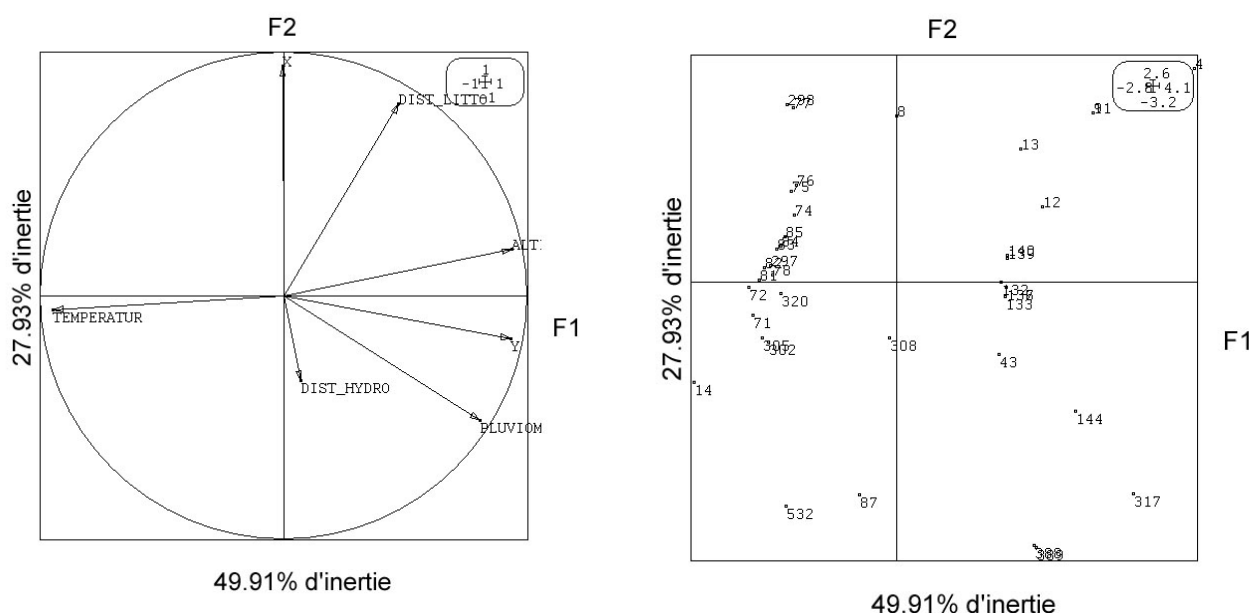


Fig. 383 ACP des paramètres abiotiques des études recoupant la période du haut Moyen-Age. Les paramètres pris en compte sont les suivants : « Temperatur » : température moyenne annuelle actuelle au point d'étude ; « Dist_litto » : distance du point d'étude par rapport au rivage actuel ; « Altimoy » : altitude moyenne des environs du point de sondage ; « Pluviometr » : pluviométrie annuelle moyenne actuelle au point d'étude ; « X » : coordonnée longitudinale du point d'étude ; « Y » : coordonnée latitudinale du point d'étude.

L'ACP permet de ranger les études principalement en fonction de la latitude (vecteur Y proche de l'axe F1) et longitudes (X) des études (axe F2).

3. Analyse de co-inertie à partir de l'AFC des attestations et groupements polliniques de « sols bien drainés » et de l'ACP des paramètres abiotiques des études recoupant la période du haut Moyen-Age

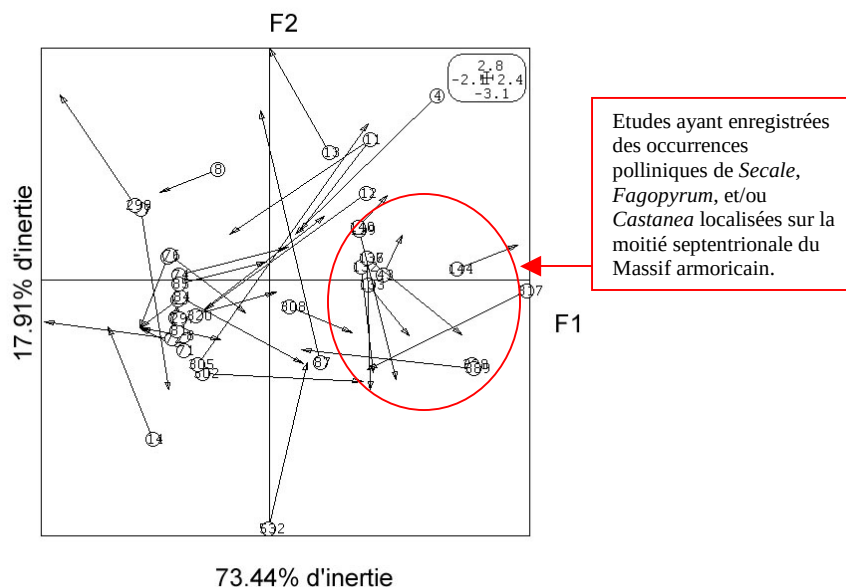


Fig. 384 Analyse de co-inertie à partir de l'AFC de quelques occurrences polliniques et de groupements de sols bien drainés et de l'ACP des paramètres abiotiques des études recoupant la période du haut Moyen-Age (500 à 1000 cal. ap. JC). Les études sont signalées par leur numéro d'enregistrement. Un test de Monte Carlo (1000 permutations aléatoires réalisées sur les valeurs des deux tables) a montré que la relation obtenue par l'analyse de co-inertie n'est pas due au hasard à 73,39%.

Les numéros des études permettent de retrouver les deux ensembles définis par l'AFC, et d'associer les axes du plan de co-inertie aux interprétations des axes de l'ACP. En effet, on constate que les études caractérisées par les occurrences de *Secale*, *Fagopyrum* et/ou *Castanea* (études n°144, 140, 137, 133, 389, 43) sont plutôt localisées sur le nord du Massif armoricain.

Les paysages caractérisés par les occurrences de *Linum* (ex. études n°13, 298, 8, 4) sont en règle générale sur la partie orientale du Massif et à distance du littoral (cf. ACP).

On note des croisements plus nombreux et des longueurs plus importantes des vecteurs ce qui traduit une correspondance moins nette entre la distribution spatiale des résultats archéobotaniques et la distribution spatiale des paramètres abiotiques. Cet effet est probablement lié à l'homme qui perturbe de plus en plus le « déterminisme » naturel.

B.5.8 Le Moyen-Age central : 1000 à 1300 cal. ap. J.-C.

- Inventaire

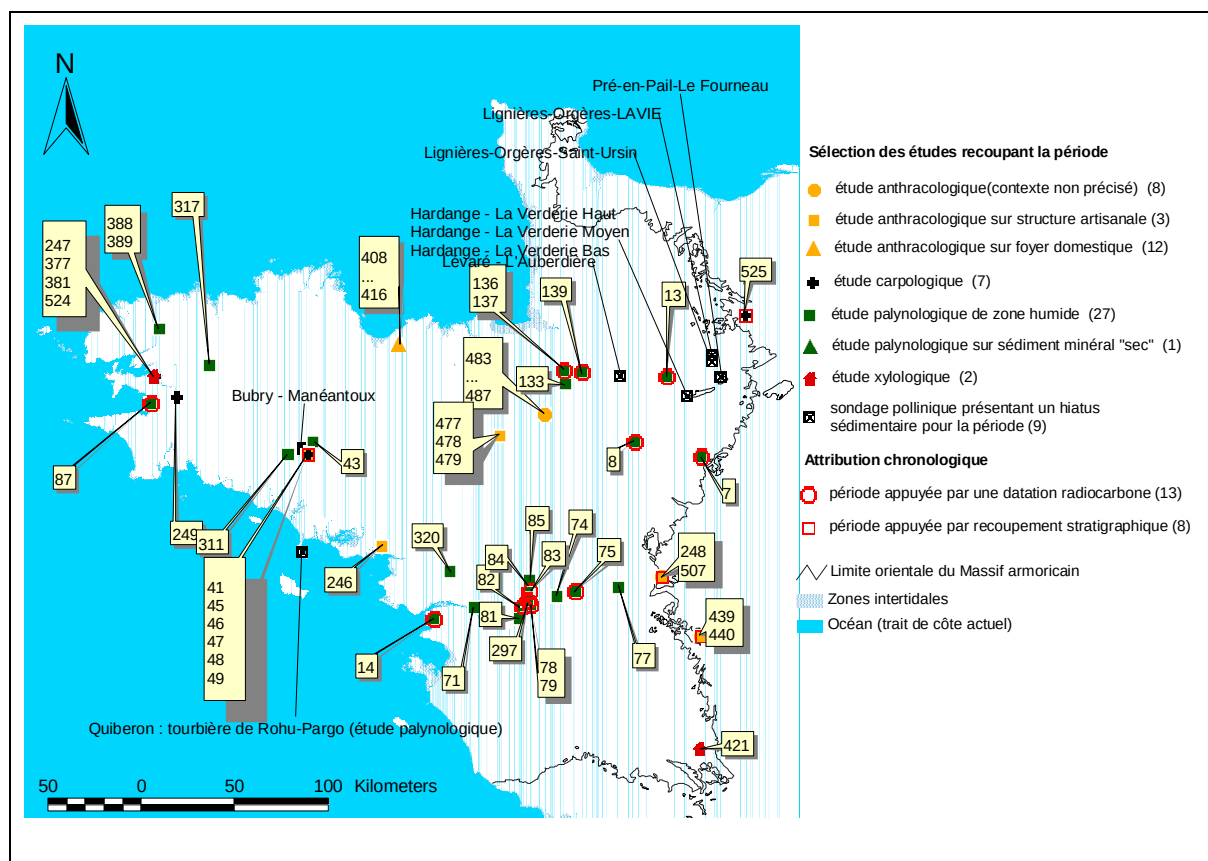


Fig. 385 Carte de répartition des études archéobotaniques recoupant la période allant de 1000 à 1300 cal. ap. J.C. (Moyen-Age central).

La période du Moyen-Age central est renseignée par 60 études archéobotaniques dont 28 études palynologiques. Ce sont majoritairement les études anthracologiques qui nous informent sur les paysages de cette période.

13 datations radiocarbone viennent par ailleurs appuyer le calage chronologique des informations polliniques.

- Taux de pollens d'arbres et de Poacées, interpolations

Les semi-variogrammes mis en œuvre pour l'interpolation des taux de pollens d'arbres montrent globalement une variance indépendante de la distance séparant les couples de points. En effet, les variances obtenues sont relativement faibles (0,6 en moyenne) et ce, quelles que soient les distances séparant les couples de points. Ceci décrit des flux polliniques d'arbres de valeurs sensiblement égales et répartis de manière homogène à la surface du Massif armoricain. Le semi-variogramme obtenu avec un « lag interval » de 11000 mètres présente un « RMS error » minimal (RMS error = 0,22) avec une courbe de régression de type exponentiel. Il est globalement bien représentatif de l'ensemble des semi-variogrammes calculés pour chaque « lag interval ».

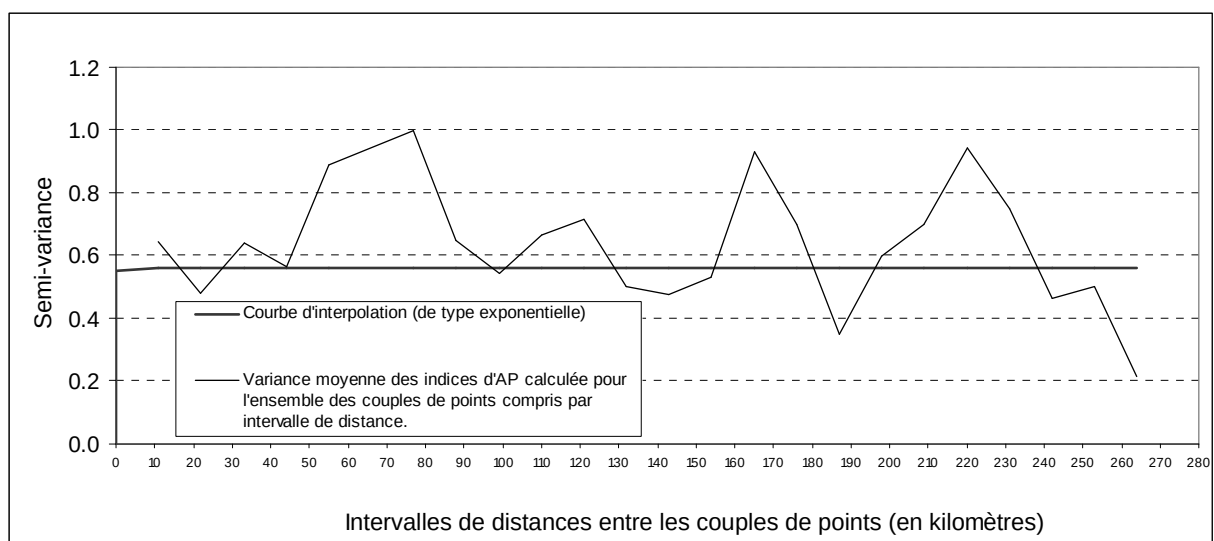


Fig. 386 Semi-variogramme et courbe d'interpolation des indices des taux de pollens d'arbres de l'ensemble des études polliniques de zones humides pour la période du Moyen-Age central (Lag interval = 11000 mètres avec une courbe d'interpolation de type exponentiel) et ayant permis la construction de la carte d'interpolation des taux de pollens d'arbres. (RMS error = 0,22).

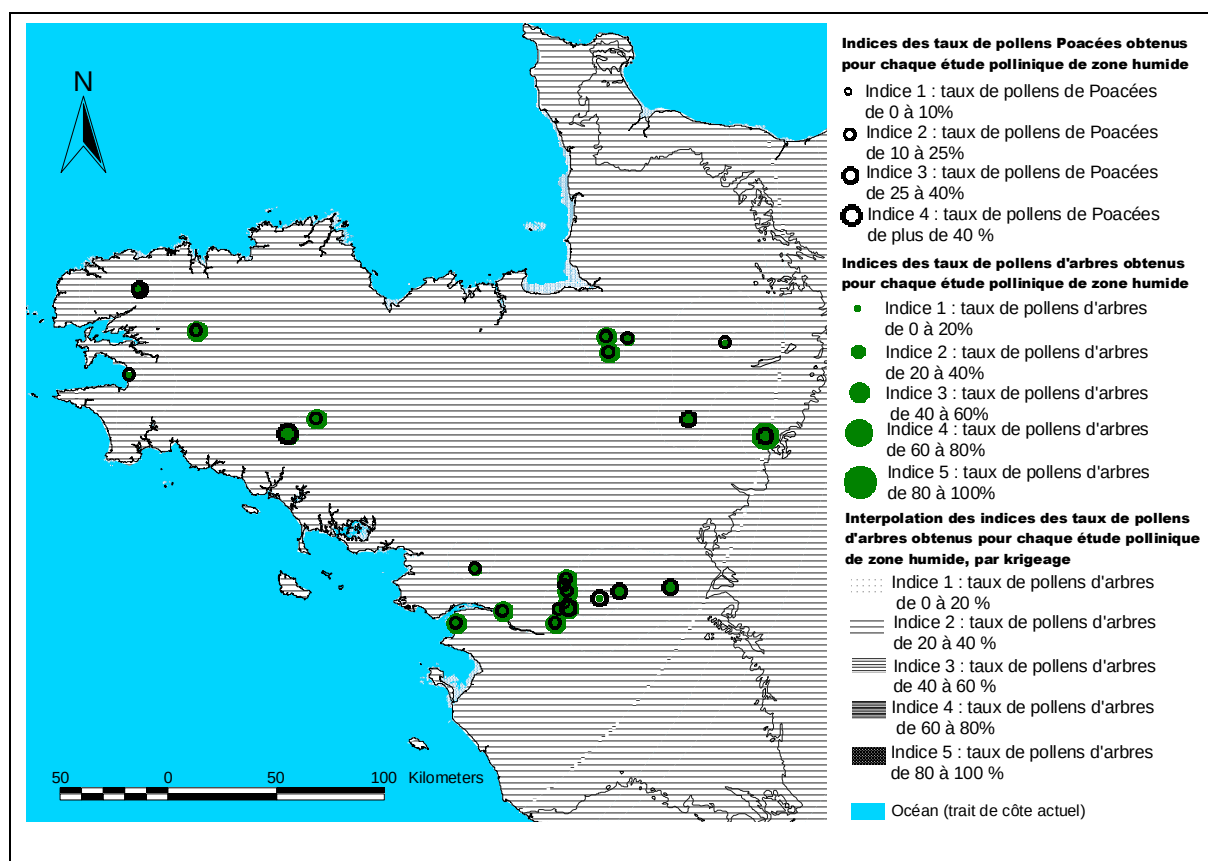


Fig. 387 Représentation et distribution géographique des taux de pollens de Poacées et d'arbres pour la période allant de 1000 à 1300 cal. ap. JC (Moyen-Age central). Le fond de carte est issu de l'interpolation des taux de pollens d'arbres à partir des études de zones humides et après exclusion des études présentant des datations en décalage (semi-variogramme avec un Lag interval = 11000 mètres et courbe d'interpolation de type exponentiel).

La légère baisse de la moyenne des indices des taux de pollens d'arbres entre le haut Moyen-Age et le Moyen-Age central correspond en fait aux défrichements des zones restées jusqu'alors les plus « boisées ». Ce sont donc des paysages ouverts qui couvrent la globalité du Massif.

Au regard des semi-variogrammes du haut Moyen-Age et du Moyen-Age central, cette « évolution » prend probablement plutôt la forme d'un « mitage » des zones boisées. En effet, au cours du Moyen-Age central, les variances d'AP ont augmenté sur les très faibles distances.

- Tentatives de corrélations entre la distribution des sites archéologiques, la distance par rapport à la mer et les taux de pollens d'arbres

Malgré l'aspect apparemment très ouvert et homogène du paysage, il existe une petite variance entre les taux des pollens d'arbres. Il est donc intéressant de tenter d'expliquer ce reliquat de variance une nouvelle fois au regard de la distance par rapport à la mer (Fig. 388 et Fig. 389) mais aussi par rapport à la distribution des sites archéologiques de la période (Fig. 390 et Fig. 391).

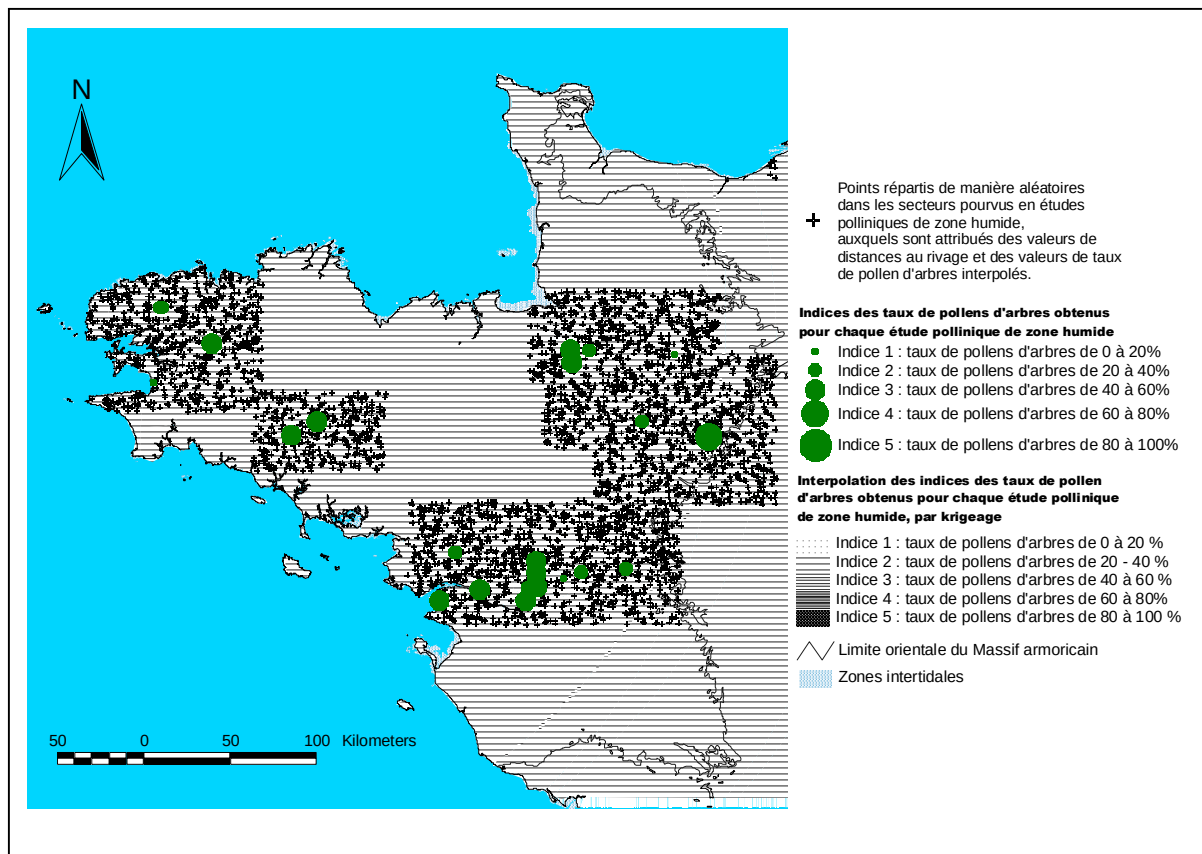


Fig. 388 Des valeurs de distances par rapport au rivage et des taux de pollens d'arbres interpolés ont été attribuées à 3474 points répartis de manière aléatoire autour des secteurs pourvus en études polliniques.

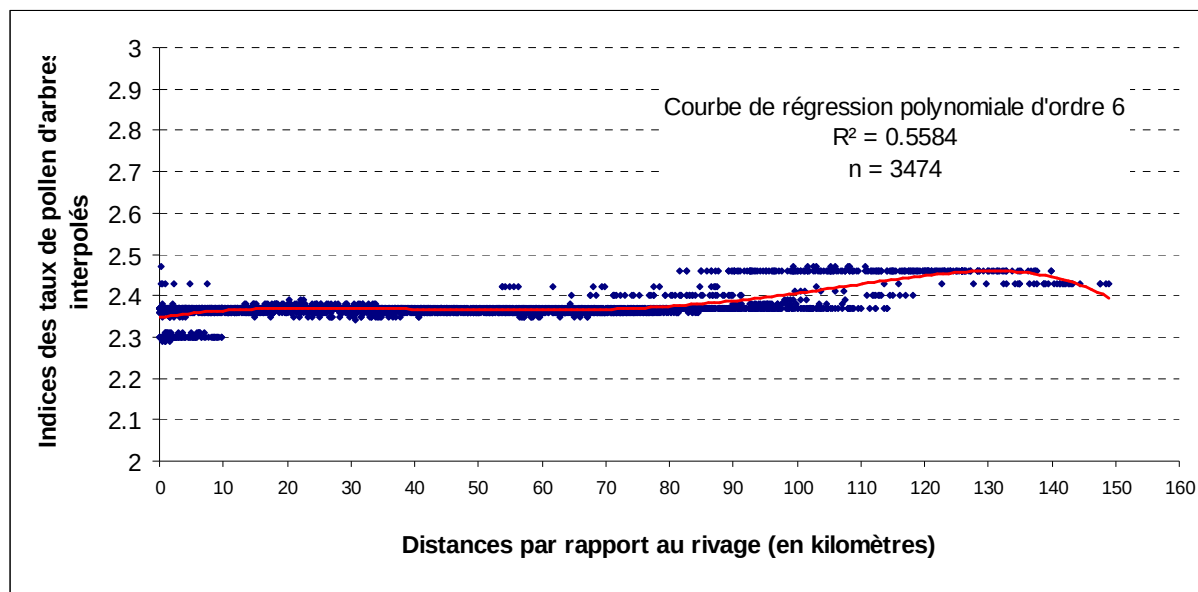


Fig. 389 Indices des taux de pollens d'arbres interpolés (interpolation avec un « lag interval » = 11000 mètres et courbe de régression de type exponentiel) en fonction de la distance au rivage pour les 3474 points répartis de manière aléatoire dans les secteurs pourvus en études polliniques.

Le coefficient de détermination apparaît bon ($R^2 = 0,56$), néanmoins la relation entre les indices des taux de pollens d'arbres et la distance par rapport au rivage présente une très faible amplitude (la différence entre la valeur maximale et minimale de la courbe de régression polynomiale n'excède pas 0,1). En fait, comme durant le haut Moyen-Age, l'effet de la continentalité apparaît complètement lissé, très probablement suite au défrichement général du Massif armoricain.

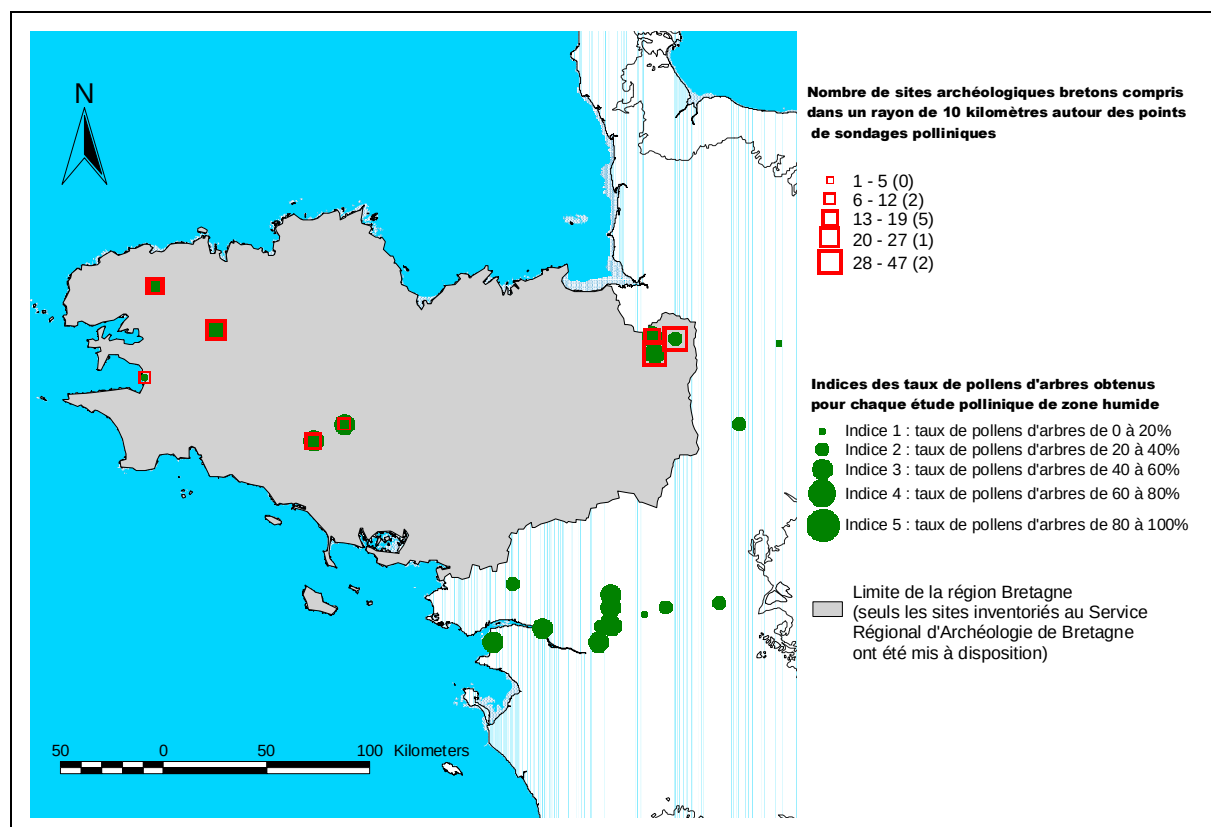


Fig. 390 Répartition des sondages polliniques de zones humides recoupant le Moyen-Age central (1000 à 1300 cal. ap. JC). L'indice du taux de pollens d'arbres et le nombre de sites archéologiques de la période « médiévale » (inventoriés comme tels à la carte archéologique du Service Régionale d'Archéologie de Bretagne) ont été attribués et indiqués pour chacun des 10 sondages polliniques de la région Bretagne.

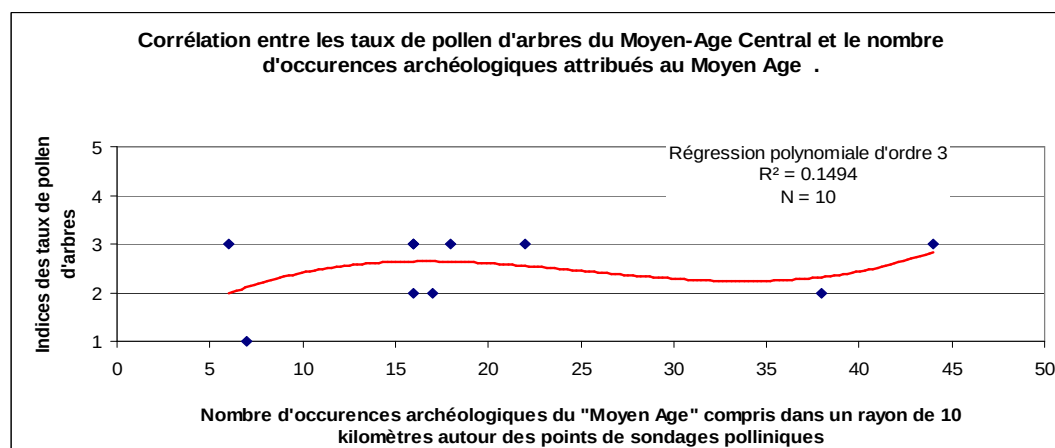


Fig. 391 Mise en relation du nombre de sites archéologiques attribué au Moyen-Age central avec les indices du taux de pollens d'arbres pour les 10 sondages polliniques de zones humides recoupant la période et localisés dans la région Bretagne

- Tentative d'explication de la répartition armoricaine de quelques données archéobotaniques quantitatives par les paramètres abiotiques : Analyse des Composantes Principales

Figure 1 consists of two ordination diagrams. The left diagram is a Correspondence Analysis (CA) plot showing the relationship between environmental variables (vectors) and species (points). The axes are labeled F1 (horizontal, 34.97% d'inertie) and F2 (vertical, 16.71% d'inertie). Environmental variables include DIST_LITTO, MC_RUD, ALTIMOY, MC_LAND, PHINFMOY, MC_AP, DIST_HYDRO, and TEMPERATUR. Species are represented by points labeled with numbers (e.g., 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100). A red circle highlights the species 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100. A blue circle highlights the species 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100. A red arrow points from the text box to the red circle. A blue arrow points from the text box to the blue circle. The right diagram is a Correspondence Analysis (CA) plot showing the relationship between species (points) and environmental variables (vectors). The axes are labeled F1 (horizontal, 34.97% d'inertie) and F2 (vertical, 6.71% d'inertie). Environmental variables include DIST_LITTO, MC_RUD, ALTIMOY, MC_LAND, PHINFMOY, MC_AP, DIST_HYDRO, and TEMPERATUR. Species are represented by points labeled with numbers (e.g., 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100). A red circle highlights the species 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100. A blue circle highlights the species 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100. A red arrow points from the text box to the red circle. A blue arrow points from the text box to the blue circle.

469

d'étude par rapport au rivage actuel ; « Dist_hydro » : distance au réseau hydrographique principal ; « Altimoy » : altitude moyenne des environs du point de sondage ; « Pluviometr » : pluviométrie annuelle moyenne actuelle au point d'étude ; « X » : coordonnée longitudinale du point d'étude ; « Y » : coordonnée latitudinale du point d'étude ; « MC_AP » : taux de pollens d'arbres ; « MC_PO » : taux de pollens de Poacées ; « MC_Land » : classe de la somme des taux polliniques de taxons de landes ; « MC_RUD » : nombre de taxons polliniques de plantes rudérales ; « MC_ADV » : nombre de taxons polliniques de plantes adventices.

L'analyse permet surtout de corrélérer les valeurs du nombre de taxons de plantes rudérales à la distance au littoral et les valeurs du nombre de taxons de plantes adventices à la longitude des études. En règle générale, le nombre de taxons polliniques de plantes rudérales et de plantes adventices, indices d'une emprise agricole croissante, augmentent avec la continentalité et notamment dans la partie méridionale du Massif armoricain (Fig. 392).

Les valeurs des taux de pollens d'arbres (MC_AP), de Poacées (MC_PO), de landes (MC_LAND) sont quant à elles beaucoup moins sensibles aux paramètres abiotiques (les longueurs des vecteurs de ces trois paramètres archéobotaniques sont courtes sur ce plan par rapport aux vecteurs symbolisant les valeurs abiotiques).

- Etude des typologies de mosaïque paléo-botaniques via l'étude des compositions archéobotaniques : Analyse de co-inertie

Afin d'obtenir une typologie des compositions paysagères du Moyen-Age central, une Analyse Factorielle des Correspondances a été réalisée sur la base de l'ensemble des occurrences de taxons allochtones (excepté le lin, enregistré une seule fois) et des occurrences de groupements de « terrains bien drainés » enregistrés dans les études polliniques de zones humides recoupant la période.

Cette étude a ensuite été couplée à une Analyse en Composante Principale effectuée sur les paramètres abiotiques des points de sondages polliniques, afin ensuite d'expliquer les ensembles archéobotaniques par les paramètres abiotiques.

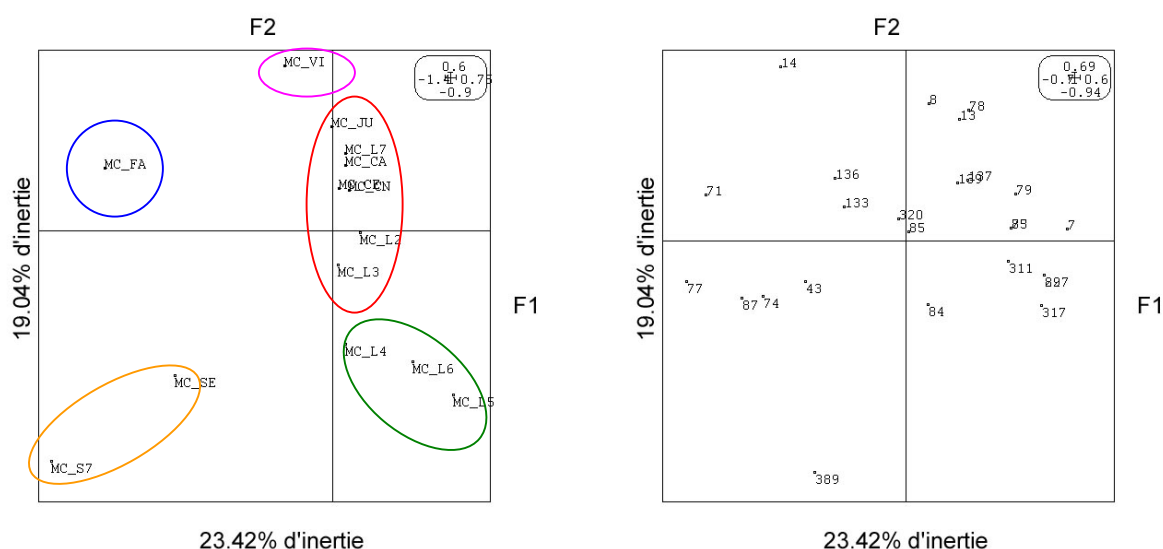


Fig. 393 AFC des groupements archéobotaniques polliniques de « sols bien drainés » de la période du Moyen-Age central (1000 à 1300 cal. ap. JC.). Le groupement de culture (MC_L1) a été remplacé par les occurrences polliniques de *Cerealia type*, de *Castanea*, de *Juglans*, de *Secale*, de *Fagopyrum*, de *Vitis* et *Cannabis-Humulus*. (MC_CE : « occurrences polliniques de *Cerealia type* » ; MC_FA « occurrences polliniques de *Fagopyrum* » ; MC_SE « occurrences polliniques de *Secale* » ; MC_JU « occurrences polliniques de *Juglans* » ; MC_CA « occurrences polliniques de *Castanea* » ; MC_VI : « occurrences de *Vitis* » ; MC_CN : « occurrences de

Cannabis-Humulus » ; MC_L1 : « occurrences polliniques de *Linum* » ; MC_L2 : « groupements de friches » ; MC_L3 : « groupements de prairie hygro- à mésophiles » ; MC_L4 : « groupements de landes armoricaines et de pâturages secs » ; MC_L5 : « groupements de boisements rudéraux » ; MC_L6 : « groupements de forêts claires » ; MC_L7 : « groupements de communautés rudérales, chemins, zones d'habitats, lieux de pacages ». Le plan factoriel de droite représente la position des études dans le plan factoriel 1-2.

L'Analyse Factorielle des Correspondances permet de discerner cinq ensembles : les études caractérisées par les occurrences des taxons polliniques de *Secale* et de groupements de côtes sableuses (ensemble entouré en rouge).

Un autre ensemble comprend les études caractérisées par les occurrences de groupement boisés (MC_L5 et MC_L6) et de landes (MC_L4) (ensemble entouré en vert).

Les études ayant enregistré les groupements de friches (MC_L2), de prairies mésophiles (MC_L3), de communautés rudérales (MC_L7) ont aussi souvent enregistrés des attestations polliniques de *Cannabis-Humulus*, de *Cerealia* type, de *Castanea*, de *Juglans*. Cet ensemble (entouré en rouge), rencontré dans la plupart des études (car positionné au centre du plan factoriel) décrit incontestablement des paysages agricoles et aménagés.

Enfin, on peut observer deux occurrences isolées : les occurrences polliniques de *Fagopyrum* (MC_FA) et de *Vitis* (MC_VI). Cela signifie qu'elles ne sont pas associées de manière préférentielle à tels ou tels autres groupements ou attestations polliniques.

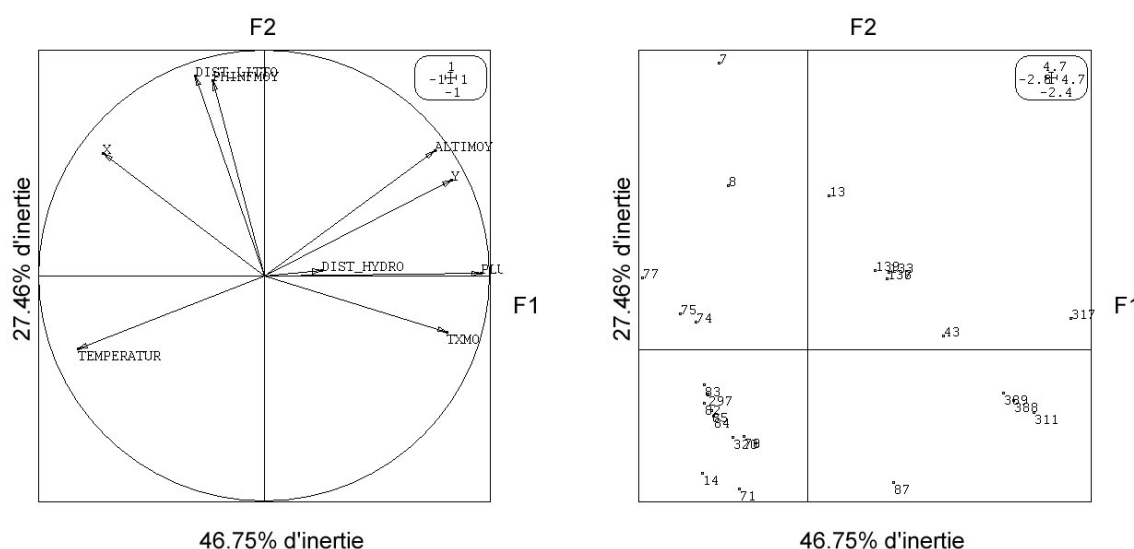


Fig. 394 ACP des paramètres abiotiques des études recoupant la période du Moyen-Age central. Les paramètres pris en compte sont les suivants : « Temperatur » : température moyenne annuelle actuelle au point d'étude ; « Dist_litto » : distance du point d'étude par rapport au rivage actuel ; « Dist_hydro » : distance du point de sondage par rapport au réseau hydrographique principal ; « pH inf » : pH inférieur moyen calculé par canton ; « TXMO » : Taux de matière organique moyen calculé par canton ; « Altimoy » : altitude moyenne des environs du point de sondage ; « Pluviometr » : pluviométrie annuelle moyenne actuelle au point d'étude ; « X » : coordonnée longitudinale du point d'étude ; « Y » : coordonnée latitudinale du point d'étude.

L'axe principale de l'ACP (46,75% de l'inertie totale) permet de ranger les études principalement en fonction des valeurs de précipitations (Pluviometr), de la latitude (Y) et du taux de matière organique moyen (TXMO). C'est principalement un gradient latitudinale qui est mis en évidence.

L'axe F2 exprime quant à lui l'effet de continentalité avec les valeurs de distances au littoral (DIST_LITTO) et de longitudes (X) des points d'études.

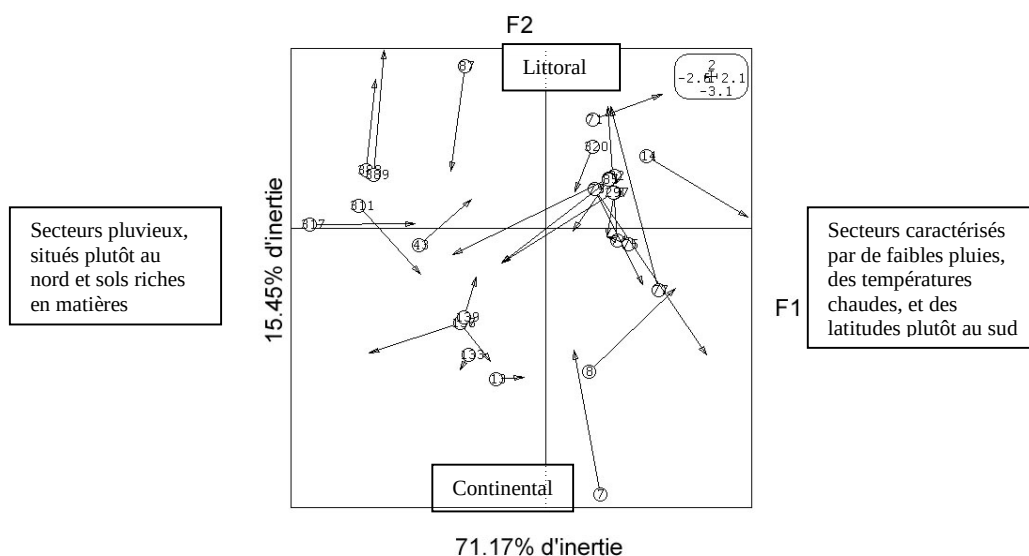


Fig. 395 Analyse de co-inertie à partir de l'AFC de quelques occurrences polliniques et de groupements de sols bien drainés et de l'ACP des paramètres abiotiques des études recoupant la période du Moyen-Age central (1000 à 1300 cal. ap. JC). Les études sont signalées par leur numéro d'enregistrement. Un test de Monte Carlo (10000 permutations aléatoires réalisées sur les valeurs des deux tables) a montré que la relation obtenue par l'analyse de co-inertie n'est pas due au hasard à 68,91%.

Les numéros d'enregistrement des études permettent de retrouver les ensembles définis par l'AFC et les caractères abiotiques interprétés de l'ACP (cf. plan de co-inertie).

Les études caractérisées par l'enregistrement des groupements de landes (MC_L4), de boisements (MC_L5 et MC_L6) sont plutôt localisées dans des secteurs avec des pluies abondantes, des forts taux de matière organique et sur la moitié nord du Massif (ex. études n°317, 311). Notons que les études n°297, 82 qui sont aussi caractérisées par ces trois groupements ne respectent pas cette localisation (longues flèches croisant les axes du plan de co-inertie). Il n'est donc pas possible d'être catégorique quant à la localisation de ces trois groupements archéobotaniques.

Les études caractérisées par les occurrences de seigle (MC_SE) et par le groupement (MC_S7) (ex. études n° 389, 87) sont proches du littoral au regard du plan de co-inertie (flèches courtes sans croisement des axes). Néanmoins, les études 74 et 77 situées plus à l'intérieur des terres empêchent de tirer des conclusions concernant ces occurrences archéobotaniques.

Les occurrences de *Vitis* (MC_VI) sont quant à elles enregistrées dans des études positionnées dans les secteurs présentant des températures chaudes et donc plutôt sur la partie sud du Massif (ex. études 8, 14)

L'étude n°71 est la plus « caractérisée » par l'enregistrement du sarrasin (MC_FA). Elle est à proximité du littoral et possède une forte co-inertie (flèche courte). Néanmoins les études n°77, 74 et 43 qui ont aussi enregistré des attestations polliniques de cette Polygonacée ne sont pas des études particulièrement proches du littoral. Là encore il est impossible de conclure quant à la répartition des enregistrements de *Fagopyrum*.

Enfin en ce qui concerne l'ensemble des études caractérisées par les occurrences de noyer, châtaignier, chanvre-houblon, céréales, groupements de communautés rudérales, de friches, de prairies mésophiles, la position centrale de l'AFC et désormais la forte co-inertie d'un certain nombre d'études de cet ensemble (ex. études n°8, 13, 85, 133, 136, 139, 320)

indique l'omniprésence de ces enregistrements archéobotaniques dans tous les contextes abiotiques du Massif armoricain.

Remarque : Les difficultés d'interprétations qui ressortent de ces résultats sont liées essentiellement à deux faits. Tout d'abord, les faibles effectifs en niveaux polliniques de zones humides chronologiquement calés au Moyen-Age central (27 études au total seulement) sont insuffisants pour pouvoir tirer des conclusions solides (ex. l'ensemble caractérisé par le sarrasin n'est appuyé que par une seule étude).

D'autre part, au cours du Moyen-Age l'intervention humaine est croissante sur les compositions paysagères et coupe de plus en plus le lien qui existait entre la distribution des données (archéo-)botaniques et les paramètres naturels. En effet, avec le développement des moyens de transports et des techniques agricoles, il est normal de constater des cultures de céréales ou des plantations de châtaigniers un peu partout sur le Massif armoricain. Désormais, c'est un travail à des échelles plus grandes (ex. à l'échelle de bassin-versants) qui pourrait se révéler pertinent. Le recueil plus détaillé des paramètres abiotiques et la réalisation de nombreuses études polliniques seraient nécessaires pour avancer des hypothèses quant à la distribution spatiale de ces taxons à de telles échelles.

B.5.9 Le bas Moyen-Age : 1300 à 1500 cal. ap. J.-C.

- Inventaire

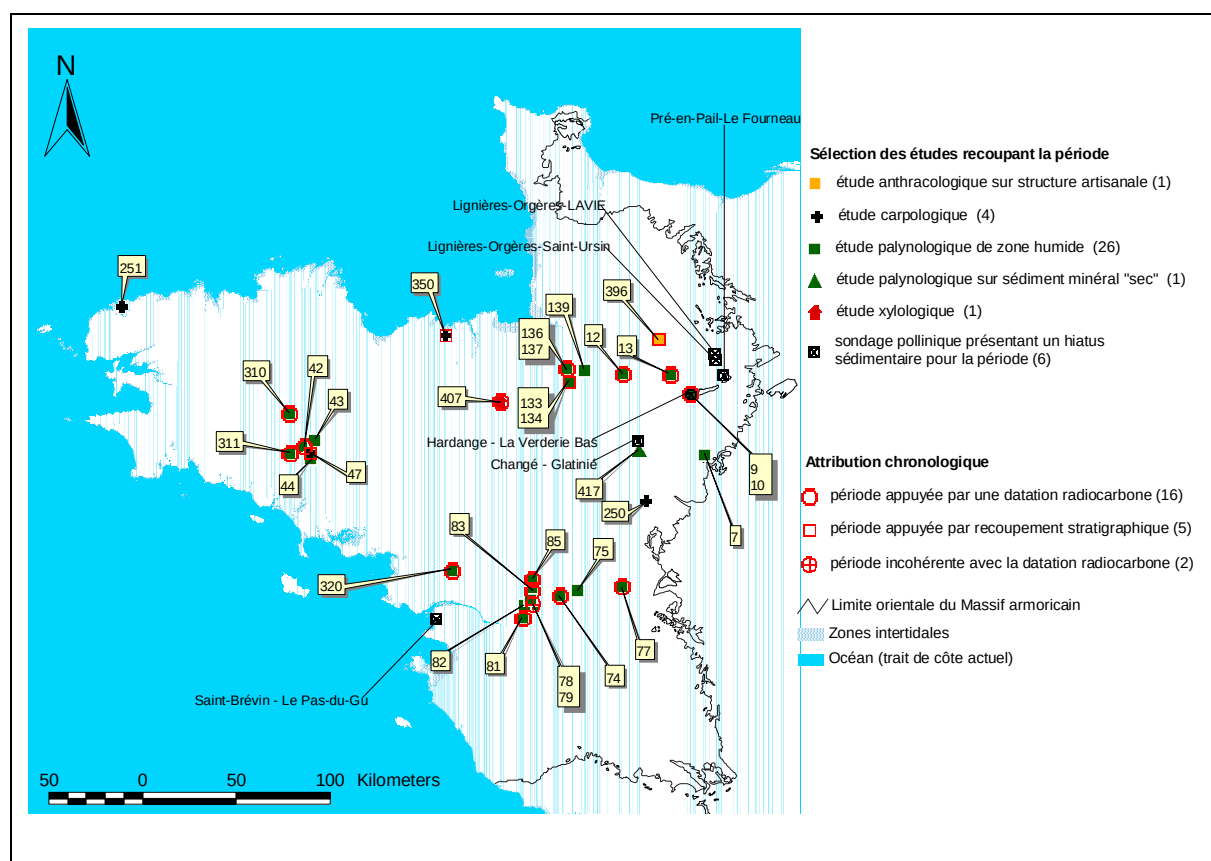


Fig. 396 Carte de répartition des études archéobotaniques recoupant la période allant de 1300 à 1500 cal. ap. JC. (bas Moyen-Age).

La mosaïque végétale du bas Moyen-Age est renseignée par 33 résultats archéobotaniques dont 27 études polliniques et 4 résultats carpologiques. Rappelons que seuls les résultats archéobotaniques directement datés (ex. datation radiocarbone sur le lot anthracologique) ou dont les niveaux juxtaposés sont datés (ex. chronozones polliniques supérieurs ou sous-jacents) sont enregistrés dans la table de données à chronologie culturelle de ce mémoire. Or, le nombre de datations radiocarbone réalisées diminuant globalement au fur et à mesure que l'on se rapproche de l'actuel (Fig. 112), il est logique de trouver de moins en moins de résultats enregistrés (Fig. 111).

L'effectif de 26 études polliniques de zones humides (dont 2 études présentant des datations radiocarbone incohérentes) ne peut constituer un corpus suffisant pour être traité en analyses multivariées et notamment en co-inertie.

- Taux de pollens d'arbres et de Poacées, interpolations

Une majorité de semi-variogrammes permet de mettre en évidence une augmentation des variances des taux de pollens d'arbres au fur et à mesure que les couples de points de sondages polliniques s'éloignent. Un variogramme construit sur la base d'un intervalle de 8 kilomètres est représentatif des résultats obtenus avec d'autres intervalles.

Une courbe de régression de type « sphérique » permet d'obtenir un RMS error minimal (0,29).

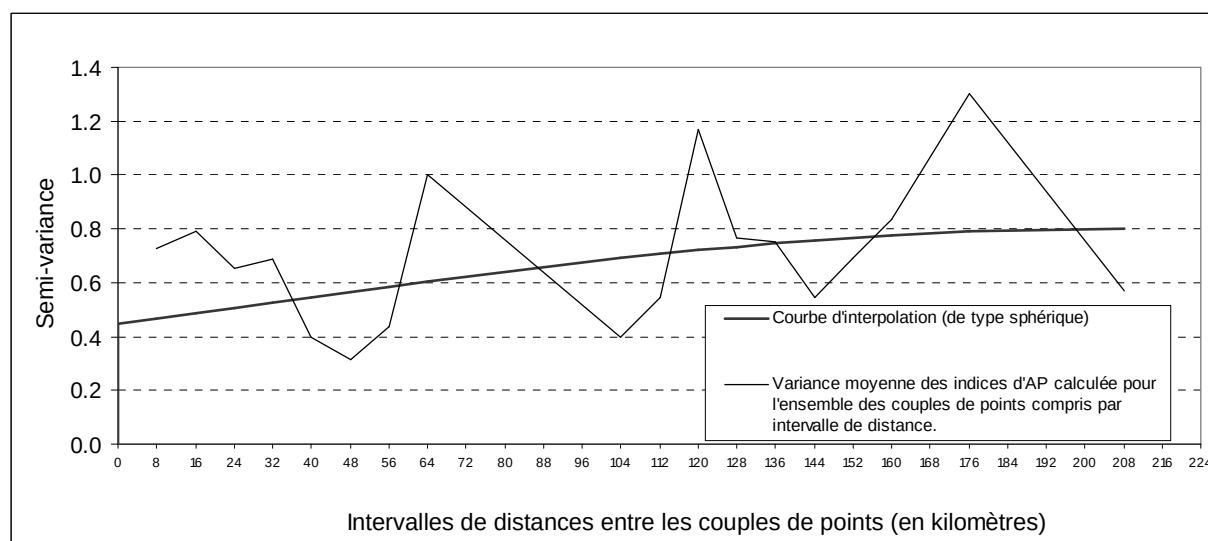


Fig. 397 Semi-variogramme et courbe d'interpolation des indices des taux de pollens d'arbres de l'ensemble des études polliniques de zones humides pour la période du bas Moyen-Age (Lag interval = 8000 mètres avec une courbe d'interpolation de type sphérique) et ayant permis la construction de la carte d'interpolation des taux de pollens d'arbres. (RMS error = 0,29). (Portée = 150 kilomètres environ).

Le semi-variogramme et la courbe de régression montrent une relation entre les variances et la distance des couples de points sur environ 150 kilomètres. Contrairement à la période précédente, on constate l'existence d'une répartition des flux polliniques variant sur des espaces de l'ordre de 150 kilomètres.

En ce qui concerne les variances obtenues pour les couples de points de courtes distances (c'est à dire la moyenne des variances obtenues pour l'ensemble des couples de sondages de distance comprise dans les « lag interval » les plus courts), il n'apparaît pas de grandes différences avec les deux autres périodes du Moyen-Age. Les variances sont de l'ordre de 0,5 à 0,8 et traduisent des mosaïques paysagères relativement peu contrastées. C'est

à dire qu'il y a en moyenne moins de 20% de taux polliniques d'arbres de différence, entre les sondages polliniques proches. Ces paysages sont cependant plus contrastés que durant l'époque gallo-romaine (variance = 0,5) mais moins que durant l'Age du Bronze (variance de l'ordre de 0,8 à 1,2) et surtout l'Age du Fer (variance entre les indices d'AP de 1,2 à 2).

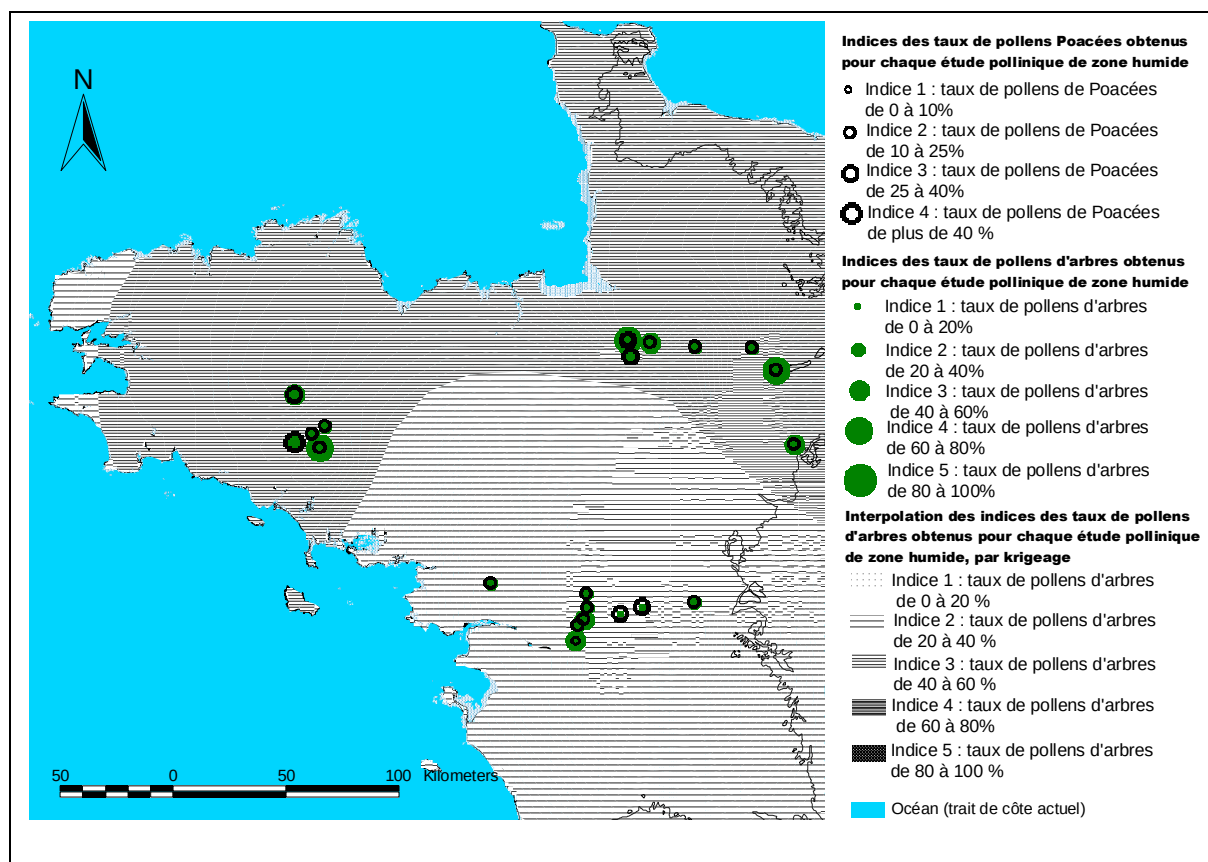


Fig. 398 Représentation et distribution géographique des taux de pollens de Poacées et d'arbres pour la période allant de 1300 à 1500 cal. ap. JC (bas Moyen-Age). Le fond de carte est issu de l'interpolation des taux de pollens d'arbres à partir des études de zones humides et après exclusion des études présentant des datations en décalage (semi-variogramme avec un Lag interval = 8000 mètres et courbe d'interpolation de type sphérique).

La période du bas Moyen-Age est marquée par le « reboisement » de secteurs entiers tels que l'intérieur de la Bretagne, de la Mayenne et du nord de l'Ille et Vilaine (Fig. 114). La répartition contrastée entre les flux polliniques d'arbres de ces différents secteurs explique les variances un peu plus élevées pour les couples de sondages de longues distances (à partir de 150 kilomètres). En effet, au bas Moyen-Age, les variances obtenues pour les longues distances sont de l'ordre de 0,8 alors qu'elles sont de l'ordre de 0,6 au cours des deux périodes précédentes.

- Tentatives de corrélations entre la distribution des sites archéologiques, la distance par rapport à la mer et les taux de pollens d'arbres

Comme pour l'ensemble des périodes précédentes, une mise en relation entre les indices de taux de pollens d'arbres interpolés et la distance au rivage a été tentée afin d'appréhender l'effet de la continentalité sur la distribution des AP. Pour cela, 3495 points ont été répartis de manière aléatoire dans les secteurs présentant des études polliniques de zones humides (Fig. 399). Pour chacun de ces points une valeur de distance au rivage et une valeur

du taux de pollens d'arbres interpolés ont été attribuées et ont permis d'obtenir le graphique de la Fig. 400.

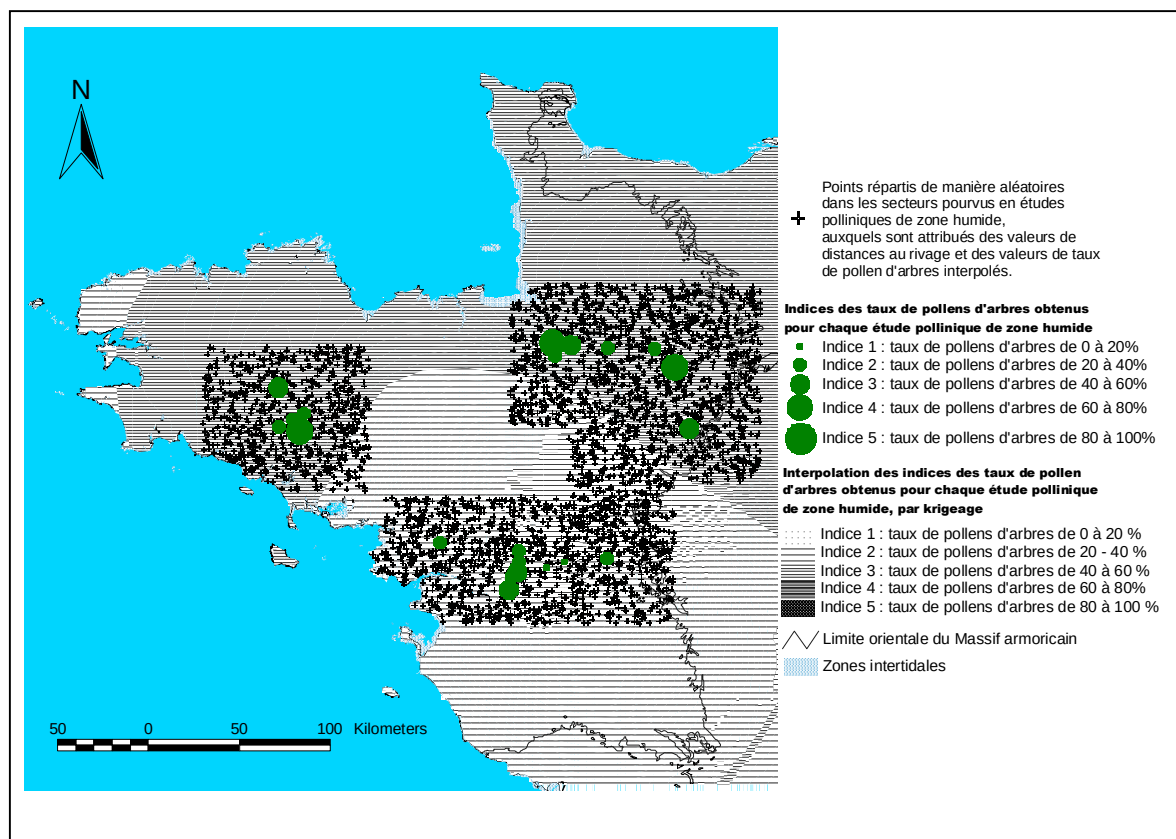


Fig. 399 Des valeurs de distances par rapport au rivage et des taux de pollens d'arbres interpolés ont été attribuées à 3495 points répartis de manière aléatoire à la surface des secteurs pourvus en études polliniques.

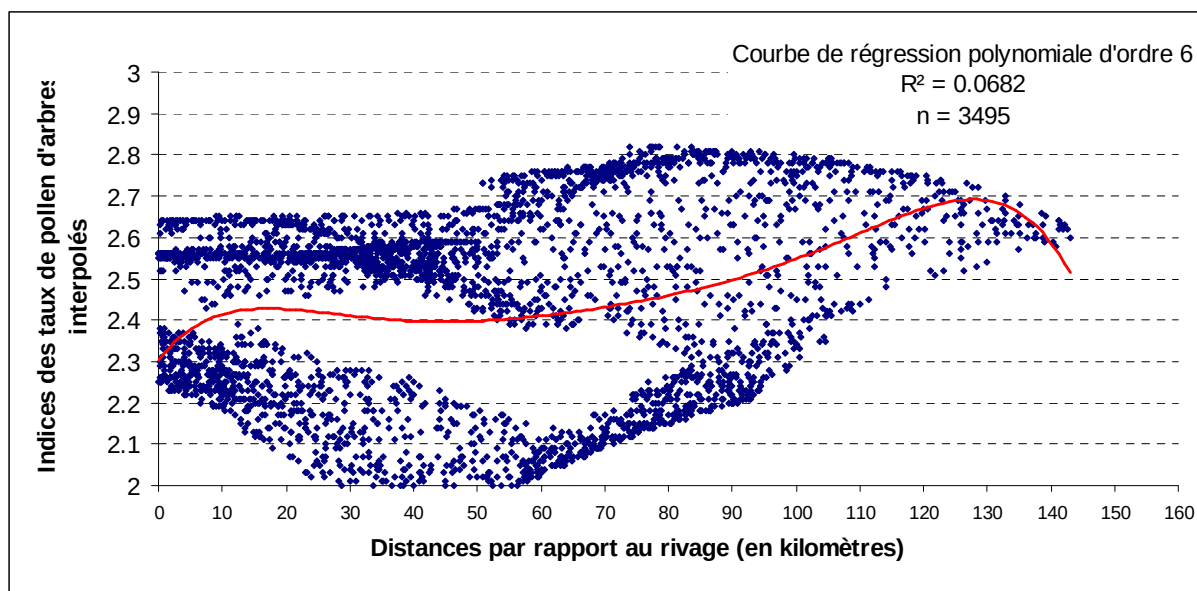


Fig. 400 Indices des taux de pollens d'arbres interpolés (interpolation avec un « lag interval » = 8000 mètres et courbe de régression de type exponentiel) en fonction de la distance au rivage pour les 3495 points répartis de manière aléatoire dans les secteurs pourvus en études polliniques.

Le graphique montre plusieurs tendances ce qui explique la très faible valeur du coefficient de détermination ($R^2 = 0,0682$). Au final, la courbe de régression polynomiale indique tout de même une très légère relation entre la distance au littoral et les flux polliniques d'arbres (la différence entre la valeur maximale et minimale de la courbe n'est que de 0,4). Les indices des taux de pollens d'arbres interpolés apparaissent plus élevés à l'intérieur des terres que sur les côtes, or c'est un phénomène qui avait disparu au cours des deux premières périodes du Moyen-Age.

Une nouvelle fois, plusieurs hypothèses peuvent être évoquées pour expliquer le phénomène. Tout d'abord, les contraintes maritimes ont pu exercer des pressions suffisantes pour empêcher le développement de boisements littoraux. Par ailleurs les surfaces maritimes étant bien évidemment vides d'arbres, contrairement aux sondages continentaux, les sondages côtiers ne peuvent potentiellement pas bénéficier d'un apport de pollens d'arbres de provenances « régionales » et notamment de l'ouest. Enfin, il faut intégrer les pressions anthropiques souvent plus concentrées et plus fortes sur les marges littorales. Pour prendre en compte ce dernier paramètre, nous avons cherché à corrélérer les indices des taux de pollens d'arbres et le nombre de vestiges archéologiques correspondant à cette période compris dans un rayon de dix kilomètres autour de chaque sondage pollinique de zone humide (Fig. 401 et Fig. 402).

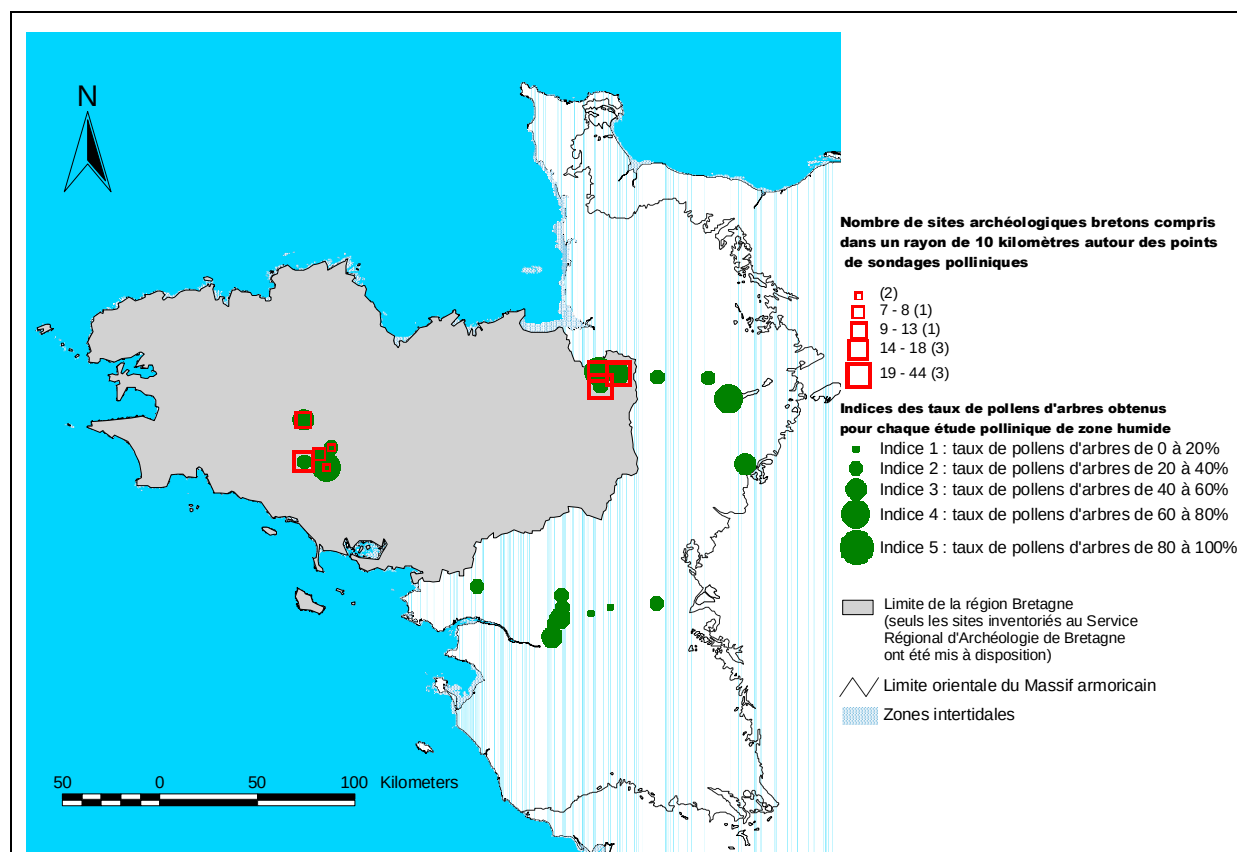


Fig. 401 Répartition des sondages polliniques de zones humides recoupant le bas Moyen-Age (1300 à 1500 cal. ap. JC). L'indice du taux de pollens d'arbres et le nombre de sites archéologiques de la période « médiévale » (inventoriés comme tels à la carte archéologique du Service Régionale d'Archéologie de Bretagne) ont été attribués et indiqués pour chacun des 10 sondages polliniques de la région Bretagne.

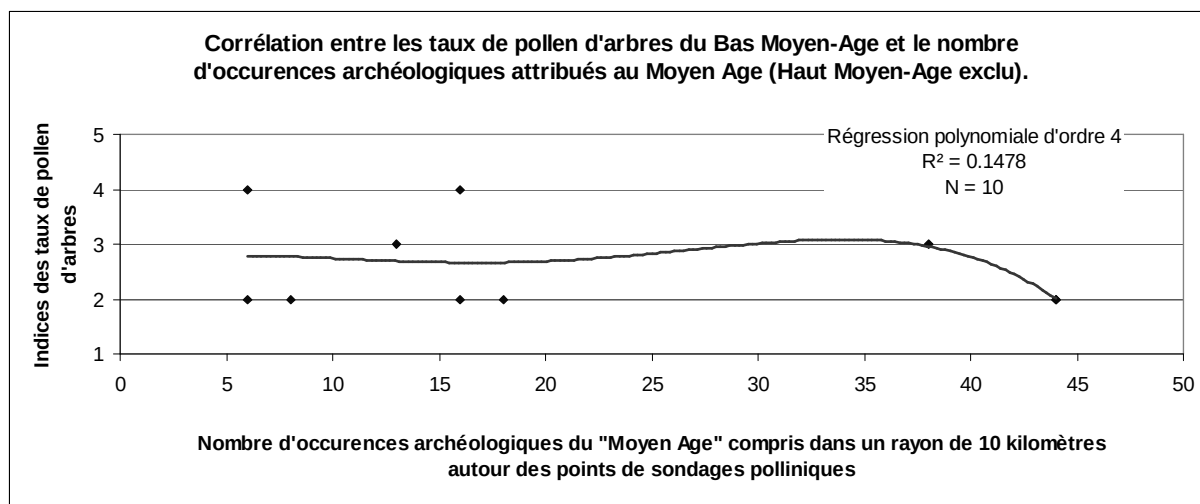


Fig. 402 Mise en relation du nombre de sites archéologiques attribué au bas Moyen-Age avec les indices du taux de pollens d'arbres pour les 10 sondages polliniques de zones humides recoupant la période et localisés dans la région Bretagne.

Il n'apparaît pas de forte relation de proportionnalité entre les indices des taux d'AP et le nombre de sites archéologiques. A nouveau on peut évoquer le faible effectif en études polliniques de zones humides et la non exhaustivité des données de la carte archéologique puisque l'ensemble des vestiges de la période n'est pas enregistré (ex. les découvertes par prospection ne sont pas systématiquement inventoriées) ou sont mal datés (ex. manque de détail dans l'attribution chronologique des vestiges).

- Tentative d'explication de la répartition armoricaine de quelques données archéobotaniques quantitatives par les paramètres abiotiques : Analyse des Composantes Principales

Afin de confronter les indices polliniques quantitatifs (richesses taxonomiques des pollens de plantes rudérales (BM_RUD) et adventices (BM_ADV), des taux de pollens d'arbres (BM_AP), des taux polliniques de taxons de landes (BM_LAND)), aux paramètres archéologiques (Site-10Km) et abiotiques (ALTIMOY, DIST_LITTO) enregistrés aux niveaux des 10 études polliniques de zones humides de la région Bretagne, une ACP a été tentée.

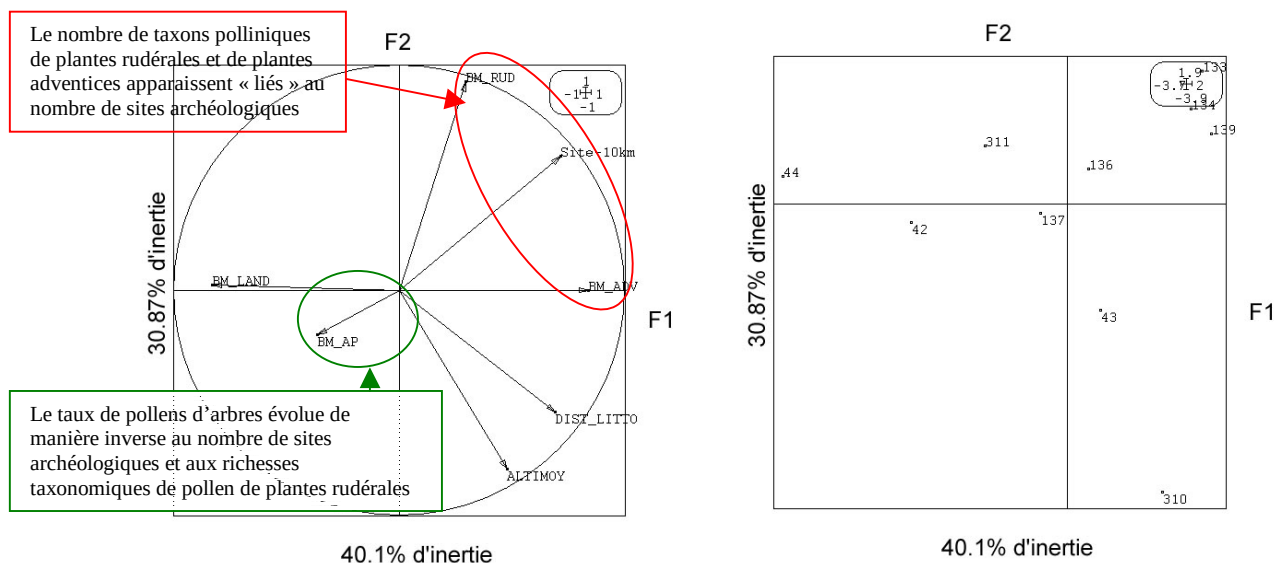


Fig. 403 ACP des paramètres abiotiques des études polliniques de zones humides recoupant le bas Moyen-Age (1300 à 1500 cal. ap. JC) et appartenant à la région Bretagne. « Dist_litto » : distance du point d'étude par rapport au rivage actuel ; « Altimo » : altitude moyenne des environs du point de sondage ; « BM_AP » : taux de pollens d'arbres ; « BM_Land » : classe de la somme des taux polliniques de taxons de landes ; « BM_RUD » : nombre de taxons polliniques de plantes rudérales ; « BM_ADV » : nombre de taxons polliniques de plantes adventices ; « Site-10km » : nombre de vestiges archéologiques attribués à la période médiévale (exceptés les sites du haut Moyen-Age), inventoriés dans la base archéologique du Service Archéologique Régional de Bretagne et compris dans un rayon de 10 kilomètres autour des études polliniques.

L'analyse montre que le nombre de taxons polliniques de plantes rudérales (BM_RUD) et de plantes adventices (BM_ADV) sont assez bien corrélés avec le nombre de sites archéologiques (Site-10km). Au regard des 10 études, il semble donc exister une relation entre les concentrations des occupations humaines et l'identification de taxons polliniques de plantes rudérales et adventices. D'autre part, on observe logiquement que le vecteur représentant les indices des taux de pollens d'arbres (BM_AP) est opposé à la direction des trois vecteurs « d'anthropisation des paysages » (BM_ADV, BM_RUD, Site-10km). L'augmentation des taux de pollens d'arbres dans certains secteurs semble donc expliquée par l'absence d'occupations humaines.

En revanche, le vecteur représentant l'éloignement au rivage (DIST_LITTO) ne paraît pas avoir d'influence sur le taux de pollens d'arbres (BM_AP). On constate en effet que les deux vecteurs forment un angle proche de 90°, signe de l'indépendance de ces deux variables dans le plan factoriel principal.

Les faibles effectifs nécessitent cependant de considérer ces interprétations avec une certaine réserve.

B.5.10 L'époque moderne : 1500 à 1800 cal. ap. J.-C.

- Inventaire

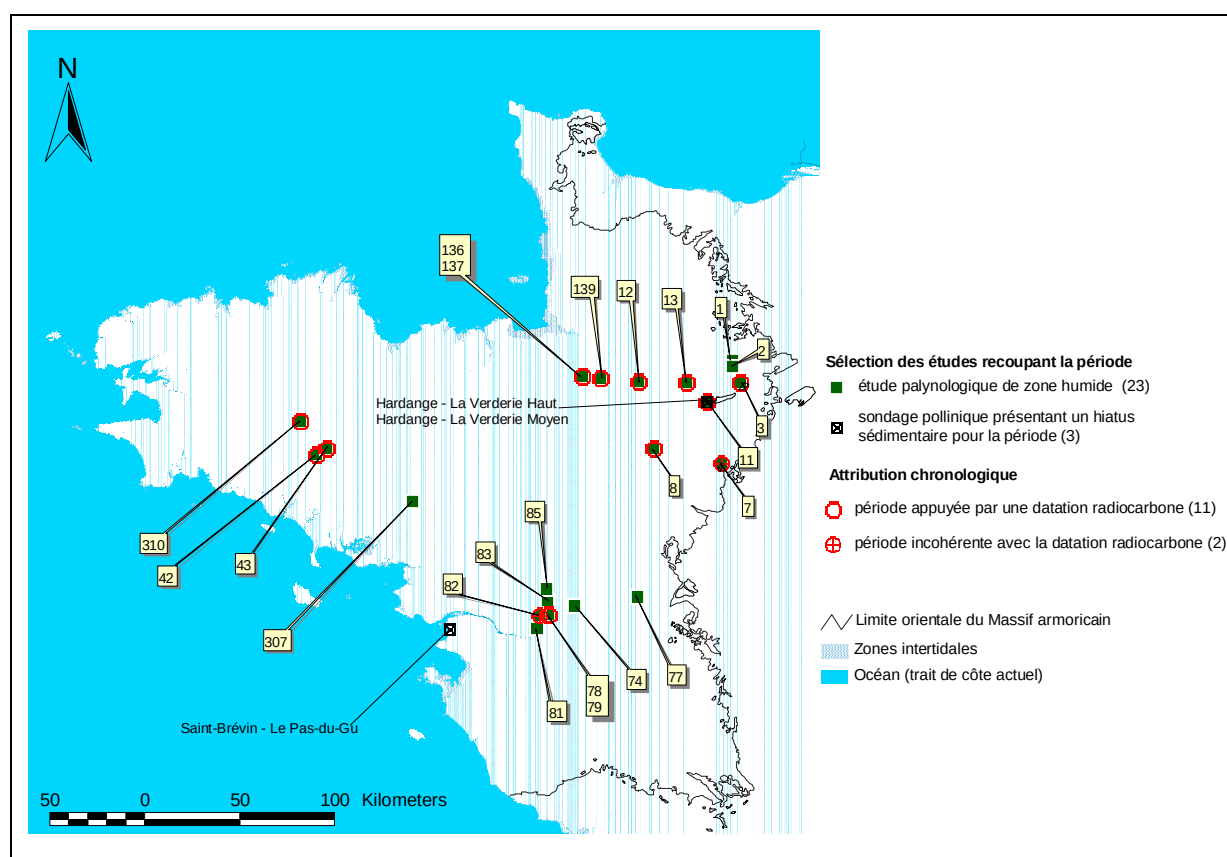


Fig. 404 Carte de répartition des études archéobotaniques recoupant la période allant de 1500 à 1800 cal. ap. JC. (époque moderne).

Seules les études polliniques de zones humides permettent d'avoir de l'information archéobotanique. En effet, les restes anthracologiques ou carpologiques de cette époque sont complètement ignorés.

On compte 23 résultats polliniques de zones humides appuyés par 11 datations radiocarboniques cohérentes.

Ces faibles effectifs fragilisent les éventuelles interprétations que l'on pourrait tirer des traitements statistiques tels que les analyses multivariées.

- Taux de pollens d'arbres et de Poacées, interpolations

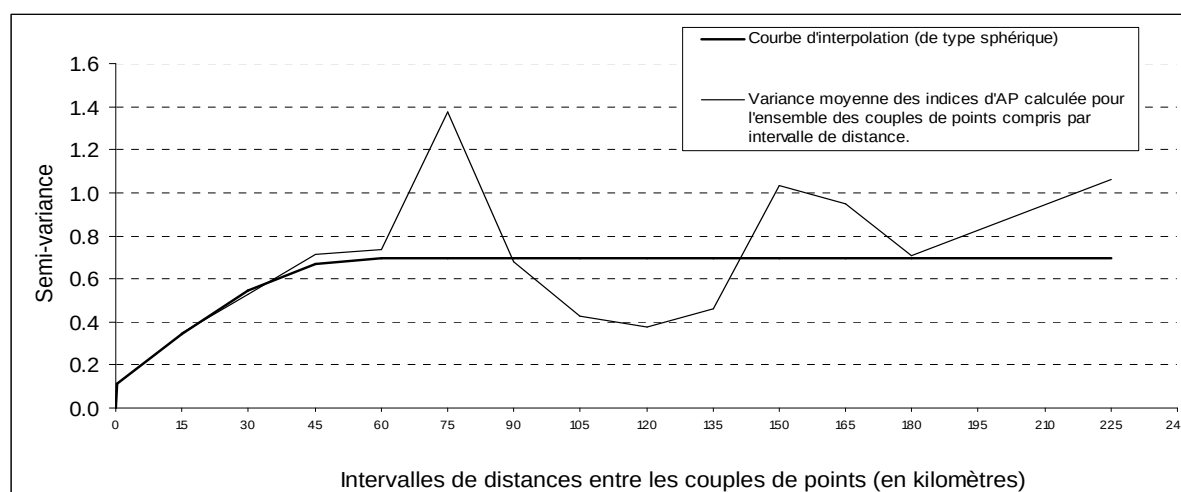


Fig. 405 Semi-variogramme et courbe d'interpolation des indices des taux de pollens d'arbres de l'ensemble des études polliniques de zones humides pour l'époque moderne (Lag interval = 15000 mètres avec une courbe d'interpolation de type sphérique) et ayant permis la construction de la carte d'interpolation des taux de pollens d'arbres. (RMS error = 0,33). (Portée = 50 kilomètres environ).

Il existe une relation entre les valeurs de variances des taux de pollens d'arbres et les distances des points de sondages polliniques sur environ 50 kilomètres. Les variances constatées entre des sondages polliniques proches (moins de 15 kilomètres) sont très faibles (variance de l'ordre de 0,1 à 0,4 pour l'intervalle de 15 kilomètres). A de grandes échelles (sur quelques kilomètres carrés), les mosaïques paysagères apparaissent donc relativement homogènes au travers les résultats de la distribution des flux polliniques d'arbres.

Au-delà d'environ 50 kilomètres de distance, la variance entre taux d'AP se stabilise à environ 0,7. Au regard les résultats des flux polliniques d'arbres, les « entités » qui composent la mosaïque paysagère s'étendent donc sur des échelles spatiales de l'ordre de cinquante kilomètres.

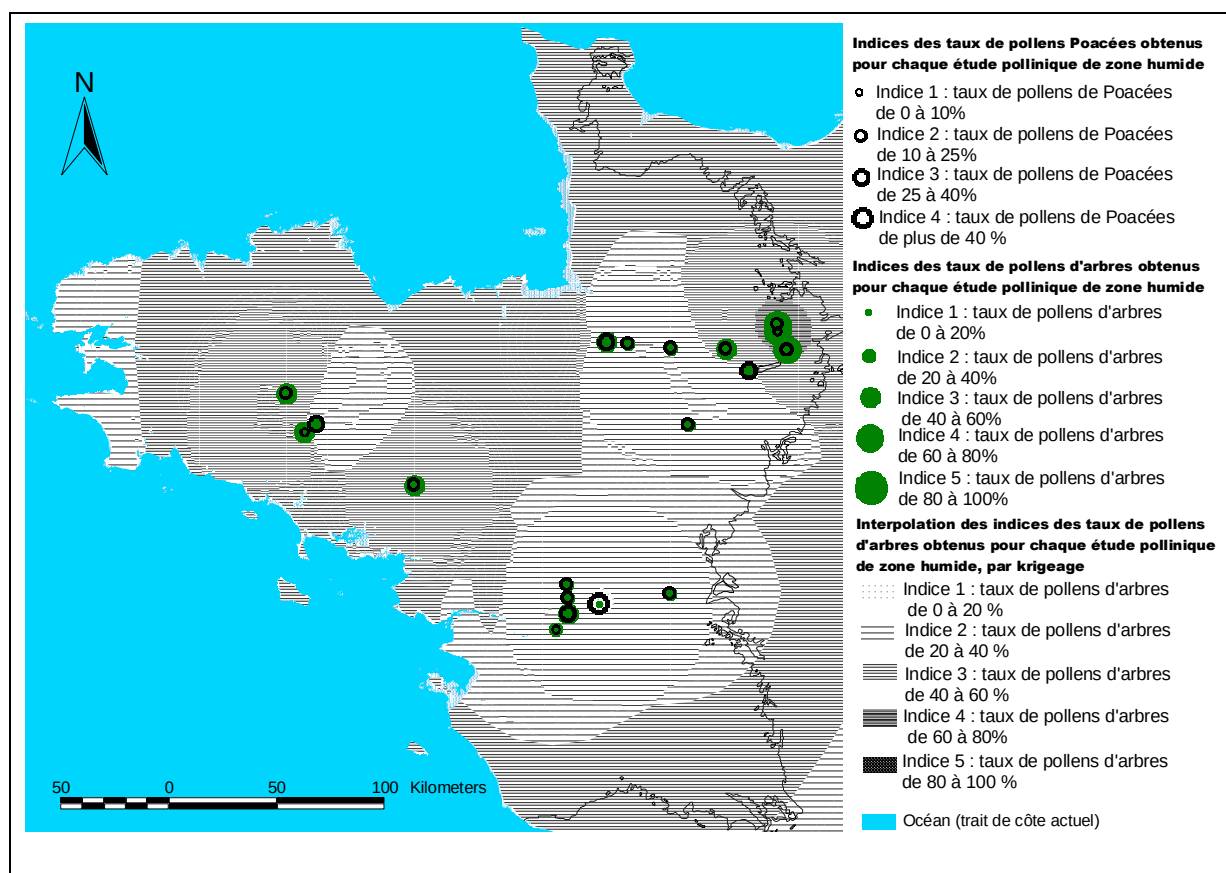


Fig. 406 Représentation et distribution géographique des taux de pollens de Poacées et d'arbres pour la période allant de 1500 à 1800 cal. ap. JC (époque moderne). Le fond de carte est issu de l'interpolation des taux de pollens d'arbres à partir des études de zones humides et après exclusion des études présentant des datations en décalage (semi-variogramme avec un Lag interval = 15000 mètres et courbe d'interpolation de type sphérique).

Les taux de pollens d'arbres interpolés oscillent désormais entre les indices 2 et 3. Le Massif armoricain apparaît davantage boisé qu'à la fin du Moyen-Age, phénomène déjà constaté avec l'évolution diachronique des valeurs moyennes des indices des taux de pollens d'arbres (Fig. 114). Cette légère augmentation des taux de pollens d'arbres est probablement la conséquence de la mise en place d'un certain nombre de mesures de gestions sylvicoles visant à préserver le capital forestier (ex. l'ordonnance de Colbert pour encourager la production de bois d'œuvre en 1669).

Le développement progressif du bocage, apparu probablement dès la fin du Moyen-Age (Fig. 127, Marguerie *et al.*, 2003) est corrélé à la politique de gestion sylvicole de l'époque. Les taux de pollens d'arbres de l'ordre de 20 à 60% apparaissent cohérents avec les pluies polliniques produites par des paysages bocagers plus ou moins denses.

On constate, comme pour la fin du Moyen-Age, une péninsule bretonne légèrement plus « boisée » que la partie orientale du Massif. Notons néanmoins les taux de pollens d'arbres relativement forts du secteur nord-mayennais.

- Tentatives de corrélations entre la distance par rapport à la mer et les taux de pollens d'arbres

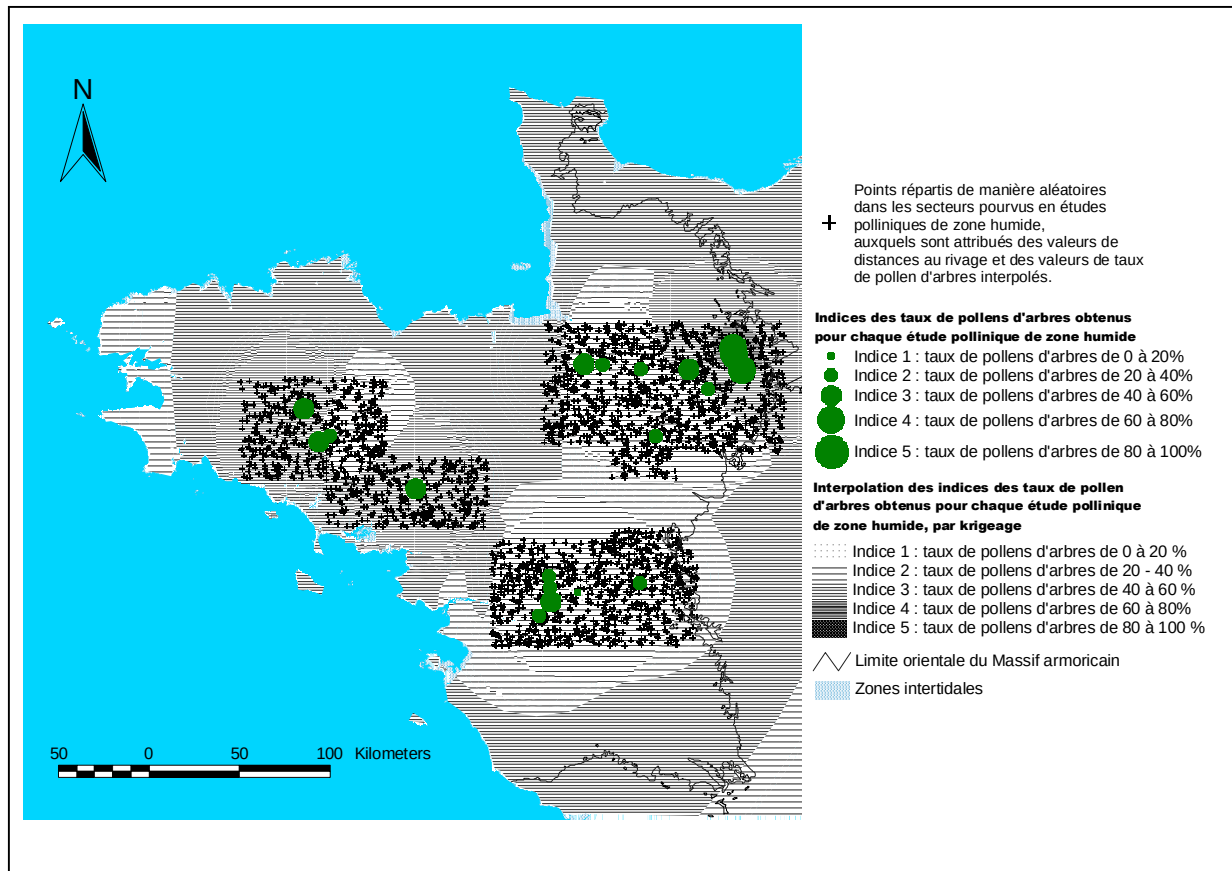


Fig. 407 Des valeurs de distances par rapport au rivage et des taux de pollens d'arbres interpolés ont été attribuées à 2533 points répartis de manière aléatoire à la surface des secteurs pourvus en études polliniques.

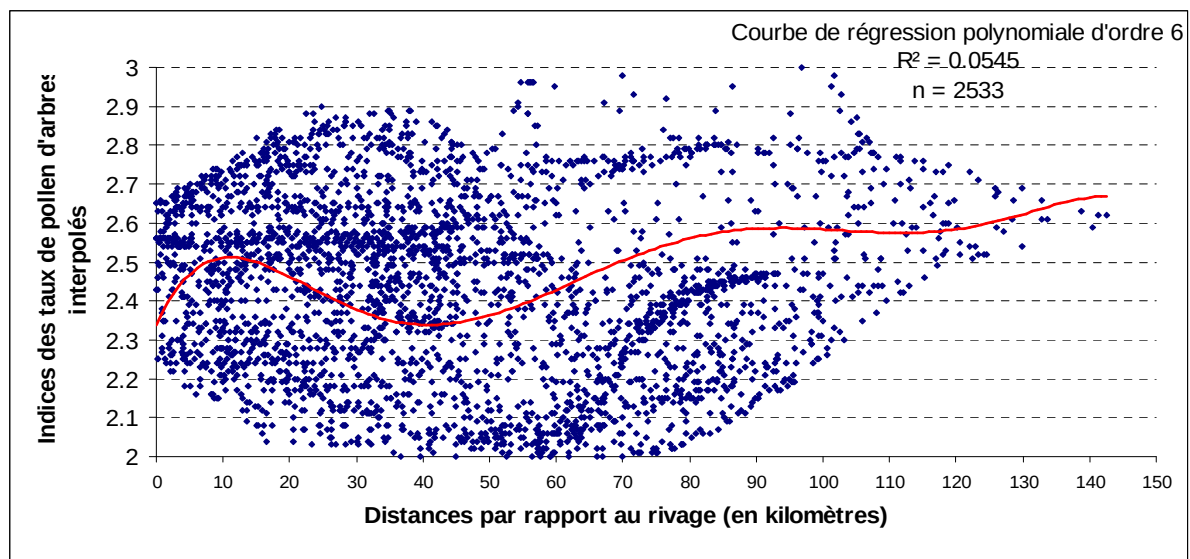


Fig. 408 Indices des taux de pollens d'arbres interpolés (interpolation avec un « lag interval » = 8000 mètres et courbe de régression de type exponentiel) en fonction de la distance au rivage pour les 2533 points répartis de manière aléatoire dans les secteurs pourvus en études polliniques.

Le coefficient de détermination quasiment nul ($R^2=0,0545$), mais aussi la forme de la courbe d'interpolation (variant entre 2,3 et 2,7) indiquent que l'effet de la continentalité sur la répartition des flux polliniques d'arbres est très faible. On constate néanmoins une légère augmentation des indices d'AP interpolés avec l'éloignement du rivage. Les contraintes maritimes sur le développement des boisements littoraux, l'absence d'une certaine partie des pollens d'arbres de provenance régionale dans les sondages côtiers vis-à-vis des sondages continentaux (les apports polliniques éoliens en provenance de la mer sont évidemment pauvres...), mais aussi une pression anthropique plus forte sur les espaces littoraux peuvent expliquer ce résultat.

Les vestiges « archéologiques » de l'époque moderne n'étant pas inventoriés de manière systématique dans la base de données archéologique du Service Régional d'Archéologie, il est impossible de croiser les données polliniques et archéologiques.

- Etude des compositions palynologiques : Analyse Factorielle des Correspondances

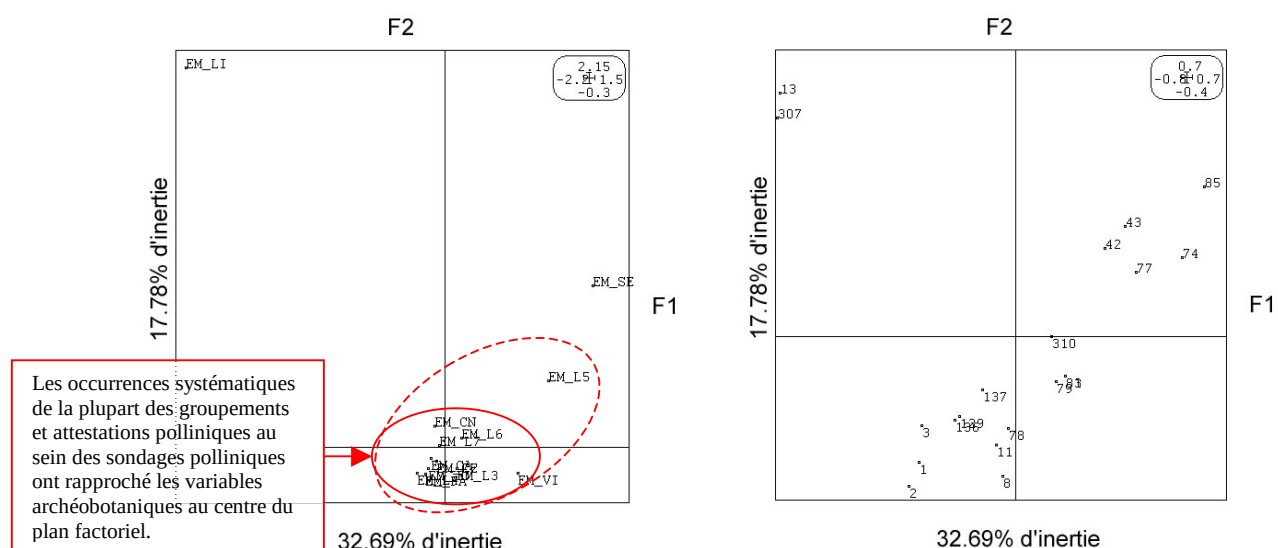


Fig. 409 AFC des groupements archéobotaniques polliniques de « sols bien drainés » de l'époque moderne (1500 à 1800 cal. ap. JC.) retrouvés dans les études polliniques de zones humides et après exclusion des études présentant une datation incohérente. Le groupement de culture (EM_L1) a été remplacé par les occurrences polliniques de *Cerealia type*, de *Castanea*, de *Juglans*, de *Secale*, de *Fagopyrum*, de *Vitis*, *Cannabis-Humulus*, et *Linum*. (EM_CE : « occurrences polliniques de *Cerealia type* » ; EM_FA « occurrences polliniques de *Fagopyrum* » ; EM_SE « occurrences polliniques de *Secale* » ; EM_JU « occurrences polliniques de *Juglans* » ; EM_CA « occurrences polliniques de *Castanea* » ; EM_VI : « occurrences de *Vitis* » ; EM_CN : « occurrences de *Cannabis-Humulus* » ; EM_LI : « occurrences polliniques de *Linum* » ; EM_L2 : « groupements de friches » ; EM_L3 : « groupements de prairie hygro- à mésophiles » ; EM_L4 : « groupements de landes armoricaines et de pâturages secs » ; EM_L5 : « groupements de boisements rudéraux » ; EM_L6 : « groupements de forêts claires » ; EM_L7 : « groupements de communautés rudérales, chemins, zones d'habitats, lieux de pacages ». Le plan factoriel de droite représente la position des études dans le plan factoriel 1-2.

La plupart des groupements et occurrences de taxons allochtones est identifiée dans l'ensemble des études polliniques. L'association presque systématique de ces variables archéobotaniques leur confère une position centrale à l'intérieur du plan factoriel.

Seules les occurrences polliniques de *Linum* (EM_LI), de *Secale* (EM_SE), voire de boisements rudéraux (EM_L5) sont détectées de manière plus éparse (Fig. 410).

Les faibles effectifs ne permettent pas de réaliser une analyse de co-inertie afin de préciser la distribution de ces vestiges (seulement 2 occurrences de *Linum* et 5 de *Secale*).

Néanmoins, la détection presque systématique des groupements de friches, de prairies mésophiles, de landes, de boisements rudéraux, de boisements clairs, de communautés rudérales, des occurrences polliniques de céréale, de sarrasin, de châtaignier, de noyer, de chanvre-houblon décrivent des mosaïques végétales très diversifiées (Fig. 117).

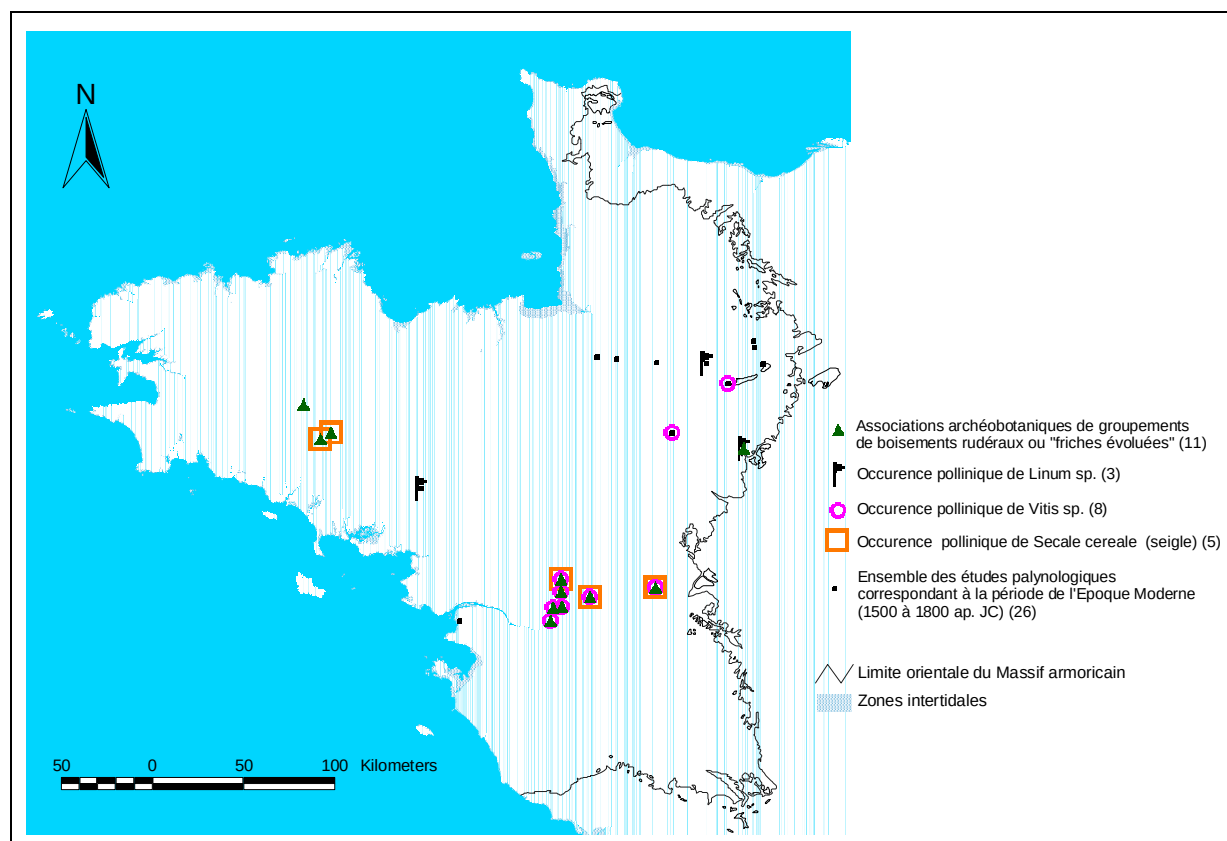


Fig. 410 Carte présentant les distributions spatiales des groupements de boisements rudéraux, des taxons de seigle, de lin et de vigne détectés dans les niveaux polliniques correspondant à l'époque moderne.

B.5.11 L'époque contemporaine : 1800 cal. ap. J.C. à nos jours

- Inventaire

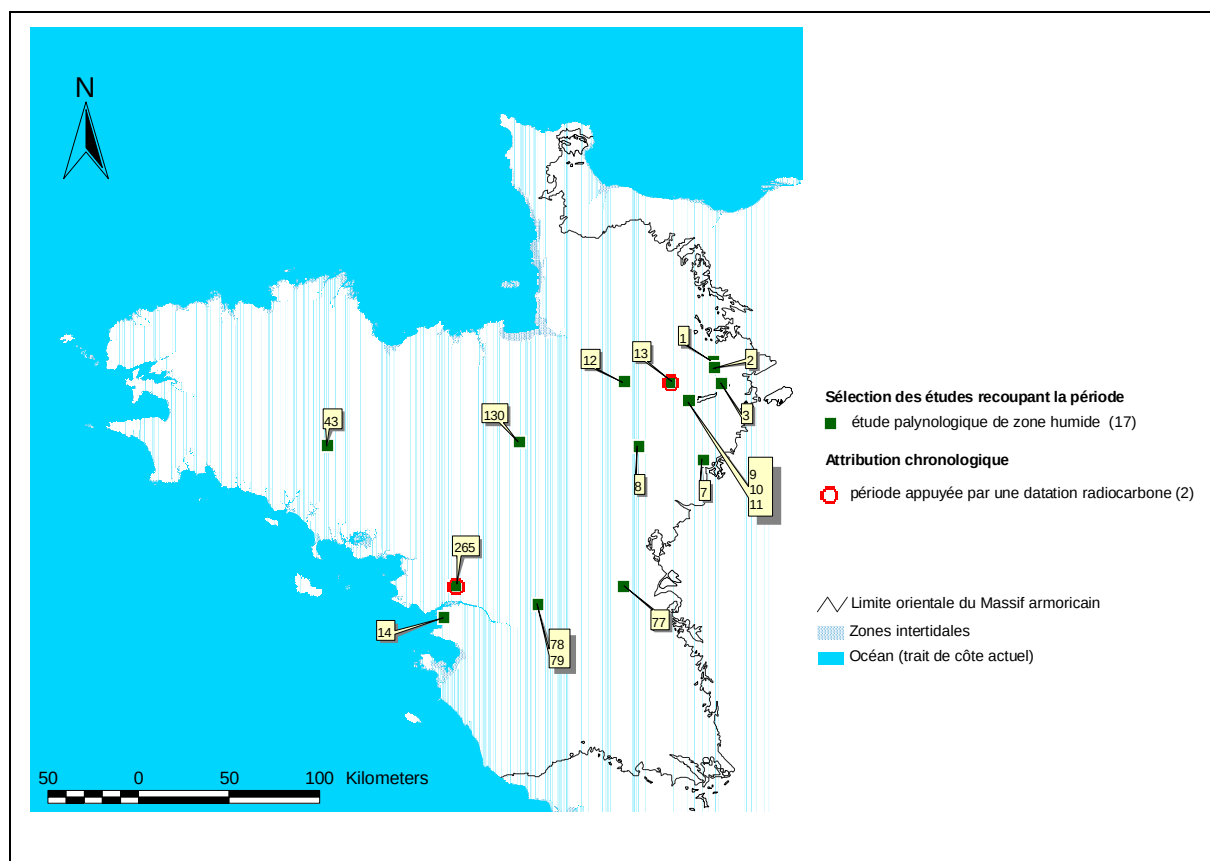


Fig. 411 Carte de répartition des études archéobotaniques recoupant la période allant de 1500 à 1800 cal. ap. JC. (époque moderne).

L'époque sub-actuelle n'étant généralement pas l'objectif principal des études archéobotaniques, seules les sondages polliniques de zones humides ont pu recueillir de l'information sur cette période.

Néanmoins les résultats de ces sondages ne fournissent pas toujours d'information sur cette période. En effet, la partie supérieure des sondages polliniques est souvent mal échantillonnée (le faible degré de compaction des sédiments supérieurs en est souvent la cause) et donc mal calé d'un point de vue chronologique. Quelques indices polliniques tels que la détection d'attestations de maïs ou bien un pic de pollens de pin, typique des plantations du XIXe, permettent parfois de reconnaître cette période.

- Tentative de corrélation entre les indices des taux de pollens d'arbres et les pourcentages des surfaces boisées environnant les sondages polliniques

La couverture végétale actuelle étant connue et vectorisée grâce à la base de données Corine Land Cover (v. 1.3) (cf. chapitre A.1.4.2.2), il est possible de tenter de corréler les valeurs des taux de pollens d'arbres et le pourcentage des surfaces boisées environnantes les sondages polliniques.

Pour cela, les surfaces des forêts et espaces semi-naturels comprises dans des rayons de 3 et 10 kilomètres autour des 17 points de sondages polliniques ont été calculées à partir de la base de données Corine Land Cover (v. 1.3). Les valeurs en surfaces boisées ont ensuite été attribuées à chaque étude pollinique (Fig. 412).

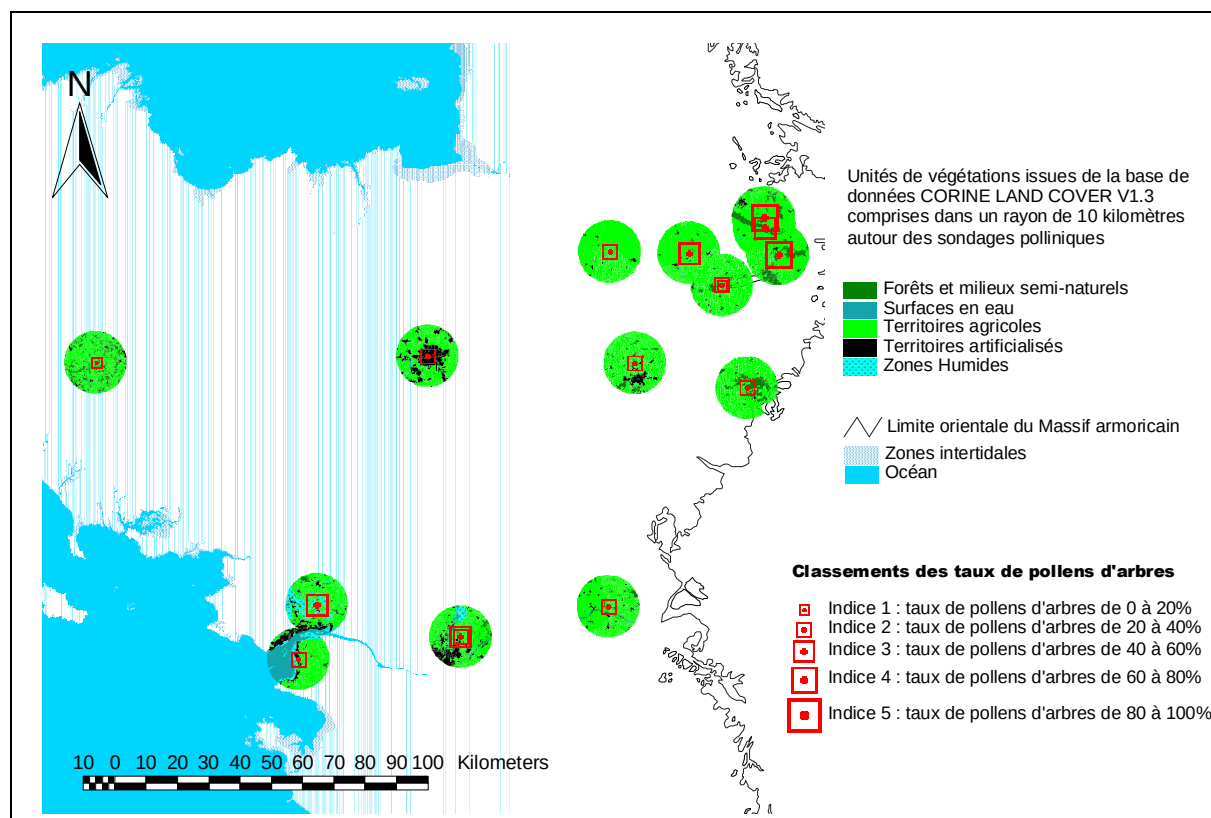


Fig. 412 Représentation cartographique des unités de végétation inventoriées dans la base de données CORINE LAND COVER V.1.3 comprises dans un rayon de 10 kilomètres autour des sondages polliniques. Les indices des taux de pollens d'arbres attribués à l'époque contemporaine sont aussi symbolisés.

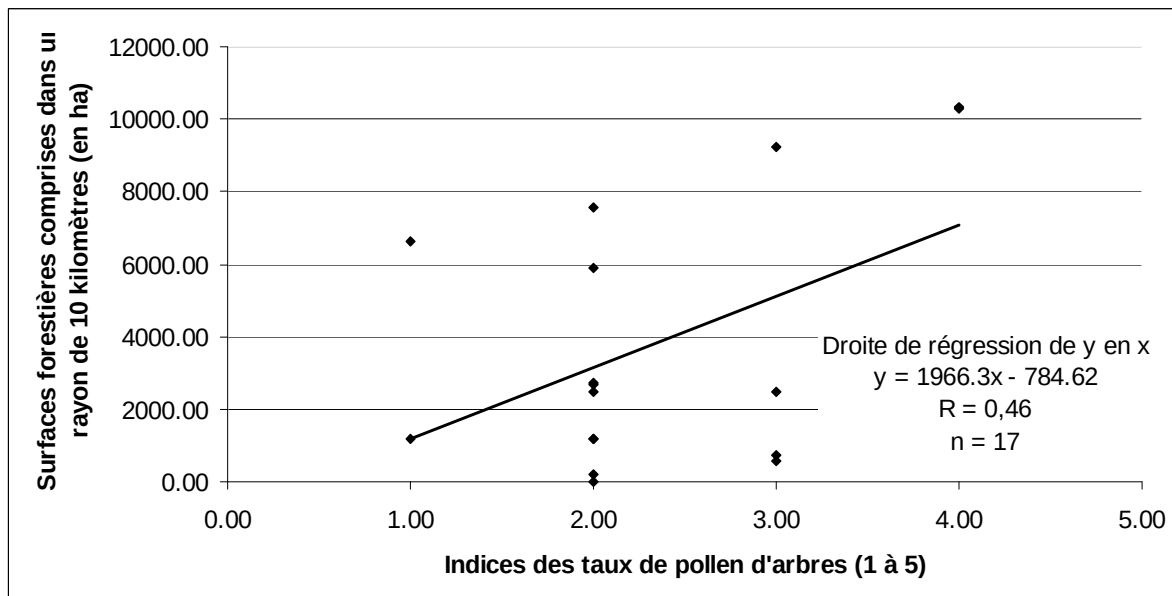


Fig. 413 Graphique exprimant les valeurs des indices des taux de pollens d'arbres en fonction des surfaces boisées comprises dans un rayon de 10 kilomètres autour des études polliniques de zones humides recoupant l'époque contemporaine.

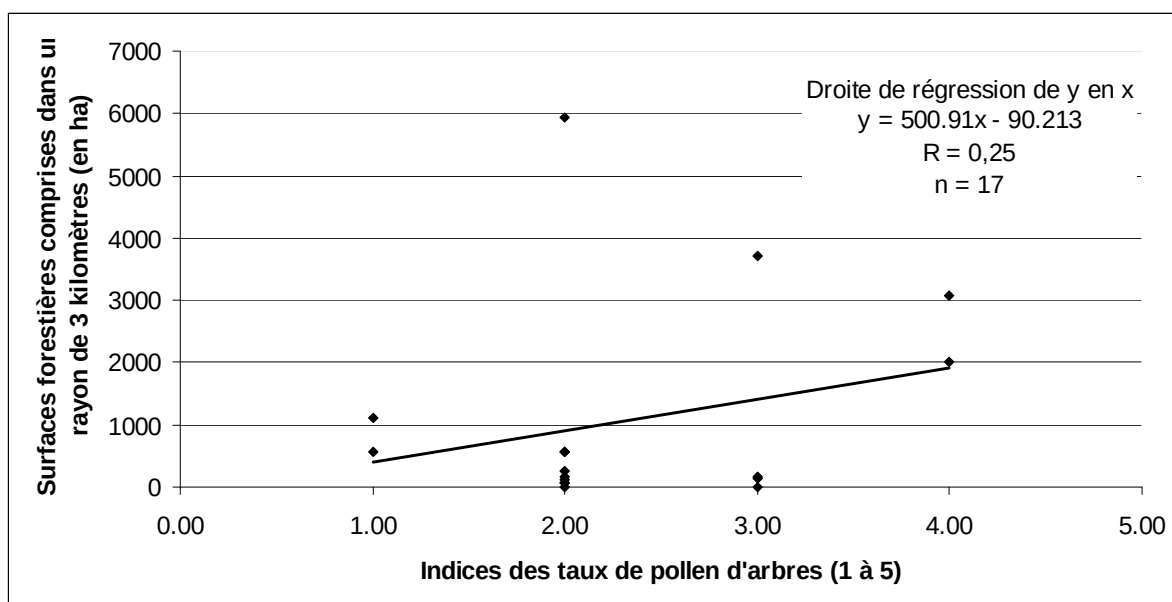


Fig. 414 Graphique exprimant les valeurs des indices des taux de pollens d'arbres en fonction des surfaces boisées comprises dans un rayon de 3 kilomètres autour des études polliniques de zones humides recoupant l'époque contemporaine.

Les coefficients de corrélations obtenus entre les séries des taux de pollens d'arbres et les surfaces des couvertures forestières ne sont pas excellents mais ont le mérite de montrer, notamment pour la sélection des unités de végétations comprises dans un rayon de 10 kilomètres autour des sondages, une relation logique entre les deux variables (Fig. 413 et Fig. 414).

Là encore ces résultats mériteraient d'être confortés par d'autres échantillonnages polliniques répartis de manière aléatoire sur le Massif armoricain.

La faiblesse des coefficients de corrélation s'explique très probablement par la complexité du signal pollinique recueilli. En effet, la nature de la pluie pollinique (les vecteurs de transports polliniques sont multiples cf. chapitre B.2.2.1.1.6), les conditions taphonomiques de chaque lieu d'échantillonnage, la productivité et représentativité polliniques propre à chaque taxon d'arbre (cf. chapitre B.2.2.1.1.4 et B.2.2.1.1.5) créent un décalage entre les séries de valeurs polliniques et les surfaces boisées.

Enfin, l'enregistrement des valeurs d'AP correspond à une valeur moyenne de deux siècles d'accumulation (époque contemporaine) alors que les surfaces boisées sont une image du paysage actuel.

