

## Original article

## Plant biology

## Evolution paléohydrologique du marais Paurosa au centre du Gabon au cours des deux derniers millénaires : Contribution des diatomées

KOM Meliphe Francis<sup>1</sup>, NGUETSOP Victor François\*<sup>1</sup>, BREMOND Laurent<sup>2,3</sup>, FONKOU Théophile<sup>1</sup>, NOUMSI Bernadette<sup>1</sup>, SEBAG David<sup>4</sup>, OSLISLY Richard<sup>5</sup>, TSALEFAC Maurice<sup>6</sup>

<sup>1</sup> Unité de Recherche de Botanique Appliquée, (LABOA) Université de Dschang, Cameroun

<sup>2</sup> Institut des Sciences de l'Évolution - Montpellier, UMR 5554 CNRS-IRD-Université Montpellier-EPHE, Montpellier, France.

<sup>3</sup> École Pratique des Hautes Études, PSL Research University, 4-14 rue Ferrus, 75014 Paris, France.

<sup>4</sup> Université de Rouen, France.

<sup>5</sup> UMR PALOC Institut de Recherche pour le Développement et Agence Nationale des Parcs Nationaux, BP 20379 Libreville, Gabon.

<sup>6</sup> Département de Géographie, Université de Dschang, Cameroun.

\* Auteur correspondant (vfnguetsop@yahoo.fr)

### RESUME

Cet article présente les résultats d'analyses de la variation des assemblages de diatomées le long de la carotte prélevée dans le marais Paurosa (0°12'47,4"S; 11°35'19,3" E) qui se trouve dans une mosaïque forêt-savane au Nord du Parc National de la Lopé au Gabon. Les données obtenues ont permis de reconstruire l'histoire paléohydrologique de ce marais depuis 2000 ans. La microflore des diatomées bien diversifiée montre d'importants changements pendant cette tranche de temps. A la base de la carotte (2000-1700 ans cal. BP), la dominance des assemblages à *Pinnularia viridiformis*, benthiques, indique une phase de bas niveau palustre avec probablement des eaux claires. L'épisode qui s'ensuit entre 1700-700 ans cal BP montre une évolution vers des conditions plus humides marquées par l'abondance de diatomées tychoplanctoniques acidophiles et oligotrophes. Entre 700 et 500 ans BP, les assemblages de diatomées montrent une baisse du niveau d'eau marquée par l'abondance de benthiques oligotrophes alcaliphiles. L'épisode 4 (500-200 ans cal BP) est comparable à l'épisode 2 et indique aussi des conditions plus humides. Les conditions actuelles se mettent en place sur les 200 dernières années, avec un développement de diatomées benthiques et épiphytes, typiques des mares inondées durant la saison des pluies. Les variations d'humidité de ce marais au cours de ces deux millénaires peuvent s'expliquer par des modifications de la saisonnalité et des quantités de précipitations régionales mais aussi par les conditions hydrologiques locales.

**Mots clés** : Gabon, Marais, Savane, Diatomées, Habitat, Trophie, Paléohydrologie

### ABSTRACT

This paper presents the results of the analysis of changes in diatoms assemblages along the core derived from the Paurosa Marsh (0° 12'47.4 'S; 11 35'19.3 'E), which is located in a forest-savanna mosaic at the northern of Lope National Park, Gabon. The data obtained led to the reconstruction of the paleoecological history of this marsh for the past 2000 years. The well-diversified diatom microflora shows significant changes during this period. At the base of the core (2000-1700 cal yr BP), the predominance of benthic diatoms dominated by *Pinnularia viridiformis* indicates a phase of low water level with probably a clear water column. The episode that follows between 1700-700 cal yr BP shows an evolution towards wetter conditions marked by high abundances of acidophilous tycho planktonic and oligotrophic species. Between 700 and 500 cal yr BP, the diatoms assemblages show a decrease of water level marked by high abundances of benthic alkaliphilous and oligotrophic species. Episode 4 (500 to 200 cal yr BP) is comparable to episode 2, thus indicates more humid conditions than before. The modern conditions were established since the last 200 years, with the development of benthic and epiphytic diatoms, typical of ponds flooded during the rainy season. The humidity variations of this marsh during these two millennia can be explained by the seasonality changes and amounts of regional precipitations but also by local hydrological conditions.

**Key words**: Gabon, March, savanna, Diatoms, Trophic status, Paleaohydrology,.

### INTRODUCTION

En Afrique Centrale, plusieurs études concernant la période Holocène ont permis de montrer l'évolution des écosystèmes forestiers en relation avec des changements paléoclimatiques [1-3].

Les études micropaléontologiques sur l'évolution des milieux humides sont très souvent négligées au profit de celles concernant les écosystèmes forestiers. Pourtant, pour obtenir une image complète et quantitative des changements du

climat continental, il est essentiel de reconstruire précisément les paramètres hydrologiques et climatiques à l'échelle du bassin versant des systèmes hydrologiques tels que les lacs ou les marais. Les modifications hydrologiques passées ont en effet souvent touché des sociétés humaines anciennes. Dans le contexte du réchauffement climatique actuel, la précision de la prévision du climat futur devient essentielle. Dans ce contexte, la connaissance de la variabilité hydrologique et climatique passée est une tâche importante pour la communauté scientifique qui encourage les contributions issues des enregistrements lacustres ou d'autres milieux humides continentaux à l'aide de nouvelles approches en sédimentologie, en géochimie isotopique et en micropaléontologie. Ces données peuvent faciliter la détermination de l'évolution des bilans hydrologiques et permettre d'accéder à la modélisation du climat [4]. Pendant les dernières décennies, beaucoup d'efforts ont été faits pour comprendre et reproduire la dynamique spatio-temporelle des changements climatiques à l'échelle globale [5]. Mais de grandes zones de la planète notamment en Afrique restent encore peu connues [6] et leur étude à plus petite échelle spatiale n'est pas encore suffisante [7]. En effet, à la tendance paléoclimatique générale observée, se superposent des variations climatiques locales qu'il convient d'étudier. Comparativement aux zones sub et extratropicales, des incertitudes pèsent donc encore sur l'évolution attendue du climat de l'Afrique centrale, et notamment des précipitations, en réponse à l'augmentation des gaz à effet de serre [8-9]. Evaluer les modalités des éventuels changements climatiques qui ont affectés (ou vont affecter) l'Afrique centrale suppose dans tous les cas une bonne connaissance préalable du climat passé de la sous-région. En Afrique Centrale, quelques sites clés ont fait l'objet de récentes études complémentaires. Ces approches multidisciplinaires ont été utilisées notamment dans les sédiments holocènes du lac Ossa [10-11] au Cameroun ; les lacs Nguène et Kamalété [13], au Gabon dans les lacs Sinnda, Kitina et la dépression de Mopo-Mbai [14-15] au Congo. Dans tous les cas, il reste donc nécessaire d'acquérir dans cette région des données à haute résolution à l'aide d'indicateurs variés car l'histoire

de l'Holocène récent ne reste que grossièrement connue. En Afrique centrale, les données sur les diatomées fossiles sont rares pourtant leur étude pourrait d'une part renseigner directement sur les conditions climatiques passées qui ont caractérisé l'écosystème aquatique local et d'autre part infirmer ou confirmer les hypothèses émises par l'étude des autres proxies. La présente étude se propose donc de décrire des changements paléohydrologiques qui ont eu lieu dans le marais de Paurosa au nord de la réserve de la Lopé au Gabon à partir des diatomées. Des données disponibles d'autres proxies dans des sites proches seront prises en compte pour replacer les résultats de diatomées dans le contexte paléoclimatique régional.

## MATERIEL ET METHODES

### Site d'étude

Le marais Paurosa (0°12'47,4" S ; 11° 35'19,3" E) est localisé au nord du Parc National de la Lopé au centre du Gabon (Figure 1). Il s'étend sur près de 200 m de long et 50 m de large et est constitué d'un bloc forestier parsemé de savanes incluses [16].

### 2.1.1 Cadre géomorphologique

La dépression de la Lopé est intercalée entre la moyenne vallée du fleuve Ogooué et la plaine de la Lopé. Il s'agit d'une étendue de terre d'environ quinze kilomètres de diamètre occupée par de basses collines et par endroits par une mosaïque forêt-savane. Elle est traversée à l'Ouest par le fleuve Ogooué au niveau de la cordillère de l'Okanda. Le sol est constitué par la ride archéenne Lopé-Chaillu insérée entre le bassin intracratonique du Francevillien et les séries métamorphiques de l'Ogooué. Cette dépression est dominée par les schistes et grès quartzites à l'Ouest de l'Ogooué et limitée par les éminences jaspoïdes des séries du bassin Francevillien à l'Est [17]. La présence de nombreux dépôts alluviaux de galets, graviers et de sables en forme d'alvéoles sur les sols ferrallitiques suggèrent des paléo-divagations du fleuve Ogooué [18,19]. La mauvaise percolation des eaux de ruissellements au travers des sols polyphasés associés à un tapis herbacé discontinu, favorisent une intense érosion qui se manifeste par le décapage et le ravinement des horizons pédologiques.

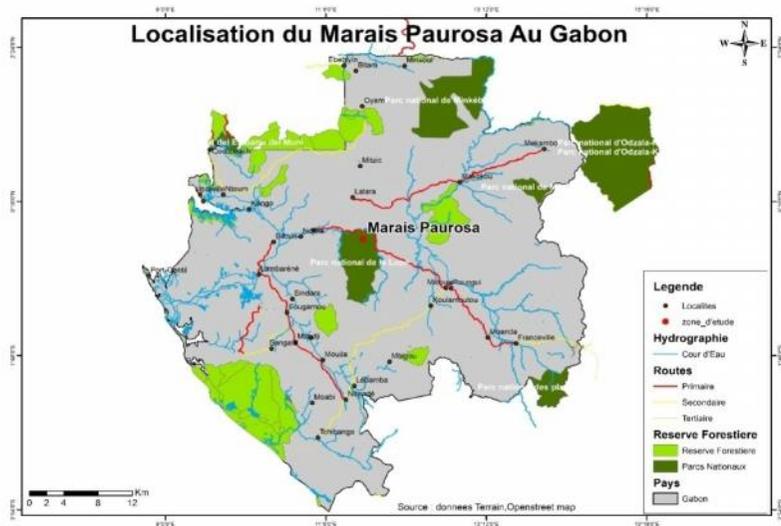


Figure 1: Localisation du marais Paurosa dans la réserve de la Lopé au Centre du Gabon

### Végétation

Le Parc National de la Lopé au Gabon est constitué d'une mosaïque forêt – savane (Figure 2). Les savanes sont incluses dans le bloc forestier qui appartient à la région Guinéo-congolaise [17]. Au Nord de de la zone d'étude, elles sont dominées par la graminée *Anadelphia afzeliana* et au Sud par *Hyparrhenia diplandra*, *Schizachyrum platyphyllum* et *Panicum nervatum* qui coexistent avec les ligneux *Crossopteryx febrifuga*, *Sarcocephalus latifolius* et *Bridelia ferruginea*. Les éléments forestiers se trouvent sous forme de forêts galeries le long des cours d'eau (ripisylves).

Actuellement, les savanes sont maintenues grâce à des feux fréquents provoqués par les gestionnaires à des fins touristiques, sans quoi la forêt se développerait [20]. Les feux s'arrêtent à la limite entre les deux types de végétations, ce qui maintient une transition nette.

### Le climat

Le climat de la région de l'Ogoué où se trouve la Réserve de la Lopé est du type tropical. Il est caractérisé par une saison sèche qui dure trois mois (de Juin à Août) et une longue saison de pluies entre Septembre et Mai (Figure 3). Le climat est humide et chaud mais la pluviométrie de la Lopé est réduite par rapport au reste du pays (environ 1500 mm/an). Cette anomalie hydrique est due à un effet de Foehn produit par la présence du massif du Chaillu et des monts de Cristal situés à l'Ouest du pays. Cette pluviométrie particulière jouerait aussi un rôle dans le maintien

des savanes en plus des feux. L'eau des précipitations pénètre mal dans le sol et il en résulte un ruissellement qui constitue le principal facteur érosif de la vallée [21].

### Echantillonnage et datation des sédiments

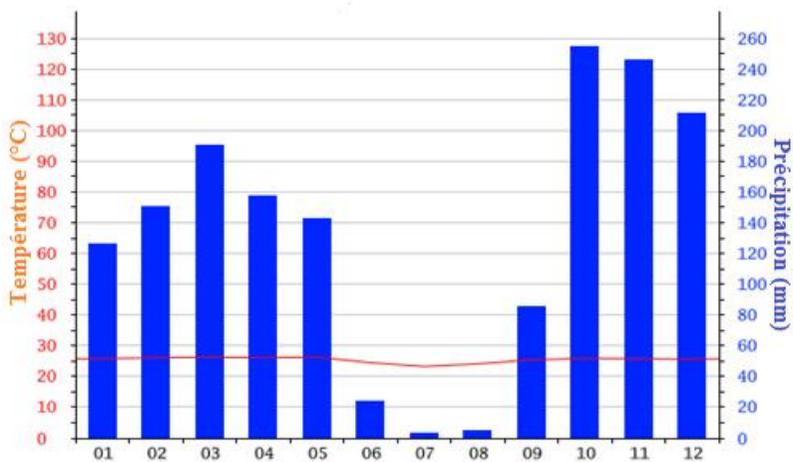
Une carotte de sédiment de longueur 337 cm et de diamètre 8 cm a été prélevée en mars 2012 au milieu du marais Paurosa à l'aide d'un carottier russe. Cette carotte montre, de la base vers le sommet un sédiment argilo organique gris qui devient noir vers 200 cm. Entre 200 et 100 cm, le sédiment devient de plus en plus clair mais parsemé de taches noires de nature organique. A partir de 100 cm, le sédiment s'éclaircit de plus en plus jusqu'au sommet de la carotte. Cette carotte a été découpée en tronçons réguliers d'un centimètre d'épaisseur, ces tronçons ont été conservés dans des sachets hermétiques afin d'éviter l'assèchement.

Les marais accumulent la matière organique en strates régulières à la manière des tourbières, ce qui facilite la datation. Les datations au 14C sur des graines prélevées dans sept niveaux (Tableau 1) ont été réalisées à Poznan Radiocarbon Laboratory (Pologne) et au Laboratoire de Mesure du Carbone 14 (Université Paris-Saclay, France). L'intérêt de dater ces graines vient du fait qu'elles sont produites et déposées annuellement, ce qui favorise une datation précise.

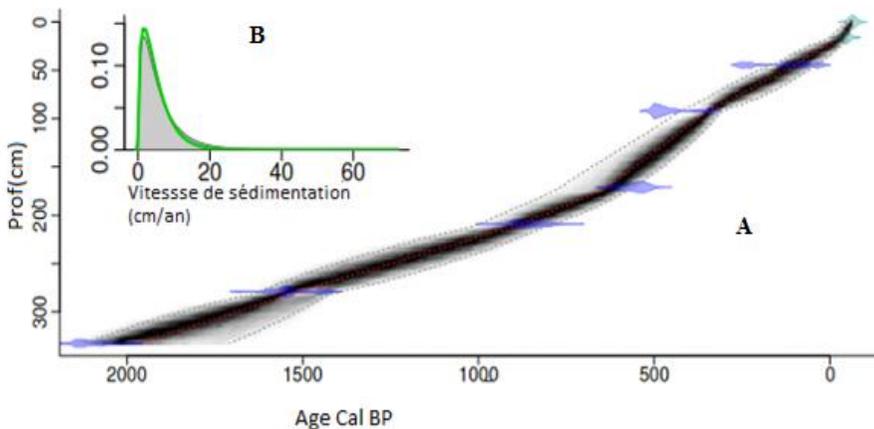
A partir de ces datations, un modèle âge-profondeur (Figure 4A) a été établi grâce au logiciel libre Bacon 2.2 [22] avec la courbe de calibration IntCal13 [23].



**Figure 2 :** Aspect de la végétation du marais Paurosa montrant une savane piquetée de quelques arbres (source : photographie personnelle de Bremond, 2012).



**Figure 3 :** Diagramme ombrothermique de l'Ogoué. Source : [www.climate.data.org](http://www.climate.data.org)



**Figure 4 :** Modèle âge-profondeur établi à partir de huit dates radiocarbones sur la carotte de Paurosa (A) et vitesse d'accumulation des sédiments (B).

**Tableau 1** : Calibration des datations au radiocarbone effectuées sur des échantillons à différentes profondeurs de prélèvement.

Code de laboratoire	Matériel	Profondeur de prélèvement (cm)	Age <sup>14</sup> C yr BP	Âges Calibrés <sup>14</sup> C (1 sigma interval)
SacA37033	Graines	16	-44,03 ± 10	-47 – 2 – 29
Poz-57549	Graines	44,5	110 ± 25	39 – 172 - 101
SacA37034	Graines	92	410 ± 30	304 – 425 - 339
Font5	Graines	171	955 ± 30	560 – 769 - 624
Font6	Graines	209	1315 ± 30	788 – 998 - 877
SacA37035	Graines	279	1640 ± 30	1393 – 1620 - 1524
Font7	Graines	332,5	2140 ± 30	1707 – 2117 - 1963

Le taux de sédimentation varie entre 0 et 0,2 cm/an mais il est essentiellement centré sur 0,15 cm/an dans les 20 premiers centimètres (Figure 4B). La vitesse d'accumulation la plus élevée est observée entre 500 et 200 ans cal BP (0,15 cm/an) alors que les plus faibles vitesses sont observées entre 2000 et 1500 ans cal BP et entre 200 et 0 ans cal BP.

Les échantillons ont été prélevés à intervalle régulier de 7 cm au sommet de la carotte, ce qui correspond à une résolution temporelle de 38 ans. Les échantillons situés plus en profondeur ont été prélevés à intervalle de 5 cm, soit une résolution temporelle comprise entre 18 – 53 ans. Au total cinquante et deux (52) échantillons ont été prélevés sur la carotte de Paurosa dans le cadre de cette étude.

L'extraction des diatomées et la préparation des lames pour les observations au microscope ont été faites suivant la méthode standard décrite par [24], qui consiste en des traitements au peroxyde d'hydrogène à chaud pour détruire la matière organique et défloculer les argiles, puis des lavages successifs à l'eau distillée pour éliminer le surnageant. Les diatomées ont été identifiées à l'aide du microscope optique de marque OLYMPUS BH-2 muni d'un interférentiel Nomarski au grossissement à immersion 1000 X. Les comptages des diatomées ont été faits suivant les transects verticaux choisis au hasard ; un minimum de 500 individus par échantillon a été compté en raison de la forte densité d'une espèce de diatomées observée le long de la carotte. Les clés d'identification qui ont été utilisées sont celles de [25-29]. Les espèces ont été regroupées

suivant différents paramètres écologiques tels que l'habitat ou le pH.

## RESULTATS ET INTERPRETATION

### Diversité spécifique de la flore

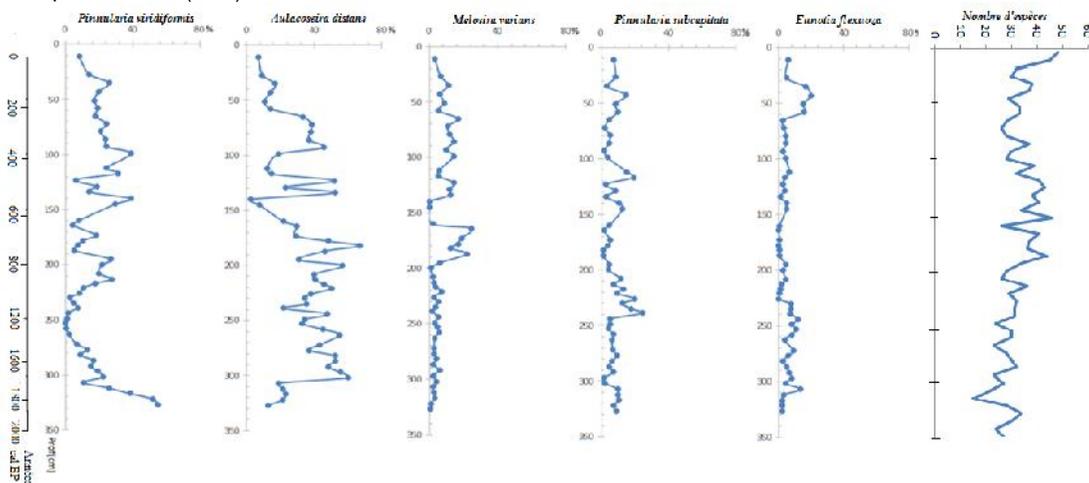
L'étude de 52 échantillons fossiles et subactuels a montré une bonne conservation des frustules de diatomées le long de cette carotte. Au total 186 espèces réparties dans 31 genres ont été observées. Parmi ceux-ci, le genre *Pinnularia* totalise le plus grand nombre d'espèces (38) suivi du genre *Eunotia* (25). Les genres *Triceratium*, *Achnantes* et *Actinocyclus* ne montrent chacun qu'une seule espèce.

La figure 5 montre la variation de l'abondance des espèces dominantes (> 5 %) le long de la carotte en fonction du temps. Globalement, les espèces dominantes sont représentées par *Pinnularia viridiformis*, *Aulacoseira distans*, *Melosira varians*, *Pinnularia subcapitata* et *Eunotia flexuosa*.

Les variations de l'abondance de *Pinnularia viridiformis* en fonction de profondeur (figure 5) montrent que les plus fortes valeurs (> 40%) se situent entre 322 et 327 cm (1850 – 2000 ans cal BP), à 140 cm (520 ans cal BP) et 99 cm (370 ans cal BP). Les plus faibles valeurs (< 1%) sont observées entre 249 et 258 cm (0,50 à 0,93 %). La tendance globale de l'évolution de *Aulacoseira distans* est inverse à celle de *Pinnularia viridiformis* le long de la carotte sédimentaire. En effet, les plus fortes abondances (>50 %) se situent entre 297 et 302 cm (1700 – 1650 ans cal BP), puis à 263 cm (1350 ans cal BP), 221 cm (985 ans cal BP), 200 cm (820 ans cal BP), 182 cm (700 ans cal BP) et entre 123 et 134 cm (500 -

450 ans cal BP). Les faibles abondances (moins de 8%) sont observées entre 140 et 145 cm (540 – 520 ans cal BP) puis à 11 cm (-38 ans cal BP). Pour ce qui est de *Melosira varians*, l'évolution de l'abondance en fonction de la profondeur est proche de celle de *Aulacoseira distans*. Les plus fortes valeurs se situent à 187cm (22%) et 164 cm (25%). Les plus faibles valeurs (8%) ont été observées entre 145 et 140 cm (538 – 520 ans cal BP), puis entre 327 et 200 cm (2000 – 820 ans cal BP). Chez *Pinnularia subcapitata*, les abondances les plus élevées (25%) sont observées à 239 cm

(1150 ans cal BP). Les plus faibles valeurs (3%) se situent entre 302 et 297 cm (1700 – 1660 ans cal BP), puis entre 182 et 187 cm (730 – 700 ans cal BP) et à 134 cm (500 ans cal BP), 123 cm (450 ans cal BP) et 35 cm (57 ans cal BP). Les abondances relatives de *Eunotia flexuosa* en fonction de la profondeur ne montrent pas de grandes variations. Les abondances sont faibles mais on observe une légère augmentation au sommet de la carotte entre 58 et 35 cm (15 à 20 %).



**Figure 5 :** Variation de l'abondance (%) des espèces dominantes et de la diversité spécifique en fonction de la profondeur dans une carotte du marais de Paurosa au Centre du Gabon

### Répartition des diatomées en fonction de l'habitat, du pH et de la trophie.

En fonction de leur habitat, les taxons identifiés ont été répartis dans 5 groupes écologiques de [30]: les planctoniques, les tychoplanctoniques, les benthiques, les épiphytes et les aérophiles (Figure 6). Les espèces incluses dans les aérophiles, se développent dans les habitats épisodiquement asséchés. La détermination de l'abondance relative de ces groupes et de ceux caractéristiques du pH et de l'état trophique le long de la colonne sédimentaire, nous permet de distinguer cinq grands épisodes dans l'évolution hydrologique dans ce marais de la Lopé. Ces courbes montrent globalement la dominance des tychoplanctoniques (25-67%) entre 1700 et 600 ans cal BP et des benthiques entre 2000 et 1700 ans cal BP, puis entre 600 et 500 ans cal BP (Figure 6).

### Episode 1 : de 2000 à 1700 ans BP (327 – 302 cm).

La flore des diatomées est dominée par *Pinnularia viridiformis* (figure 5). Cette espèce benthique [31] est légèrement acidophile et oligotrophe. D'après la littérature, elle se développerait préférentiellement sur les fonds [32], les ruisseaux et les mares ou dans les tourbières [28]. Elle est associée ici à des faibles valeurs des planctoniques et des tychoplanctoniques. Les aérophiles acidophiles telles que *Eunotia flexuosa* et *Eunotia denticulata* atteignent leurs valeurs les plus élevées (16%) à la fin de cette phase. Les faibles valeurs des abondances des planctoniques et tychoplanctoniques indiquent un bas niveau palustre avec des phases saisonnières durant lesquelles une colonne d'eau suffisamment claire permet le développement des benthiques. Pendant les saisons sèches prolongées, les diatomées aérophiles se développent.

**Episode 2 :** 1700 à 700 ans BP (302-182 cm).

La flore des diatomées est dominée par l'espèce tychoplanctonique acidophile oligotrophe *Aulacoseira distans*. Elle se développe abondamment dans les eaux stables et oligotrophes [30]. Son abondance maximale (67%) est atteinte pendant cet épisode à 182 cm (700 ans BP). Elle est associée ici à des teneurs relativement importantes des diatomées benthiques (jusqu'à 38% à 200 cm) représentée par *P. viridiformis* et d'aérophiles (jusqu'à 31% à 240 cm) représentée par *P. subcapitata*. Globalement, l'augmentation des espèces tychoplanctoniques indique une élévation du niveau d'eau dans le marais comparé à l'épisode précédent. Cependant, les planctoniques restent faibles, indiquant que cette élévation est restée modérée. Ceci est en cohérence avec la présence d'espèces benthiques qui suggère probablement une bonne transparence des eaux, autorisant ainsi les rayons lumineux d'atteindre le fond, d'où le développement des benthiques. Des assèchements plus ou moins épisodiques ayant favorisé un développement important des épiphytes tel que vers 1150 ans BP sont envisageables durant cet épisode.

**Episode 3 :** 700 à 500 ans BP (182- 134 cm)

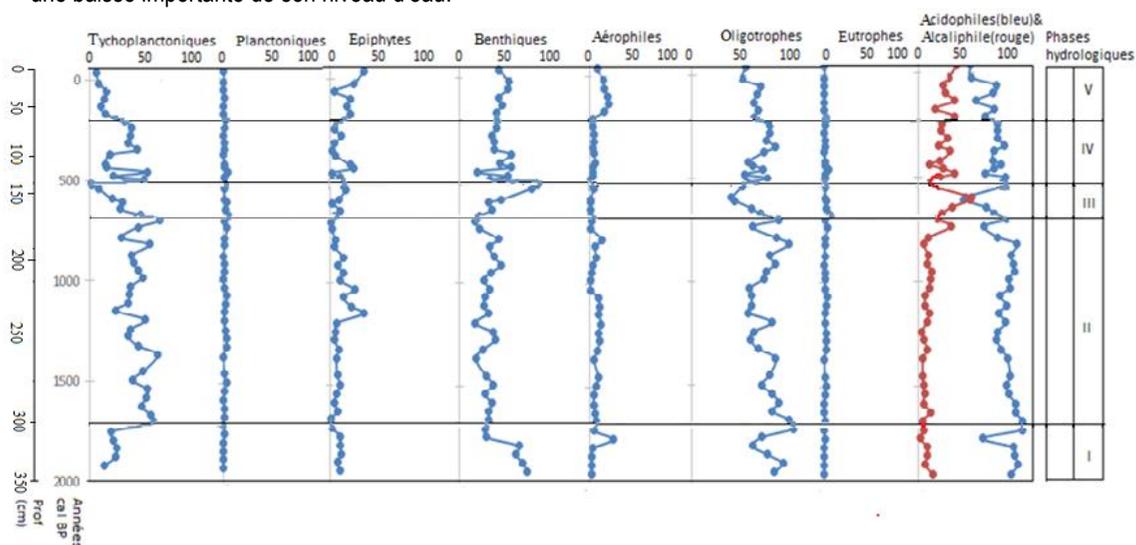
Au cours de cette tranche de temps, la dominance de l'espèce benthique *P. viridiformis* (31-73%) et la quasi disparition des tychoplanctoniques et des planctoniques indique que le marais aurait connu une baisse importante de son niveau d'eau.

**Episode 4:** 500 à 200 ans BP (134-65 cm)

En début de phase (430 – 370 ans BP), la dominance de *P. viridiformis* jusqu'à 48% et la réapparition des tychoplanctoniques telles que *A. distans* (31%) montre une augmentation de la tranche d'eau comparée à la période précédente. Entre 500 – 430 et 350 – 200 ans cal BP, de fortes teneurs en tychoplanctoniques (54%) indiqueraient des phases humides marquées par une petite remontée du niveau de l'eau probablement due à une augmentation des pluies.

**Episode 5 :** de 200 ans BP à 1988 AD (-38 ans BP) (65 à 11 cm)

Dans cette partie de la carotte, les planctoniques sont presque inexistantes et présentent des valeurs inférieures à 1%. Les tychoplanctoniques présentent de faibles teneurs. L'espèce benthique *P. viridiformis* (46%) en association avec l'espèce épiphyte ou aérophile *P. subcapitata* (31%) dominant dans cette phase. *P. subcapitata* se développe préférentiellement dans les petits lacs, les rivières et les tourbières [32]. Elle est oligotrophe d'après [33] et préférentielle des eaux acides. Par ailleurs les aérophiles représentées principalement par *Eunotia flexuosa* et *Cymbella perpusilla* atteignent leurs plus fortes valeurs (23%). On assisterait donc à une baisse significative du niveau d'eau avec des assèchements complets par endroits au moins épisodiquement (forte présence des aérophiles), les eaux étant relativement plus acides.



**Figure 6 :** Variation des assemblages de diatomées d'après l'habitat, l'état trophique et le pH le long de la carotte du marais de Paurosa en fonction du temps (ans cal BP)

**Les assemblages d'algues d'après l'AFC et la CAH : Signification écologique**

Les techniques d'analyses statistiques multivariées (AFC et CAH) sont utilisées dans cette partie dans le but d'identifier les grands assemblages d'algues, de même que les gradients environnementaux hypothétiques. Cela permet de vérifier et de préciser les interprétations suggérées dans la précédente partie.

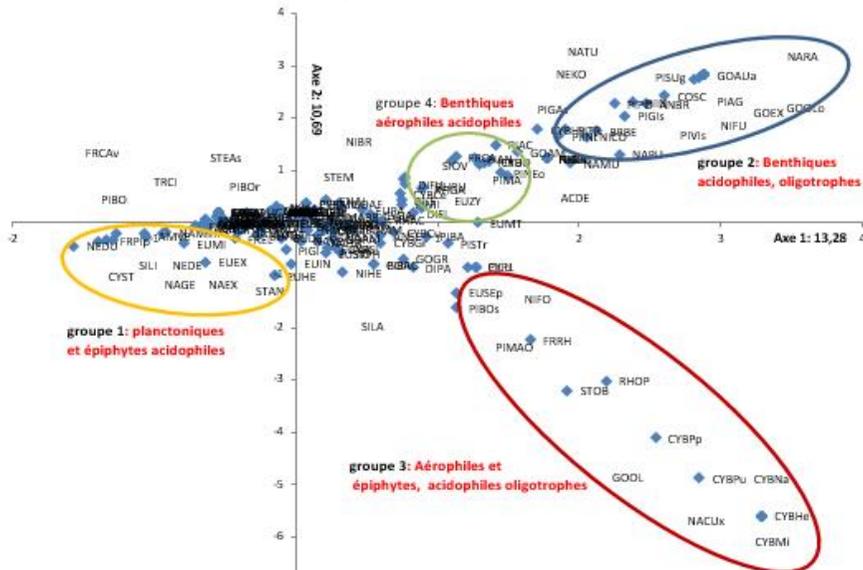
Les 7 premiers facteurs de l'Analyse Factorielle des Correspondances (AFC) représentent 58% de la variance distributionnelle (Tableau 2). Nous avons pris en compte pour nos interprétations les 2 premiers axes qui représentent environ 24% de la variance totale. Ces deux axes contiennent donc la majorité d'informations écologiques pour la distribution des espèces le long de cette carotte.

La figure 7 montre la représentation des espèces et les groupes écologiques auxquelles elles correspondent sur le plan 1-2 de l'AFC. Sur l'axe 1 (13,28% de l'inertie totale), on retrouve du côté négatif, les espèces du groupe 1 constituées des planctoniques (*Fragilaria pinnata* var. *pinnata*, *Fragilaria capucina* var. *vaucheriae*, *Cyclotella stelligera*) et des épiphytes acidophiles (*Navicula explanata*, *Navicula geoppertina* et *Neidium densestriatum*). Sur le côté positif, on retrouve les espèces du groupe 2, benthiques et oligotrophes dominées par *Pinnularia vridiformis*, *Navicula pupula*, *Navicula mutica* et *Brachysira*

*brebissonii*. L'axe 2 (10,69% de l'inertie totale) oppose les espèces du groupe 3 à celles du groupe 4. Le groupe 3 situé du côté négatif de l'axe 2 est constitué principalement des aérophiles oligotrophes (*Cymbella perpusilla*, *Cymbella pusilla*, *Frustulia rhomboides*, *Cymbella naviculiformis* et *Cymbella helvetica*) et des épiphytes à pH indifférent telles que *Gomphonema olivaceum* var. *olivaceum*, et *Navicula crucigera*. Sur le côté positif, le groupe 4 est composé des espèces aérophiles acidophiles (*Eunotia zygodon*, *Diploneis elliptica* et *Cymbella caespitosa*) et épiphytes (*Surirella ovalis*), qui prolifèrent dans les lacs et marécages peu profonds [34].

**Tableau 2 : Valeurs propres, inertie et inertie cumulée de l'AFC sur les 52 échantillons de la carotte du marais de Paurosa (Lopé, Gabon).**

Axes	Valeurs propres	Inertie	Inertie cumulée
1	0,30	13,28	13,28
2	0,24	10,69	23,98
3	0,18	8,02	32,00
4	0,17	7,80	37,80
5	0,14		44,19
6	0,13	5,73	49,92
7	0,12	5,35	55,27



**Figure 7 :** Mise en évidence des groupes caractéristiques de diatomées dans la carotte du marais Paurosa le long des axes 1 et 2 de l'AFC

Des planctoniques et des benthiques sont individualisés de part et d'autres de l'axe 1, cela traduirait la variation du niveau palustre et/ou la transparence des eaux et dans une moindre mesure du pH dans le temps. Le deuxième axe pourrait être également un axe d'habitat, mais lorsqu'on observe l'ensemble des groupes le long des axes factoriels, on peut remarquer aussi globalement une opposition entre benthiques et aérophiles le long de l'axe 2, ce qui pourrait suggérer l'importance de la transparence des eaux dans l'évolution spatio-temporelle des associations de diatomées. Les résultats de la CAH (Classification Ascendante Hiérarchique) repartissent les échantillons dans 4 grandes classes (Tableau 3).

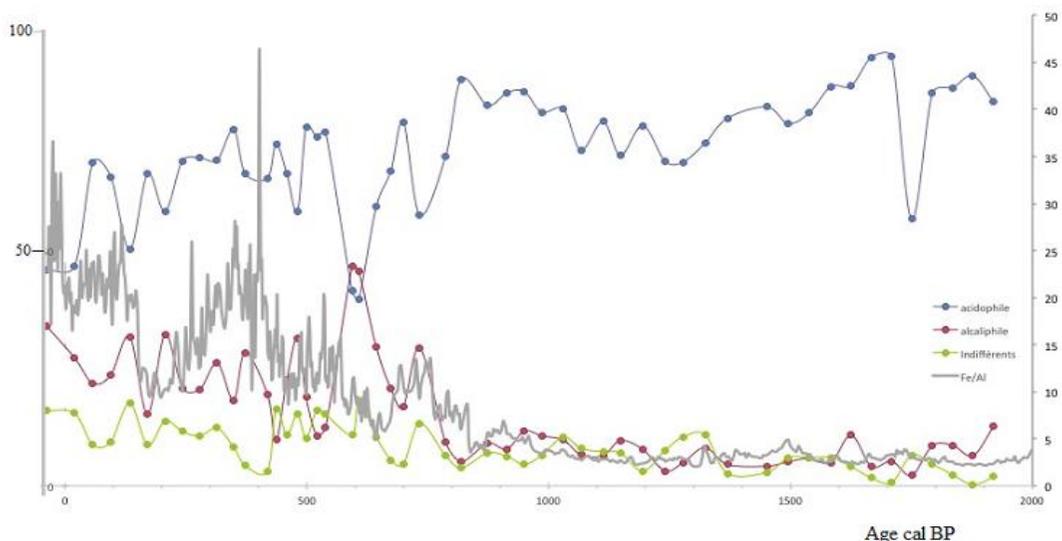
**Tableau 3:** Espèces dominantes et sous-dominantes des diatomées de la carotte du marais de Paurosa dans des classes de la CAH

Classes	Profondeur d'échantillonnage	Espèces dominantes	Espèces sous-dominantes
I	140 - 160 cm	<i>Pinnularia viridiformis</i>	<i>Aulacoseira distans</i>
II	164 cm	<i>Aulacoseira distans</i> et <i>Melosira varians</i>	<i>Navicula mutica f. intermedia</i> , <i>Pinnularia viridiformis</i>
III	1 cm, 168 - 208 cm	<i>Aulacoseira distans</i> et <i>Pinnularia viridiformis</i>	<i>Melosira varians</i> et <i>Navicula mutica f. intermedia</i>
IV	7 - 97 cm, 213 - 226 cm, 230 - 327 cm.	<i>Aulacoseira distans</i> et <i>Pinnularia viridiformis</i>	<i>Pinnularia subcapitata</i> et <i>P. borealis</i>

La classe I est composée des échantillons situés entre 140 et 160 cm (520 - 593 ans BP). Cette classe est caractérisée par la dominance de l'espèce benthique *Pinnularia viridiformis*. La présence de *Aulacoseira distans* en sous dominance serait liée au caractère oligotrophe des eaux. Cela indique des conditions

oligotrophes et acides dans un milieu aquatique à faible profondeur et/ou à forte transparence.

La classe II est constituée d'un seul échantillon situé à 164 cm (600 ans cal BP) ; elle est dominée par deux espèces (*A. distans* et *Melosira varians*) qui diffèrent par leur mode de vie et leur pH. *A. distans* est tychoplanctonique acidophile [30] alors que *Melosira varians* est planctonique alcaliphile d'après [27]. Cette association indiquerait un apport d'eau de ruissellement dans l'aire de sédimentation ayant pour conséquence la modification épisodique du pH et/ou une évaporation pendant la saison sèche ayant entraîné la concentration des sels, l'eau étant restée oligotrophe dans l'ensemble. Il s'agirait dans tous les cas d'une variabilité saisonnière ou pluriannuelle des conditions du milieu qui a influencée le niveau d'eau et le pH. La classe III intègre les échantillons entre 168 et 208 cm (650-870 ans BP) associés à un échantillon (C1) situé à 11 cm (-38 ans BP). Les espèces dominantes sont respectivement *A. distans* et *P. viridiformis*. Comparée à la classe précédente, cette association suggère une modification du pH et une transparence des eaux qui a du favoriser le développement des benthiques. La classe IV est similaire à la classe III et donc dominée par *A. distans* et *P. viridiformis*. Elle comprend 40 échantillons situés entre 230 et 327 cm (1060 et 1920 ans BP), 213 et 226 cm (900-1030 ans cal BP), 27 et 97 cm (19-350 ans BP). Elle se distingue de la classe III par la présence de *Pinnularia subcapitata* et *P. borealis*, deux espèces acidophiles respectivement épiphyte et aérophile. Leur présence traduirait une diminution épisodique de la tranche d'eau marquée par l'apparition des macrophytes dans le marais. Cette classe suggère donc des conditions hydrologiques proches de celles décrites dans l'épisode 2. Une autre hypothèse serait que le marais aurait existé à cette période sous forme de petites flaques d'eau non connectées les unes aux autres dans lesquelles on pourrait retrouver ces espèces ayant différents modes de vie.



**Figure 8 :** Variation du ratio Fe/Al et des espèces indicatrices du pH le long d'une carotte du marais de Paurosa au Gabon en fonction du temps

## DISCUSSION

Au cours de l'Holocène, les modifications des caractéristiques et de l'intensité du flux de mousson ont imposé des phases humides ou sèches en Afrique tropicale [35, 36]. Ces modifications ont joué un rôle important sur les bilans hydrologiques dans les régions tropicales [37]. L'évolution des assemblages des diatomées d'une carotte du marais de Paurosa dans le nord la réserve de la Lopé au centre du Gabon montrent la dominance des tychoplanctoniques entre 1700 et 600 ans cal BP et des benthiques entre 2000 et 1700 ans cal BP, puis de 600 ans cal BP jusqu'à la période subactuelle. Ces variations indiquent que ce marais a toujours été peu profond et aurait connu une phase relativement plus sèche vers 500 ans BP. Cette hypothèse est soutenue par de faibles valeurs d'espèces planctoniques le long de la colonne sédimentaire, après 500 ans BP, les diatomées planctoniques et tychoplanctoniques disparaissent pratiquement au profit des benthiques. L'analyse fine de ces variations des assemblages de diatomées a permis de préciser l'évolution paléohydrologique de ce marais depuis 2000 ans cal BP jusqu'à l'actuel.

A la base de la carotte (2000-1700 ans cal BP), la dominance des diatomées benthiques acidophiles et oligotrophes en association avec les aérophiles, suggère une tranche d'eau relativement faible, stable et pauvres en matières nutritives. Cet épisode, caractérisé par un bas niveau à

*Pinnularia*, semble s'être développé dans un climat évaporant avec saison sèche bien marquée ayant favorisé la diminution de la tranche d'eau restée suffisamment transparente pour permettre le développement des Pennales benthiques. La plupart des sites lacustres en Afrique centrale montre entre 2200 -2000 ans cal BP un faible niveau d'eau. Cet évènement est marqué dans les paysages végétaux par le développement des savanes et/ou des espèces héliophiles [38-40]. Cette tendance à l'aridité a été expliquée par plusieurs auteurs [37, 41] comme ayant eu pour cause un changement de saisonnalité, probablement avec des saisons sèches bien marquées en relation avec un déplacement vers le Sud de la position moyenne de la zone de convergence intertropicale (ZCIT).

Après cette phase, un épisode marqué de deux oscillations hydrologiques a eu lieu à Paurosa. La première oscillation datée entre 1700 et 700 ans BP est caractérisée par la dominance des diatomées tychoplanctoniques acidophiles et oligotrophes. Ces données traduisent probablement une évolution vers des conditions plus humides avec une colonne d'eau restée claire pour maintenir le développement des espèces benthiques. La profondeur du marais restée relativement faible aurait permis le développement des végétaux aquatiques sur lesquelles se sont fixées les espèces épiphytes. L'augmentation des dicotylédones ligneuses (65%) en fin de phase dans les diagrammes de

phytolithes traduirait une reprise forestière en réponse probablement à une augmentation du montant des précipitations, mais les Poaceae sont restées dominantes [42] dans la majeure partie de cette phase. Les diagrammes polliniques indiquent une régénération forestière dans la plupart des sites en Afrique centrale. De faibles influx de fer pourraient indiquer des conditions moins oxydantes dans les sédiments ou des précipitations moins érosives comparées à l'épisode précédent (figure 8). Toutefois des conditions locales caractérisées par la présence d'une végétation arbustive plus dense autour du marais pourraient aussi freiner l'érosion et par conséquent l'eutrophisation des eaux.

La deuxième oscillation, datée entre 700 et 500 ans BP est similaire à l'épisode 1 c'est-à-dire, riche en *Pinnularia* mais associé ici à une baisse des espèces tychoplanctoniques et planctoniques. Ces données traduisent un bas niveau hydrologique qui semble s'être développé dans un climat évaporant avec des saisons sèches bien marquées ayant favorisé la diminution de la tranche d'eau pendant cet intervalle de temps. Dans le climat actuel, de telles conditions sont observées entre Juin et Août dans les zones subéquatoriales au Nord de l'équateur. La baisse des Températures Marines de Surface (TMS) serait à l'origine de la baisse du flux de mousson dans les régions proches du Golfe de Guinée pendant cette période [43]. En effet, globalement, lorsque les TMS sont froides, le flux de mousson est faible et lorsque les TMS sont chaudes, le flux de mousson est renforcé et il pleut abondamment dans les régions proches de l'océan.

Entre 500-200 ans cal BP, on observe des abondances élevées des tychoplanctoniques acidophiles et oligotrophes associées à des valeurs importantes d'espèces benthiques comme dans l'épisode 2 (1700 – 700 ans cal BP). Dans le même temps, de fortes teneurs en Poaceae sont observées [44]. Ces données traduisent une reprise des conditions humides et une colonne d'eau stable et plus transparente comparée à l'épisode 2, mais la tranche d'eau demeure relativement faible en raison de la dominance des tychoplanctoniques. Les valeurs élevées de fer indiquent l'érosion du bassin versant probablement par des pluies érosives et intenses. Cependant, les conditions locales favorables à l'oxydation du fer contenu dans les sédiments auraient aussi modulé cette tendance. Cet épisode semble s'être développé dans un climat

pluvieux et peu évaporant ayant permis le maintien de certains taxons arborés dans le paysage. Ces conditions humides traduisent globalement un bilan hydrologique élevé probablement liées aux TMS (Température Marines de Surface) chaudes sur le Golfe de Guinée [45], ce qui favorise la formation des nuages stratiformes non-précipitant présentent dans la phase précédente. Ces conditions peuvent être observées lorsque la ZCIT (Zone de Convergence Intertropicale) est localisée plus au Sud de sa position moyenne.

Les pics de macrocharbons enregistrés par [42] dans ce même site, indiquent que cette reprise forestière aurait été accompagnée des feux de brousse. Ces feux ont très probablement une origine anthropique ; de très nombreuses traces d'activités humaines ont été recensées durant les 2000 derniers milliers d'années que couvre l'enregistrement sédimentaire. De même, les études archéologiques ont montré une évolution culturelle et technologique dans le bassin du Congo [15] dans cette tranche de temps.

A partir de 200 ans BP (Episode 5), les assemblages des diatomées dominés par les espèces benthiques, épiphytes et aérophiles, oligotrophes et acidophiles traduisent une baisse du niveau dans le milieu. Les fortes valeurs du ratio Fe/Al enregistrées, traduiraient des conditions de plus en plus oxydantes dans un milieu palustre moins profond et peut être la présence des mares dans les marais déconnectés les uns des autres. Cette tranche de temps est marquée dans les diagrammes de phytolithes par une augmentation des dicotylédones ligneuses au détriment des herbacées. Cette phase correspondrait au comblement très avancé du marais ne permettant plus de grandes étendues d'eau libre ; les Cypéracées envahissent le milieu et les Poaceae se maintiennent. Cette reconstruction des conditions paléoenvironnementale à partir des diatomées est globalement en accord avec les interprétations sédimentologique et isotopique déduites de l'étude d'une carotte prélevée dans le marais de la Lopé 2 situé aussi dans la zone nord du Parc national de la Lopé [46].

Une diminution de la longueur des saisons de pluies et/ou une réduction des montants des précipitations pourraient être à l'origine du très bas niveau observé dans cette tranche de temps. Cependant, dans la majorité des sites en Afrique

centrale, ces derniers siècles sont caractérisés par une recolonisation forestière qui indique des conditions climatiques et notamment des précipitations favorables à l'extension de la forêt ; il est possible que les conditions locales aient modulé de façon significative l'hydrologie du site au cours de la période subactuelle. Les sédiments des lacs Kamaléte et Nguène au Gabon à cette période sont dominés par des débris terrigènes indiquant une érosion intense des bassins versants [47].

Ces changements climatiques observés au cours des deux derniers millénaires peuvent être expliqués par les déplacements de la zone de convergence intertropicale comme le suggère [48]. Cependant il est très probable que certains facteurs tels que la topographie du bassin et son comblement graduel ainsi que la nappe d'eau qui alimente le marais aient influencé le fonctionnement hydrologique du marais ainsi que la composition des assemblages de diatomées.

## CONCLUSION

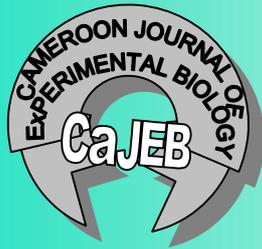
Les assemblages de diatomées du marais Paurosa dans la Lopé au Gabon montrent que l'hydrologie et le climat ont beaucoup varié au cours des deux derniers millénaires. La microflore bien diversifiée montre d'importants changements. A la base de la carotte, la dominance de benthiques oligotrophes, et acidophile indique une phase de diminution du niveau d'eau, avec une bonne transparence de cette colonne d'eau. L'épisode qui s'ensuit entre 1700 et 700 ans BP montre une évolution vers des conditions humides marquées par l'abondance des tychoplanctoniques acidophiles et oligotrophes. Entre 700 et 500 ans BP, les assemblages des diatomées observés montrent une baisse importante du niveau d'eau. Les conditions favorables à l'oxydation et les pluies érosives seraient à l'origine des fortes valeurs de Fe/Al enregistrées le long de la carotte. De 200 jusqu'à présent, le comblement graduel du marais aurait favorisé l'installation des macrophytes.

## BIBLIOGRAPHIE

1. Vincens, A., Schwartz, D., Elenga, M., Reynaud-Farrera, I., Alexandre, A., Bertaux, J., Mariotti, A., Martin, L., Meunier, J.D., Nguetsop, V.F., Servant, M., Servant-Vildary, S., Wirmann, D. 1999. Forest response to climate changes in Atlantique Equatorial Africa during the last 4000 years BP and inheritance on the modern landscapes. *Journal of Biogeography*. 26, 879-885.
2. Ngomanda, A., Chepstow-Lusty, A., Makaya, M., Favier, C., Schevin, F., Maky, J., Fontugne, M., Oslisly, R and Jolly, D. 2009 : Western equatorial African forest-savanna mosaics : a legacy of late Holocene climatic change ? *Climate of the Past* 5, 647-659.
3. Giresse, P et Makaya, M. 2010. Sediment and particulate organic carbon fluxes in various lacustrine basins of tropical Africa and in the Gulf of Guinea. *Global and Planetary Change* 72 (4): 341-355.
4. Bentaleb, I., Freycon, V., Gillet, J-F., Oslisly, R., Bremond, L and Favier, C. 2015. Did the savannah "flourished" 3000 years ago in the so-called Sangha Interval of the Guineo-Congolian rainforest? A retrospective study using stable isotopes and phytoliths. *Geophysical Research Abstracts* 17, 5471-5483.
5. Easterling, R., Meehl, A., Parmesan, C., Changnon, A., Karl, R., Mearns, O. 2000. *Climates extremes: Observations, Modeling, and Impacts*. *Atmospheric Science*. 289, 2068-2074.
6. Frich, P., Alexander, P., Della-Marta, B., Gleason, M., Haylock, A.M., Klein, T., Peterson, T. 2002. Observed coherent changes in climatic extremes during the second half of the twentieth century. *Climate Research*. 19, 193-212
7. GIEC. 2007. *Climate Change 2007: The Physical Science Basis - Summary for Policymakers*. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. [www.ipcc.ch/SPM2feb07.pdf](http://www.ipcc.ch/SPM2feb07.pdf).
8. Mkankam Kamga, F. 2000. Validation of general circulation climate models and projections of temperature and rainfall changes in Cameroon and some of its neighbouring areas. *Theory and Application in Climatology* 67, 1-2, 97-107.
9. Hulme M., Doherty R., Ngara T., New M., Lister D. 2001. *African Climate Change: 1900-2100*. *Climate Research*, 17, 145-168.
10. Nguetsop, V. F., Servant-Vildary, S., Servant, M and Roux, M. 2010. Long and short-time scale climatic variability in the last 5500 years in Africa according to modern and fossil diatoms from Lake Ossa (Western Cameroon). *Global and Planetary Change* 72, 356-367.
11. Lezine, A-M, Assi-Kaudji, C., Roche, E., Vincens, A and Achoudong, G. 2012. Toward an understanding of West African montane forest

- response to climate change. *Journal of Biogeography* 38, 1365 - 2699.
12. Kossoni A and Giresse P. 2010. Interaction of Holocene infilling processes between a tropical shallow lake system (Lake Ossa) and a nearby river system (Sanaga River) (South Cameroon). *Journal of African Earth Sciences* 56 (1): 1–14.
  13. Oslisly, R., Bentaleb, I., Favier, C., Fontugne, M., Gillet, J-F and Morin-Rivat, J. 2013. West central African peoples: Survey of radiocarbon dates over the past 5000 years. *Radiocarbon* 55, 1377-1382.
  14. Elenga, H., Schwartz, D., Vincens, A., Bertaux, J., de Namur, C., Martin, L., Wirmann, D., Servant, M. 1996. Diagramme pollinique Holocene du lac Kitina (Congo): Mise en évidence de changements paléobotaniques et paléoclimatiques dans le massif forestier de Mayombe. *Comptes Rendus Académie des Sciences, Paris II* 323, 403-410.
  15. Brncic, T.M., Willis, K.J., Telfer, M.W and Bailey, R.M. 2013. Fire and climate change impacts on lowland forest composition in northern Congo during the last 2580 years from palaeoecological analyses of a seasonally flooded swamp. *The Holocene* 19, 79-89.
  16. White, F. La végétation de l'Afrique. 1983. ORSTOM, UNESCO, Paris. 384 p.
  17. Descoings, B. 1974. Les savanes du moyen-Ogooué, région de Booué. Conditions générales, analyse floristique, analyse structurale, valeur pastorale. C.N.R.S.- C.E.P.E. Montpellier Gabon. Document n°69. 79 p.
  18. Peyrot, B., Oslisly, R., Abdessadok, S., Fontugne, M., Hatte, Ch and White, L. 2003. Les paléoenvironnements de la fin du Pléistocène et de l'Holocène dans la réserve de la Lopé (Gabon): approches par les indicateurs géomorphologiques, sédimentologiques et anthropogènes des milieux enregistreurs de la dépression de la Lopé. *L'Anthropologie* 107, 291–307.
  19. Prian, J.P., Coste, B., Eko Ndong, E.J., Johan, V and Ledru, P. 1990. "Geological and Geochemical Synthesis, Potentialities Mining of Boué Degree Square (Central Gabon) with Geological Map 1/200,000, Gabonese Republic," Ministry of Mines and Hydrocarbons, Libreville. BRGM, Orléans, p. 103 p.
  20. White, L., Oslisly, R., Abernethy, K., Maley, J. 2000. L'Okoumé (*Aucoumea Klaineana*) expansion et déclin d'un arbre pionnier en Afrique centrale atlantique au cours de l'Holocène. In: Servant, M., Servant-Vildary, S. (Eds.), *Dynamique à long terme des écosystèmes forestiers intertropicaux*. Unesco, 399–411.
  21. Oslisly, R., Peyrot, B., Abdessadok, S., & White, L. 1996. Le site de Lopé 2: un indicateur de transition écosystémique ca 10 000 BP dans la moyenne vallée de l'Ogooué (*Comptes Rendus de l'Académie des sciences. Série 2. Sciences de la terre planètes*, 323 (11), 933-939.
  22. Blaauw, M., & Christen, J. A. 2011. Flexible paleoclimate age-depth models using an autoregressive gamma process. *Bayesian Analysis*, 6 (3), 457-474.
  23. Reimer, P. J., Bard, E., Bayliss, A., Beck, J. W., Blackwell, P. G., Bronk Ramsey, C. and vander Plicht, J. 2013. IntCal13 and Marine13 radiocarbon age calibration curves 0-50,000 yr cal BP. *Radiocarbon* 55 (4), 1869-1887.
  24. Battarbee, R.W. 1986. Diatom analysis. In: *Handbook of Holocene. Palaeoecology and Palaeohydrology*. B.E. Berglund, John Wiley & Sons, 527- 578.
  25. Krammer K and Lange-Bertalot H. 1991-2000. *Süßwasserflora von Mitteleuropa. Bacillariophyceae. 1 Teil : Naviculaceae. 598pp. 1991a; 1 Teil : Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. 576p. 1991b; 2 Teil : Bacillariophyceae, Epithemiaceae, Surirellaceae. 610pp. 1999; Teil 3: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. 598p. 2000. Süßwasserflora von Mitteleuropa. Bibliotheca Diatomologica 2.(Eds), Cramer, J. Berlin-Stuttgart.*
  26. Lange-Bertalot, H. 1993. 85 Neue taxa und Über 100 weitere neue definierte Taxa ergänzend zur Süßwasserflora von Mitteleuropa. *Bibliotheca Diatomologica* 2 (1-4), 27, J, Cramer (Ed), Berlin-Stuttgart, 454 p.
  27. Gasse, F. 1980 : Les diatomées lacustres plio-pliostocène du Gadeb (Ethiopie), *Systématique, paléoécologie, biostratigraphie. Revue Algologie* 3, 249 pp.
  28. Gasse, F. 1986. East African diatoms, taxonomy, ecological distribution. *Bibliotheca Diatomologica*, Editions Cramer, J., in: der Gebrüder Borntraeger Vertragsbuchhandlung, Berlin-Stuttgart, 201pp.
  29. Simonsen, R. 1987. Atlas and Catalogue of the diatom types. In: F. Hustedt, J. Cramer (Eds). 1, 525 pp., 2, 597 pp., 3, 619 p.
  30. Hustedt, F. 1927-1966. Die Kieselalgen. In: L. Rabenhorst's *Kryptogamen. Flora von*

- Deutschland, Österreich und der Schweiz. Akademische Verlagsgesellschaft Leipzig 1(1927-1930), 920 p.
31. Krammer, K und Lange-Bertalot, H. 1986. Süßwasserflora von Mitteleuropa. Bacillariophyceae. Teil 1: Naviculaceae. VEB Gustav Fischer Verlag, Jena, 876 p.
  32. Hustedt, F. 1930. Die Süßwasser-Flora Mitteleuropas. Bacillariophyta (Diatomeae). Editions Verlag Von Gustav Fischer, Jena. 466 p.
  33. Foged, N. 1982. Diatom in Bornholm, Denmark. Bibliotheca Phycologica. 59, 109 p.
  34. Cholnoky, B.J. 1968. Die Ökologie der Diatomeen in Binnengewässern. Editions Lehre, Cramer, J. 699 p.
  35. Shanahan, T.M., Overpeck, J.T., Beck, J., Pigati, J. S., Scholz, C. A., McKay, N.P., Heil, C.W., Peck, J. & King, J. 2012. Late Quaternary and climate change at Lake Bosumtwi, Ghana: New constraints from laminae analysis and radiocarbon age modeling. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 362, 49-60.
  36. Itambi, C.A., Dobeneck, V.T and Adegbe, T.A. 2010. Millennial-scale precipitation changes over Central Africa during the late Quaternary and Holocene: evidence in sediments from the Gulf of Guinea. *Journal of Quaternary Science* 25 (3), 267-279.
  37. Nguetsop, V.F., Servant-Vildary, S. and Servant, M. 2004. Late Holocene climatic changes in West Africa, a high resolution diatom record from equatorial Cameroon. *Quaternary Sciences Review* 23, 591-609.
  38. Reynaud-Farrera, I., Maley, J. et Wirmann, D. 1996. Végétation et climat dans les forêts du sud-Ouest du Cameroun depuis 4770 ans BP : analyse pollinique des sédiments du lac Ossa. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris II* 322, 749-755.
  39. Maley, J et Brenac, P. 1998. Vegetation dynamics, paleoenvironments and climatic changes in the forests of western Cameroon during the last 28,000 years BP. *Review of Palaeobotany and Palynology* 99 (2), 157-187.
  40. Lebamba, J., Vincens, A., Lézine, A-M., Marchant, R., Buchet, G. 2016. Forest-savannah dynamics on the Adamawa plateau (Central Cameroon) during the "African humid period" termination: A new high-resolution pollen record from Lake Tizong. *Review of Palaeobotany and Palynology* 235, 129-139.
  41. Vincens, A., Buchet, G., Servant, M. 2010. Vegetation response to the African humid period termination in central Cameroon (7°N)-new pollen insight from Lake Mbalang. *Clim. Past* 6, 281-294.
  42. Bodin, S. 2015. Paléocologie des feux d'une enclave de savane au Gabon. Unpublished Msc Thesis. 36 pp.
  43. Fontaine, B., Trazska, S and Janicot, S. 1998. Evolution of the relationship between near global and Atlantic SST modes and rainy season in West Africa: statistical analyses and sensitivity experiments. *Climates Dynamics* 107, 65-78.
  44. Saint-Vil. 1984. La grande saison sèche au Gabon. *Annales Universitaire National du Gabon* 5, 107-119.
  45. Navarro, L. 2015. Etude du fonctionnement écologique d'une savane sur le long terme. Unpublished master thesis. 15 p.
  46. Nfoumou Obame, V., Makaya M'Voubou, Sebag, D., Bremond, L., Mbina Mougoungui, M., Giresse, P. 2017. Le rôle de l'évolution des paysages holocènes dans le comblement des bas-fonds du Parc national de la Lopé, moyenne vallée de l'Ogooué au Gabon. *Bois et Forêts des Tropiques*, N° 333 (3), 67-77
  47. Sebag, D., Debret, Makaya, M., Obame, R. M., Ngomanda, A., Disnar, J-R., Oslisly, R., Giresse, P and Bentaleb, I. 2013. Coupled Rock-Eval pyrolysis and spectrophotometry for lacustrine sedimentary dynamics: Application for West Central African rainforests (Kamalété and Nguène lakes, Gabon). *The Holocene* 23 (8), 1173-1183.
  48. Nguetsop, V.F., Bentaleb, I., Favier, C., Martin, C., Bietrix, S., Giresse, P., Servant-Vildary, S. and Servant, M. 2011. Past environmental and climatic changes during the last 7200 cal yr BP in Adamawa plateau (Northern-Cameroon) based on fossil diatoms and sedimentary carbon isotopic records from Lake Mbalang. *Climate of the Past* 7, 1371-1393.



ISSN 1816-0573

# CAMEROON JOURNAL OF EXPERIMENTAL BIOLOGY

Volume 12, Number 01, June 2018

A Publication of the *Cameroon Forum for Biological Sciences*

CAFOBIOS

Cameroon Forum for  
Biological Sciences



## CONTENTS

### Animal biology

#### Original articles

TRAORE Bakari, HIEN OLLO Chérubin, DIARRA Boureima, NIKIEMA Alain Désiré, BOUGOUMA/YAMEOGO Valérie Marie Christiane et BELEM Andrien A. M. G. Caractéristiques morpho biométriques des populations de lapin (*Oryctolagus cuniculus*) au Burkina Faso. *Page 01 – 10.*

WEKERE Christian, KINGHA TEKOMBO Bernice Mireille, DONGOCK NGUEMO Delphine, DJAKBE DAPSIA Jackson, FAÏBAWA Esaie et TCHUENGUEM FOHOUE Fernand-Nestor. Exploitation des fleurs de *Ageratum conyzoides*, *Sida rhombifolia* et *Stylosanthes guianensis* par *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) à Dang (Ngaoundéré, Cameroun). *Page 11 – 21.*

TCHUENGUEM FOHOUE Fernand-Nestor, DJAKBE DAPSIA Jackson, NGAkou Albert, WEKERE Christian, LOUABE Stéphane & FAÏBAWA Esaie Impact de l'activité de butinage de *Apis mellifera* Linné (Hymenoptera: Apidae) sur la pollinisation et les rendements de *Ceratotheca sesamoides* Endl. (Pedaliaceae) à Dang (Ngaoundéré, Cameroun). *Page 22 – 31.*

### Pharmacology

#### Original articles

TINDANO Basile, BAYALA Balé<sup>1</sup>, GUENNE Samson, DOUKOURE Maya, KIENDREBEOGO Martin, BELEMTOUGRI G. Raymond. Innocuity and antioxidant activities of *Pentadesma butyracea* (1824) leaves for its use in hormone replacement therapy. *Page 32 – 40.*

ATSAMO Albert Donatien, KEUGONG WADO Eglantine, NGUELEFACK-MBUYO Elvine, WATCHO Pierre, NGUELEFACK Téléphore Benoît. Acute and sub-chronic oral toxicity assessment of the leaf aqueous extract of *Kalanchoe crenata* (Crassulaceae). *Page 41 – 48.*

### Plant biology

#### Original articles

WOUOKOUE TAFFO Junior Baudoin, FONKOU Théophile, NGUETSOP Victor François. Allometric models to estimate the aboveground biomass of tropical highlands savannahs trees. *Page 49 - 56.*

TSETAGHO Gabriel Nicodème, FONKOU Théophile, NGUETSOP Victor François, LEKEUFACK Martin. Potentiel fourrager d'*Echinochloa crus-gavonis* (Kunth) Schult utilisée en phytoépuration des eaux usées domestiques. *Page 57 – 64.*

KOM Melippe Francis, NGUETSOP Victor François, BREMOND Laurent, FONKOU Théophile, NOUMSI Bernadette, SEBAG David, OSLISLY Richard, TSALEFAC Maurice. Evolution paléohydrologique du marais Paurosa au centre du Gabon au cours des deux derniers millénaires : Contribution des diatomées. *Page 65 – 78.*