

Preuve du transport de pollen par la rivière Sanaga sur le plateau camerounais

Comptes Rendus Géosciences 352 (2020) 59 – 72.

Martin Darius Bengo ; Hilaire Elenga ; Jean Maley ; Pierre Giresse

(traduction post-éditée par N. Bacaër, suggestions d'amélioration : nicolas.bacaer@ird.fr)



Résumé

Trente-huit échantillons ont été prélevés sur les berges de la rivière Sanaga et de ses principaux affluents drainant différents écosystèmes végétaux, mais aussi dans les rivières des bassins côtiers du Cameroun. Cette étude vise à caractériser les origines du pollen et le mode dominant de transport des apports polliniques vers le plateau continental. La méthode classique d'analyse des spectres polliniques et d'analyse statistique multivariée a révélé trois groupes d'échantillons correspondant aux trois principaux écosystèmes dans lesquels les échantillons ont été prélevés. Les pollens typiques des savanes septentrionales se retrouvent dans les spectres d'échantillons prélevés plus en aval du fleuve Sanaga dans les zones forestières et non dans les échantillons de rivières drainant principalement les bassins côtiers boisés.

1. Introduction

Il existe de nombreuses études passées et récentes sur les flux de pollen dans les dépôts actuels en Afrique. Certains ont fait l'objet de tentatives de modélisation des paléoenvironnements et des paléoclimats par divers auteurs [Elenga et al. 2000 , Jolly et coll. 1998 a , Lebamba et al. 2009 b , Peyron et al. 2006], actuel [Bengo 1996 , Frédoux et Maley 1996 , Hooghiemstra et al. 1986] et des fossiles [Bengo et Maley 1991 , Dupont et Agwu 1991 , Elenga et al. 2004 , Giresse et al. 2009 , Lebamba et al. 2009 a , Lézine et al. 2009 , Ngomanda et al. 2008 , Reynaud et Maley 1994]; et d'autres, ont montré l'importance des contributions éoliennes au Sahara [Nguetop et al. 2004], et les vents du Sahel soufflant vers le nord et qui ont contribué aux gisements de loess en Europe [Haerserts 1985].

Mais qu'en est-il de l'origine des dépôts terrigènes de la partie sud du golfe de Guinée dont on sait que les vents de l'harmattan soufflant vers l'océan, passent au-dessus de la limite nord du golfe, et dépassent à peine la limite forêt / savane en Cameroun?

Ainsi, les questions de recherche auxquelles ce travail doit répondre sont: Les flux de pollen recouvrant le fond du bassin camerounais sont-ils rapportés par l'Harmattan? Sinon, comment prouver qu'ils font partie du cortège des apports fluviaux? Le choix du bassin de la Sanaga se justifie par le fait que le fleuve Sanaga, à travers ses principaux affluents, traverse successivement de grandes unités végétales (savane, forêt dense et forêt côtière). Cette étude vise ainsi à caractériser l'origine des pollens et le mode dominant de transport des apports polliniques vers le plateau continental. Les vents continentaux étant faibles, l'hypothèse des apports éoliens peut être exclue, ou bien ces apports sont négligeables. L'importance des apports fluviaux reste à démontrer, par exemple si des pollens de savane spécifiques pouvaient être trouvés dans des échantillons prélevés en aval dans les zones forestières.

2. Matériel et méthodes

2.1. Site d'étude

2.1.1. Localisation et climat

La zone d'étude occupe la région centrale du Cameroun (figure 1), y compris le grand bassin de la Sanaga et les bassins côtiers face à l'océan Atlantique. Le bassin de la Sanaga, d'une superficie de 133 000 km², s'étend entre les latitudes 3-32 ° N – 7-22 ° N et les longitudes 9-45 ° E – 14-57 ° E [Laclavère 1979]. Elle est délimitée à l'ouest par la Dorsale volcanique camerounaise, et au nord, par le plateau d'Adamaoua. Le bassin de la Sanaga est soumis aux masses d'air humide de mousson qui s'écoulent de l'océan vers le continent, et accessoirement dans sa partie nord, aux vents de l'Harmattan direction NE qui soufflent du continent vers l'océan [Leroux 1983, Piton et al. 1987, Suchel 1988].

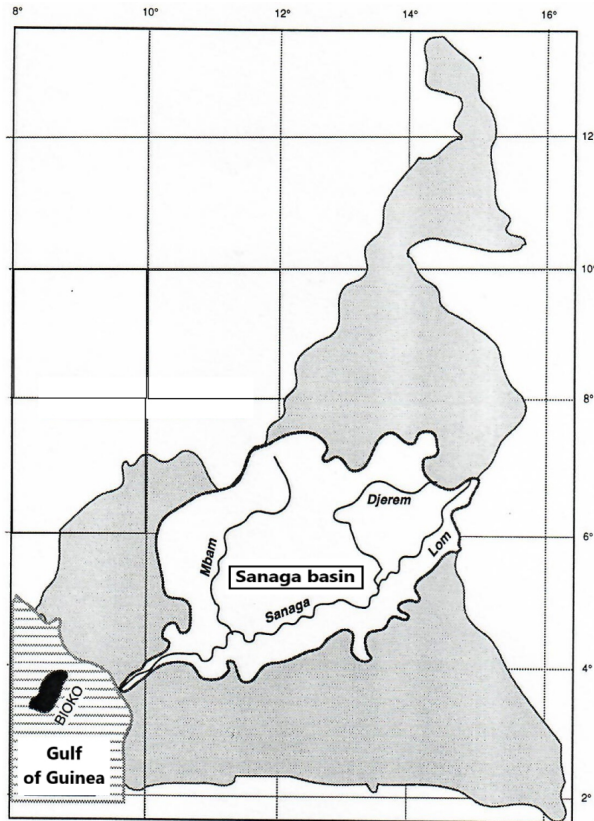


Figure 1. Localisation du bassin de la Sanaga au Cameroun.

2.1.2. Sols et végétation

Les unités végétales ont une zonalité par rapport aux sols [Martin 1966 , Segalen et al. 1967] principalement des ferrallitiques liés à la qualité du substrat [Guillet et al. 1996 , Nzila et al. 2018], et la distribution annuelle plus ou moins importante des précipitations et des températures (figure 2). Forêts denses humides au sud, savanes au centre et au nord du pays [Aubréville 1948 , Letouzey 1985 , White 1986]. Les forêts humides denses sont composées de forêts semi-décidues, de forêts sempervirentes de bialfra et de forêts littorales sempervirentes, chacune étant caractérisée par des taxons spécifiques [Puig 2001]. Les savanes sont de deux types sur le chemin du plateau de l'Adamoua au nord: les savanes périforêts herbeuses et arbustives (*Bridelia ferruginea*, *Terminalia glaucescens*, ?...) et les savanes soudano -guinéennes qui s'enrichissent de nouvelles espèces (*C ombretum molle*, *Daniellia oliveri*, *Entada abyssinica*, *Syzygium macrocarpum*, ?...). Des associations végétales liées à des conditions édaphiques ou climatiques spécifiques sont présentes, telles que: près de la côte, les mangroves à *Rhizophora mangle*, *Avicenia africana* [Boyé et al. 1975 , Letouzey 1985 , Din 1991]; et en altitude, les formations montagneuses de *Podocarpus* , *Olea* , *Rapanea*[Maley et coll. 1987]. De plus, les actions anthropiques liées à l'exploitation forestière, aux cultures industrielles et vivrières n'empêchent pas la régénération de la forêt, qui progresse actuellement sur la savane [Letouzey 1985 , Maley et al. 1990 , Youta Happi 1998].

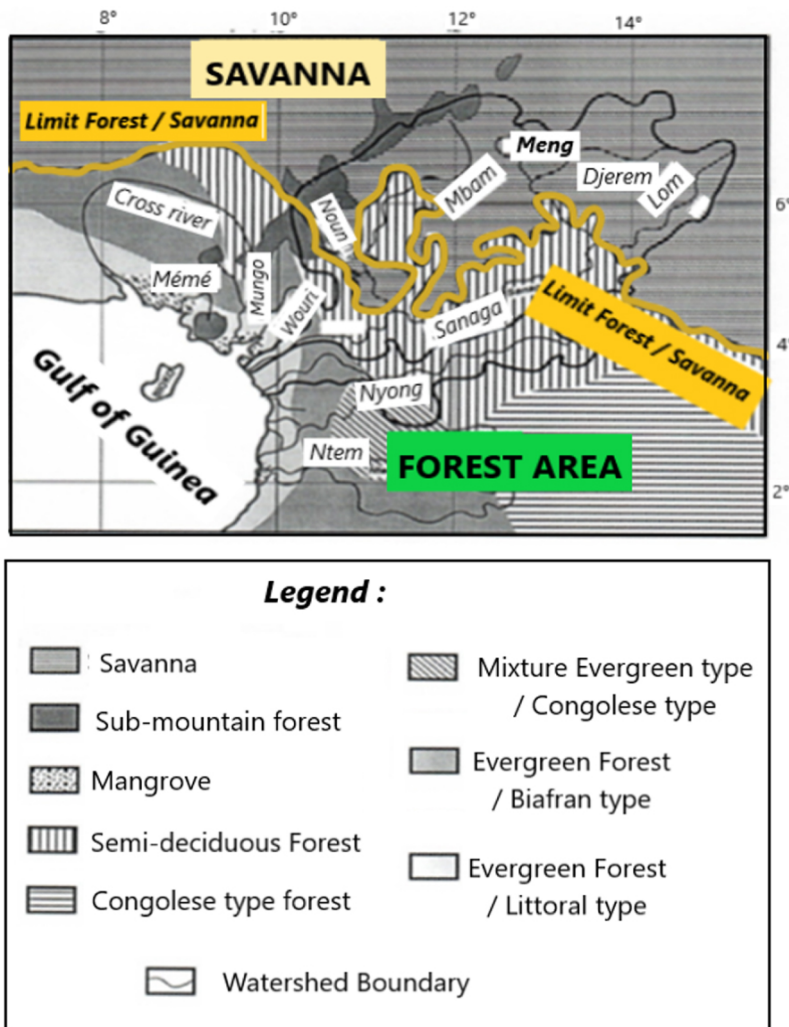


Figure 2. Principaux types de végétation du bassin de la Sanaga.

2.1.3. Apports fluviaux de la rivière Sanaga

L'érosion continentale dépend principalement de l'état du sol et du couvert végétal. Sur la station d'Edea, la turbidité moyenne, correspondant à toute la matière solide en suspension du bassin de la Sanaga transportée vers l'océan, a été estimée annuellement à 6.000.000 de tonnes de limon et d'argile, dont 2.500.000 du Mbam par l'importance de l'agriculture dans le Bamiléké [Nouvelot 1972 , Olivry 1977].

2.2. Échantillonnage

La rivière Sanaga est alimentée le long de son cours par plusieurs rivières qui drainent de petits bassins couvrant diverses zones écologiques et floristiques. Des particules minérales et organiques de différentes tailles se déposent sur le lit de la rivière ou sur les berges. Afin d'être susceptible de trouver des grains de pollen, l'échantillonnage a été effectué en fines laisses ou dépôts de la classe lutite, à savoir les limons et les argiles. Ces laisses, considérées comme des dépôts de surface, peuvent contenir à la fois les apports drainés par les rivières et les retombées de poussières atmosphériques chargées de pollens locaux voire allochtone. Des échantillons ont été prélevés dans tout le bassin, le long de la rivière Sanaga et sur une dizaine de ses affluents. Un total de trente-huit échantillons (tableau 1 et figure 3) ont été collectés, dont vingt-sept en amont et en aval du bassin de la Sanaga, et 11 autres prélèvements ont été effectués près des exutoires au large des principaux fleuves côtiers ne drainant que des bassins versants situés dans des zones forestières denses, afin de se rassurer sur l'hypothèse de un mode de transport dominant.

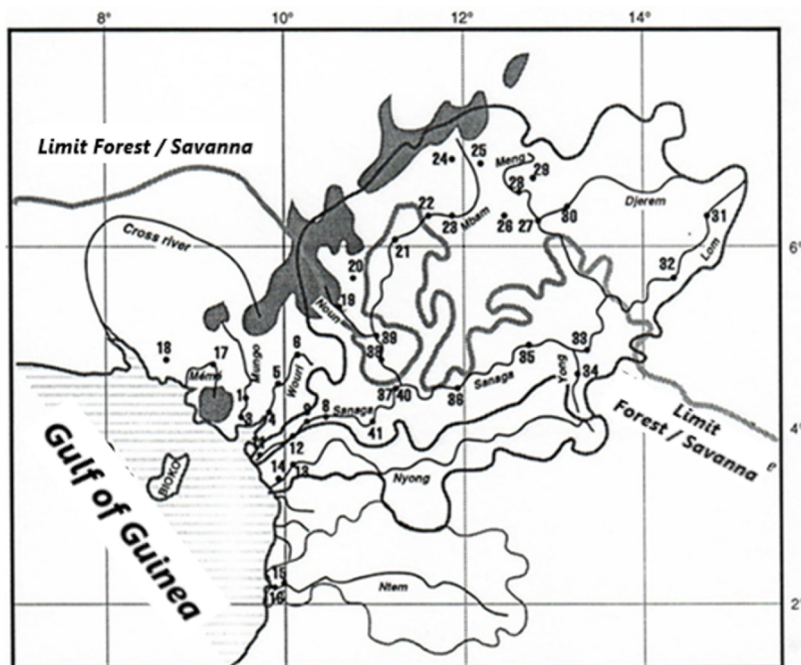


Figure 3. Localisation des échantillons sur les rivières.

Tableau 1. Répartition des échantillons prélevés dans les différentes rivières et sous différents faciès floristiques

rivière	Savane	Forêt	Mangrove	Total
Sanaga	1	9		10
Mbam	6			6
Djerem	5			5
Lom	2			2
Nom	2	1		3
Yong		1		1
Mémé and Lobé		1	1	2
Wouri et Mungo		4	1	5
Nyong		2		2
Ntem		1	1	2
Total	16	19	3	38

2.3. Pollen identification

Après le traitement des échantillons par des méthodes conventionnelles [Cour et al. 1974 , Faegri et Inversen 1975], l'identification des pollens a été faite au niveau de la Famille, du Genre et des Espèces en se référant aux lames de la Collection de Référence des pollens actuels du Laboratoire de Montpellier et aux monographies de la région [Bonfille et Riollet 1980 , Caratini et coll. 1974 , Salard-Cheboldaeff 1980 , 1981 , 1982 , 1983].

2.4. Analyse statistique des données

Les données placées dans une matrice de tableau de contingence [Benzécri 1980 , Volle 1993] se préparent à des analyses multivariées, telles que l'analyse de correspondance factorielle (FCA) et l'analyse en composantes principales (ACP). Ces analyses sont complétées par une classification hiérarchique Dendrogramme (analyses de clusters et jonction de voisins), de manière à définir les relations et noyaux d'affinités entre les échantillons [Roux 1985]. Le traitement des données, la représentation graphique des résultats et le dendrogramme de classification hiérarchique ont été réalisés avec les logiciels MacMul, GraphMu et MacDendro [Thioulouse et al. 1990] et le logiciel PAST [Hammer et al. 2001]. Dans la région d'étude, ce type d'analyse statistique a été récemment adopté sur le pollen actuel [Jolly et al. 1996] et fossile [Reynaud-Farrera 1995].

2.5. Spectres polliniques

Les spectres polliniques sont analysés à l'aide de deux transects de l'amont à l'aval (bouche), c'est-à-dire des zones de savane aux zones de forêts denses: un transect Mbam avec 10 échantillons du bassin Mbam; et un transect de Sanaga composé de 12 échantillons prélevés en amont de la confluence Sanaga / Mbam. De la confluence aval de la Sanaga et du Mbam jusqu'à l'embouchure, cinq échantillons complètent les deux transects mentionnés ci-dessus. Celles-ci permettent de suivre la variation des échantillons le long du parcours, depuis leur zone d'origine, leur apparence ou leur abondance dans les échantillons jusqu'à la bouche, de certains taxons caractéristiques révélés par le traitement statistique des données.

3. Résultats

3.1. Analyse du pollen

L'analyse pollinique des 38 échantillons a permis d'identifier 237 taxons, dont les plus représentés sont réalisés dans le tableau 2 . Table 2. Matrice initiale des taxons fréquents dans divers écosystèmes végétaux

3.2. Analyses multivariées

3.2.1. Analyse de correspondance factorielle (FCA)

L'analyse factorielle des correspondances a été appliquée à deux matrices séparées, la matrice initiale contenant tous les échantillons analysés (figure 4) ; l'autre ne comprend que des échantillons du bassin de Sanaga (figures 5 et 6).

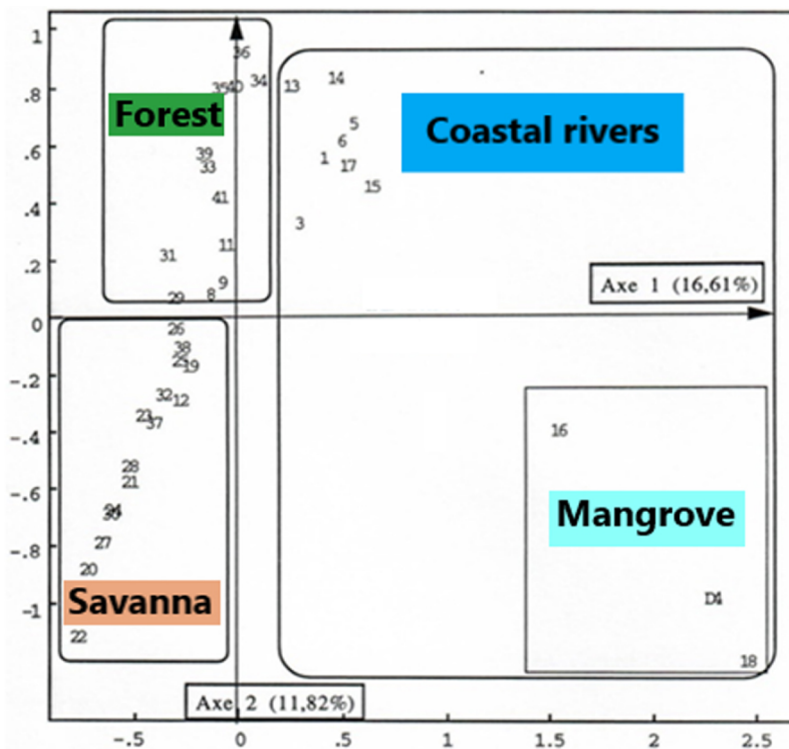


Figure 4. Avec tous les échantillons (38) et taxons (237).

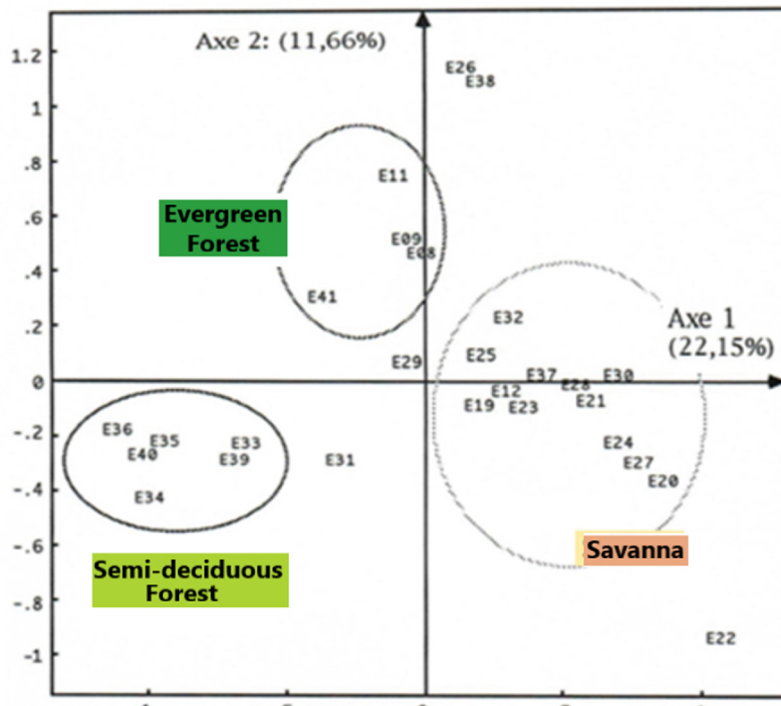


Figure 5. Tous les échantillons, sans Rhizophora.

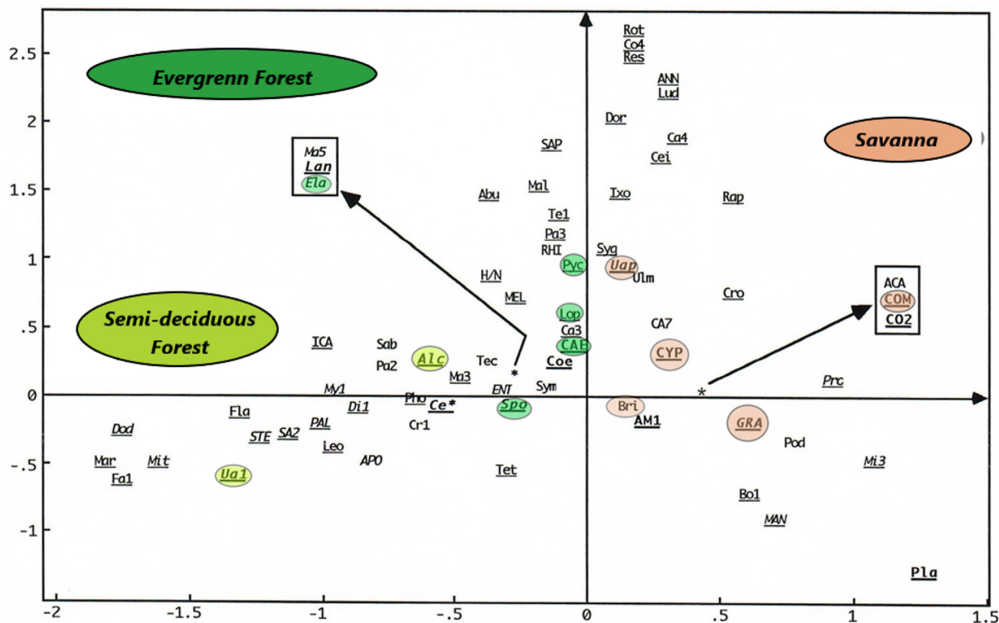
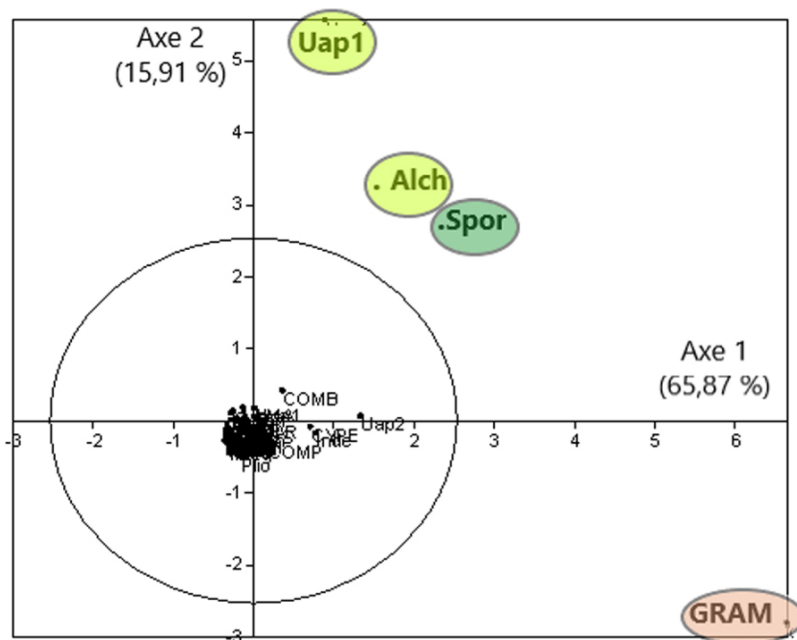


Figure 6. AFC 3: Nuage de points de taxons, y compris ceux à forte contribution et inertie, sont situés de part et d'autre de l'origine, et corrélient la distribution des échantillons sur l'axe 1: valeurs positives pour la savane et valeurs négatives pour les forêts.

3.2.2. L'analyse en composantes principales (ACP)

Le nuage de points sur le facteur de premier plan (Figure 7) issu d'une analyse en composantes principales (ACP) sur les échantillons du bassin de Sanaga confirme FCA 2. Presque tous les taxons sont regroupés au centre, sauf ceux à fortes contributions aboutissant vers la périphérie de l'ellipsoïde des corrélations (Graminae, Spores, Alchornea et Uapaca guineensis); comme c'est le cas sur la diagonale (figure 8) formée par le plan factoriel de l'ACP où l'axe 1 est placé sur l'axe des abscis et sur l'axe de l'ordonné.



- GRAM : GRAMINAE
- Alch : Alchornea
- Spor : Spores
- Uap1 : Uapaca guineensis

Figure 7. PCA (Axe 1, Axe 2) sur la matrice réduite avec des taxons relativement fréquents et abondants, caractéristiques des différents écosystèmes végétaux.

3.3. Spectres polliniques

Les taxons récurrents, caractéristiques de différents écosystèmes végétaux et mis en évidence par l'analyse des données statistiques, sont présentés à la figure 11 montrant l'évolution dans l'espace du spectre pollinique à travers les transects de Sanaga et Mbam.

4. Discussion

4.1. Conformité de l'image du couvert végétal local dans les échantillons de berges

Généralement pour de nombreuses études palynologiques, les auteurs basent leurs interprétations uniquement sur des analyses de diagrammes polliniques. Ici, les résultats importants de ce travail et l'analyse des spectres polliniques ont été facilement étayés par l'utilisation préalable d'un traitement statistique multivarié.

Le FCA 1 réalisé sur l'ensemble des 38 échantillons a permis d'obtenir sur le plan factoriel les deux premiers axes regroupant l'essentiel de l'inertie, un nuage de points autour de l'axe 1 des abcis qui discrimine de part et d'autre de l'origine les échantillons du bassin de la Sanaga ceux des bassins côtiers, en particulier les échantillons (4, 16 et 18). L'excentricité de ces trois échantillons est due à la surreprésentation des pollens de *Rhizophora*, un taxon majeur des mangroves. Indéniablement, le groupe Sanaga se caractérise par l'absence de pollens de *Rhizophora*. D'autre part, l'identité du groupe d'échantillonnage du bassin côtier, opposé au groupe Sanaga, est définie non seulement par la présence de *Rhizophora*, mais également par d'autres taxons caractéristiques de la forêt sempervirente côtière.

En examinant uniquement les 27 échantillons du bassin de Sanaga dans FCA 2 cette fois, l'effet de la surreprésentation de *Rhizophora* est résolu. Selon la figure 5 et par rapport à l'axe 1, les échantillons sont disposés de part et d'autre de l'origine: à droite, les échantillons de la savane, et à gauche ceux de la forêt. En revanche, du côté des échantillons forestiers, l'axe 2 discrimine au-dessus des échantillons de la forêt sempervirente, et au fond les échantillons de la forêt semi-décidue. La projection ou la projection simultanée sur différents graphes de nuages ??de points d'échantillons ou de taxons du même FCA, dans ce cas FCA 2, montre les taxons qui jouent un grand rôle dans l'élimination des échantillons (Figure 6). De tels taxons ont également été révélés par le PCA (Figure 7), presque tous les taxons sont regroupés au centre, sauf ceux à

forte contribution qui se situent vers la périphérie de l'ellipse de corrélations (Graminae, spores, Alchornea et Uapaca guineensis). La disposition de ces taxons du même côté des valeurs positives de l'axe montre un «effet de taille», car ce sont les plus abondants. Ces mêmes taxons sont alignés sur la diagonale formée par l'axe 1 (figure 8) qui pourrait être considéré comme un indicateur écologique.

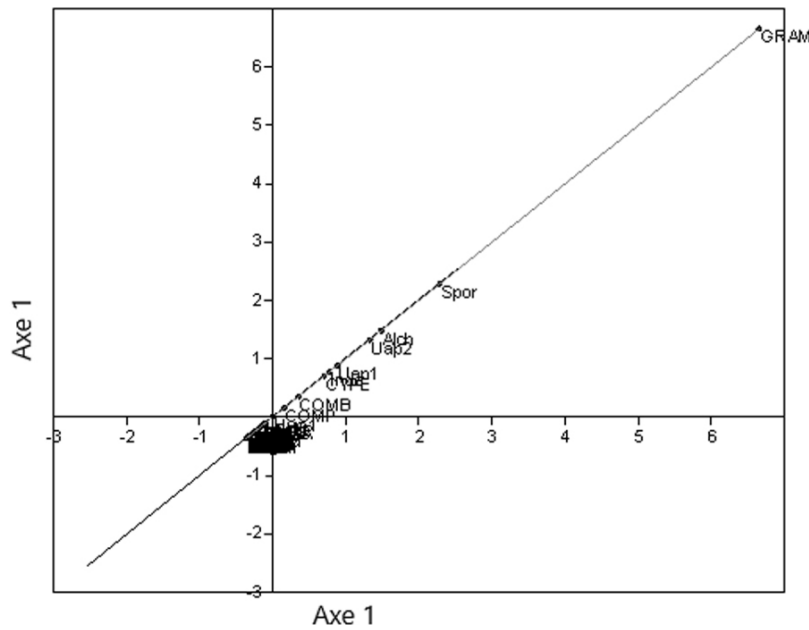


Figure 8. PCA (Axe 1, Axe 1): Les taxons à fortes contributions et inertie, caractéristiques des écosystèmes végétaux sont loin de l'origine.

Les analyses Dendrogramm appliquées à la matrice initiale et la matrice réduite aux échantillons du bassin de la Sanaga complètent les analyses factorielles dans le même sens. D'après la figure 9 d'une «analyse en grappes» montre que les niveaux d'agrégation et la proximité des échantillons ne sont pas aléatoires, ils proviennent plutôt des affinités fournies par l'absence, la présence ou l'abondance des taxons associés. Ainsi, la figure 10 d'un «voisin joignant» corréle les taxons dans la disposition des échantillons dans une classification hiérarchique Dendrogramm.

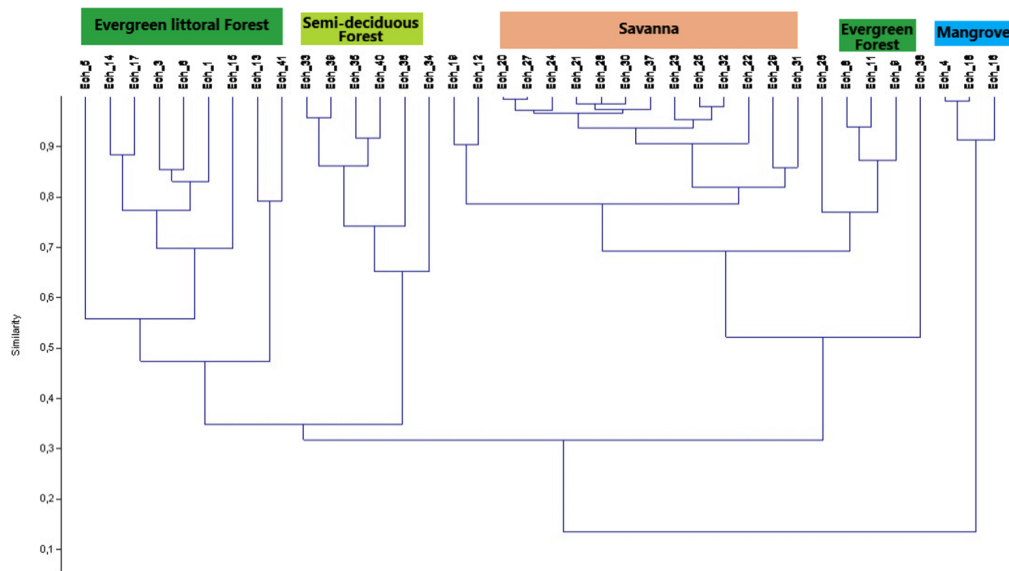


Figure 9. Clusters analyses_Mode Groupe apparié / Corrélacion.

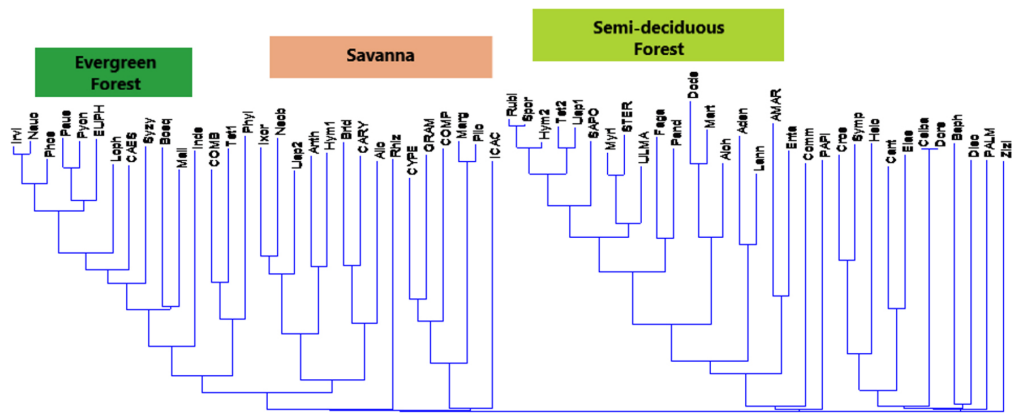


Figure 10. Voisin join_Mode Corrélation / Branche finale sur la matrice réduite à 27 échantillons du bassin de la Sanaga.

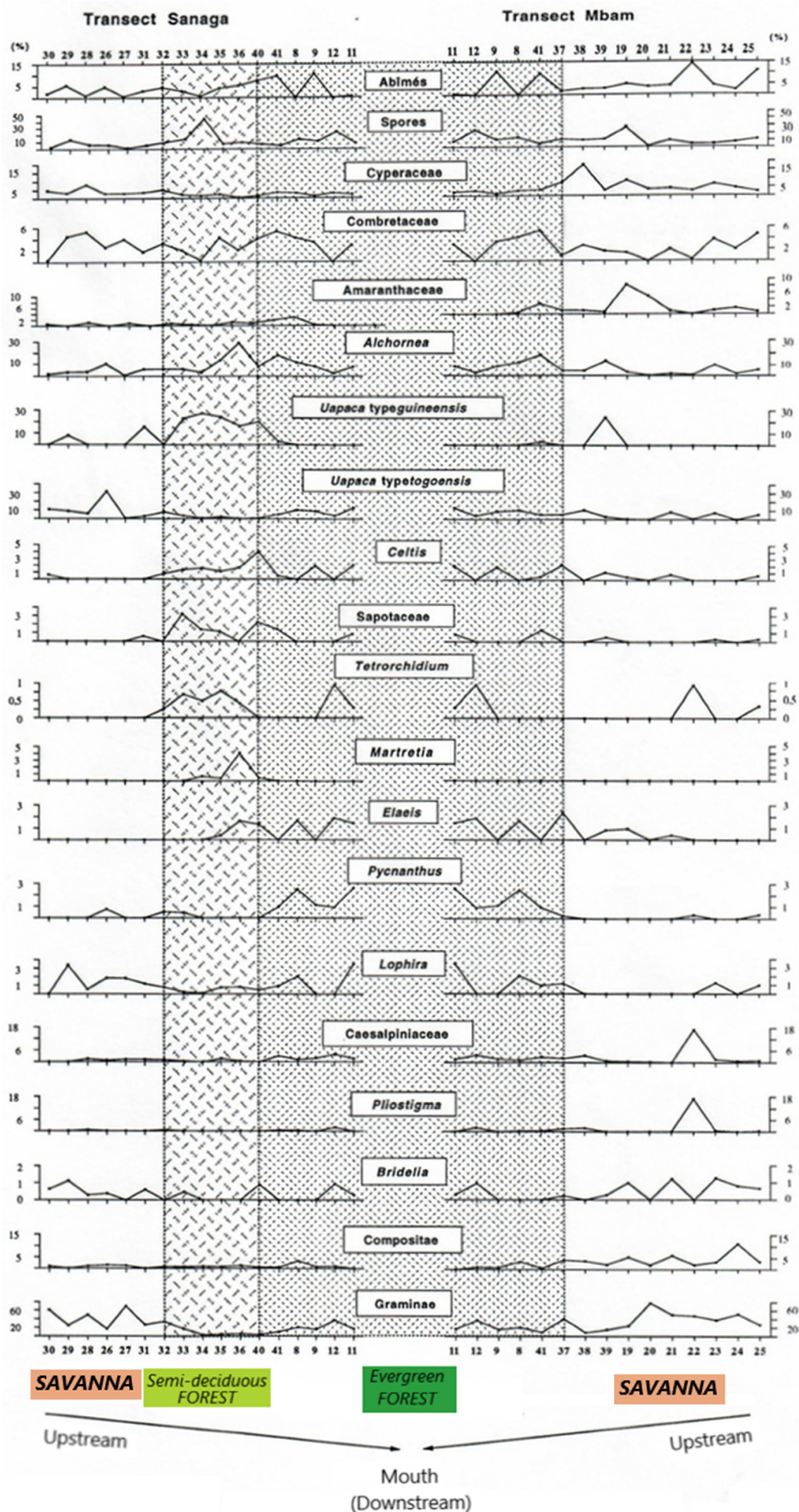


Figure 11. Spectres d'évolution des taxons caractéristiques des différents écosystèmes suivant les transects Sanaga et Mbam.

À partir de ce qui est fait, les analyses factorielles et les «analyses de grappes» ont révélé différents écosystèmes, à savoir la savane, la forêt semi-décidue, la forêt sempervirente et les mangroves. En résumé,

les échantillons de savane contiennent des proportions élevées de Poaceae (Graminae), l'omniprésence d'Asteraceae (Compositae), Cyperaceae, Bridelia ; la forêt semi-décidue se caractérise par Uapaca guineensis, Elaeis, Myrianthus , les Ulmacées et les Sapotacées; la forêt sempervirente caractérisée par les taxons de Caesalpiniaceae, Pycnanthus, Lophira et Syzygium ; et les mangroves par Rhizophra et Pandanus . On note la présence de certains taxons omniprésents comme l' Alchornea et les spores. Si les valeurs polliniques élevées d' Alchornea résultent du fait qu'il s'agit d'un arbuste pionnier de recrus forestières, alors que les proportions élevées de spores sont liées aux Ptéridophytes et Bryophytes qui poussent en abondance dans les zones humides [Letouzey 1968].

Ces analyses multivariées apportent des preuves supplémentaires aux nombreuses études palynologiques qui relient les analyses polliniques aux récoltes botaniques dans les différents écosystèmes du couvert végétal environnant [Bengo 1996 , Kimpouni et al. 2014 , Lebamba et al. 2009 a , Vincens et al. 2000 , Youta Happi 1998].

4.2. Caractérisation du transport du pollen du continent vers l'océan (effet Guttman)

Le nuage FCA 2 a une forme parabolique qui indique généralement que les facteurs des axes 1 et 2, par principe linéaire indépendant, sont en fait liés à un ou plusieurs autres axes [Benzécri 1980]. Pour interpréter ce facteur unique, une projection des différents points est faite sur une ligne droite joignant les deux extrémités du nuage (Figure 12). Les échantillons (8, 9, 11 et 41) de la forêt sempervirente en aval de la Sanaga sont placés dans une position médiane ou intermédiaire entre le groupe échantillon de savane et le groupe forestier semi-décidu. Si le facteur 1 avait plutôt été défini comme un indicateur écologique des échantillons, par contre l'axe 2 serait le seul facteur qui rassemblerait certains taxons de savane et de forêt semi-décidue dans des échantillons plus en aval, et ce facteur pourrait être le transport, un phénomène également observé avec la classification hiérarchique où les échantillons de forêt sempervirente sont plus proches de ceux de la savane, alors géographiquement il s'agit plutôt de la forêt semi-caduque (Figure 1). Ceci montre qu'en aval de la Sanaga, les échantillons situés dans la forêt sempervirente sont influencés par les taxons de la forêt semi-décidue et de la savane qui se développent plus en amont et y sont certainement transportés soit par eau soit par vent.

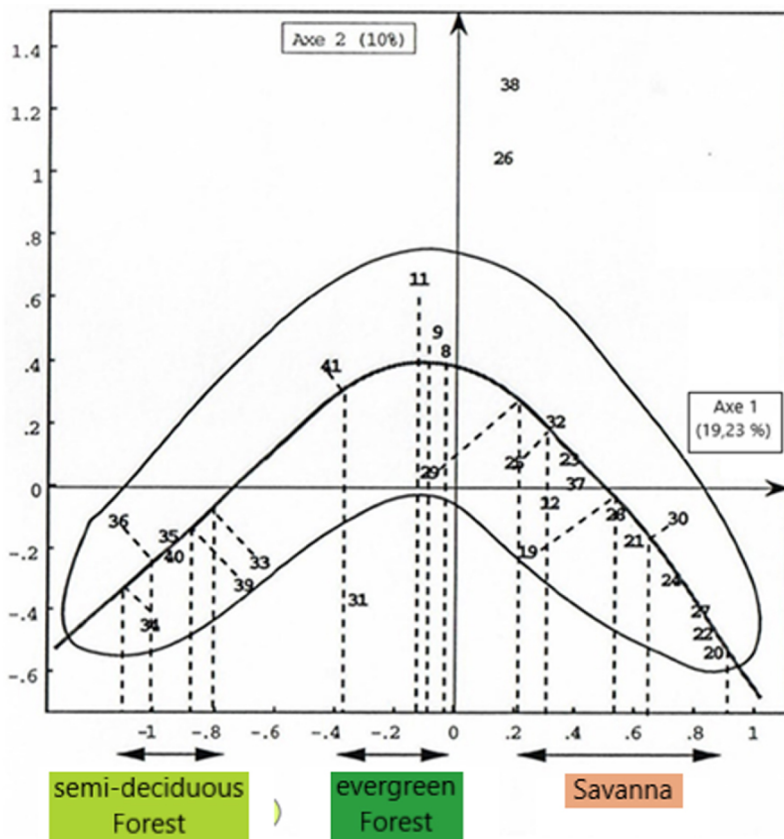


Figure 12. AFC 2: effet Guttman.

Pouvoir distinguer le mode dominant de transport des pollens sur les côtes camerounaises consiste à bien connaître la circulation atmosphérique des masses d'air dans cette région et les solides en suspension dans les

apports d'eau. La mousson associée aux vents d'ouest forme un flux permanent vers le continent qui peut contrer l'action de l'Harmattan. Cependant, des pollens véhiculés par la poussière d'Harmattan ont été observés sur des filtres de gaze installés sur des navires naviguant au large du golfe de Guinée [Calleja et Van Campo 1990] et sur les sommets des noyaux de la plateforme ouest-africaine [Dupont et Agwu 1991 , Hooghiemstra et al. . 1986]. Il semble probable que les poussières Harmattan, qui dépassent à peine la limite Forêt / Savane et une partie des poussières de la brume sèche [Suchel 1988], et que les pluies tombent au sol, sont absorbées par les ruissellements qui atteignent les rivières, la rivière Sanaga et enfin l'embouchure. Ainsi, on peut conclure que les apports éoliens ne sont pas significatifs dans les gisements de la côte camerounaise, ce qui nous conduit à nous concentrer sur les apports fluviaux.

4.3. Transport par la rivière

Le pollen moyen des Poacées dans les niches écologiques des savanes nordiques est d'environ 43%, et ces valeurs sont maintenues à un niveau d'environ 20% dans les échantillons situés plus en aval. Pollens de *Pycnanthus* de la forêt côtière et *Celtis*, *Martretia*, *Tetrorchidium* ou *Elaeistes* pollens de forêt semi-décidue se retrouvent dans les échantillons en aval de la Sanaga, mais absents dans les échantillons situés plus en aval de la savane. Cette observation se justifie par la simple raison qu'une rivière ne peut pas couler et transporter ces apports en amont, même le flux permanent des vents d'ouest n'est pas capable de le faire. De plus, les pollens endommagés, difficiles à identifier en raison de la détérioration de leurs parois, sont présents en abondance dans les échantillons situés en aval de la Sanaga, ils ont certainement été détruits par un long transport par eau. En effet, les pollens sont probablement sédimentés plusieurs fois sur le lit ou les berges du fleuve et remobilisés lors des crues avant d'atteindre les embouchures. Il y a donc une dégradation différentielle du pollen. Lorsque le pollen est observé dans la lumière ultraviolette, 1996]).

Après déduction du transport du pollen par l'effet Guttman suite à l'analyse factorielle de correspondance, basée sur l'analyse des spectres polliniques des transects, on peut donc en déduire qu'une bonne partie du pollen qui arrive sur la plateforme du Cameroun est transportée par la Sanaga Rivière. Ceci a également été observé dans des échantillons de dragage sur la plate-forme camerounaise où les fortes proportions de processions polliniques étaient localisées dans l'axe des dépôts fluviaux [Bengo 1996]. De même, des études similaires aux nôtres ont également montré le rôle plus ou moins important dans le transport du pollen vers l'embouchure du fleuve Sénégal [Lézine et Edoh 1991], et de la rivière Trinity en Amérique [Traverse et al. 1990].

L'étude isotopique du carbone 13 sur les mêmes échantillons que le nôtre [Bird et al. 1994] ont donné des valeurs moyennes de $\delta^{13}C$ de -19 à -17 ‰ pour les échantillons de Sanaga en amont et de -27 ‰ pour les échantillons de forêt. Ainsi, les valeurs de -25 à -24 ‰ près de l'embouchure de la Sanaga pourraient donc s'expliquer par un mélange de matière organique provenant des savanes par le Mbam et le Sanaga. Une fois de plus, les résultats de l'étude isotopique convergent complètement avec ceux de la palynologie.

5. Conclusions

Le pollen piégé dans le limon des berges enregistre très clairement l'image du couvert végétal environnant. La méthodologie et les analyses adoptées pour cette étude palynologique ont finalement conduit à mettre en évidence l'origine terrigène des apports sédimentaires du plateau continental camerounais et la prépondérance du transport fluvial. Des analyses multivariées ont permis de corroborer l'identification des pollens, de différencier et de regrouper les échantillons en fonction des écosystèmes végétaux où ils ont été prélevés. L'effet Guttman et la classification hiérarchique Dendrogramm ont montré que l'appariement des différents groupes d'échantillons était lié à un seul facteur qui est le transport du pollen. Par rapport à la circulation atmosphérique régionale, le transport éolien s'est révélé négligeable, que ce soit les vents de l'harmattan soufflant vers l'océan ou les alizés et les vents de mousson d'ouest qui sont dirigés vers le continent. L'absence de taxons forestiers typiques en aval dans les échantillons de savane, et la présence de taxons typiques de savane en amont dans les échantillons en aval, conduit à la conclusion qu'il existe un transport fluvial de Graminae et d'autres vers l'embouchure. Ainsi, on peut noter que, sur les côtes ouest-africaines, le transport du pollen par le vent est important; tandis que sur les côtes méridionales du golfe de Guinée, il est essentiellement fluvial par le drainage des grands bassins. Ces résultats de la dynamique du pollen pourraient être transposés dans un bassin autre que celui de la Sanaga. et la présence de taxons de savane typiques en amont dans les échantillons en aval, conduit à la conclusion qu'il existe un transport

fluvial de Graminae et d'autres vers l'embouchure. Ainsi, on peut noter que, sur les côtes ouest-africaines, le transport du pollen par le vent est important; tandis que sur les côtes méridionales du golfe de Guinée, il est essentiellement fluvial par le drainage des grands bassins. Ces résultats de la dynamique du pollen pourraient être transposés dans un bassin autre que celui de la Sanaga. et la présence de taxons de savane typiques en amont dans les échantillons en aval, conduit à la conclusion qu'il existe un transport fluvial de Graminae et d'autres vers l'embouchure. Ainsi, on peut noter que, sur les côtes ouest-africaines, le transport du pollen par le vent est important; tandis que sur les côtes méridionales du golfe de Guinée, il est essentiellement fluvial par le drainage des grands bassins. Ces résultats de la dynamique du pollen pourraient être transposés dans un bassin autre que celui de la Sanaga.

Remerciements

Pour leur contribution à la rédaction de cet article, merci sincèrement à: Jean de Dieu Nzila, Maître de conférences CAMES (Université Marien Ngouabi); Victor Kimpouni, Maître de conférences CAMES (Université Marien Ngouabi); Noel Watha Douady, Maître assistant CAMES (Université Marien Ngouabi); Anthelme Tsoumou, docteur (Université Marien Ngouabi).

Bibliographie

- [Aubréville, 1948] A. Aubréville Etude sur les forêts de l'Afrique Equatoriale Française et du Cameroun, Sect. Techn. Afric. Trop. Bull. Sci., Volume 2 (1948), 132 pages
- [Bengo and Maley, 1991] M. D. Bengo; J. Maley Analyses des flux polliniques sur la marge sud du Golfe de Guinée depuis 135.000 ans, C. R. Acad. Sci. Paris, Ser. II, Volume 313I (1991), pp. 843-849
- [Bengo, 1996] M. D. Bengo, 1996 (La sédimentation pollinique dans le Sud-Cameroun et sur la plateforme marine à l'époque actuelle et au Quaternaire récent : études des paléoenvironnements. Thesis, Univ. Montpellier 2, France. 220 p)
- [Benzecri and Benzecri, 1980] F. Benzecri; J. P. Benzecri Pratique de l'Analyse des données. Tome 1. Analyse des correspondances : Exposé élémentaire, Dunod, Paris, 1980 (424 p. (ISBN 2040157328). ISBN 10:2040112278/ISBN 13: 9782040112271) | Zbl 0446.62001
- [Bird et al., 1994] M. Bird; P. Giresse; A. R. Chivas Effect of forest and savanna vegetation on the carbon-isotope composition of sediments from the Sanaga River, Cameroon, Limnol. Oceanogr., Volume 39 (1994) no. 8, pp. 1845-1854
- [Bonnefille and Riollet, 1980] R. Bonnefille; G. Riollet Pollens des savanes d'Afrique Orientale, CNRS, Paris, 1980 (256 p. et 113 pl)
- [Boyé et al., 1975] M. Boyé; F. Baltzer; C. Caratini; A. Hampartzoumian; J. C. Olivry; J. C. Plaziat; J. F. Villiers Mangrove of the Wouri estuary, Cameroon, Proc. International Symposium on Biology and Management of Mangroves, Gainesville, FL (G. E. Walsh; S. C. Snedaker; H. J. Teas, eds.), Volume 2, 1975, pp. 431-454
- [Calleja and Van Campo, 1990] M. Calleja; E. Van Campo Pluie pollinique le long d'un transect Atlantique Afrique-Bahamas, C. R. Acad. Sci. Paris, Ser. II, Volume 310 (1990), pp. 1321-1326
- [Caratini et al., 1974] C. Caratini; Ph. Guinet Pollens et Spores d'Afrique tropicale, Trav. & Docu. Géogr. Trop. 16, CEGET/CNRS, Bordeaux, 1974 (282 p. et 98 pl)
- [Cour, 1974] P. Cour Nouvelles techniques de détection des flux et des retombées polliniques : étude de la sédimentation des pollens et des spores à la surface du sol, Pollen et Spores, Volume 16 (1974), pp. 103-141
- [Din, 1991] D. Din, 1991 (Contribution à l'étude botanique et écologique des mangroves de l'estuaire du Cameroun. Thesis, Univ. Yaoundé, Cameroun. 252 p.)
- [Dupont and Agwu, 1991] L. M. Dupont; C. O. Agwu Environmental control of pollen grain distribution patterns in the Gulf of Guinea and offshore NW-Africa, Geol. Rundschau, Volume 80 (1991), pp. 567-589
- [Elenga et al., 2000] H. Elenga; O. Peyron; R. Bonnefille; D. Joly; R. Chedadi; J. Guiot; V. Andrieu; S. Bottema; G. Buchet; J.-L. De Beaulieu; A. Hamilton; J. Maley; R. Marchant; R. Perezobilo; M. Reille; G. Riollet; L. Scott; H. Straka; D. Taylor; E. Van Campo; A. Vincens; F. Laarif; H. Jonson Pollen-based biome reconstruction for southern Europe and Africa at 18,000 yr BP, J. Biogeogr., Volume 27 (2000), pp. 621-634
- [Elenga et al., 2004] H. Elenga; J. Maley; A. Vincens; I. Farrera Palaeoenvironments, palaeoclimates and landscape development in Central Equatorial Africa. A review of major terrestrial keys sites

covering the last 25 kyrs, Past Climate Variability Through Europe and Africa (Battarbee, ed.), Springer, 2004, pp. 181-198

- [Faegri and Inversen, 1975] K. Faegri; J. Inversen Text Book of Modern Pollen Analysis, Blackwell, Oxford, 1975 (295 p.)
- [Frédoux and Maley, 1996] A. Frédoux; J. Maley Le contenu pollinique de l'atmosphère dans les forêts sud camerounaises près de Yaoundé, Dynamique à long terme des Ecosystèmes forestiers intertropicaux, Symposium ECOFIT, Mars 1996, 1996 (Bondy, 63)
- [Giresse et al., 2009] P. Giresse; M. Mvoutou; J. Maley; A. Ngomanda Late-Holocene equatorial environments inferred from deposition processes, carbon isotopes of organic matter, and pollen in three shallow lakes of Gabon, West-Central Africa, *J. Paleolimnol.*, Volume 41 (2009) no. 2, pp. 369-392
- [Guillet et al., 1996] B. Guillet; O. Maman; A. Mariotti; C. Girardin; D. Schwartz Preuves pédologiques de l'avancée de la Forêt sur la Savane au Cameroun. Contribution de la géochimie organique et isotopique, Symp. Internat. Dynamique à long terme des écosystèmes forestiers intertropicaux, Bondy, 20–22 mars 1996, 1996, pp. 149-153
- [Haerserts, 1985] P. Haerserts Les lœss du Pléistocène supérieur en Belgique. Comparaisons avec les séquences d'Europe centrale, *Bulletin de l'Association française pour l'étude du Quaternaire*, Volume 22 (1985) no. 2–3, pp. 105-115
- [Hammer et al., 2001] Ø Hammer; D. A. T. Harper; P. D. Ryan PAST: paleontological statistics software package for education and data analysis, *Palaeontol. Electron.*, Volume 4 (2001) no. 1, 9 pages
- [Hooghiemstra et al., 1986] H. Hooghiemstra; C. O. Agwu; H. J. Beug Pollen and spore distribution in recent marine sediments: a record of NW-African seasonal wind patterns and vegetation belts, *Meteor Forschung Ergebnisse*, C, Volume 40 (1986), pp. 87-135
- [Jolly et al., 1996] D. Jolly; R. Bonnefille; S. Burcq; M. Roux Représentation pollinique de la forêt dense humide du Gabon, tests statistiques, *Comptes-Rendus de l'Académie des Sciences, Paris, série 2a*, Volume 322 (1996), pp. 63-70
- [Jolly et al., 1998a] D. Jolly; I. C. Prentice; R. Bonnefille; A. Ballouche; M. Bengo; P. Brenac; G. Buchet; D. Burney; J.-P. Cadet; R. Cheddadi; T. Ector; H. Elenga; S. Elmoutaki; J. Guiot; F. Laarif; H. Lamb; A.-M. Lézine; J. Maley; M. Mbenza; O. Peyron; M. Reille; I. Reynaud-Farrera; G. Riollet; J. C. Ritchie; E. Roche; L. Scott; I. Ssemenda; H. Straka; M. Umer; E. Van Campo; S. Villimumballo; A. Vincens; M. Waller Biome reconstruction from pollen and plant macrofossil data for Africa and Arabian Peninsula at 0 and 6000 years, *J. Biogeogr.*, Volume 25 (1998a), pp. 1007-1027
- [Kimpouni et al., 2014] V. Kimpouni; J. Loumeto; J. Mizingou Woody flora and dynamic of *Aucoumea klaineana* forest in the Congolese littoral, *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, Volume 8 (2014) no. 4, pp. 1393-1410
- [Laclavère, 1979] Atlas de la République Unie du Cameroun (G. Laclavère, ed.), Publication Jeune Afrique, Paris, 1979 (72 p)
- [Lebamba et al., 2009a] J. Lebamba; A. Vincens; D. Jolly; A. Ngomanda; P. Schevin; J. Maley; I. Bentaleb; REGAB Members Modern pollen rain in savanna and forest ecosystems of Gabon and Cameroon, Central Atlantic Africa, *Palaeobot. Palynol.*, Volume 153 (2009a), pp. 34-45
- [Lebamba et al., 2009b] J. Lebamba; A. Ngomanda; A. Vincens; D. Jolly; C. Favier; H. Elenga; I. Bentaleb A reconstruction of Central Atlantic African biomes and forest succession stages derived from modern pollen data and plant functional types, *Clim. Past, Discuss.*, Volume 5 (2009b), pp. 1-50
- [Leroux, 1983] M. Leroux Le climat de l'Afrique tropicale, Champion, Paris, 1983 (volume 2. 650 p)
- [Letouzey, 1968] R. Letouzey Etude phytogéographique du Cameroun, Lechevalier edit, Paris, 1968 (508 p)
- [Letouzey, 1985] R. Letouzey Notice de la carte phytogéographique du Cameroun au 1/500.000, Inst. Rech. Agro., Yaoundé, 1985 (et Inst. Carte Intern. Végétation, Toulouse)
- [Lézine and Ector, 1991] A.-M Lézine; T. M. Ector Modern pollen deposition in West African Sudanian environments, *Rev. Palaeobot. Palynol.*, Volume 67 (1991), pp. 41-58
- [Lézine et al., 2009] A.-M. Lézine; J. Watrin; A. Vincens; C. Hely; contributors Are modern pollen data representative of West African vegetation, *Rev. Palaeobot. Palynol.* (2009)
- [Maley, 1987] J. Maley Fragmentation de la forêt dense humide ouest-africaine et extension d'une végétation montagnarde à basse altitude au Quaternaire récent: Nouvelles données polliniques et chronologiques. Implications paléo-climatiques et biogéographiques, *Palaeoecol. Afr.*, Volume 18 (1987), pp. 307-334

- [Maley, 1990] J. Maley L'histoire récente de la forêt dense humide africaine : essai sur le dynamisme de quelques formations forestières, Paysages quaternaires de l'Afrique Centrale Atlantique (R. Lanfranchi; D. Schwartz, eds.), Didactiques, ORSTOM, 1990, pp. 367-382
- [Martin, 1966] D. Martin Etudes pédologiques dans le Centre Cameroun (Nanga-Eboko à Bertoua), Mem. ORSTOM, No 19, Paris, 1966 (92 p)
- [Ngomanda et al., 2008] A. Ngomanda; K. Neumann; A. Scheizer; J. Maley Seasonality change and the third millennium BP rainforest crisis in southern Cameroon (Central Africa), *Quat. Res.*, Volume 71 (2008), pp. 307-318
- [Nguestop et al., 2004] V. F. Nguestop; S. Servant-Vildary; M. Servant Late Holocene climatic changes in West Africa, a high resolution diatom record from equatorial Cameroon, *Quat. Sci. Rev.*, Volume 23 (2004), pp. 591-609
- [Nouvelot, 1972] J. F. Nouvelot Le régime des transports solides en suspension dans divers cours d'eau du Cameroun de 1969 à 1971, *Cahiers ORSTOM Ser. Hydrol. Vol. IX, no. 1, 1972*
- [Nzila et al., 2018] J. D. Nzila; V. Kimpouni; N. Watha-Ndoudy; M. M. Nanitelamio; Y. M. Salisou; D. P. Nguila-Ntsoko Soils typology and floristic diversity of the forest of the "Cité Scientifique" of Brazzaville, Congo, *Open J. Ecol.*, Volume 8 (2018), pp. 286-304
- [Olivry, 1977] J. C. Olivry Transports solides en suspension au Cameroun, *Int. Ass. Hydro. Sci. Publ.*, Volume 122 (1977), pp. 134-141
- [Peyron et al., 2006] O. Peyron; D. Jolly; P. Braconnot; R. Bonnefille; J. Guiot; D. Wirmann; F. Chalie Quantitative reconstructions of annual rainfall in Africa 6000 years ago: model-data comparison, *J. Geophys. Res.*, Volume 111 (2006), D24110 pages
- [Piton, 1987] B. Piton Les anomalies océanographiques et climatiques de 1983 et 1984 dans le Golfe de Guinée, *Veille Clim. Satellitaire*, Volume 16 (1987), pp. 18-31
- [Puig, 2001] H. Puig La Forêt Tropicale Humide, Belin, Paris, 2001 (448 p)
- [Reynaud and Maley, 1994] I. Reynaud; J. Maley Histoire récente d'une formation forestière du Sud-Ouest Cameroun à partir de l'analyse pollinique, *C. R. Acad. Sci. Paris, Ser. II*, Volume 317 (1994), pp. 575-580
- [Reynaud-Farrera, 1995] I. Reynaud-Farrera, 1995 (Histoire des paléoenvironnements forestiers du Sud Cameroun à partir d'analyses palynologiques et statistiques de dépôts holocènes et actuels. Unpublished PhD thesis, Univ. Montpellier II. 198 p)
- [Roux, 1985] M. Roux Algorithmes de classification, Méthodes et Programmes, Masson, Paris, 1985 (151 p)
- [Salard-Cheboldaeff, 1980] M. Salard-Cheboldaeff Palynologie camerounaise. I. Pollens de la mangrove et des fourrés arbustifs côtiers, *C. R. 105è Congrès Nat. Soc. Savantes, Caen, Sci.*, fasc. 1, 1980, pp. 233-247
- [Salard-Cheboldaeff, 1981] M. Salard-Cheboldaeff Palynologie camerounaise. II. Grains de pollens de la forêt littorale de basse altitude, *C. R. 106è Congrès Nat. Soc. Savantes, Perpignan, Sci.*, fasc. 1, 1981, pp. 125-136
- [Salard-Cheboldaeff, 1982] M. Salard-Cheboldaeff Palynologie camerounaise. II. Grains de pollens de la forêt dense humide de basse et moyenne altitude, *C.R. 107è Congr. Nat. Soc. Savantes, Brest, Sci.*, fasc 1, 1982, pp. 127-141
- [Salard-Cheboldaeff, 1983] M. Salard-Cheboldaeff Palynologie camerounaise. II. Grains de pollens de la forêt dense humide de moyenne altitude, *C.R. 108è Congrès Nat. Soc. Savantes, Grenoble, Sci.*, fasc. 2, 1983, pp. 117-129
- [Segalen, 1967] P. Segalen Les sols et la Géomorphologie du Cameroun, *Cah. ORSTOM, Sér. Pédol.*, Volume 5 (1967), pp. 137-188
- [Suchel, 1988] J. B. Suchel, 1988 (Les climats du Cameroun. Thèse, Univ. Saint-Etienne, France. 1188 p)
- [Thioulouse, 1990] J. Thioulouse MacMul and GraphMu: two Macintosh programs for the display and analysis of multivariate data, *Comput. Geosci.*, Volume 16 (1990) no. 8, pp. 1235-1240
- [Traverse, 1990] A. Traverse Studies on pollen and spores in rivers and other bodies of water, I, terms of source-vegetation and sedimentation, with special reference to Trinity river and Bay, Texas, *Rev. Palaeobot. Palynol.*, Volume 64 (1990), pp. 297-303
- [Vincens et al., 2000] A. Vincens; M. A. Dubois; B. Guillet; G. Achoundong; G. Buchet; V. Kamgang Kabeyene Beyala; C. De Namur; B. Riera Pollen-rain-vegetation relationships along a forest savanna transect in South-eastern Cameroon, *Rev. Palaeobot. Palynol.*, Volume 110 (2000) no. 3-4, pp. 191-208
- [Volle, 1993] M. Volle Analyse des Données (3 Edit.), Economica, Paris, 1993 (323 p)

- [White, 1986] F. White La végétation de l'Afrique, UNESCO/AETFAT/UNSO, Mémoire et Cartes, Paris, 1986 (384 p)
- [Youta Happi, 1998] J. Youta Happi, 1998 (Arbres contre graminées. La lente invasion de la savane par la forêt au Centre-Cameroun. Thèse, Univ. Paris IV, France. 240 p)