



Diatomées des eaux courantes de Guyane

Essai de Biotypologie et application au diagnostic du bon état écologique



Octobre 2010

M. Coste, S.Boutry, F. Delmas, B. De Merona, & P. Cerdan

Cemagref U.R. REBX 50 Avenue de Verdun 33610 Cestas

SOMMAIRE

| | |
|---|-----|
| 1) INTRODUCTION | P 3 |
| 2) RESEAU DE STATIONS | P 4 |
| 3) CAMPAGNES DE TERRAIN, ECHANTILLONNAGES DIATOMIQUES | P 5 |
| 4) ASPECTS METHODOLOGIQUES | P 8 |
| 4-1) Collecte des diatomées | P 8 |
| 4-2) Préparation et comptages | P 8 |
| 5) ANALYSES FLORISTIQUES | P 9 |
| 5-1) Rappel historique | P 9 |
| 5-2) Particularités taxinomiques | P 9 |
| 5-3) Origine et distribution des diatomées | P10 |
| 5-4) Biodiversité des diatomées | P12 |
| 5-5) Bilan floristique global | P14 |
| 6) DONNEES DE CHIMIE DES EAUX | P14 |
| 7) ANALYSES DES DONNEES STATIONNELLES (chimie, biologie) | P16 |
| 7-1) Classement des sites selon la chimie | P16 |
| 7-2) Assemblages biologiques des sites, confrontation à la chimie | P20 |
| 7-3) Biotypologie des assemblages diatomiques | P23 |
| 8) APPROCHE DE LA QUALITE ECOLOGIQUE DES SITES | P26 |
| 8-1) Outils indiciels utilisés et adaptations spécifiques | P26 |
| 8-2) Résultats d'application des indices diatomiques sur les inventaires 2009 | P28 |
| 9) CONCLUSIONS | P32 |
| 10) REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES : (Algues et Diatomées) | P35 |

| | |
|---|----------|
| Liste des tableaux et figures | 2 |
| Fig. 1 : Hydro-écorégions de la Guyane (Chandesris et al. 2005) | 4 |
| Fig. 2 : Carte des stations d'échantillonnage diatomique – Campagne 2009 | 6 |
| Fig. 3 : Leica DMRD du Cemagref Cestas | 8 |
| Fig. 4 : M.E.B. EVO50 équipé d'une sonde pour la microanalyse aux Rayons X | 8 |
| Fig. 5 : <i>Placoneis peltoides</i> (Hustedt) nov. comb. | 10 |
| Fig. 6 : <i>Planothidium pulcherrimum</i> (Hustedt) nov. comb. | 10 |
| Fig. 7 : <i>Planothidium boudoui</i> (Metzeltin & Lange-Bertalot) nov. comb. | 10 |
| Fig. 8 : Distribution des diatomées endémiques tropicales et cosmopolites | 10 |
| Fig. 9 : <i>Chaetoceros sp. cf. muelleri</i> Lemmermann ? | 11 |
| Fig. 10 : <i>Cyclotella stylorum</i> Brightwell | 11 |
| Fig. 11 : <i>Tryblioptychus cocconeiformis</i> (Grun.)Hendey | 11 |
| Fig. 12 : Distribution des principaux groupes de diatomées (ordres ou familles) selon les relevés | 12 |
| Fig. 13 : Evolution de la richesse et diversité spécifiques (Shannon) des diatomées guyanaises en 2009 | 13 |
| Fig. 14 : ACP sur les données de chimie des stations Guyane 2009 (Axes 1 X 2) | 16 |
| Fig. 15 : Patrons d'organisation des sites dans l'espace des données de chimie(Axe 1 X Axe 2) de l'ACP | 17 |
| Fig. 16 : Patrons d'organisation des sites dans l'espace des données de chimie(Axe 2 X Axe 3) de l'ACP | 18 |
| Fig. 17 : Patrons d'organisation des sites dans l'espace des données de chimie(Axe 1 X Axe 2) de l'ACP | 19 |
| Fig. 18 : Profils de distribution des espèces de diatomées dans les relevés 2009 | 20 |
| Fig. 19 : Profils de distribution des genres de diatomées dans les relevés 2009 | 21 |
| Fig. 20 : Interprétation de la distribution des taxons diatomiques et des relevés 2009 | 22 |
| Fig. 21 : Interprétation de la distribution des taxons diatomiques et des relevés 2009 (après Hellinger) | 23 |
| Fig. 22 : Biotypologie des assemblages diatomiques de Guyane (relevés 2009) 1 ^{er} niveau de coupe | 24 |
| Fig. 23 : Biotypologie des assemblages diatomiques de Guyane (relevés 2009) 2 ^{ème} niveau de coupe | 25 |
| Fig. 24 : Biotypologie des assemblages diatomiques de Guyane (relevés 2009) 3 ^{ème} niveau de coupe | 26 |
| Fig. 25 : Abondances relatives cumulées en pour mille des taxons utilisés par chaque indice | 29 |
| Fig.26 : Application des 3 indices aux inventaires diatomiques de la campagne 2009 | 30 |

| | | |
|--------------------|---|----|
| Tableau 1 : | Liste des relevés Diatomées effectués au cours des campagnes 2009 | 7 |
| Tableau 2 : | Données de chimie utilisées pour les analyses de données | 15 |
| Tableau 3 : | seuils des classes d'indices diatomiques | 28 |
| Tableau 4: | Correspondances entre classes de qualité obtenues avec les 3 indices IBD, IPS et IDG | 31 |

ANNEXES

| | |
|----------|--|
| Annexe 1 | Liste des taxons recensés (espèces avec valeurs d'IPS (s et v) |
| Annexe 2 | Liste des genres utilisés pour le calcul de l'IDG (et valeurs s & v) |
| Annexe 3 | Tableaux d'inventaires abondances en ‰ |
| Annexe 4 | Tableau des dominantes |
| Annexe 5 | Planches iconographiques |

1) INTRODUCTION

La présente étude avait pour objet la poursuite des investigations menées au cours des années 2000, 2007 et 2008, afin de mettre au point ou adapter des indices diatomiques permettant le diagnostic de la qualité des cours d'eau dans les conditions floristiques et hydrochimiques très particulières de la Guyane française. La mise au point d'un tel indice est un préalable incontournable pour la définition du bon état écologique des masses d'eau guyanaises pour la surveillance de leur qualité en vue d'atteindre le « bon état «écologique » en 2015, conformément aux recommandations de la Directive Cadre Européenne sur les eaux de surface (2000/60/CE).

Plusieurs prospections diatomiques réalisées antérieurement à l'initiative de la DIREN de Guyane en collaboration avec l'IRD, HYDRECO et ASCONIT ont permis de recenser les principales difficultés de mise en œuvre qui ne sont pas seulement d'ordre logistique.

Si les diatomées constituent un compartiment biologique largement utilisé en Europe et reconnu pour sa diversité et son aptitude à la bioindication, elles ont en revanche fait l'objet de peu de développements sur le territoire guyanais, du fait de conditions naturelles très particulières conduisant à des cortèges très spécifiques et encore méconnus. De ce fait, l'effort taxinomique nécessaire pour la mise au point d'indices est important et doit faire appel à de très nombreuses références bibliographiques (plus de 130 recensées pour l'Amérique du Sud). De plus, l'écologie de ces nouveaux taxons est à préciser, ainsi que la signification de leur présence en matière de conditions naturelles et d'altérations anthropiques. Cette étude confirme les premiers résultats antérieurs, à savoir que leur distribution est très nettement influencée par les particularités de ce département : homogénéité géologique, faible relief, turbidité des eaux, souvent très acides avec des couverts forestiers prédominants et des pénétrations marines très marquées à l'approche du littoral. Notre regretté collègue J.G.Wasson a d'ailleurs dressé en 2008 un inventaire des difficultés de mise en place de réseaux de contrôle hydrobiologique des rivières. Dans l'optique de l'application de la DCE dans ce DOM, une typologie abiotique des cours d'eau basée sur la géologie, le relief puis des classes de taille définies à partir des rangs de Strahler a été proposée par Chandesis & al 2005 (voir Fig.1), qui a conduit à définir 4 Hydro-EcoRégions (HER) d'ordre 2 et seulement 2 HER d'ordre 1.

Les premiers résultats obtenus avec les diatomées semblent conforter ce classement abiotique naturel avec une importance marquée des classes de taille des cours d'eau et une interrogation sur les zones de transition soumises à l'influence des marées qui supportent des cortèges de taxons halophiles très différents de ceux des autres cours d'eau.

Si on excepte ces forçages naturels, les principales pressions anthropiques recensées sont dues aux zones urbanisées et côtières (soumises aux marées), aux pratiques culturelles (Comté) et surtout à l'orpaillage souvent sauvage. Les atteintes générées par cet usage sur les environnements aquatiques peuvent résulter d'importants rejets terrigènes dans les cours d'eau (MES, turbidité, colmatage des substrats, demande en oxygène...) et surtout de la pollution par le mercure, dont l'usage et la présence erratique (usages souvent liés à l'orpaillage clandestin) gagnent à être évalués en se basant sur des contrôles de concentration ou de bio-accumulation dans des matrices intégratrices de la dimension temporelle (sédiments, poissons, végétaux).

A toutes ces interrogations, il faut rajouter des incertitudes liées aux difficultés logistiques : délai de transport et d'acheminement des échantillons destinés aux analyses chimiques parfois susceptibles d'affecter la pertinence des résultats et donc celle de leur interprétation.

Concernant les échantillonnages de terrain, l'étude 2009-2010 a été réalisée en collaboration étroite avec l'IRD (Bernard de Merona et son équipe) et les personnels d'HYDRECO de Petit-Saut qui ont collecté une grande partie des échantillons de diatomées.

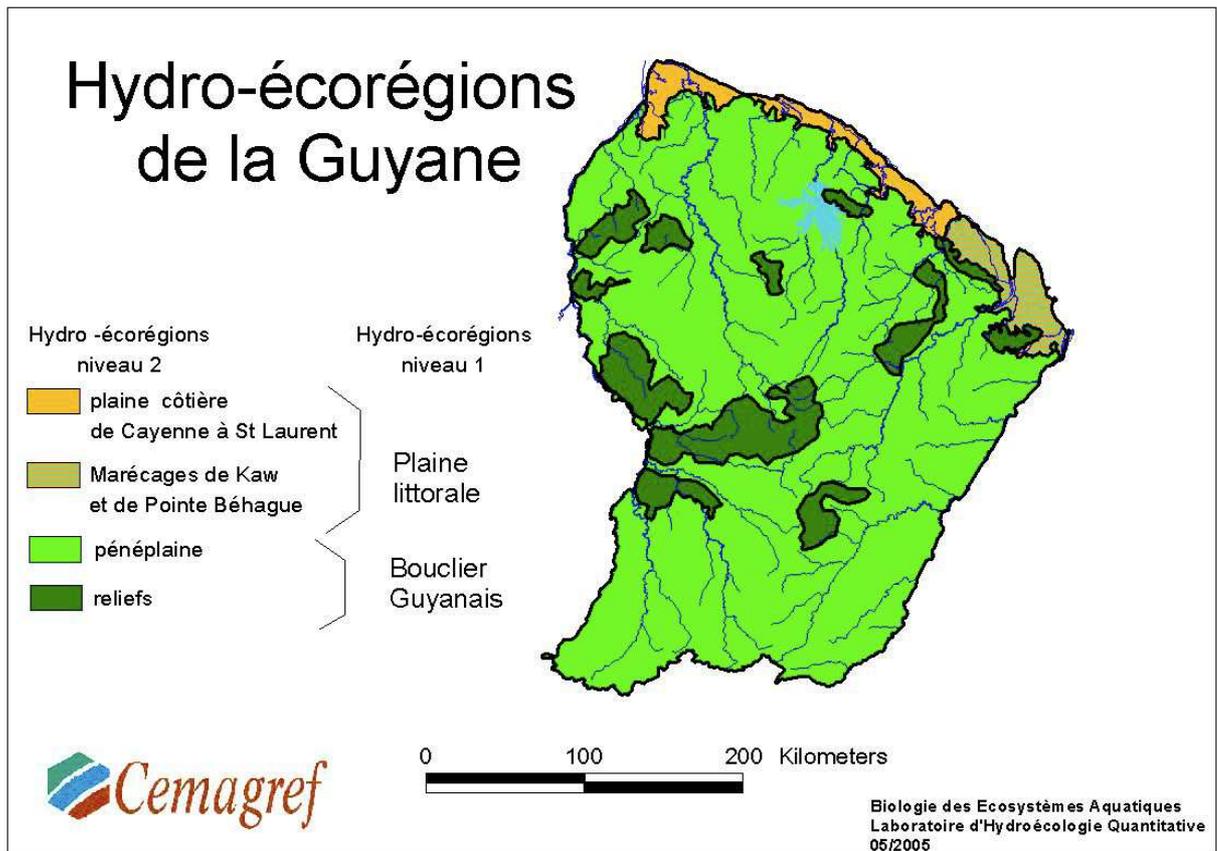


Fig. 1 - Hydro-écorégions de la Guyane (Chandesris et al. 2005)

2) RESEAU DE STATIONS

53 stations dont 33 de surveillance (RCS) et 20 de référence (REF) ont été retenues pour cette prospection 2009. Elles ont en principe été échantillonnées sur le plan de la qualité des eaux, des diatomées, des poissons et des macro-invertébrés benthiques

La plupart d'entre elles ont été échantillonnées par Hydreco (secteurs amont des grands fleuves amazoniens) et l'IRD (plus petits systèmes situés à l'approche des zones littorales et des grandes villes)

Lors d'une mission réalisée en Novembre 2009, en collaboration avec l'IRD, le Cemagref (Michel COSTE) a complété cet échantillonnage par des récoltes diatomiques dans 12 criques de la frange côtière entre Kourou et Saint Laurent du Maroni. Pour des raisons de marché de commande, ces prélèvements ont été exploités sur le plan floristique mais n'ont pas pu être couplés à des prélèvements d'eau pour analyse chimique.

A noter que 3 stations dont la prospection était en principe prévue en 2009 n'ont pu être échantillonnées pour diverses raisons (problème d'accessibilité, de niveau d'eau, accès non retrouvé...), elles ont été remplacées par un autre site.

3) CAMPAGNES DE TERRAIN, ECHANTILLONNAGES DIATOMIQUES

D'une manière générale, il n'était pas envisageable pour le Cemagref, non implanté en Guyane, de participer à toutes les campagnes de terrain de l'étude, qui s'échelonnent sur une durée longue (près de 3 mois) et avec de fortes contraintes logistiques de programmation, vu les difficultés d'accès. Mais il était important pour l'équipe scientifique d'acquérir une meilleure connaissance de ce terrain, de ses particularités et spécificités.

Le Cemagref (M. Coste) a participé à une mission de terrain en Guyane, qui s'est positionnée du 29/10 au 6/11/2009. Pour des raisons de logistique et de temps disponible, il ne lui a pas été possible d'accompagner l'équipe HYDRECO pour les prospections réalisées sur des cours d'eau éloignés de Cayenne et notamment les sites amont des grands cours d'eau amazoniens. Par contre, en collaboration et avec l'appui logistique de l'IRD, quelques sites ne posant pas de problèmes particuliers d'approche par la route ont été prospectés dans la région de Cayenne. Cette prospection recouvrait d'une part des sites aval et/ou proches de la mer, et d'autre part de petites criques de cette région.

La préoccupation sous-jacente à la stratégie d'échantillonnage était orientée vers la floristique (prospection à une même station des différents types de substrats ou de supports rencontrés), afin d'obtenir des échantillons diversifiés permettant de voir des espèces éventuellement très minoritaires le jour du relevé mais pouvant, sur ces stations ou d'autres sites et à d'autres moments, devenir beaucoup plus abondantes et devoir être reconnues.

Concernant les échantillonnages de terrain réalisés par Michel COSTE avec le concours de l'IRD durant sa mission en Guyane, 12 sites différents ont fait l'objet de visite et d'échantillonnage. Sur certains d'entre eux, des particularités locales (affluents éventuels échantillonnés séparément, diverses catégories de substrats servant de support aux biofilms diatomiques sur certains sites, dont épilithon classique, algues, végétaux, pierres, bois morts, seuil-déversoir...) justifiaient le prélèvement d'échantillons séparés, principalement à des fins floristiques. Au bilan, 18 échantillons diatomiques ont été prélevés sur 13 cours d'eau différents (au site Crique Laussat, la crique et son affluent ont fait l'objet de 2 prélèvements séparés).

Le matériel biologique arrivé au laboratoire d'hydrobiologie du Cemagref en liaison avec ces campagnes de terrain d'Octobre-Novembre 2009 des 3 partenaires du projet (Hydreco, IRD et Cemagref) provient du dispositif de terrain (réseau de stations) représenté à la **Fig. 2**.

Les descriptifs sommaires des stations et cours d'eau prospectées par les 3 partenaires pendant les campagnes d'automne 2009 et les informations sur la disponibilité d'échantillons diatomiques correspondants sont récapitulées dans le **Tableau 1**. Une indication globale sur la disponibilité de données de chimie à chaque site (présence ou absence) est indiquée dans la colonne de droite.

Au bilan, 62 échantillonnages diatomiques différents ont été prélevés par 3 partenaires du projet, HYDRECO, l'IRD et le Cemagref, sur 56 sites différents.

Nota : 9 relevés diatomiques prévus à la liste « officielle » de la DIREN n'ont pas été transmis ou ne sont pas parvenus au laboratoire d'hydrobiologie du Cemagref. Malheureusement, ils n'ont donc pas pu faire l'objet d'investigations floristiques et de mises en relation biologie-chimie alors que des résultats de chimie sont disponibles à ces sites. Ces manques concernent les stations 3, 4, 5, 6, 7, 37, 38, 41 et 48 et sont rappelés dans la colonne adéquate du Tableau 1.

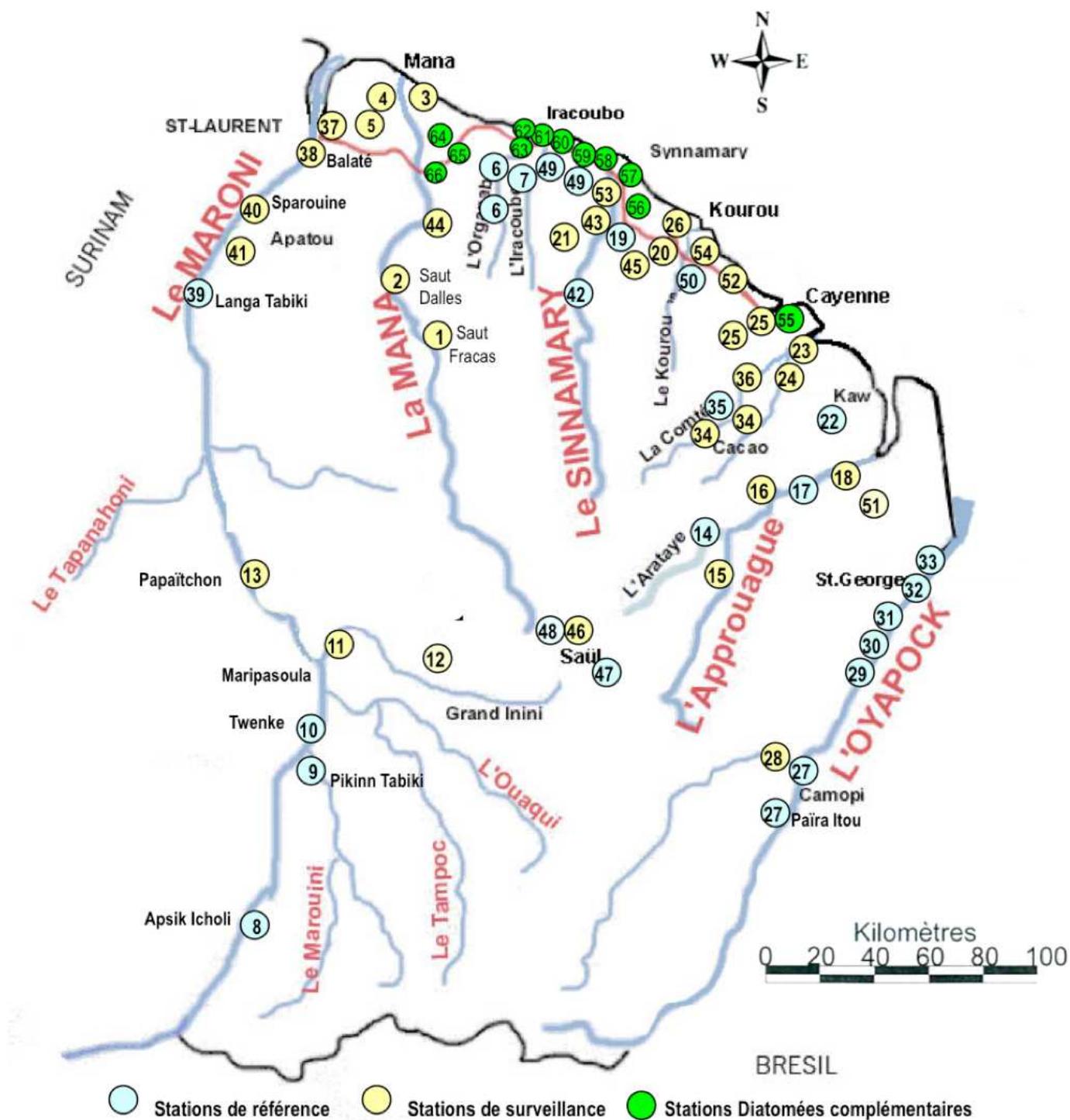


Fig. 2 - Carte des stations d'échantillonnage diatomique – Campagne 2009

| N° | Cours d'eau | Nom Station | Réseau | marée | Pressions | Relevés Diatomées | N° PREP. | DATE | Code Diat. | Chimie |
|---|---------------------------------|--------------------------|--------|-------|-------------|---------------------|----------|----------|------------|--------|
| 1 | Mana | Saut Fracas | RCS | Non | Gold Mining | épilithon | 16414 | 16/09/09 | MAFR | oui |
| 2 | Mana | Saut Lézard | RCS | Non | Gold Mining | épilithon | 16415 | 14/10/09 | MASD | oui |
| 3 | Mana | Couachi | RCS | Oui | Agriculture | sans | | | | oui |
| 4 | Acarouany | Crique Ste Anne | RCS | Oui | Agriculture | sans | | | | oui |
| 5 | Acarouany | Javouhé | RCS | Oui | Agriculture | sans | | | | oui |
| 6 | Iracoubo | Roche Plaque | REF | Non | | sans | | | | oui |
| 7 | Iracoubo | Patagai | REF | Oui | | sans | | | | oui |
| 8 | Maroni | Apsik Icholi | REF | Non | | épilithon | 16407 | 09/09/09 | APIS | oui |
| 9 | Marouini | Pikinn Tabiki | REF | Non | | épilithon | 16421 | 07/09/09 | MARO | oui |
| 10 | Maroni | Twenké | REF | Non | | épilithon | 16416 | 10/09/09 | MATW | oui |
| 11 | Inini | Sonelle | RCS | Non | Gold Mining | épilithon | 16418 | 11/09/09 | MASS | oui |
| 12 | Petit Inini | Batardeau | RCS | Non | Gold Mining | épilithon | 16431 | 12/09/09 | PEIN | oui |
| 13 | Maroni | Papaichlon | RCS | Non | urban | épilithon | 16419 | 13/09/09 | MAPA | oui |
| 14 | Aratai | Couy | REF | Non | | épilithon | 16393 | 24/09/09 | ARAR | oui |
| 15 | Approuague | Machicou | RCS | Non | Gold Mining | épilithon | 16390 | 24/09/09 | APMA | oui |
| 16 | Approuague | Athanase | RCS | Non | Gold Mining | épilithon | 16391 | 25/09/09 | APAT | oui |
| 17 | Mataronie | Yapoura | REF | Oui | | épilithon | 16420 | 27/09/09 | MATA | oui |
| 18 | Approuague | Régina | RCS | Oui | Agriculture | épilithon | 16392 | 27/09/09 | APRE | oui |
| 19 | Kourou | Leodate | REF | Non | | épilithon | 16410 | 21/09/09 | KOUR | oui |
| 20 | Kourou | Singes rouges | RCS | Oui | diffuse | épilithon | 16541 | 18/11/09 | KOSR | oui |
| 21 | Leblond | Lucifer | RCS | Non | Gold Mining | épilithon | 16542 | 24/11/09 | SILE | oui |
| 22 | Kaw | Kaw amont | REF | Oui | | épilithon | 16408 | 28/10/09 | KAZ2 | oui |
| 23 | Mahury | Stoupan | RCS | Oui | diffuse | épilithon | 16398 | 28/10/09 | COMA | oui |
| 24 | Orapu | Fourgassié | RCS | Oui | Gold Mining | épilithon | 16397 | 28/10/09 | COAV | oui |
| 25 | Rivière de Cayenne | Cayenne | RCS | Oui | Airport | épilithon | 16524 | 29/10/09 | TONN | oui |
| 26 | Passoura | Pont | RCS | Oui | CSG | épilithon | 16543 | 12/11/09 | CQPA | oui |
| 27 | Oyapok | Para Itou | REF | Non | | épilithon | 16427 | 15/10/09 | OYPA | oui |
| 27 | Oyapok | amont Camopi | REF | Non | | épilithon | 16426 | 14/10/09 | OYCA | oui |
| 28 | Camopi | saut Alexis | RCS | Non | Gold Mining | épilithon | 16424 | 08/09/09 | CASA | oui |
| 29 | Noussiri | Noussiri | REF | Non | | épilithon | 16425 | 13/10/09 | OYNO | oui |
| 30 | Armontabo | Armontabo | REF | Non | | épilithon | 16394 | 17/10/09 | OYAR | oui |
| 31 | Oyapok | Saut Fourmi Maripa amont | REF | Non | | épilithon | 16428 | 17/10/09 | OYSF | oui |
| 32 | Oyapok | Saint Georges | REF | Oui | | épilithon | 16429 | 19/10/09 | OYSM | oui |
| 33 | Gabaret | Capon | REF | Oui | | épilithon | 16430 | 20/10/09 | OYGA | oui |
| 34 | Comté | Comté à Lysis | RCS | Non | Gold Mining | épilithon | 16423 | 07/09/09 | COLY | oui |
| 34 | Comté | Roche Fendé | RCS | Non | Gold Mining | pas d'accès en 2009 | | | | non |
| 35 | Bagot | Bagot à Bagot | REF | Non | | épilithon | 16395 | 06/09/09 | COBA | oui |
| 36 | Comté | Cacao Aval | RCS | Oui | Agriculture | épilithon | 16396 | 08/09/09 | COCA | oui |
| 37 | Maroni | Saint Laurent | RCS | Oui | urban | sans | | | | oui |
| 38 | Balaté | Saint Louis | RCS | Non | Industry | sans | | | | oui |
| 39 | Maroni | Langa Tabiki | REF | Non | | épilithon | 16417 | 10/09/09 | MALA | oui |
| 40 | Maroni | Sparouine amont | RCS | Non | diffuse | épilithon | 16544 | 20/11/09 | MASP | oui |
| 41 | Sparouine | Takouba | REF | Oui | | pas d'accès en 2009 | | | | non |
| 41 | Sparouine | camp militaire | | Non | Gold Mining | sans | | | | oui |
| 42 | Sinnamary | Dalles | REF | Non | | épilithon | 16545 | 03/11/09 | SSDA | oui |
| 43 | Sinnamary | Vénus | RCS | Oui | dam | épilithon | 16546 | 01/12/09 | SIVE | oui |
| 44 | Korossibo | crique Korossibo | RCS | Non | Gold Mining | épilithon | 16409 | 17/09/09 | MAKO | oui |
| 45 | Kampi | crique Kampi | RCS | Non | Gold Mining | sans | | | | oui |
| 46 | cr. À l'Est | crique à l'Est-Saul | RCS | Non | Gold Mining | épilithon | 16413 | 28/10/09 | MCAE | oui |
| 47 | Nouvelle France | cr. Nlle France-Saul | REF | Non | | épilithon | 16547 | 25/10/09 | SANF | oui |
| 48 | Saul | crique Saul | REF | Non | | épilithon | 16548 | 05/11/09 | SAUL | oui |
| 49 | Petit | crique Petit | | Non | | pas d'accès en 2009 | | | | non |
| 49 | Toussaint | crique Toussaint | REF | Non | | St.0 épilithon | 16520 | 04/11/09 | CRT0 | oui |
| 49 | Toussaint | crique Toussaint | REF | Non | | St.1 épilithon | 16521 | 04/11/09 | CRT1 | oui |
| 49 | Toussaint | crique Toussaint | REF | Non | | St.2 épilithon | 16518 | 04/11/09 | CRT2 | oui |
| 49 | Toussaint | crique Toussaint | REF | Non | | St.3 épiphyton | 16519 | 04/11/09 | CRT3 | oui |
| 50 | Singes Rouges | crique Singes Rouges | REF | Oui | | épilithon | 16549 | 27/11/09 | KOSR | oui |
| 51 | Cipanama | crique Cipanama | RCS | | | épilithon | 16389 | 21/09/09 | APCI | oui |
| 52 | Macouria | crique Macouria | RCS | Non | Agriculture | épilithon | 16412 | 21/09/09 | MACO | oui |
| 53 | Saulnier | crique Saulnier | RCS | Oui | diffuse | épilithon | 16550 | 30/11/09 | SAUN | oui |
| Stations complémentaires diatomées | | | | | | | | | | |
| 55 | CANAL LAUSSAT Cayenne Cyano. | | | oui | urban | épilithon | 16517 | 06/11/09 | CALA | non |
| 56 | CRIQUE MALMANOURY Pres RN v.l. | | | non | | épiphyton | 16523 | 04/11/09 | CQMA | non |
| 57 | PARACOU bois lentique | | | non | | épiphyton | 16522 | 04/11/09 | PARA | non |
| 58 | Crrique CANCELER b.c. av.seuil | | | non | | épilithon | 16399 | 05/11/09 | CAN1 | non |
| 58 | Crrique CANCELER RN veg. 1/2c | | | non | | épiphyton | 16400 | 05/11/09 | CAN2 | non |
| 59 | PRIPRI de YIYI aff.Cr.Cancel. | | | non | | épilithon | 16432 | 05/11/09 | PRYI | non |
| 60 | Crrique MORPIO pres piste v.c. | | | non | | épiphyton | 16403 | 05/11/09 | MORI | non |
| 60 | Crrique MORPIO pres piste b.c. | | | non | | épilithon | 16404 | 05/11/09 | MOR2 | non |
| 61 | Crrique MAMARIBO RN p.+veg. | | | non | | épilithon | 16402 | 05/11/09 | MAMA | non |
| 62 | Crrique ORGANABO bras Iracoubo | | | non | | épilithon | 16405 | 05/11/09 | ORIR | non |
| 63 | ORGANABO branche MANA bc.seuil | | | non | | épilithon | 16422 | 05/11/09 | ORMA | non |
| 64 | Crrique Petit LAUSSAT RN veg. | | | non | | épiphyton | 16406 | 05/11/09 | CRLA | non |
| 65 | LAUSSAT aff.Crique RN b.c. | | | non | | épilithon | 16411 | 05/11/09 | CQLA | non |
| 66 | Crrique LEZARD pres RN bl & bc. | | | non | | épilithon | 16401 | 04/11/09 | CRLZ | non |

Tableau 1 - Liste des relevés Diatomées effectués au cours des campagnes 2009

ASPECTS METHODOLOGIQUES

(échantillonnages diatomiques, préparation, comptages)

Les protocoles suivis sont ceux :

- de la norme française NF T90-357-1 issue de la normalisation européenne EN ISO 13946 (2003) pour l'échantillonnage de terrain en routine et le prétraitement des diatomées benthiques de rivière ;
- de la norme NF EN ISO 14407 pour l'identification et le dénombrement des diatomées ;
- de la norme AFNOR NF T90-354 (2000, révisée en 2007) élaborée pour la mise en œuvre de 2 versions successives de l'IBD.

4-1) Collecte des diatomées

Elle a été réalisée par les personnels d'HYDRECO, de l'IRD et partiellement par le Cemagref selon les recommandations des standards européens, avec des adaptations parfois rendues nécessaires en raison des spécificités guyanaises. Les prélèvements ont été réalisés prioritairement par brossage des substrats durs (épilithon) lorsqu'ils sont présents, et à défaut sur des substrats immergés (troncs d'arbres) ou végétaux divers. Quelques relevés ont également été réalisés à l'aide de substrats artificiels immergés sur une période d'un mois...

Certaines stations se sont avérées inaccessibles aux préleveurs et ont dû être modifiées : c'est le cas de la Comté à Roche Fendé (st.34) remplacée par Lysis, la Sparouine à Takouba (St.41) (prélèvement réalisé à Camp militaire) et la Crique Petit (St.49) remplacée par la crique Toussaint. 9 relevés diatomées listés en bas de page 4 ne nous sont parvenus. Des relevés complémentaires ont été effectués en collaboration avec l'IRD sur une dizaine de criques non influencées par les marées entre Kourou et Saint Laurent du Maroni ainsi que sur le canal Laussat à Cayenne. Au final, 62 relevés diatomées provenant de 33 cours d'eau, 46 stations DIREN et 11 stations complémentaires (criques) ont été examinés.

4-2) Préparation et comptages

La réalisation de 4 préparations par relevé a été effectuée selon les méthodes classiques (attaque H₂O₂ (130 vol) à chaud pendant 30 mn dans un four à sable et 3 rinçages à l'eau distillée par centrifugation (3000 t/mn) pendant 3 mn. Montage sur lamelle ronde dans du Naphrax (NBS) avec dépôt du matériel à l'aide de micropipettes Eppendorf à embout jetable.

Les observations et les comptages de routine ont eu lieu au Cemagref sur microscope LEICA DRMB équipé d'un zoom électronique et d'une caméra numérique Baumer TXD50 haute résolution (Figure 3).

Des observations complémentaires sur une aliquote d'échantillons ont été réalisées en MEB à l'Université de Bordeaux I au CREMEM avec l'aide d'Elisabeth Sellier sur microscope environnemental à balayage Zeiss EVO 50 (Figure 4), après métallisation or-palladium sous vide des diatomées.



Fig. 3 : Leica DMRD du Cemagref Cestas



Fig.4 : M.E.B. EVO50 équipé d'une sonde pour la microanalyse aux Rayons X

Le traitement et le montage des lames ont été effectués soit au retour de mission (échantillons ramenés de Guyane par le Cemagref ou à la réception des échantillons envoyés par voie postale par Hydréco et l'IRD. Les échantillonnages reçus ont permis l'élaboration de 62 préparations permanentes dont le numéro de lame, est indiqué dans la colonne « N°PREP » du Tableau 1 (colonne à fond bleuté).

4) ANALYSES FLORISTIQUES

5-1) Rappel historique :

Les travaux les plus anciens se rapportant à l'Amérique du Sud et plus particulièrement à la microflore Amazonienne sont nombreux Ehrenberg (1843,1854), Zimmerman (1913-1918) Frenguelli (1923-24), Germain(1936), Krasske (1939-41-48), Hustedt(1927) et ont été évoqués par Luc Ector & Wetzel (2009-2010) lors de communications au 28^{ème} et 29^{ème} colloques de l'ADLAF (Banyuls et Québec).

Des travaux plus récents : Patrick (1940,) Hustedt(1956), Manguin (1964) Fukushima (1988), Torgan (1983-1988-97), Rivera (1984-1989-2005), Uherkovich (1989), Ludwig (1990), DaCosta (1995), Reichardt (1995), Sala (1999), Rumrich & al. (2000), Kociolek (2001), Metzeltin & al. (1998,2005-2007), Garcia-Rodriguez (2003), Burone (1985), Lobo & al. (2004), Burliga (2007), Zalokar de Domitrovic (1997), Morales (2007), Tremarin(2008), Ferrari(2008), Hernandez-Becerril (2008), Ludwig(2008), Wetzel & al. (2008,2010) etc... , permettent de recenser plus d'un millier d'espèces provenant de près de 130 références bibliographiques différentes. Wetzel (2010) après 5 années d'observations sur le Rio Negro affluent de l'Amazone au Brésil dénombre plus de 800 taxons de diatomées dont plusieurs genres et espèces nouveaux pour la science. Le cumul des inventaires réaliés en 2007 et 2009 aboutit après harmonisation des synonymies à 750 taxons présents dans les eaux guyanaises avec un grand nombre d'espèces souvent endémiques mais peu représentées recensées hors comptage ce qui souligne le manque d'exhaustivité des numérations normalisées sur 400 individus.

Les 6 Iconographia Diatomologica dédiés à l'Amérique du Sud (n°1,3,5,9,15,18) ont été majoritairement consultés (probablement en raison de leur accès facile, 700 p en moyenne) et ont permis d'établir à partir des 62 relevés observés en 2009 une première liste de genres et de taxons avec un relativement faible nombre de non identifiés (21) qui devront faire l'objet d'observations complémentaires en microscopie électronique.

5-2) Particularités taxinomiques :

Outre les 21 taxons évoqués précédemment, 3 nouvelles combinaisons doivent être proposée pour des espèces précédemment décrites par Metzeltin et Lange-Bertalot en 1998 et Hustedt (1964). Il s'agit de :

Placoneis peltoides (Hustedt) nov.comb. Voir Fig.5

Basionyme: *Navicula peltoides* Hustedt 1964 p.814 fig.1786

Synonyme : *N.perlata* Hustedt 1934 in Atlas de Schmidt pl.398/43-48

Simonsen 1987 pl.273/11-16

Planothidium pulcherrimum (Hustedt) nov. comb. Voir Fig. 6

Basionyme: *Cocconeis pulcherrima* Hustedt 1952, p. 392; fig. 99, 100

Synonyme : *Achnanthes pulcherrima* (Hustedt) Metzeltin & Lange-Bertalot 1998 (invalide car basionyme non mentionné)

Planothidium boudoui (Metzeltin & Lange-Bertalot) nov.comb. Voir Fig. 7

Basionyme : *Achnanthes boudoui* Metzeltin & Lange-Bertalot 1998 *Iconographia Diatomologica* vol.5 p18 pl.69 figs 9-14; pl.70 figs.1,4

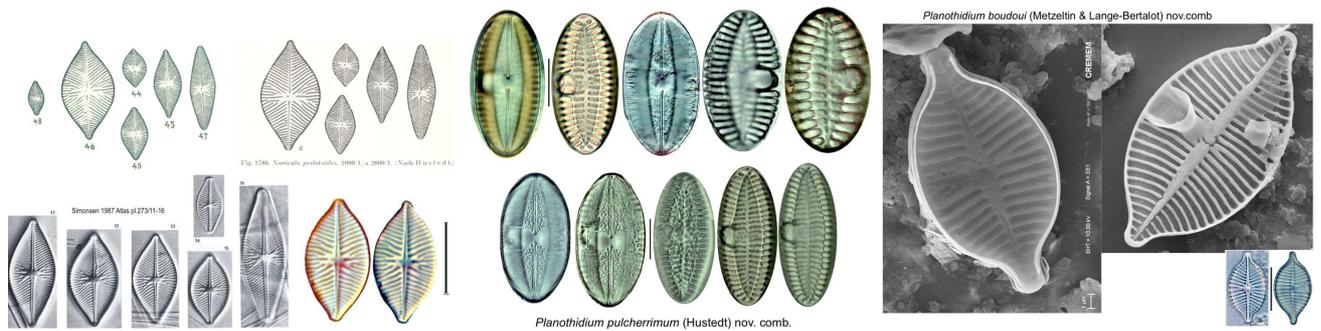


Fig.5 : Placoneis peltoides **Fig.6 : Planothidium pulcherrimum** **Fig.7 : Planothidium boudoui**

5-3) Origine et distribution des diatomées :

La liste des taxons recensés lors de cette étude figure en **Annexe 1**. Leur distribution dans les inventaires réalisés est représentée en **Annexe 3**.

Concernant l'origine géographique des espèces constitutives des assemblages Guyanais (voir **Fig. 8**), le pourcentage d'endémiques d'Amérique du Sud et du bassin amazonien reste élevé (36%) et les formes cosmopolites sont minoritaires par rapport au cumul des tropicales endémiques et halophiles des zones de transition (61%). Cette composition laisse présager certaines difficultés d'application des indices biologiques couramment utilisés en métropole pour raisons biogéographiques. En effet, l'assise-taxons de ces 2 territoires est trop différente.

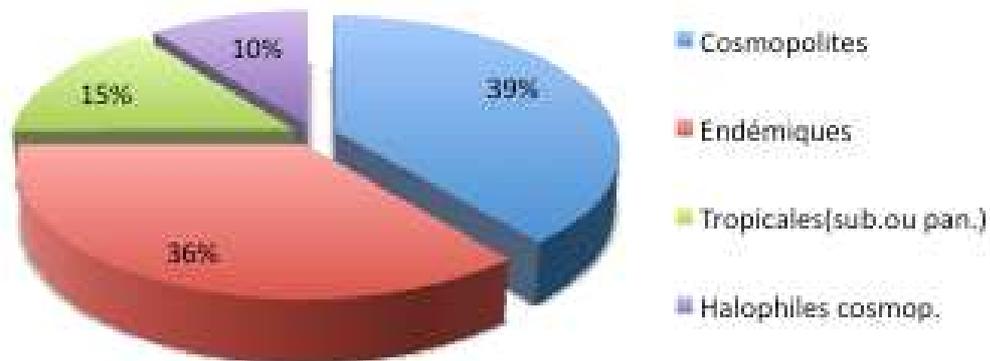


Fig.8 : Distribution des diatomées endémiques tropicales et cosmopolites

Distribution des diatomées par groupes (ordres, familles) : voir **Fig. 12**

Les **Naviculacées** regroupent le plus grand nombre de genres acidophiles comme *Adlafia*, *Brachysira*, *Chamaepinnularia*, *Cymbellopsis*, *Encyonema*, *Encyonopsis*, *Eolimna*, *Fallacia*, *Frustulia*, *Geissleria*, *Gomphonema*, *Hippodonta*, *Kobayasiella*, *Luticola*, *Navicula*, *Neidium*, *Nupela*, *Pinnularia*, *Placoneis*, *Sellaphora*, *Stauroneis*, parfois halophiles dans les zones de transition (*Navicula* pp, *Amphora*, *Pleurosigma*, *Catenula*).

Les **Araphidées** (*Fragilaria*, *Staurosira*, *Tabellaria*, *Ulnaria*) sont peu présentes hormis sur les stations 2, 20, 26 et surtout 58 (Crique Canceler) où *Fragilaria javanica* domine à 67%. Le genre *Diatoma* pourtant déjà recensé précédemment en Guyane n'a pas été observé lors de cette campagne. Certains genres halophiles ne sont représentés que dans les zones de transition comme *Tabularia* ou *Thalassionema*.

Les **Monoraphidées** qui comprennent des formes souvent fixées au substrat comme les genres *Achnanthes*, *Achnantheidium*, *Astartiella*, *Cocconeis*, *Karayievia*, *Planothidium*, *Platessa* préfèrent les eaux courantes oxygénées (St. 21,28,35,36 et 42) comme la crique Bagot où *Achnantheidium macrocephalum* est prédominant.

Les **Bacillariées** regroupent Epithemiacées (genres *Epithemia*, *Rhopalodia*) Nitzschiacées (*Bacillaria*, *Denticula*, *Hantzschia*, *Nitzschia*, *Simonsenia*, *Tryblionella*) et Surirellacées (*Cymatopleura*, *Stenopterobia* et *Surirella*). Les Nitzschiacées affectionnent les eaux riches en nutriments et matière organique, voire saumâtres. Leur localisation sur les cours inférieurs et les zones de transition (Stations 23 à 25) est susceptible de traduire des chutes de qualité biologique. Les Epithemiacées, peu représentées et les Surirellacées ont une distribution plus aléatoire.

Les **Brachyraphidées** ou Eunotiacées regroupent les genres *Actinella*, *Desmogonium*, *Eunotia*. Etroitement liées aux milieux acides, elles sont omniprésentes et dominantes dans les criques à cours lent (St. 22, 44, 49, 50, 52, 53, 56, 60, 61, 65, 66). L'abondance relative d'*Eunotia incisatula* atteint par exemple 74% sur la crique Singes Rouges. En métropole, le genre *Eunotia* est le plus souvent associé aux eaux peu minéralisées de bonne qualité.

Les **Centrophycidées** ou diatomées Centriques sont le plus souvent planctoniques à quelques exceptions près (*Melosira varians*) et elles n'ont pas fait l'objet de prospection particulière par échantillonnage spécifique du phytoplancton, les prélèvements ayant été réalisés sur des biofilms benthiques. Elles sont donc peu représentées à l'exception de quelques genres dont *Chaetoceros sp. aff. muelleri*? (Fig.9) observé sur le cours supérieur du Maroni (st.8 Apsik Ischoli), le Marouini (St.9) et le cours inférieur de la Comté (St.24). La présence de ce taxon planctonique sur les deux premières stations est inexplicable mais plausible sur la dernière soumise à l'influence des marées.

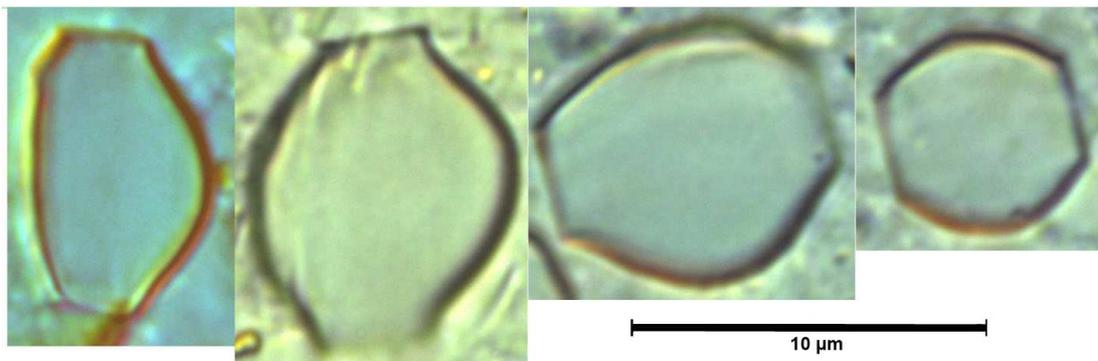


Fig.9 : *Chaetoceros sp. cf. muelleri* Lemmermann ?

Les autres taxons sont soit halophiles ou marins (*Coscinodiscus*, *Cyclotella striata*, *C. stylorum* -Fig. 10-, *Melosira numuloides*, *Thalassiosira* et *Tryblioptychus* -Fig. 11-), soit planctoniques (*Cyclotella meneghiniana*, *Aulacoseira granulata*, *A.herzogii*,) ou périphytiques (*M. varians*, *Orthoseira*) cf. planches 1-3.

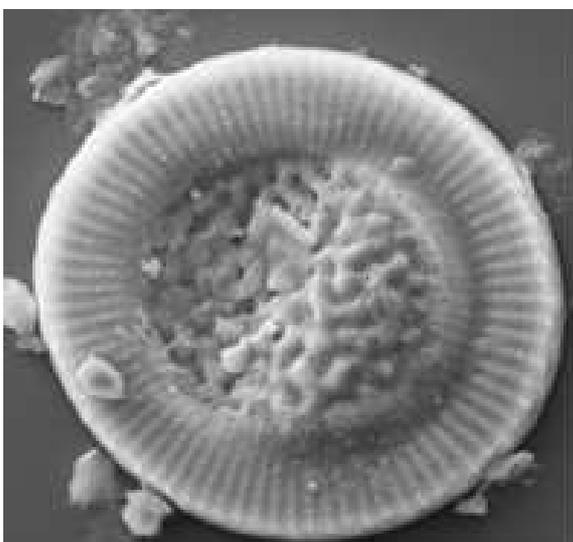


Fig. 10 : *Cyclotella stylorum* Brightwell

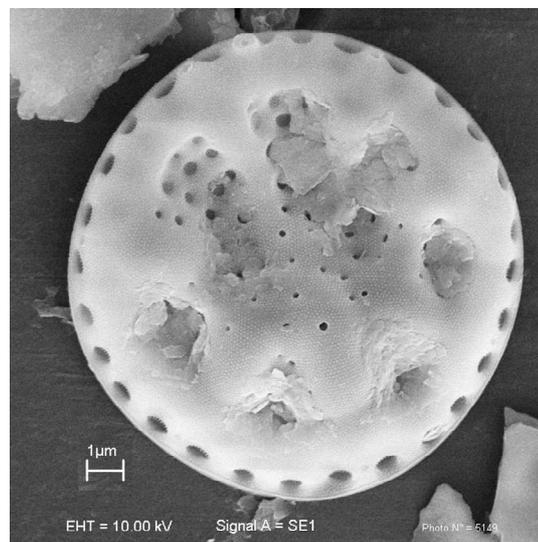


Fig.11 : *Tryblioptychus cocconeiformis*(Grun.)Hendey

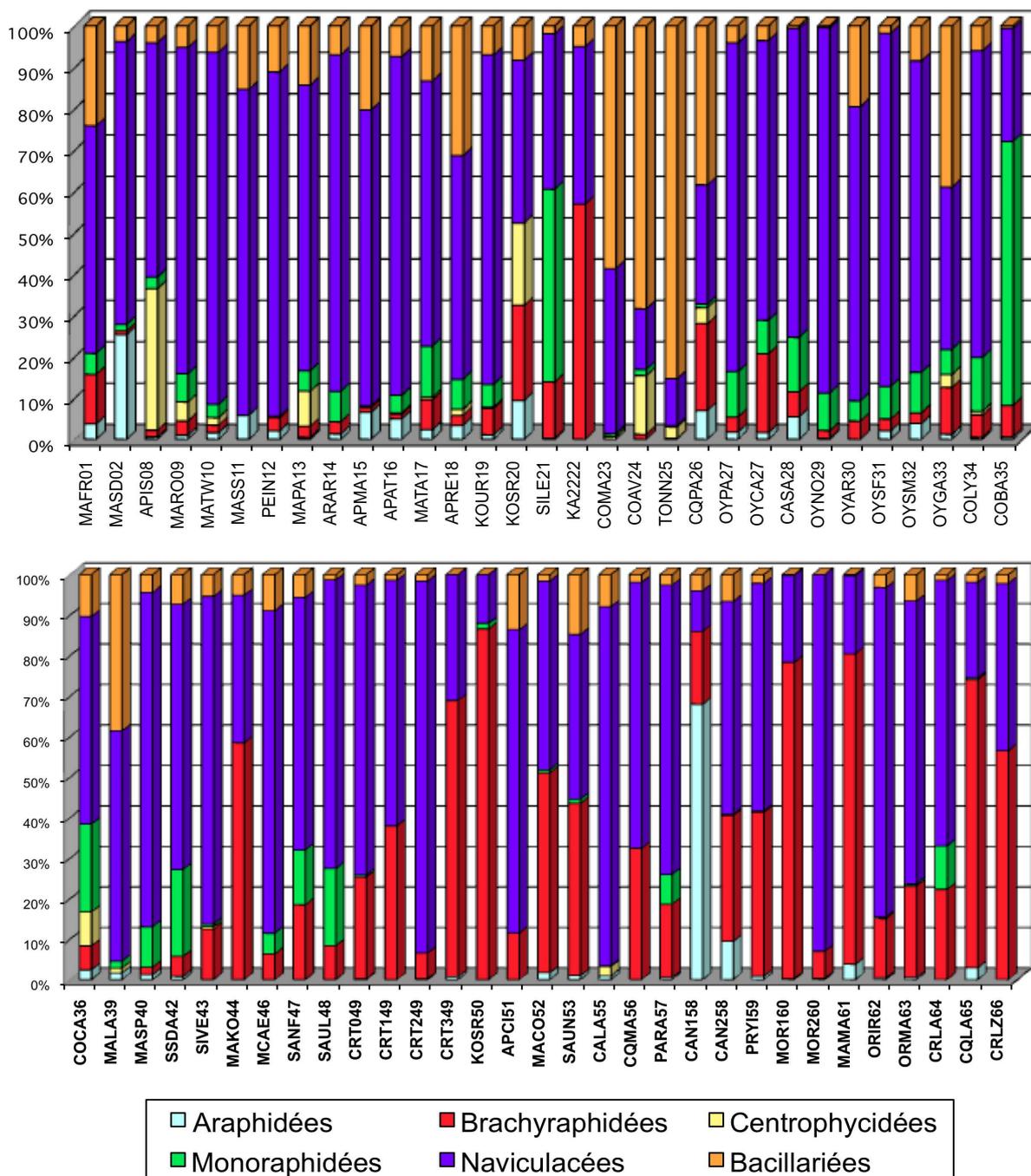


Fig. 12 : Distribution des principaux groupes de diatomées (ordres ou familles) selon les relevés

5-4) Biodiversité des diatomées :

Diversité et richesse spécifiques sont très variables (Fig. 13) et le nombre de taxons le plus élevé a été observé sur les stations 32, 17 et 42. Il ne semble pas exister de relation nette entre sites à faibles diversités évaluées avec l'indice de Shannon, ou sites à faible richesse spécifique, et la qualité biologique des milieux concernés. En d'autres termes, dans ce jeu de données et sur ce territoire, il ne semble pas y avoir de patron net associant une dégradation écologique d'origine anthropique et, soit une baisse, soit une hausse de la biodiversité diatomique.

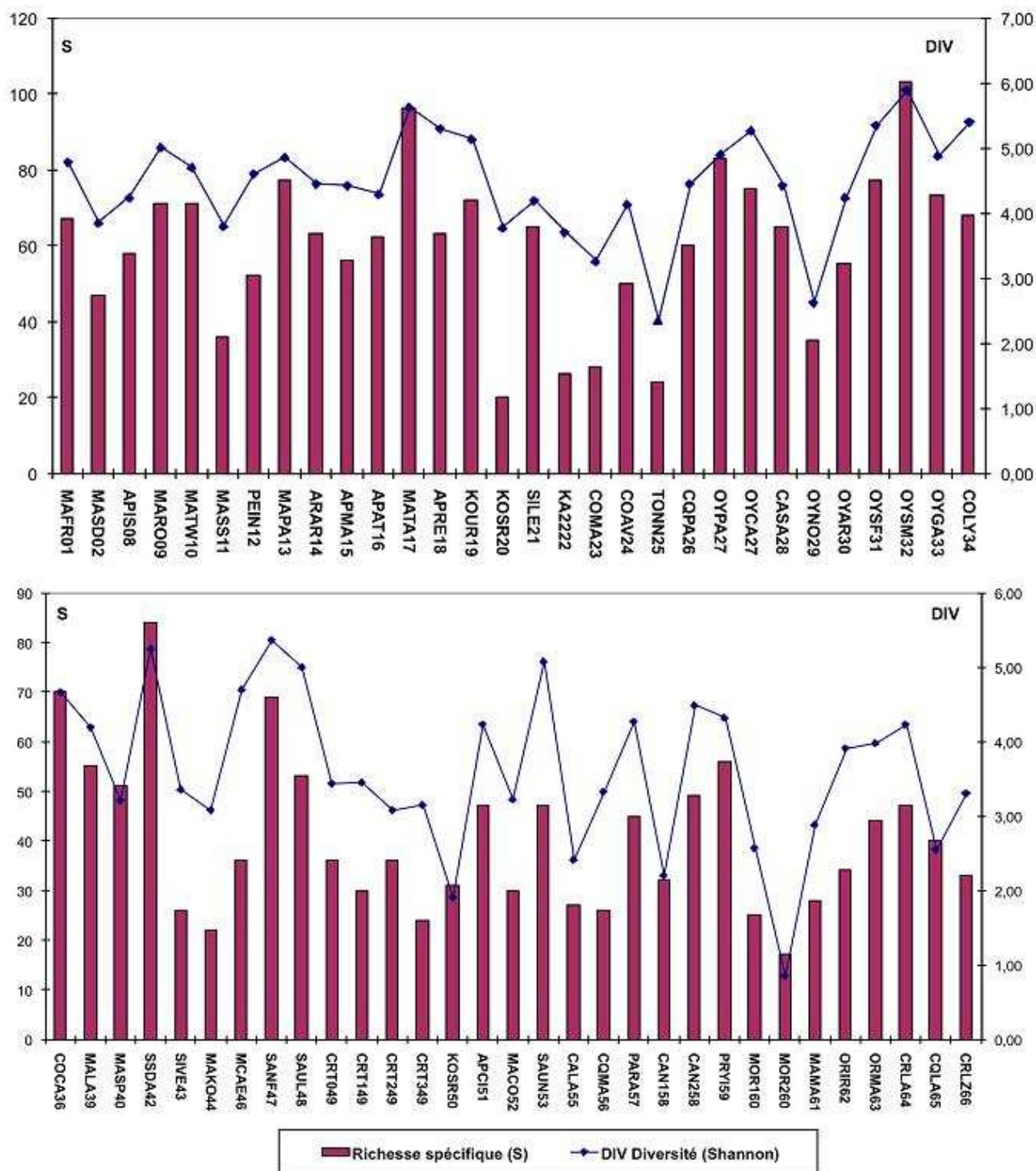


Fig. 13 : Evolution de la richesse et diversité spécifiques (indice de Shannon) des diatomées guyanaises en 2009

Les valeurs les plus faibles de S et DIV sont souvent liées à la prédominance d'un taxon privilégié par la technique de comptage des 400 individus, qui limite la recherche de taxons plus rares susceptibles de redresser l'estimation. A titre d'exemple l'espèce dominante sur la crique Morpio (MOR2) est *Frustulia saxonica* qui représente 90% du peuplement, ce qui explique la pauvreté spécifique (17 taxons) du reste du relevé dans un comptage de 400 individus. De même la crique Korossibo (St. 44) avec 22 taxons recensés est dominée par *Eunotia parasioli* (47,2%) et présente une diversité faible.

5-5) Bilan floristique global :

A partir des 62 relevés floristiques observés en 2009, il a été possible de faire grandement avancer la connaissance sur les espèces de diatomées d'eau douce de Guyane. En effet, 527 taxons différents ont été listés (voir liste en **Annexe 1**) et la plupart ont fait l'objet de plusieurs clichés au microscope photonique (plus d'un millier de clichés). Certains d'entre eux ont aussi été photographiés au microscope électronique (plus de 800 clichés), et ces investigations vont être poursuivies lors de séances complémentaires.

Parmi ces 527 taxons, 21 ne sont pas encore reconnus avec certitude et/ou nommés. L'effort au microscope électronique continuera en priorité sur ces espèces encore inconnues ou douteuses, afin de pouvoir progressivement compléter la liste et repérer les quelques espèces qui seraient complètement nouvelles et non décrites dans la littérature mondiale.

Les espèces trouvées dans ces inventaires appartiennent à 77 genres différents, qui sont listés en **Annexe 2**.

5) DONNEES DE CHIMIE DES EAUX

Les données de chimie des eaux utilisées (**voir Tableau 2**) concernent les 53 stations qu'il était prévu de prospector en 2009.

Compte-tenu des délais prolongés ayant été rencontrés entre le moment des prélèvements et l'acheminement au Laboratoire CARSO, les résultats de mesures physico-chimiques de terrain et ceux des analyses faites au laboratoire HYDRECO sur place en Guyane ont été prioritairement utilisés.

Cependant, il a été fait exception à cette règle dans les cas suivants :

- Utilisation de caractéristiques hydro-chimiques permettant un rapprochement avec la géochimie naturelle des régions (nature des roches et des sols), et de donner une information sur les éventuelles intrusions salines. Ainsi, les données Carso ont été utilisées pour les dosages d'ions conservatifs dans les échantillons (Ca⁺⁺, Cl⁻, SO₄⁻⁻), qui peuvent servir de descripteurs intéressants des forçages géologiques et halins naturels et éventuellement de pollutions chimiques. Ces données CARSO sont figurées en rouge dans les 3 colonnes de droite du tableau.
- Manque de certaines données pour différentes raisons (pas d'appareil physico-chimique de terrain sur certains sites, manque de réactifs colorés pour certains dosages de NO₃ et de DBO₅). La présence de trous dans la matrice rend impossible l'utilisation en analyses multivariées de toute la ligne concernée. Dans ces cas, afin de conserver une assise de données suffisante, les données ont été complétées par des données CARSO ou par avis expert en se basant sur les hydrosystèmes voisins du même type avec les conditions les plus semblables. Dans un souci de traçabilité, ces données complétées sont figurées en rouge gras.
- Lorsque des données étaient inférieures au seuil de quantification, vu qu'il s'agissait le plus souvent de paramètres non conservatifs susceptibles d'évoluer à la baisse dans l'échantillon avec le temps de conservation et les transports, il a été affecté la moitié de la valeur du seuil de quantification du labo ayant fait l'analyse (valeurs figurées en italique rouge).
- Enfin, sur quelques sites, il y a eu 2 échantillonnages terrain, le premier à la pose de substrats artificiels et le 2^{ème} au retrait. Dans ces 6 cas (stations 17, 22, 23, 24, 25 et 36), les valeurs de chimie s'appuient sur la moyenne entre les échantillonnages aux 2 dates.

De manière générale, les pollutions anthropiques « trophiques » sont peu apparentes, d'une part du fait du contexte peu anthropisé, mais probablement aussi, pour certains paramètres évolutifs dans l'échantillon, en raison de la difficulté liée aux conditions des missions (pirogue...) , à la qualité de la chaîne de froid avant arrivée au laboratoire et aux délais de stockage avant analyse (particulièrement longs dans le cas de certains lots d'analyses CARSO).

Aussi, il est fort probable que, même si le classement relatif des sites entre eux doit être à peu près respecté, les référentiels collectés donnent des valeurs plus basses que la réalité *in situ* dans la rivière, en particulier pour les valeurs de DBO5 (très peu de valeurs au-dessus de 2,5 mg/l et valeur max de 4mg/l à Crique Camopi-Saut Alexis), des formes évolutives de l'azote (NH4 : plus forte valeur : 0,1mg/l ; NO2, plus forte valeur à 0,03mg/l ; NO3, très peu de valeurs au-dessus d'1 mg/l, plus forte valeur : 1,45 mg/l), ainsi que pour les valeurs d'orthophosphates (très peu de valeurs au-dessus de 0,1mg/l, 1 valeur à 0,28 mg/l).

6) ANALYSES DES DONNEES STATIONNELLES (chimie, biologie)

7-1) Classement des sites selon la chimie :

Une ACP portant sur la matrice de données de chimie de la campagne Guyane 2009 (voir Tableau 2) a été réalisée, afin de repérer les éventuels patrons de classification des stations en fonction des gradients physico-chimiques et chimiques représentés dans le jeu de données.

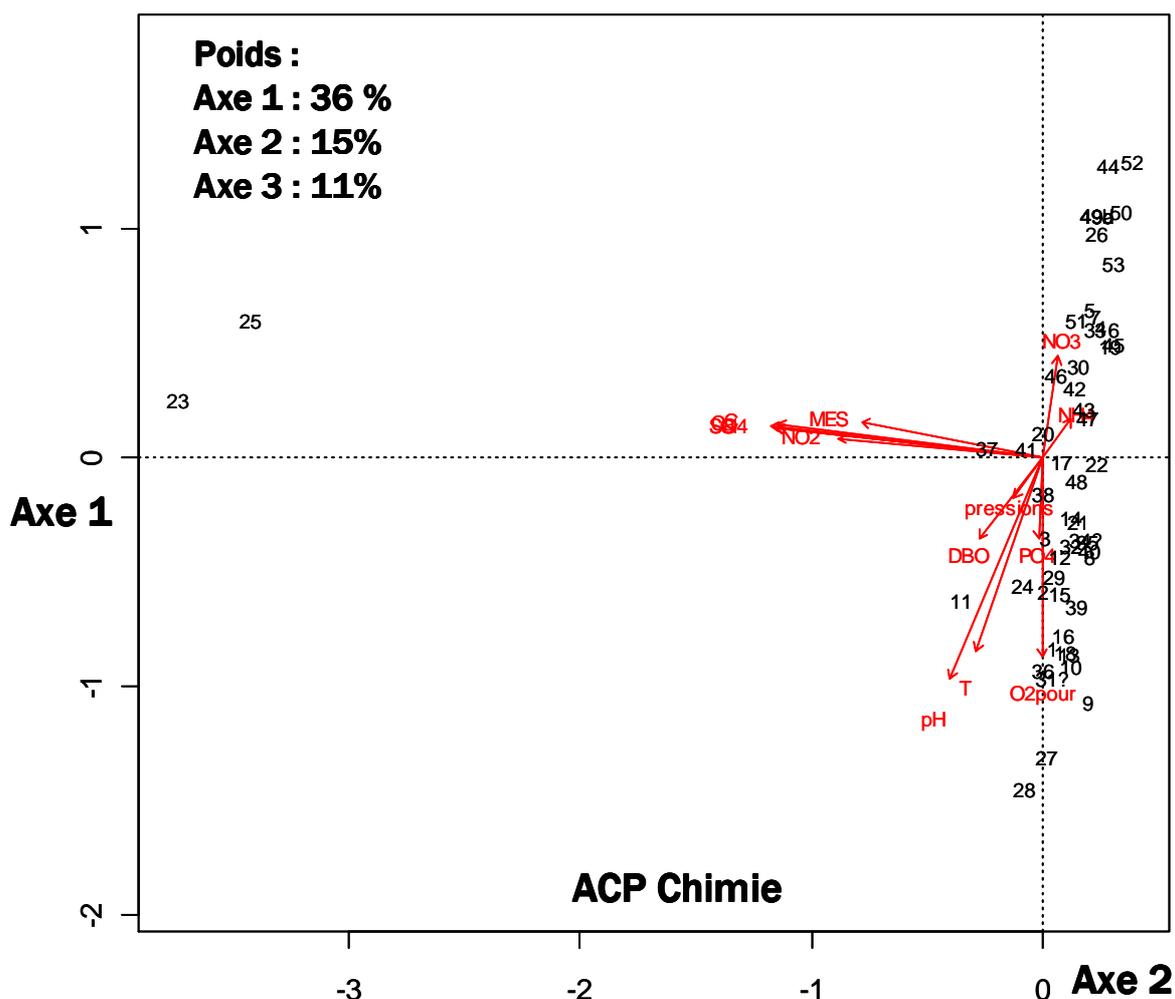


Fig. 14 : ACP sur les données de chimie des stations Guyane 2009 (Axes 1 X 2)

L'observation du croisement (Axe 2 X Axe 3) de l'ACP Chimie n'est pas beaucoup plus informative (voir **Figure 16**)

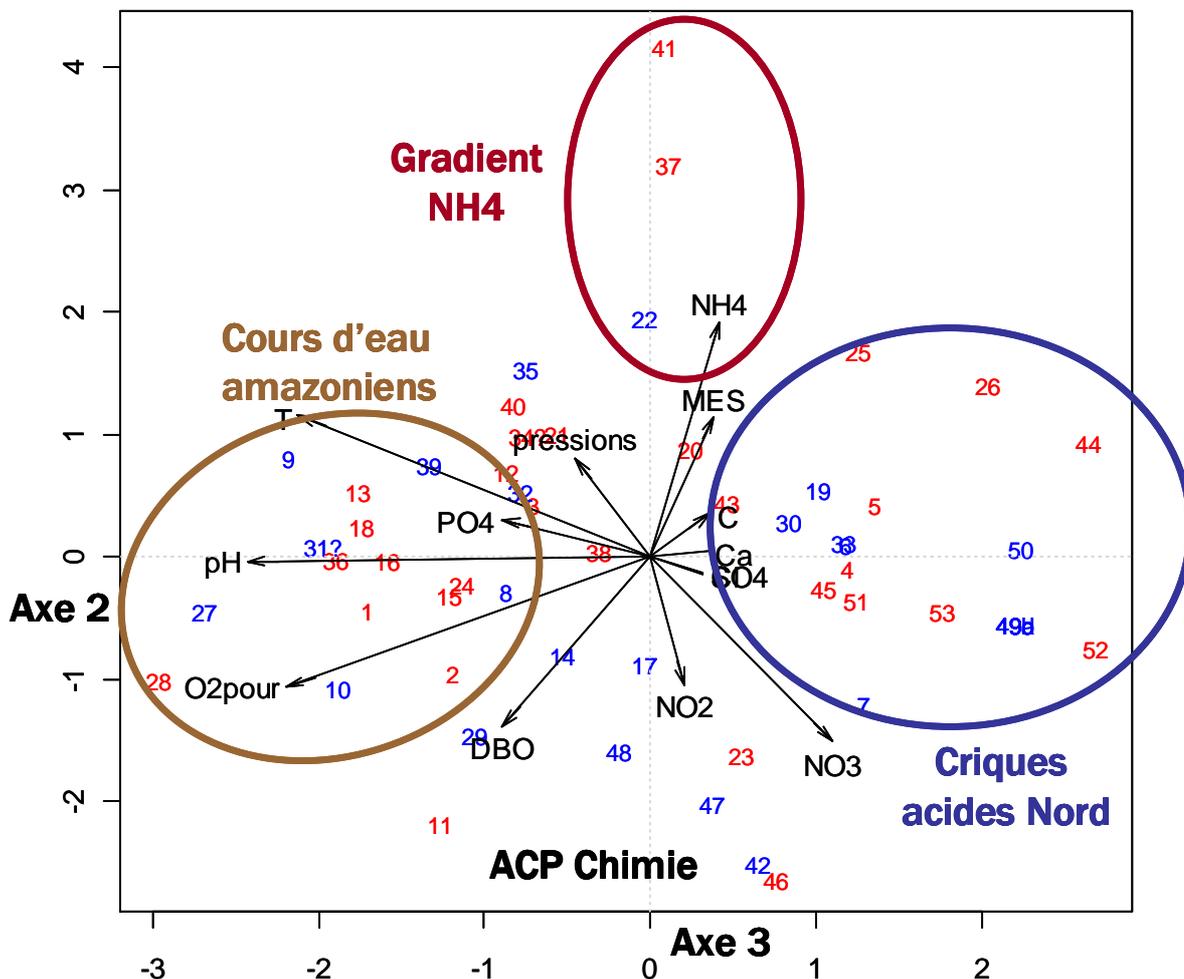


Fig. 16 : Patrons d'organisation des sites dans l'espace des données de chimie (Axe 2 X Axe 3) de l'ACP

On retrouve l'axe 2 porteur des principaux gradients, essentiellement naturels, qui séparent les petites criques de la plaine littorale Nord, plus acides, plus fraîches et moins oxygénées, des cours d'eau amazoniens. L'axe 3 permet d'isoler un gradient d'ammoniac (du bas vers le haut du graphe) d'intensité modérée (inertie de 11 % portée par l'Axe 3). Les trois stations 41 Sparouine Camp Militaire, 37 Maroni à St Laurent et 22 Kaw amont sont les sites qui structurent le plus ce gradient, les 2 premières probablement pour des raisons de pollution anthropique et la 3^{ème} (marais de Kaw) en raison d'un milieu naturel particulier.

Fait un peu inhabituel et surprenant, dans cette analyse, le gradient d'ammoniac et de DBO5 sont opposés alors qu'habituellement, ils vont de pair (l'attaque de la matière organique fermentescible et sa minéralisation vont de pair avec l'ammonification).

C'est un signe, soit que les gradients anthropiques conduisant à ces 2 altérations sont faibles et peu structurés sur ce territoire, soit que les valeurs de chimie obtenues dans des conditions variables de durées d'acheminement et de conservation des échantillons avant analyse donnent des résultats entachés d'artefacts et globalement peu consistants pour une analyse de gradients et d'effets.

Afin de tenter de mieux repérer d'éventuels gradients d'anthropisation pour l'instant masqués par l'effet du gradient salé (effet environnemental le plus marqué de cette analyse), nous avons tenté, uniquement sur le plan graphique (l'analyse sous-jacente est la même), de retirer de la représentation graphique de la figure 14 les 2 sites nettement halins qui étiraient considérablement l'échelle de la conductivité, des chlorures et des sulfates (sites 23 Mahury à Roura et 25 Rivière de Cayenne à Cayenne).

La représentation graphique ainsi redéployée est représentée en **Figure 17**.

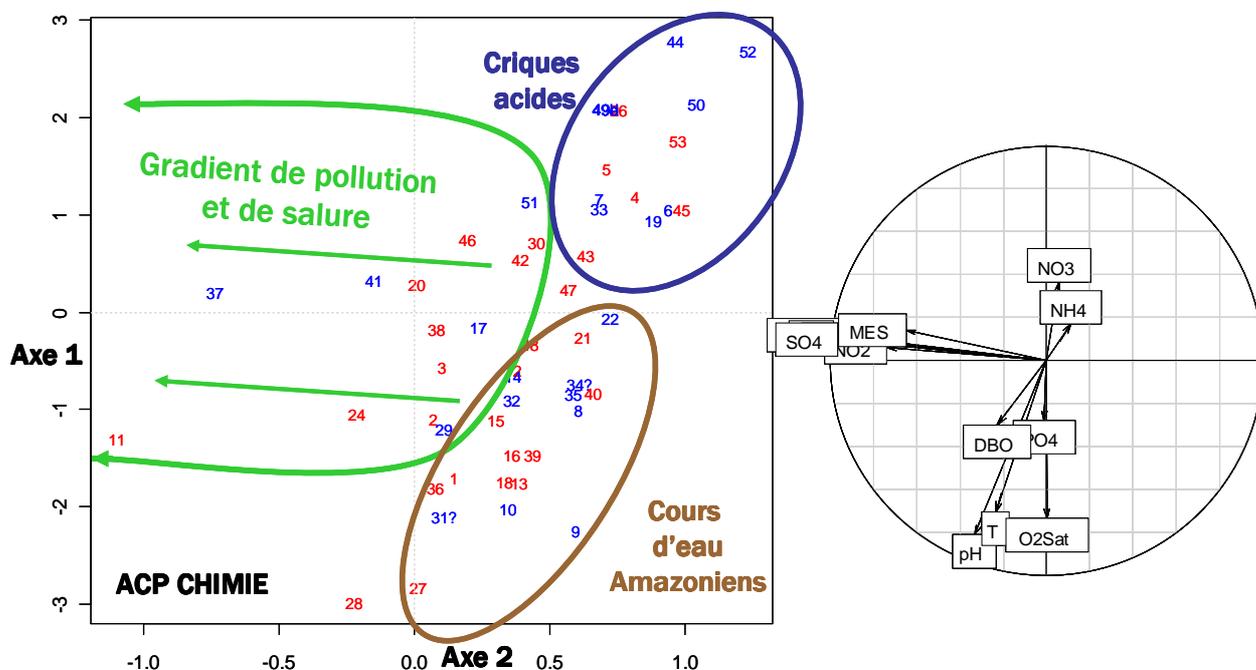


Fig. 17 : Forçages naturels et patrons d'organisation des sites dans l'espace des données de chimie (Axe 1 X Axe 2) de l'ACP

Comme on l'a déjà vu, les déterminants conduisant à la ségrégation des criques acides des plaines littorales du nord et des cours d'eau sous influence amazonienne forte sont portés de façon très dominante par l'axe 2.

Outre les 2 stations exclues du graphique (23 et 25), d'autres sites apparaissent désormais plus nettement sous influence haline (notamment sites 11, 24, 37, 41).

En ce qui concerne les sites situés dans le début de la courbe-enveloppe verte allant vers les fortes salinités, il est possible que certains d'entre eux soient soumis à des influences marines plus éloignées ou très intermittentes. D'autre part, en fonction des assortiments floristiques présents dans certains sites du début de cette courbe-enveloppe (notamment présence de Nitzschiacées et d'autres groupes tolérants aux pollutions), une hypothèse forte est que cette zone caractérisée par une augmentation de la conductivité électrique et des valeurs en nitrites soit sous influence de pollutions anthropiques, ce que les valeurs indicielles obtenues au chapitre 8, Tableau 4 sembleraient assez globalement montrer sur les sites ou données de chimie et assemblages diatomiques coexistent. Cependant, vu que le gradient naturel salé et que l'éventuel gradient de conductivité anthropique sont portés par ce même Axe 1 et vont globalement dans le même sens, il ne sera pas facile de dissocier clairement ces 2 types d'influences dans ce contexte Guyanais s'il n'est pas trouvé un assortiment de sites très pollués complètement hors influences marines. Il n'y a donc pas d'autre issue pour l'instant que d'affecter des profils écologiques défavorables aux espèces témoignant de la salinisation et/ou d'une forte augmentation de conductivité électrique anthropique, les mêmes espèces tolérantes pouvant être rencontrées dans ces 2 types de situations. Le problème se pose également en métropole.

7-2) Assemblages biologiques des sites, confrontation à la chimie :

Comme indiqué au chapitre 5.5, la matrice de taxons identifiés à l'espèce en 2009 comporte près de 530 espèces dont 21 encore à nommer.

La distribution de ces espèces (figurée par tranches de 5 taxons) dans les 62 relevés diatomiques 2009 présente la physionomie suivante (Figure 18). 15 taxons sont présents dans plus de 20 relevés, 10 de plus dans 15 relevés puis très rapidement et pour une forte proportion des taxons du jeu de données, la distribution devient particulière à un faible à très faible nombre de relevés (représentation graphique limitée aux taxons présents dans plus de 2 relevés).

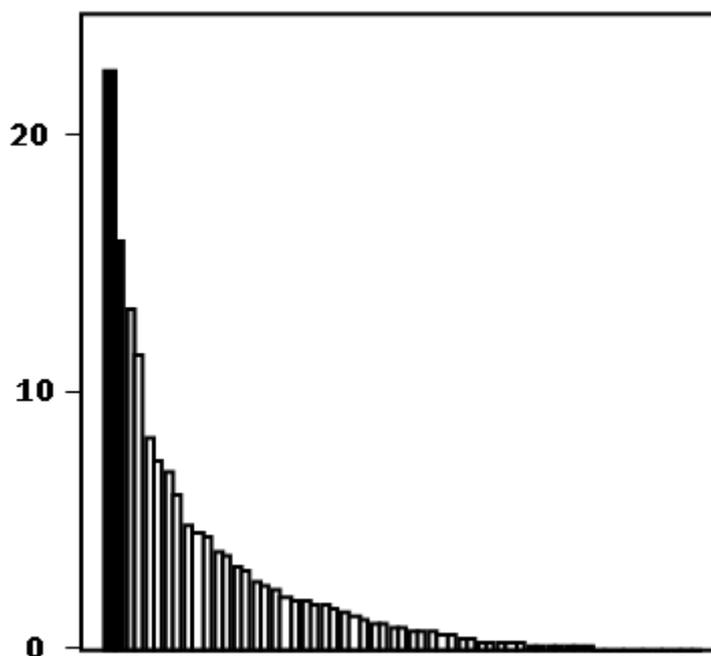


Fig. 18 : Profil de distribution des taxons diatomiques dans les relevés 2009

Une première série d'analyses de données a été réalisée au genre afin de bien comprendre les patrons de distribution des assemblages sur les sites en fonction des forçages environnementaux.

Plusieurs tentatives de mise en forme de la matrice des données taxonomiques ayant donné de bons résultats antérieurs sur la même nature de données dans d'autres types de conditions ont été testées (données en abondance relative sans transformation, transformation $\log x + 1$, renormalisation 0-1 par relevé, renormalisation 0-1 par taxon sur toute la série de relevés, transformation de Hellinger pour ignorer les absences dans la matrice de données).

Les différentes ACP sur les matrices taxonomiques ainsi conditionnées ont été réalisées. Nous ne présentons dans ce rapport que les 2 qui ont produit les résultats les plus intelligibles.

Une première ACP après renormalisation 0-1 des valeurs taxons par relevé est présentée en Figure 18.

L'axe 1, qui porte la plus forte inertie, est illustratif d'espèces et de sites représentatifs du gradient de conductivité et de salinité allant d'eaux très peu minéralisées vers des stations halines (Stations 23, 24, 25 sur l'Orapu, le Mahury et la Rivière de Cayenne)

L'axe 2 est aussi porteur d'une partie de cette information de conductivité croissante de la droite vers la gauche et d'influences salines notables dans sa partie gauche.

Il est aussi porteur d'une information structurante sur le forçage des assemblages par le pH, qui permet de bien repérer et séparer les assemblages acidobiontes des criques des plaines Nord (sur la partie droite de cet axe) et les assemblages typiques des cours d'eau amazoniens (partie centrale et légèrement à gauche de l'origine de cet axe). Sur la partie gauche de l'axe, on trouve des assemblages sous gradient halin et de pollution anthropique.

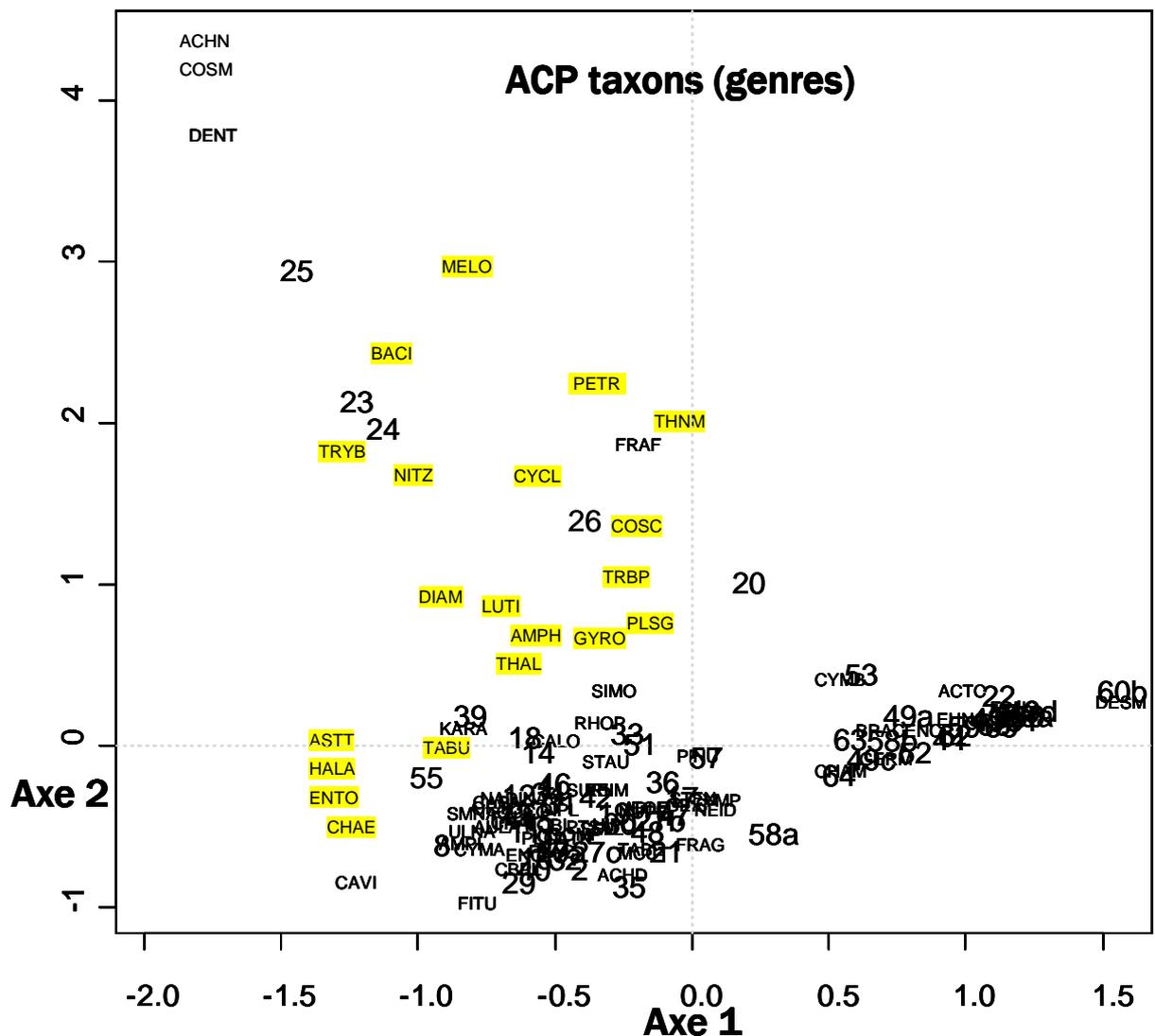


Fig. 19 : Profil de distribution des genres de diatomées dans les relevés 2009

Les genres typiquement halins, ou halins dans le contexte des espèces trouvées en Guyane lors de cette prospection, ont été figurés avec des vignettes jaunes. On peut ainsi noter que les assemblages gardent la marque de leur origine continentale par une partie des espèces présentes, et subissent des intrusions salines et des altérations anthropiques marquées par les espèces à vignettes jaunes qui forment une auréole autour des assemblages amazoniens. Ainsi, ces assemblages se séparent à la fois par le bassin d'origine des espèces continentales et l'intensité des phénomènes d'entrées marines constatée à la station :

- Les sites du secteur de Cayenne (sites 23, 24 et 25) se regroupent à la fois par une partie de l'assemblage d'espèces continentales et par l'influence haline nette (partie en haut à gauche de la figure).
- On peut aussi repérer en direction de la partie gauche de l'axe 2 un regroupement de sites à flore continentale différente, pollués et/ou sous influence saline (Stations 25, 8, 55, 39, le cas de la station 8 – Maroni amont à Apsik-Choli avec présence de *Chaetoceros* à vérifier car inexplicquée).

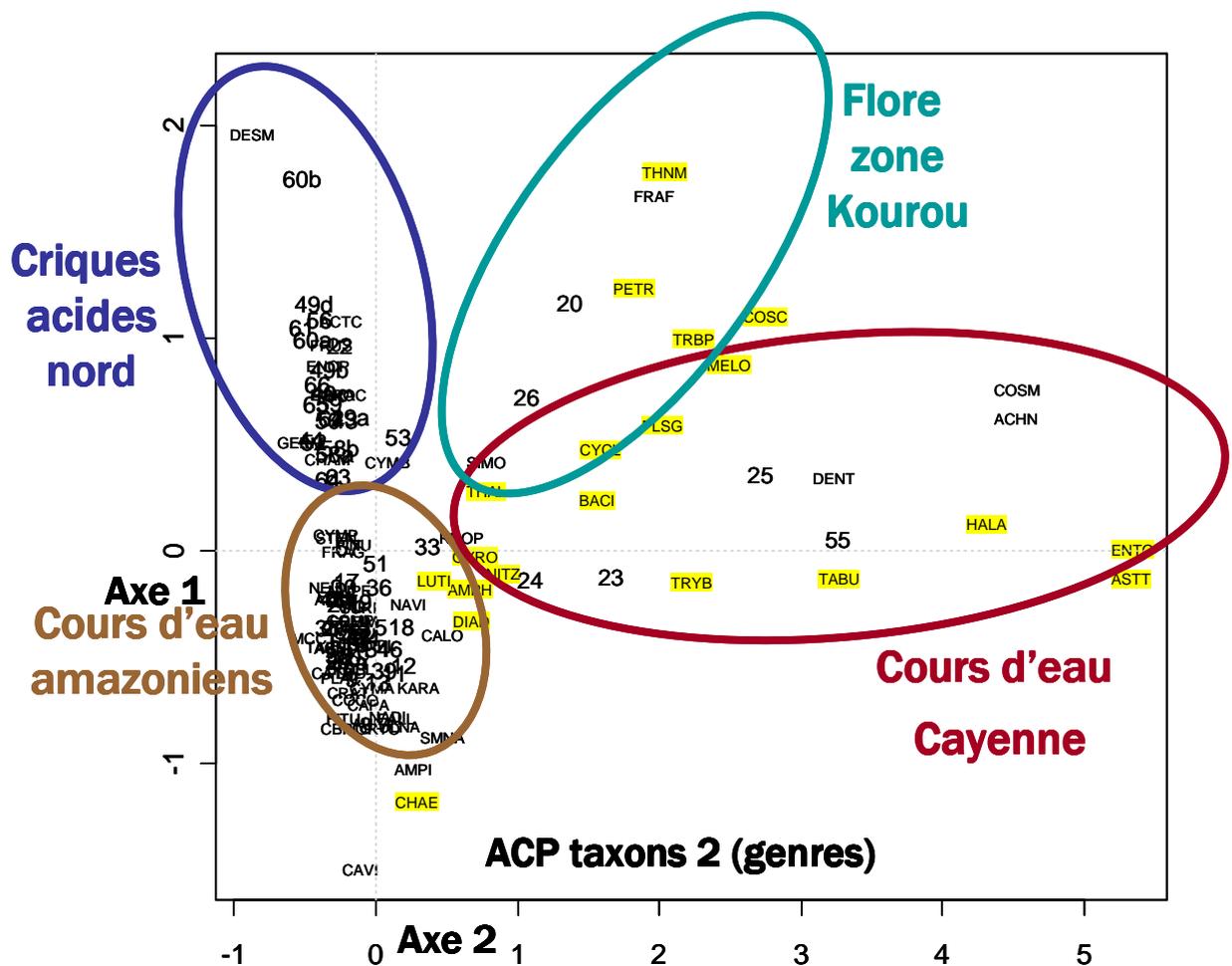


Fig. 21 : Interprétation de la distribution des taxons diatomiques et des relevés 2009 après transformation de Hellinger

L'Axe 1 reste porteur principal du gradient de conductivité-salinité. La distribution relative des taxons d'eau douce et des taxons halins à l'intérieur d'un même groupe de stations diffère légèrement par rapport à la représentation précédente mais on retrouve les mêmes ensembles de stations continentales sous influence haline regroupés de la même façon (logique de bassin hydrographique).

L'Axe 2 sépare les flores des criques acides des plaines littorales Nord et les flores des bassins amazoniens de la même façon que dans l'ACP précédente.

7-3) Biotypologie des assemblages diatomiques

Le nombre modeste de relevés biologiques (55) cumulé avec le nombre très important de taxons à l'espèce (527) ne permet pas la réalisation d'une biotypologie fine, d'abord pour un problème de grand déséquilibre entre nombre de taxons et nombre de relevés, ainsi que pour un problème de structure de répartition des taxons (très peu de taxons communs à plus de 20 relevés, beaucoup de taxons présents dans un seul relevé ou commun à 2 relevés seulement – voir **Figure 18**).

Dans ces conditions, faire une typologie à l'espèce ne présente pas grand sens et le déséquilibre du jeu de données poserait de gros problèmes pour les méthodes multivariées classiques et même, dans une moindre mesure, pour les réseaux neuronaux non supervisés souvent utilisés dans ce but. Il faudra donc attendre la disponibilité de sensiblement plus de relevés diatomiques pour pouvoir typer correctement les assemblages à l'espèce.

Malgré tout, des patrons nets de structuration des assemblages au genre ont pu être montrés dans les figures précédentes. Une biotypologie des assemblages au genre a donc été tentée en regroupant les 527 espèces en 72 genres représentés dans le jeu de données.

La matrice taxonomique utilisée a subi une transformation de Hellinger déjà citée, la distance utilisée pour établir l'Arbre Ascendant Hiérarchique était la distance de Bray, l'arbre a été établi avec la méthode de Ward (Fig. 22).

Aux différents niveaux de coupe structurants, le repérage des genres les plus indicateurs a été faite avec l'indice INDVAL Legendre et des tests de permutation de Monte Carlo).

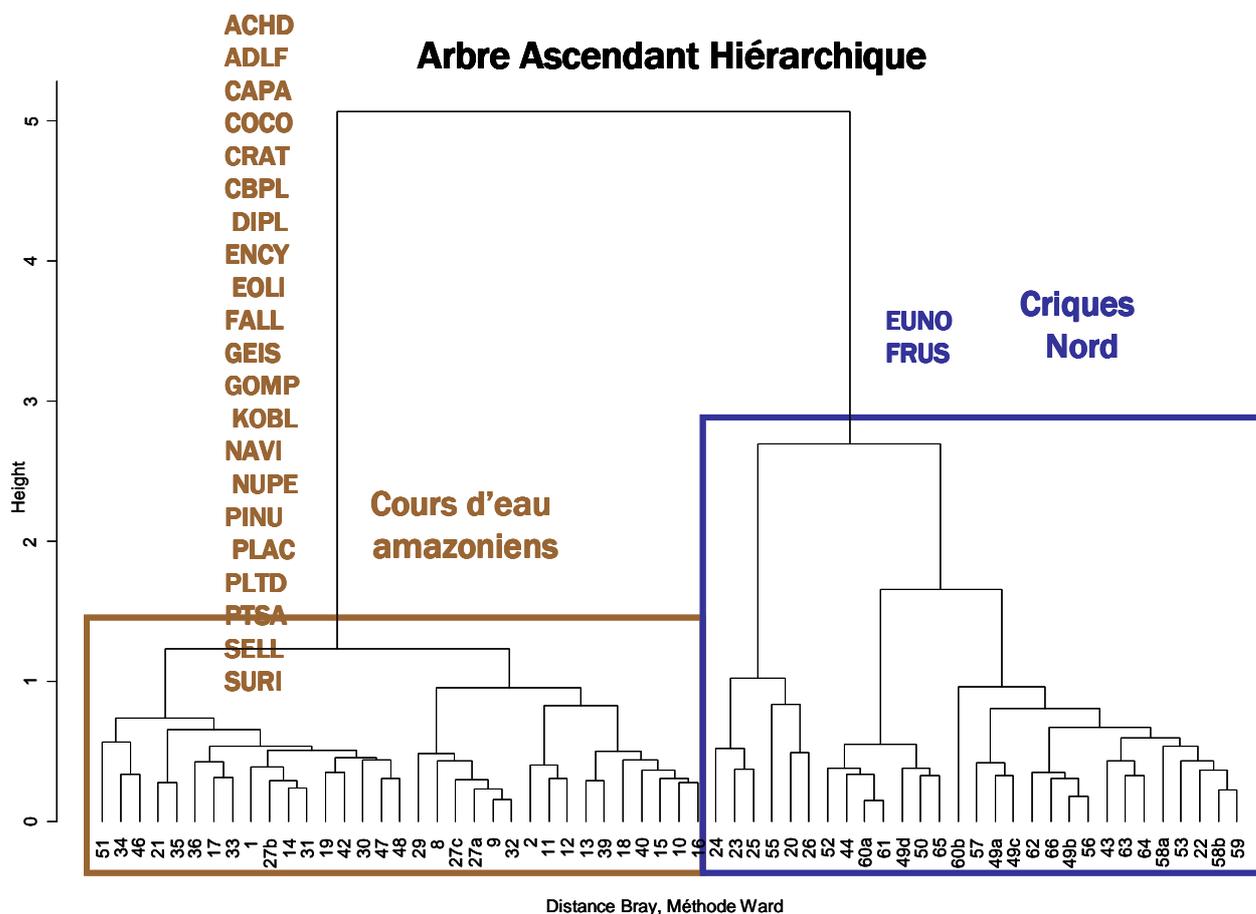


Fig. 22 : Biotypologie des assemblages diatomiques de Guyane (relevés 2009) : Premier niveau de coupe de l'Arbre Ascendant Hiérarchique et principaux genres indicateurs

Le premier niveau de coupe sépare les flores des bassins hydrographiques amazoniens (à gauche) des flores des criques acides des plaines du littoral Nord. Cette biotypologie conforte tout-à-fait la zonation HER proposée par Chandesis et al en 2005 (Fig.1)

La liste des espèces amazoniennes comprend des genres caractéristiques des eaux peu minéralisées à pH circum-neutrale à légèrement acide. 2 ou 3 genres qu'on y retrouve sont tolérants et pourraient signer des altérations anthropiques trophiques et/ou organiques.

Les 2 genres identifiés comme représentatifs des criques des plaines littorales Nord à ce niveau de coupe sont illustratifs de bonnes qualités et ont des préférences franchement acidophiles.

Le 2^{ème} niveau de coupe (Figure 23) sépare les cours d'eau de bonne qualité typiques de la région des plaines littorales Nord (le genre indicateur *Encyonopsis*, qui aime l'acidité et les très bonnes qualités des eaux, se rajoute aux 2 précédents) et un cortège mêlant genres tolérants aux pollutions péri-urbaines organiques, trophiques et chimiques et genres révélateurs d'une influence marine. On trouve ces assemblages dans les bassins périphériques de Kourou et de Cayenne

Arbre Ascendant Hiérarchique

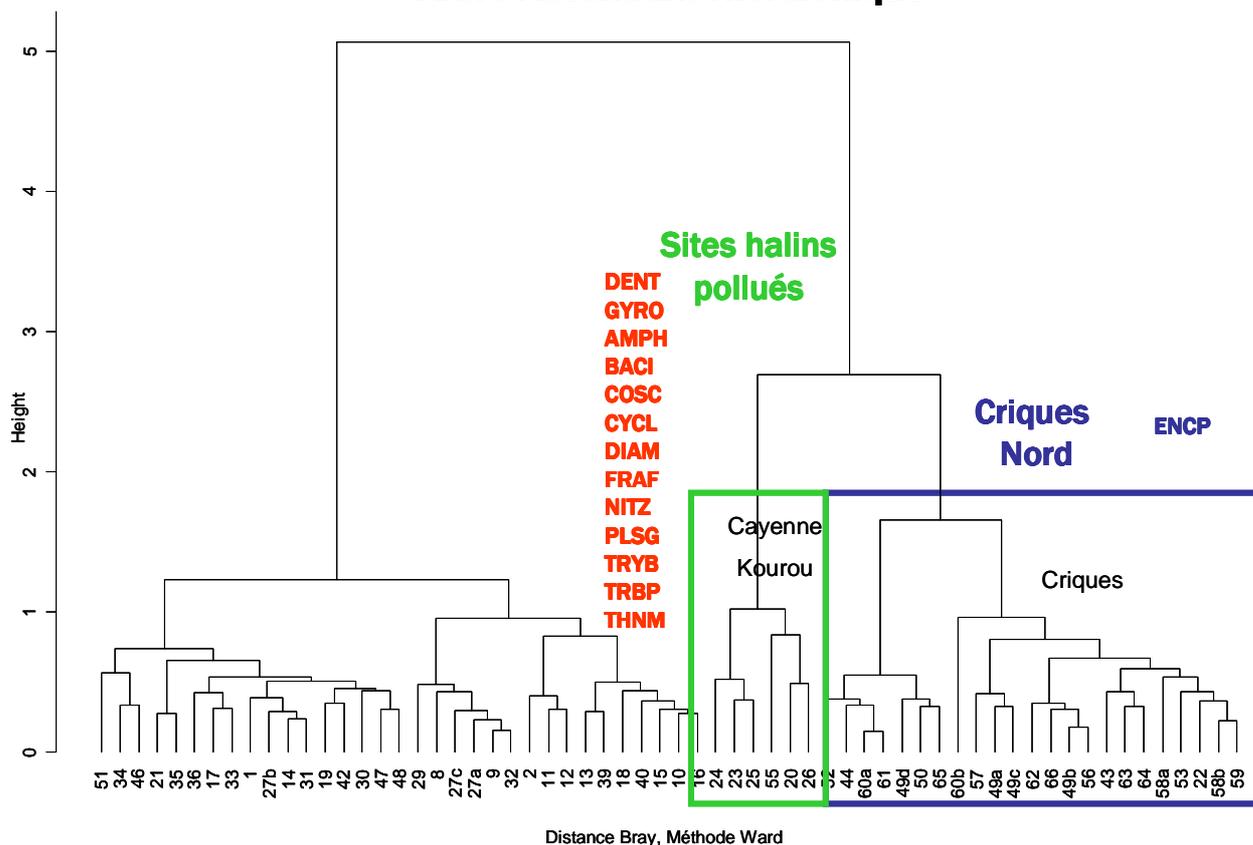


Fig. 23 : Biotypologie des assemblages diatomiques de Guyane (relevés 2009) : 2^{ème} niveau de coupe de l'Arbre Ascendant Hiérarchique et principaux genres indicateurs

Le 3^{ème} niveau de coupe identifie 2 sous-groupes d'assemblages typiques des bassins Amazoniens (Fig. 24). Cependant, cette séparation est moins nette pour certains bassins hydrographiques. Si le cluster le plus à gauche inclut essentiellement marais de Kaw (milieu spécial), Comté, Mana, Approuague, Oyapok aval et le cluster de droite, surtout des sites du grand bassin du Maroni, il y a un peu de mélange entre les 2 clusters au niveau du Maroni et surtout de l'Oyapok.

Il est possible que la biotypologie au genre ne soit pas assez précise pour bien séparer ces bassins. Il se peut aussi que, dans les grands bassins amazoniens, des particularités de forçage environnemental, géochimique ou autre (par exemple thermique), conduisent à la sélection de flores identiques sur certaines parties de ces bassins. La pression agricole, qui reste modérée, peut conduire à la sélection de genres indicateurs de conditions un peu plus dégradées (CATN – *Catenula*- par exemple). Mais il faudrait probablement raisonner à l'espèce sur un volant plus important de données pour comprendre le déterminisme conduisant à ce mélange d'assemblages entre bassins.

Arbre Ascendant Hiérarchique

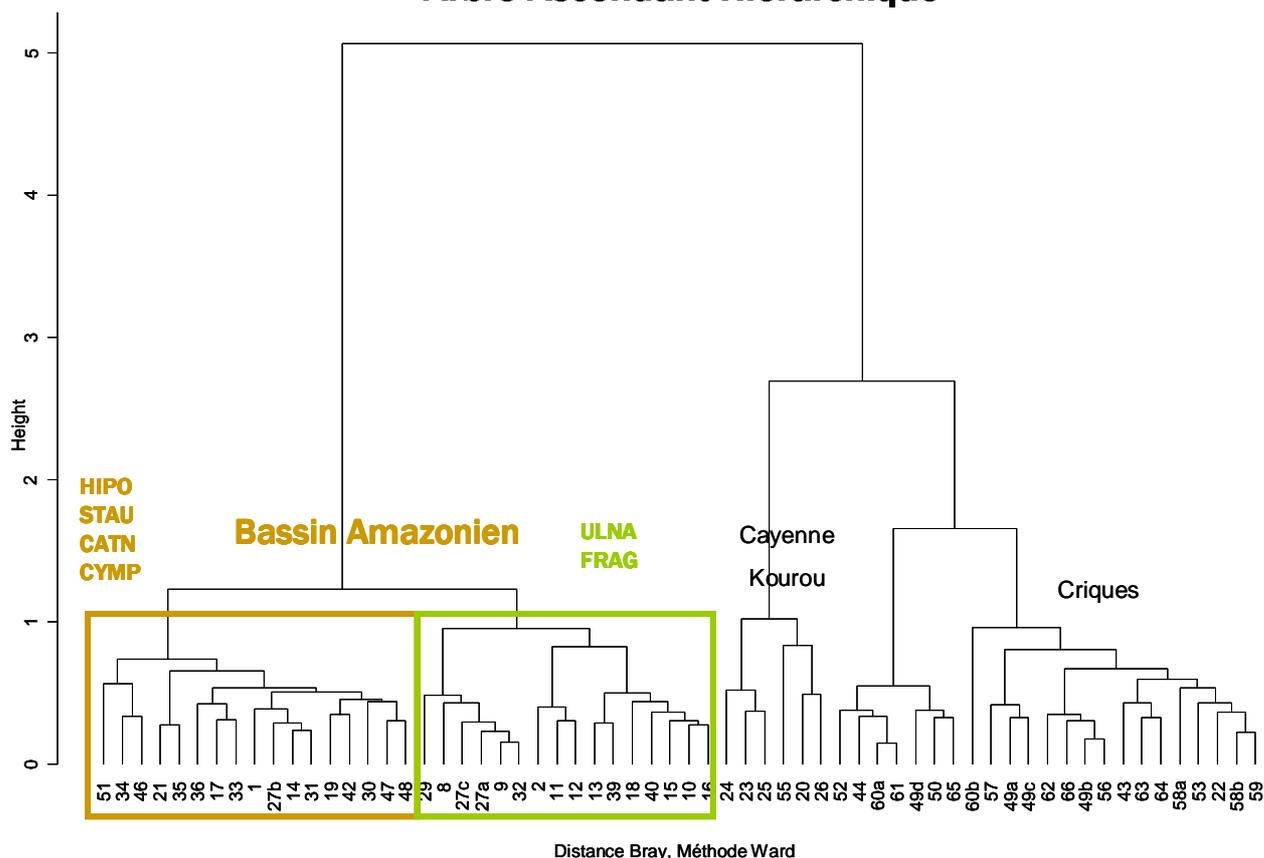


Fig. 24 : Biotypologie des assemblages diatomiques de Guyane (relevés 2009) : 3^{ème} niveau de coupe de l'Arbre Ascendant Hiérarchique et principaux genres indicateurs

8) APPROCHE DE LA QUALITE ECOLOGIQUE DES SITES

8-1) Outils indiciaires utilisés et adaptations spécifiques :

Bien que présentant le risque *a priori* d'être peu adéquates pour des raisons de biogéographie et d'assise-taxons, les méthodes de diagnostic biologique utilisées en métropole ont été complétées lorsque possible (taxons et profils spécifiques) et testées en tenant compte des informations aussi acquises lors de campagnes Guyanaises antérieures (2000, 2007 et 2008).

Les résultats d'inventaires obtenus à partir des différents relevés 2009 ont été analysés à l'aide du logiciel Omnidia version 5 qui permet le calcul d'une palette d'indices européens. Notre effort d'analyse s'est focalisé sur 3 indices : l'IDG (indice diatomique au genre), l'IBD (AFNOR 2007) et l'IPS (Cemagref 1982-1991).

L'IPS notamment a fait l'objet d'une adaptation qui utilise des valeurs de sensibilité (s) et des valeurs indicatrices (v) recalées pour certaines diatomées guyanaises, à partir des résultats de cette année et des prospections antérieures menées en collaboration avec l'IRD et HYDRECO pour la DIREN Guyane (De MERONA & al. 2001, HYDRECO 2007). Ces recalages ont été faits par jugement d'expert, plutôt que par l'utilisation conjointe de relevés biologiques et de la seule campagne de données de chimie disponibles (2009). En effet, outre la fiabilité relative de certaines valeurs numériques du référentiel de chimie acquis (concernant principalement les nutriments évolutifs et la DBO5), les données de cette seule campagne 2009 ne constituent pas une assise « taxons » et « gradients chimiques » suffisante pour dériver des profils d'espèces corrects.

La plupart des indices diatomiques s'appuient sur une pondération entre l'abondance relative des taxons, leur sensibilité spécifique(s) et leur amplitude écologique qui détermine la valeur indicatrice (v) (Cf. liste en annexe 1.)

L'**IPS** est dérivé de la formule de Zelinka & Marvan (1961) :

$$IPS = \frac{\sum_{X=1}^n A_X * S_X * V_X}{\sum_{X=1}^n A_X * V_X}$$

où A_X = abondance(relative) de l'espèce x ; S_X sensibilité (1-5) de l'espèce x et V_X = valeur indicatrice de l'espèce x.

Cet indice qui varie entre 1 et 5 est ramené à une note sur 20 par relation linéaire. L'IDG a la même formulation.

L'indice biologique diatomées ou **IBD** normalisé, utilise en revanche des profils de distribution pré- établis en probabilités de présence pour 7 classes (physico-chimiques) de qualité d'eau à partir de jeux de données métropolitains.

Calcul de l'**IBD** :

$$F(i) = \frac{\sum_{X=1}^n A_X * P_{classe_{(i)}} * V_X}{\sum_{X=1}^n A_X * V_X}$$

Où : $F(i)$: A_X : est l'abondance du taxon apparié X exprimé en ‰.

$P_{classe_{(i)}}$: est l'abondance de présence du taxon apparié X pour la classe de qualité i.

V_X : est la valeur écologique de taxons apparié X.

n : est le nombre de taxon appariés retenus après l'application du seuil de présence.

$$B = F(1) * 1 + F(2) * 2 + F(3) * 3 + F(4) * 4 + F(5) * 5 + F(6) * 6 + F(7) * 7$$

Où : B : est le barycentre qui correspond à la valeur de l'IBD sur 7.

La note sur 7 est ensuite transformée en note sur 20 de la manière suivante afin de mieux atteindre les valeurs extrêmes (très basses et très hautes).

| Valeur de B | [0;2] |]2;6[| [6;7] |
|-----------------|-------|--------------|-------|
| Valeur de l'IBD | 1 | (4,75*B)-8,5 | 20 |

En l'absence de régionalisation bien établie des notes de référence permettant l'application d'équivalents de qualité écologique (aussi appelés EQRs), ce qui ne pourra être entrepris qu'après perfectionnement des indices (incorporation de taxons, augmentation des jeux de données couplant chimie et biologie, amélioration des profils d'espèces), Il est possible de présenter les résultats de qualité estimés grâce à l'IPS et l'IBD d'après les classes du SEQ Bio, selon la grille conventionnelle de couleurs suivante :

| | |
|---|----------------------|
| IPS – IBD \geq 17 | Très bon Etat |
| 17 > IPS – IBD \geq 13 | Bon état |
| 13 > IPS – IBD \geq 9 | Etat moyen |
| 9 > IPS – IBD \geq 5 | Mauvais état |
| IPS– IBD <5 | Très mauvais |

Tableau 3 : seuils des classes d'indices diatomiques

La même grille, bien que non validée pour cet indice, a été utilisée pour interpréter les notes d'IDG.

8-2) Résultats d'application des indices diatomiques sur les inventaires 2009 :

Compte tenu du faible pourcentage de prise en compte des espèces souvent endémiques ou cantonnées dans la zone pan-tropicale, la fiabilité de beaucoup d'indices européens reste très limitée.

C'est particulièrement le cas pour l'IBD normalisé 2007 (voir Fig.25) qui nécessiterait l'introduction de nouveaux profils à définir à partir des conditions environnementales, des pressions et de la chimie des eau. En effet, le calcul actuel de la note indicelle sur les relevés 2009 porte souvent sur une faible proportion des espèces du relevé (voir barres vertes de l'histogramme, souvent moins de 50 %, parfois moins de 10 %).

Cependant, le nombre modeste de relevés couplant chimie et inventaires diatomiques (45 couples utilisant 42 relevés de chimie différents) et la fiabilité relative de certains résultats d'analyse chimique obtenus en 2009 (paramètres évolutifs) ne constituent pas une assise suffisante pour caler les profils d'espèces à incorporer dans l'IBD de façon homogène avec ceux des espèces de métropole. Une telle adaptation n'a donc pas été tentée sur cet indice.

IPS et IDG présentent une prise en compte acceptable proche de 100% des unités taxonomiques présentes dans le relevé. Cependant l'IDG reste peu précis car la signification écologique moyenne d'un genre, peu informative, recouvre souvent une large variation de *preferenda* écologiques des espèces appartenant à ce genre, hors contexte halin qui entraîne l'apparition de genres spécialisés que cet indice détecte bien.

L'IPS actuel semble être l'outil apte à donner l'estimation la plus pertinente (Figure 26), en dépit d'une interprétation défavorable des cortèges d'espèces halophiles des zones de transition (il est à ce stade impossible de distinguer effet de salinisation naturelle et anthropique, et les profils écologiques attribués aux taxons halophiles dans cet indice sont défavorables au sens de l'interprétation de la qualité du milieu). Autre point à approfondir, le profil assez systématiquement favorable des espèces acidophiles dans le contexte métropolitain serait à ré-étudier et peut-être un peu plus à nuancer dans le cas de la Guyane, mais l'assise-données n'est pas suffisante pour entreprendre une telle étude.

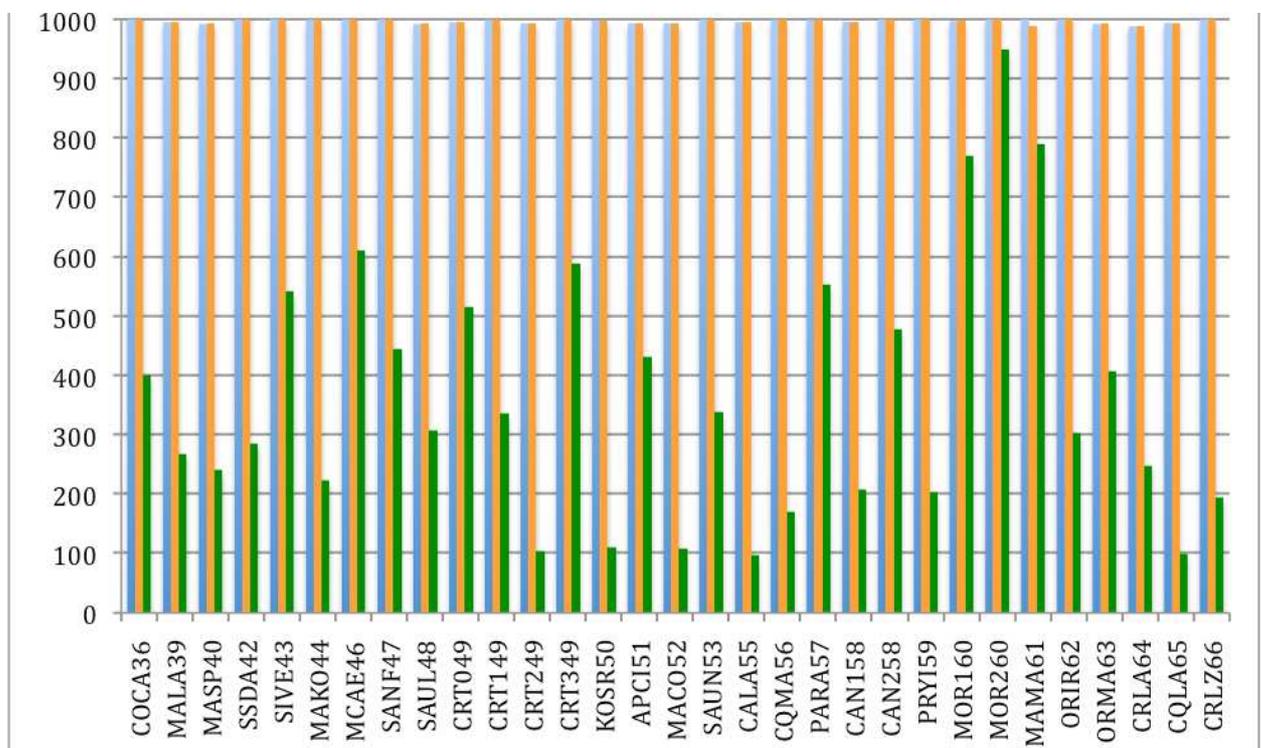
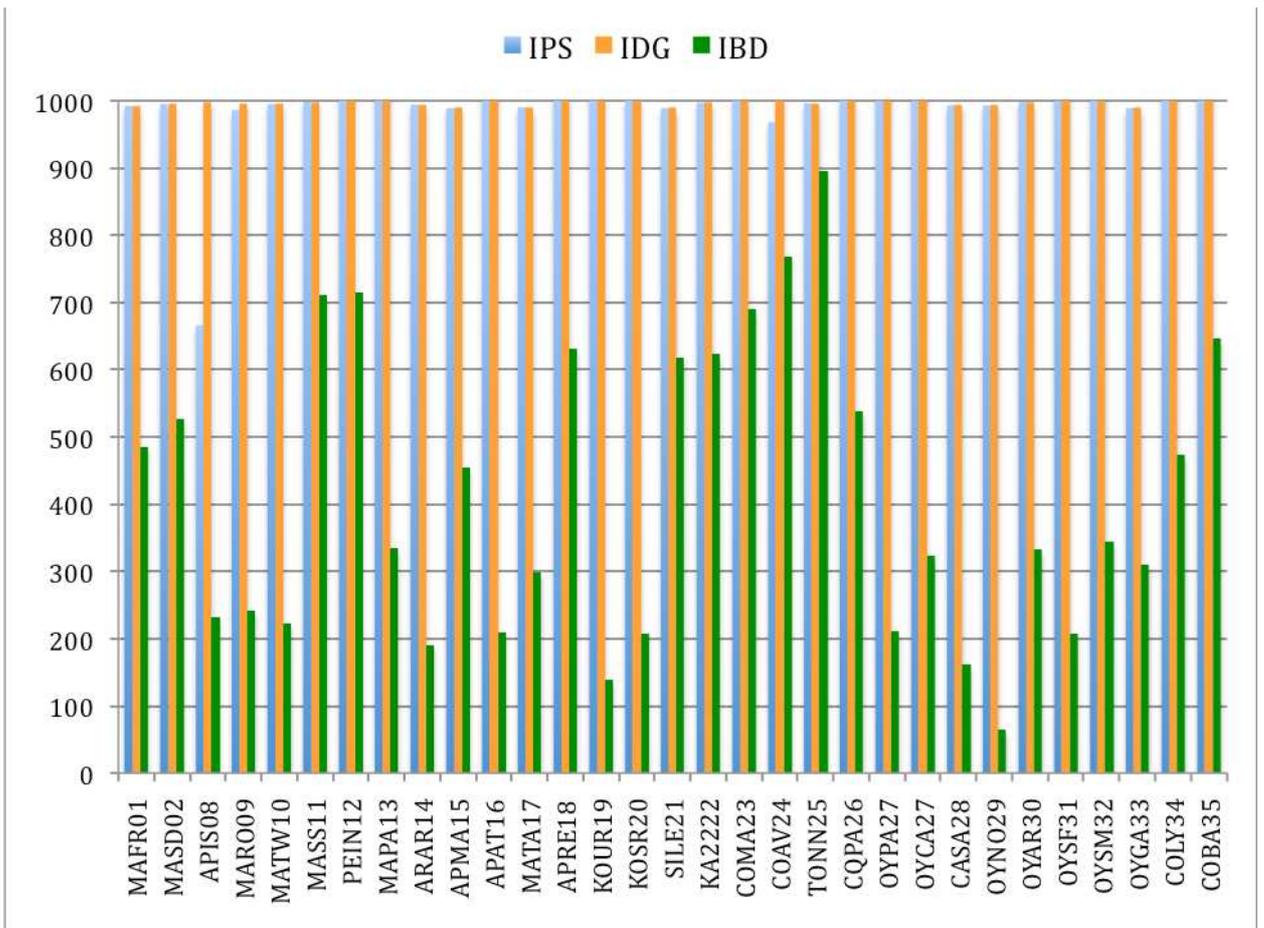


Fig. 25 – Abondances relatives cumulées en % des taxons utilisés par chaque indice

Si l'IBD, en particulier, n'a manifestement pas l'assise taxons correcte, il faut cependant remarquer que ces 3 indices ont une réponse globale assez cohérente vis-à-vis des forçages principaux que l'on peut rencontrer en Guyane. Ils détectent tous trois les effets de la salinisation, forçage principalement naturel qui est fortement structurant en Guyane. Comme par ailleurs, les gradients d'anthropisation sont globalement faibles et, pour le principal d'entre eux (pollutions trophiques péri-urbaines), très auto-corrélé au gradient de salinité (les plus grandes villes sont toutes proches de la côte), ces 3 indices repèrent de façon convergente les mêmes sites à la fois altérés et sous influence haline.

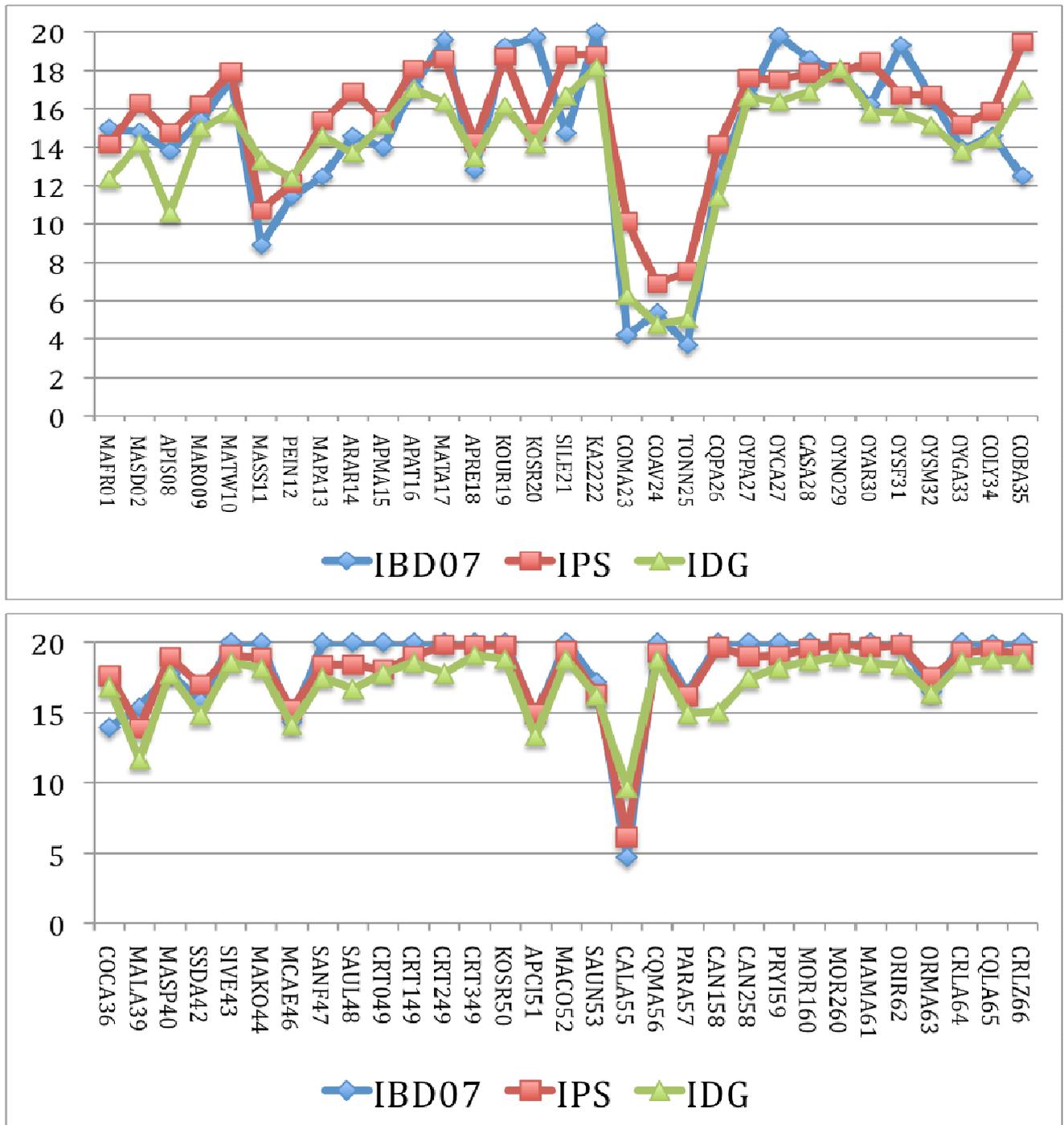


Fig.26 – Application des 3 indices aux inventaires diatomiques de la campagne 2009

Les situations les plus critiques sont atteintes sur les cours inférieur de la Comté (St.23-24) et autour de l'agglomération de Cayenne à Tonnegrande (St.25) et dans le canal Laussat à Cayenne (St.55). Ces 4 stations qui sont soumises à des influences marines (remontées) hébergent des cortèges de diatomées halophiles (*Nitzschia brevissima*, *Denticula subtilis*, *Luticola undulata*, *Entomoneis corrugata*) qui entraînent une chute des indices. Les stations 25 et 55 supportent en outre des pollutions urbaines importantes.

Les meilleures estimations obtenues avec l'IPS, (indice le plus pertinent) sont localisées sur des criques (Canceler, Bagot, à Dalles sur la Sinnamary, crique Toussaint, Mamaribo). Les indices obtenus sur les stations 8 et 9 Maroni et Marouini sont satisfaisantes mais légèrement altérées par la présence du *Chaetoceros* (forme planctonique saumâtre) déjà signalé.

| | IBD07 | IPS | IDG | | IBD07 | IPS | IDG |
|---------|-------|-------|-------|---------|-------|-------|-------|
| MAFR-01 | 15,0 | 14,1 | 12,4 | COCA-36 | 13,95 | 17,61 | 16,82 |
| MASD-02 | 14,8 | 16,3 | 14,2 | MALA-39 | 15,4 | 13,9 | 11,7 |
| APIS-08 | 13,8 | 14,7 | 10,6 | MASP-40 | 17,78 | 18,94 | 17,72 |
| MARO-09 | 15,4 | 16,2 | 15,0 | SSDA-42 | 15,8 | 17,0 | 14,8 |
| MATW-10 | 17,6 | 17,9 | 15,8 | SIVE-43 | 20,00 | 19,08 | 18,57 |
| MASS-11 | 8,9 | 10,7 | 13,3 | MAKO-44 | 20,00 | 18,90 | 18,15 |
| PEIN-12 | 11,4 | 12,1 | 12,4 | MCAE-46 | 14,3 | 15,2 | 14,1 |
| MAPA-13 | 12,5 | 15,4 | 14,6 | SANF-47 | 20,00 | 18,37 | 17,48 |
| ARAR-14 | 14,6 | 16,9 | 13,7 | SAUL-48 | 20,00 | 18,40 | 16,67 |
| APMA-15 | 14,0 | 15,4 | 15,2 | CRT0-49 | 20,00 | 18,07 | 17,77 |
| APAT-16 | 17,13 | 18,07 | 17,01 | CRT1-49 | 20,00 | 19,00 | 18,57 |
| MATA-17 | 19,6 | 18,6 | 16,3 | CRT2-49 | 20,00 | 19,82 | 17,77 |
| APRE-18 | 12,8 | 14,3 | 13,5 | CRT3-49 | 20,00 | 19,78 | 19,10 |
| KOUR-19 | 19,2 | 18,7 | 16,2 | KOSR-50 | 20,00 | 19,77 | 18,81 |
| KOSR-20 | 19,7 | 14,8 | 14,2 | APCI-51 | 14,8 | 14,9 | 13,4 |
| SILE-21 | 14,74 | 18,80 | 16,67 | MACO-52 | 20,00 | 19,37 | 18,77 |
| KA22-22 | 20,00 | 18,80 | 18,15 | SAUN-53 | 17,2 | 16,3 | 16,2 |
| COMA-23 | 4,2 | 10,1 | 6,3 | CALA-55 | 4,8 | 6,2 | 9,6 |
| COAV-24 | 5,4 | 6,9 | 4,8 | CQMA-56 | 20,00 | 19,24 | 18,77 |
| TONN-25 | 3,7 | 7,5 | 5,0 | PARA-57 | 16,4 | 16,2 | 14,9 |
| CQPA-26 | 12,6 | 14,1 | 11,4 | CAN1-58 | 20,0 | 19,7 | 15,1 |
| OYPA-27 | 16,62 | 17,59 | 16,58 | CAN2-58 | 20,00 | 19,00 | 17,44 |
| OYCA-27 | 19,8 | 17,5 | 16,4 | PRYI-59 | 20,00 | 19,05 | 18,20 |
| CASA-28 | 18,60 | 17,85 | 16,87 | MOR1-60 | 20,00 | 19,52 | 18,67 |
| OYNO-29 | 17,94 | 17,89 | 18,10 | MOR2-60 | 20,00 | 19,93 | 18,95 |
| OYAR-30 | 16,2 | 18,5 | 15,8 | MAMA-61 | 20,00 | 19,67 | 18,53 |
| OYSF-31 | 19,3 | 16,7 | 15,8 | ORIR-62 | 20,00 | 19,82 | 18,38 |
| OYSM-32 | 16,6 | 16,7 | 15,2 | ORMA-63 | 16,5 | 17,5 | 16,3 |
| OYGA-33 | 13,9 | 15,2 | 13,8 | CRLA-64 | 20,00 | 19,29 | 18,57 |
| COLY-34 | 14,6 | 15,9 | 14,4 | CQLA-65 | 19,89 | 19,45 | 18,77 |
| COBA-35 | 12,49 | 19,46 | 16,96 | CRLZ-66 | 20,00 | 19,15 | 18,77 |

| | |
|---------------------|---------------|
| IPS – IBD ≥ 17 | Très bon Etat |
| 17 > IPS – IBD ≥ 13 | Bon état |
| 13 > IPS – IBD ≥ 9 | Etat moyen |
| 9 > IPS – IBD ≥ 5 | Mauvais état |
| IPS – IBD < 5 | Très mauvais |

Tableau 4 : Correspondances entre classes de qualité obtenues avec les 3 indices IBD,IPS et IDG

Un premier classement des sites prospectés à partir de leurs caractéristiques physico-chimiques devrait permettre d'améliorer la sélection des espèces à retenir dans l'indice IBD et d'élaborer leur profil de distribution en fonction de l'état écologique des rivières. Mais pour l'établissement d'une relation objective des cortèges biologiques avec l'évolution de la chimie, une difficulté réside dans la faiblesse des gradients anthropiques représentés dans le jeu de données 2009, difficulté encore amplifiée par les difficultés logistiques et les délais d'analyses chimiques. L'évolution des échantillons en cours d'acheminement et de conservation contribue encore à resserrer le gradient et à rendre plus difficile l'objectivation des relations gradient chimique anthropique (trophique, organique) et modification de la composition des flores. Un effort très spécifique serait à réaliser les années à venir pour se procurer des flores de sites ou microsites très pollués et les coupler avec des analyses chimiques de l'eau, afin d'étendre le gradient d'anthropisation et de chimie sur lequel caler les profils des taxons Guyanais. Cela passe par des échantillonnages sur sites particuliers repérés en cours de prospection (fossés et égouts de villages, d'élevages...) et par la possibilité de ramener et faire analyser les eaux correspondantes en laboratoire de chimie.

Concernant les pressions toxiques, il n'a pas été noté d'effet particulier sur les communautés diatomiques des zones orpaillées. Quelques formes anormales ont été recensées mais toujours en faible abondance sur 4 zones soumises à orpaillage (Stations 2,21,28 et 34) et sur 2 criques pour lesquelles nous ne disposons pas d'information spécifique sur les sources possibles de toxicité (stations 63 et 65).

9) Conclusions

Les études précédentes sur la Guyane auxquelles le Cemagref a participé avaient surtout une orientation et une ambition floristique. Dans un contexte de large méconnaissance par la Science de la taxonomie de cortèges diatomiques très spécifiques à l'Amazonie et plus largement, au Continent Sud-américain, la reconnaissance des espèces est un préalable indispensable à la mise au point d'applicatifs indiciels utilisables pour la surveillance et la gestion.

Cette étude a conduit à une avancée déterminante sur ce plan (527 taxons identifiés ou repérés dont seulement 21 n'ont pas encore pu être nommés avec un minimum d'assurance). L'effort taxinomique pour éclaircir ces cas particuliers va se continuer, notamment via des séances de microscope électronique.

D'autre part, cette étude a été la première occasion réelle pour le Cemagref de pouvoir confronter conditions environnementales (notamment physico-chimiques et chimiques) et assemblages diatomiques, dans le souci de préciser leur écologie et de pouvoir fixer des profils de qualité aux espèces qui seront incluses dans les indices. De telles connaissances, qui restent encore à améliorer sensiblement, constitueront l'assise des outils indiciels utilisables sur ce territoire.

Cependant, le jeu de données encore trop limité (45 relevés de chimie qu'il a été possible de confronter à la composition d'assemblages diatomiques), les difficultés très spécifiques rencontrées pour obtenir des données fiables et représentatives de la chimie des eaux (difficultés propres aux spécificités du contexte Guyanais, tant sur la partie terrain que sur la partie concernant les possibilités et délais d'analyses de chimie), et les gradients trop limités de pollutions anthropiques trouvés pour l'instant sur le réseau de stations ont limité la portée de ce travail d'analyse, qui donne cependant des informations intelligibles et intéressantes pour la suite.

Une difficulté particulière rencontrée est la forte auto-corrélation entre le gradient salé et la pollution par les grandes villes, qui se trouvent tous deux en position jouxtant le littoral. D'autre part, dans les jeux de données existants, il y a un déficit à peu près total de sites sur cours d'eau acides (criques des plaines littorales du Nord) présentant une pression de pollution importante.

Ces difficultés très spécifiques devront être levées par des dispositifs d'étude particuliers :

- Prélèvements faits au hasard des prospections à l'aval de sites ponctuels de pollutions (petits élevages, villages, fossés-égouts, suintements d'eaux usées etc...) qui, même si non-représentatifs de l'état de masses d'eau, permettraient d'élargir le gradient de pollution illustré dans le jeu de données et de mieux repérer notamment les espèces hyper-eutrophes et les espèces à haute affinité saprobique.

- Il faudrait que des mesures physico-chimiques et des échantillonnages d'eau à ces mêmes sites ponctuels pollués ou très pollués puissent être faits à cette occasion, même si non couverts par les réseaux traditionnels, et qu'un budget soit explicitement pré-réservé pour la réalisation d'analyses d'eau et d'analyses diatomiques additionnelles. Dans un tel programme de recherche, bien que ce besoin existe et doive être satisfait, la logique sous-jacente n'est pas uniquement la production des données relatives à la surveillance DCE elle-même, c'est de pouvoir générer de bons outils utilisables pour cette surveillance et couvrant des gradients plus importants que le champ des possibles sur les stations de réseaux (repérage d'espèces sensibles et tolérantes, voire très tolérantes). La mise en place de prospections spécifiques hors réseaux est pratiquement inévitable pour compléter l'amplitude du gradient couvert par les jeux de données.

- Pose de substrats artificiels dans les parties aval de cours d'eau, recouvrant au moins un cycle de fortes marées (les plus forts coefficients de l'année) en contexte hydrologique de basses-eaux, afin de bien délimiter les zones même épisodiquement sous influence haline de celles qui ne le sont pas. Des échantillonnages devront être réalisés le plus à l'aval du secteur défini comme non halin, afin de bien séparer taxons indicateurs de pollutions et taxons d'origine marine, et leurs profils écologiques devront être établis. C'est à cette seule condition qu'il sera possible de progresser dans la séparation des effets naturels d'influence marine et des effets anthropiques occasionnés par les villes proches du littoral.

Nota : une fois cette connaissance bien établie sur les profils des taxons d'eau douce de Guyane indicateurs de pollutions trophiques, organiques, péri-urbaines et chimiques, il sera probablement possible aussi de mieux diagnostiquer l'état écologique y compris en rivière ou canal sous influence salée (zones de transition plutôt du domaine continental), en n'utilisant que les taxons du domaine des eaux douces pour calculer les indices de qualité hydrobiologique des milieux aquatiques adaptés Guyane.

En dépit d'une application rigoureuse de la norme d'échantillonnage, sur certains sites non prélevés par des diatomistes expérimentés, le matériel présent dans les flacons est parfois très pauvre en diatomées. Les personnels non initiés ignorent les difficultés générées par des échantillons non optimaux (éclairage minimum de la station pour permettre le maintien de peuplements phototrophes utilisables comme bio-indicateurs, problèmes de nettoyage des échantillons, problèmes de densité de taxons diatomiques, présence de minéraux gênants pour le montage de lames bien lisibles, nécessité de re-préparer a posteriori plusieurs lames en cas d'échantillon très pauvre en biomasse, et grosse perte de temps *in fine* pour le spécialiste en liaison avec ces difficultés successives liées à l'exploitation des échantillons. Il serait donc utile qu'une personne un minimum formée à la diatomologie soit incluse dans la composition de chaque mission et puisse être chargée des prélèvements.

Sur des sites à faible biomasse de diatomées benthiques et très ombragés, si la limitation est réellement d'ordre photique, il pourrait être intéressant d'utiliser des contenus stomacaux d'espèces de poissons broûteuses de biofilm. Une expérimentation de faisabilité pourrait être tentée lors d'une prochaine étude (comparaison échantillons sur substrats naturels-contenus stomacaux d'espèces « standard » à tester...).

Il serait nécessaire, non pas d'organiser des études annuelles au coup par coup, mais de mettre en place, comme c'est actuellement le cas dans les autres DOM (Réunion, Guadeloupe, Martinique...), un programme pluriannuel construit permettant un travail sur la durée et une acquisition de données suffisante pour permettre une exploitation réellement approfondie à l'approche de la fin de programme ; l'objectif principal à atteindre ne se limitant pas uniquement à la surveillance réglementaire, mais à l'obtention spécifique d'un outil indiciel performant pour le contexte biogéographique visé. En effet, le travail de fond taxinomique et hydroécologique très conséquent sur de tels contextes largement méconnus s'accommode mal d'échéanciers très tendus de remises de rapports à portée temporelle courte et à visée opérationnelle de trop court terme. Il y a vraiment un travail scientifique de fond à construire pour apporter connaissance et outils performants (judicieux, sensibles et défendables) nécessaires à la bonne application de la DCE.

Avec les connaissances taxonomiques, puis dans un second temps, hydroécologiques capitalisées (celles-ci nécessitent une bonne confrontation chimie-assemblages diatomiques), il serait possible au terme d'un programme de moyen terme de rendre un indice opérationnel bâti très largement sur les données spécifiques de la Guyane et un guide-utilisateur apportant notamment une aide floristique à la détermination et au calcul d'indice

Sur le plan scientifique, il va devenir important dans l'année qui va suivre de publier les taxons nouveaux et des nouvelles combinaisons dans la littérature scientifique.

Un croisement d'expérience voire un programme commun transfrontalier co-financé sur des fonds régionaux ou de coopération scientifique gagnerait à être mis en place avec le Brésil, qui connaît des conditions naturelles proches (compétence identifiée sur le plan taxonomique et hydro-écologique diatomique : Carlos Wetzel). En outre, une telle étude trans-frontalière permettrait peut-être de mieux couvrir ou compléter (à voir..) les gradients anthropiques qu'il est possible de rencontrer dans ce contexte Sud-Américain péri-amazonien (notamment pour l'évaluation d'impact anthropique de grosses villes situées en domaine purement eaux douces, contexte qui semble faire défaut en Guyane Française).

10) Références Bibliographiques : (Algues et Diatomées)

- ANDREWS, G. W. & P.RIVERA. (1987). Morphology and evolutionary significance of *Adoneis pacifica* Gen. et Sp. Nov. (Fragilariaceae, Bacillariophyta), a marine araphid Diatom from Chile. *Diatom research*. **2**: 1-14.
- ARENAS, G. C. & K. M. DRECKMANN (1995). Taxonomic composition of algal drifts in Mexican Caribbean. *Cryptog Algol.* **16**(2): 115-123.
- BAFFICO, G. D. (2001). Variations in the periphytic community structure and dynamics of Lake Nahuel Huapi (Patagonia, Argentina). *Hydrobiologia*. **455**: 79-85.
- BICUDO, C. E. M. (1969). Contribution to the knowledge of the Desmids of the State of Sao Paulo, Brazil (including a few from the state of Minas Gerais). *Nova Hedwigia*. **17**: 433-549.
- BOURRELLY, P., & E. MANGUIN (1952). *Algues d'eau douce de la Guadeloupe et dépendances recueillies par la Mission Allorge en 1936*. Paris, Sedes. 282 p.
- BOURRELLY, P. & A. COUTE (1982). Quelques algues d'eau douce de la Guyane Française. *Amazonia*. **7**: 221-292.
- BROSSE, S., M. GEVREY, G. GRENOUILLET, L. TUDESQUE & K. KHAZRAIE (2008). Impact de l'orpaillage sur la richesse et la composition des organismes aquatiques d'eau douce : Résilience des communautés de diatomées et de poissons après démantèlement de sites d'orpaillage. R. I. A. S. N. T. P. A. P. II.: 22 p.
- BURLIGA, A. L., L. C. TORGAN & A. C. BEAUMORD (2007). *Eunotia ariengae* sp. nov. an epilithic diatom from Brazilian Amazon. *Diatom Research*. **22**: 247-253.
- BURONE, F. S. & C. BAYSSÉ (1984). Diatomeas de la Bahia de Maldonado (URUGUAY) :I Lithodesmiaceae y Eupodiscaceae. *CONTRIBUCIONES*. **1**: 2-18.
- BURONE, F. S. & C. BAYSSÉ (1985). Diatomeas de la Bahia de Maldonado (Uruguay). II. Biddulphiaceae y Chaetoceraeae. *Contribuciones Dep.Oceanogr.Univ.Republica* **2**: 1-40.
- CABALLERO, M., G. KHURSEVICH & P. VELASCO-DE-LEON (2009). *Tertiarius hidalgensis* sp. nov. a new diatom species from neogene deposits in central Mexico. *Diatom Research*. **24**(1): 23-33.
- CABALLERO, M., G. KHURSEVICH & P. VELASCO-DE-LEON (2009). *Tertiarius hidalgensis* sp. nov. a new diatom species from neogene deposits in central Mexico. *Diatom Research*. **24**(1): 23-33.
- CABALLERO-MIRANDA, M. (1996). The diatom flora of two acid lakes in Central Mexico. *Diatom Research*. **11**: 227-240.
- CANTORAL-URIZA, E. A., J. CARMONA-JIMENEZ & G. MONTEJANO (1997). Diatoms of calcarous tropical springs in the central region of Mexico. *Cryptogamie Algologie*. **18**: 19-46.
- CARMONAJIMENEZ, J. & M. GOLDMORGAN (1994). New Report for Mexico of *Stauromatonema viride* Fremy, 1930 (Capsosiraceae, Stigonematales). *Cryptog Algol.* **15**(4): 287-296.
- CASTILLO, J. A., M. E. M. DELCASTILLO & D. U. HERNANDEZ-BECERRIL (1995). Morphology and distribution of species of the diatom genus *Skeletonema* in a tropical coastal lagoon. *European Journal of Phycology*. **30**(2): 107-115.
- CHANDESRIS, A., J. G. WASSON & H. PELLA (2005). *Hydro-écorégions de la Guyane. Propositions de régionalisation des écosystèmes aquatiques en vue de l'application de la Directive Cadre Européenne sur l'eau.*, Rapport Cemagref Lyon BELY: 10p.
- COSTE, M., S. SALA, M. RICARD & M. FERRARIO (2001). *Etude de la microflore diatomique de la région de Mendoza, République Argentine. Premiers résultats et perspectives d'utilisation dans le diagnostic des qualités d'eau.* 20eme Colloque de l'ADLAF Anvers 11-14 Sept. 2001 - Programme scientifique., B. V. D. VIJVER (Eds): 18-19.
- COSTE, M., E. SELIER, S. BOUTRY, F. DELMAS, A. EULIN-GARRIGUE, P. CERDAN & B. D. MERONA (2010). *Approche floristique des diatomées des eaux courantes de Guyane Française, premiers résultats et perspectives d'évaluation du bon état écologique.* 29ème Colloque de l'Association des Diatomistes de Langue Française (ADLaF), Québec (Canada) 7-10 Sept. 2010 oral comm., I. LAVOIE (Eds), INRS Quebec: 24.
- COUTE, A. & Y. THEREZIEN (1985). Première contribution à l'étude des Trachelomonas (Algae, Euglenophyta) de l'Amazonie bolivienne. *Revue Hydrobiol. Trop.* **18**: 111-131.
- DA COSTA, J. C. & L. C. TORGAN (1991). Análise taxonômica de diatomáceas (Bacillariophyceae) do lago da Universidade Federal de Juiz de Fora, Minas Gerais, Brasil. *IHERINGIA, sér. Bot. Porto Alegre*. **41**: 47-81.
- DA COSTA, J. C. F. (1995). Diatomáceas (Bacillariophyceae) da Reserva Biológica de Poço das Antas, município de Silva Jardim, Rio de Janeiro, Brasil. *IHERINGIA, ser. Bot., Porto Alegre*. **46**: 57-143.
- DE MERONA, B., J. P. CARMOUZE, M. BARRAL, P. CERDAN, M. COSTE, F. DEPUY, Y. DOMINIQUE, C. GAUCHEREL, C. GERARDHI, V. HOREAU, B. HUGUENY, K. ORTH, S. RICHARD, D. SCIBONA, F. SOULARD, F. L. TEJERINA-GARRO & A. THOMAS (2001). *Qualité des eaux des rivières de Guyane - Rapport de Synthèse, Prefecture Région Guyane, CE, DIREN Guyane IRD, Hydreco, Cemagref, CNRS, Institut Pasteur*: 36 p. + Annexes.
- DE OLIVEIRA, P. E. & M. STEINITZ-KANNAN (1992). The diatom flora (Bacillariophyceae) of the Cuyabeno faunistic Reserve, Ecuadorian Amazonia. *Nova Hedwigia*. **54**: 515-552.
- EHRENBERG, C. G. (1841). Über Verbreitung und Einfluß des mikroskopischen Lebens in Süd- und Nordamerika. *Ber. Bekanntm. Verh. Königl. Preuss. Akad. Wissensch. Berlin*. 139-144.
- EHRENBERG, C. G. (1843). Über Verbreitung und Einfluß des mikroskopischen Lebens in Süd- und Nordamerika. *Abh. Königl. Akad. Wissensch. Berlin 1841*. 291-445.
- EHRENBERG, C. G. (1848). Diatomaceae. Reisen in British Guiana in den Jahren 1840-1844. *H. SCHOMBURGKS*. **3**: 537-544.
- EULIN-GARRIGUE, A., S. COULON, P. CERDAN, R. VIGOUROUX & M. COSTE (2009). *Flore diatomique de quelques rivières de Guyane française.* 28 ème Colloque de l'ADLaF Lab. Arago Banyuls 7-10 Sept. 2009, C. RIAUX-GOBIN (Eds): 45 (poster P18).
- EULIN-GARRIGUE, A. & N. BARGIER (2009). Réseau de Référence et de Surveillance des eaux superficielles de Guyane. Diatomées (Indice Diatomique), ASCONIT Consultants Agence Sud & DIREN Guyane Rapport Final : 78 p.
- FERNANDES, L. F. & E. SAR (2009). Fine morphology of *Gomphonema margaritae* Frenguelli & Orlando and its validation and transfer to *Tripteron* Holmes, Nagasawa & Takano. *Diatom Research*. **24**(1): 63-78.

- FERRARI, F., C. E. WETZEL, L. ECTOR, S. BLANCO, J. C. CERQUEIRA-VIANA, E. MENDES-DA-SILVA & D. D. CAMPOS-BICUDO (2009). *Perinotia diamantina* sp. nov., a new diatom species from the Chapada Diamantina Northeastern Brazil. *Diatom Research*. **24**(1): 79-100.
- FERRARI, F., C. E. WETZEL, L. ECTOR, S. BLANCO, J. C. VIANA, E. M. SILVA & D. C. BICUDO (2008). Le genre *Perinotia* dans la région nord-est du Brésil: morphologie et taxinomie d'une nouvelle espèce et de *P. jankae*. *27ème Colloque de l'ADLaF Dijon 1-4 Sept.2008. Livre des résumés*. F. R. A. L. ECTOR. **P8**: 26.
- FERRARIO, M. E. (1988). Ultrastructure de deux taxa de la famille Thalassiosiraceae: *Thalassiosira subtilis* var. maxima var. nov. et *Minidiscus chilensis* présents sur les côtes de l'Atlantique sud (Argentine). *Cryptogamie Algol.* **9**: 311-318.
- FERRARIO, M. E., A. G., L. S. & G. I. (2008). Species of *Coscinodiscus* (Bacillariophyta) from the Gulf of Mexico, Argentina and Antarctic waters: morphology and distribution. (in MEDLIN, L.K., G. J. DOUCETTE & M.C. VILLAC: *Phytoplankton evolution, taxonomy and ecology*). *Nova Hedwigia Beiheft.* **133**: 187-216.
- FOGED, N. (1984). Freshwater and Littoral Diatoms from Cuba. *Bibliotheca Diatomologica*. Vaduz, Cramer Ed. **5**: 243 p.
- FÖRSTER, K. (1969). Amazonische Desmidiaceen, 1. Teil.: Areal Santarem. *Amazoniana*. **2**: 5-116.
- FÖRSTER, K. (1974). Amazonische Desmidiaceen. 2. Areal Maues-Abacaxis. *Amazoniana*. **5**: 135-242.
- FOURTANIER, E., & J.MACHARE. (1988). Late Eocene to Pliocene marine diatoms from Peru. *Proc. of The 9th Internat. Diatom Symp.* F.E.ROUND. Bristol, Biopress Ltd. Bristol & O.KOELTZ Publ. Koenigstein.: 151-164.
- FOURTANIER, E., F. GASSE, O. BELLIER, M. G. BONHOMME & I. ROBLES (1993). Miocene Non-marine diatoms from the Western Cordillera basins of Northern Peru. *Diatom Research*. **8**: 13-30.
- FOURTANIER, E. & J. P. KOCIOLEK (1998). *Gomphonema pierrebourellyi* sp. nov. un nouveau *Gomphonema* (Bacillariophyceae) du Miocène de l'Equateur. *Cryptogamie Algologie*. **19**: 75-82.
- FRENGUELLI, J. (1923). Contribuciones para la sinopsis de las diatomeas Argentinas. *Bol. Acad. Nac. Ciencias*. **18**: 13-119.
- FRENGUELLI, J. (1923-24). Diatomeas de Tierra del Fuego. *Anales de la Sociedad Científica Argentina*. **96**.(1923):225-263 **97**. (1924): 87-118, 231-266 **98**.(1924) : 5-63.
- FRENGUELLI, J. (1942). Las Diatomeas del Neuquen (Patagonia). *Rev. Museo La Plata(nuev. ser.)Secc. Bot.* **5**: 73-219.
- FRÖLICH, F. & S. SERVANT-VILDARY. (1989). Evaluation of diatom content by counting and infrared analysis in quaternary fluvio-lacustrine deposits from Bolivia. *Diatom Research*. **4**: 241-248.
- FUKUSHIMA, H. & M. B. XAVIER (1988). Attached diatoms from the Negro River, Amazonas, Brazil. *Diatom*. **4**: 11-16.
- GARCIA, M. (2001). *Psammococoneis*, a new genus of bacillariophyta from Brazilian Sandy Beaches. *Diatom Research*. **16**: 307-316.
- GARCIA, M. (2003). *Paralia elliptica* sp. nov., an epipsammic diatom from Santa Catarina State, Brazil. *Diatom Research*. **18**: 41-48.
- GARCIA, M. (2005). Araphid psammic diatoms from Brazilian sandy beaches I : an emended description to genus *Pravifusus* Witkowski, Lange-Bertalot & Metzeltin. *Diatom Research*. **20**: 275-280.
- GARCIA, M. (2006). The transfer of *Fragilaria obtusa* Husted to the genus *Staurosira* Ehrenberg (Bacillariophyceae). *Phycological Research*. **54**: 87-93.
- GARCIA, M. & L. R. D. M. BAPTISTA (2000). *Hantzschia pulchella*, a new psammic species of Bacillariophyta from Brazil. *IHERINGIA, ser. Bot.* **54**: 107-115.
- GARCIA, M. & V. F. D. SOUZA (2006). *Lemnicola hungarica* (Grunow) Round & Basson from Southern Brazil: ultra-structure, plastid morphology and ecology. *Diatom Research*. **21**: 465-471.
- GARCIA-BAPTISTA, M. (1993). Observations on the genus *Hantzschia* Grunow at a sandy beach in Rio Grande Do Sul, Brazil. *Diatom Research*. **8**: 31-43.
- GARCIA-BAPTISTA, M. (1995). *The distribution of psammic algae on a marine beach at Praia Azul, Brazil*. Proceedings of the 13th International Diatom Symposium, 1-7 September 1994, Acquafredda di Maratea, Italy., D. M. MONTRESOR & M (Eds), Koeltz Scientific Books Koenigstein: 183-205.
- GARCIA-RODRIGUEZ, F. (2003). Inferring sea level variation from relative percentages of *Pseudopodosira kosugii* in Rocha Lagoon, SE Uruguay. *Diatom Research*. **18**: 49-59.
- GAYOSO, A.-M. & V. H. MUGLIA (1991). Blooms of the surf-zone diatom *Gonioceros armatus* (Bacillariophyceae) on the South Atlantic Coast (Argentina). *Diatom Research*. **6**: 247-253.
- GAYOSO, A.-M. & V. H. MUGLIA (1991). Blooms of the surf-zone diatom *Gonioceros armatus* (Bacillariophyceae) on the South Atlantic Coast (Argentina). *Diatom Research*. **6**: 247-253.
- GAYOSO, A. M. (1989). Species of the Diatom genus *Thalassiosira* from a coastal zone of the South Atlantic (Argentina). *Botanica Marina*. **32**: 331-337.
- GERMAIN, H. (1936). Diatomées d'eau douce du Venezuela récoltées par la mission M.Grisol. *Bull. Soc. Française de Microscop.* **5**: 140-151.
- GOMEZ, N. & M. LICURSI (2001). The Pampean Diatom Index (IDP) for assessment of rivers and streams in Argentina. *Aquatic Ecology*. **35**: 173-181.
- GUERRERO, J. M. & R. O. ECHENIQUE (2002). *Cyclostephanos patagonicus* sp. nov. A new freshwater diatom from Western Patagonia (Argentina). *Diatom Research*. **17**: 141-151.
- HERNADEZ-BECERRIL, D. U. (1992). Nota sobre la presencia de la Diatomea *Asteromphalus cleveanus* Grunow in aguas de Baja California y su relacion con *A. Flabellatus* (Breb.) Grev. *Acta Botanica Mexicana*. **17**: 39-44.
- HERNADEZ-BECERRIL, D. U. & S. A. BARON-CAMPIS (2008). New species of the diatom genus *Fryxelliella* (Bacillariophyta), *Fryxelliella pacifica* sp. nov., from the tropical Mexican Pacific. *Phycological Research*. **56**: 149-155.
- HERNADEZ-BECERRIL, D. U. & E. M. DIAZ-ALMEYDA (2006). The *Nitzschia bicapitata* group, new records of the genus *Nitzschia*, and further studies on species of *Pseudo-nitzschia* (Bacillariophyta) from Mexican Pacific coasts. *Microalgal Biology, Evolution and Ecology*. *J. Cramer Berlin-Stuttgart*. D. G. MANN, H. R. PREISIG, B. MOSS & R. CRAWFORD, *Nova Hedwigia Beih.* **130**: 293-306.
- HERNADEZ-BECERRIL, D. U., M. E. MEAVE-DEL-CASTILLO & M. A. LARA-VILLA (1994). Observations on *Chaetoceros buceros* (Bacillariophyceae), a rare tropical planktonic species collected from the Mexican Pacific. *Journal of Phycology*. **29**: 811-818.
- HERNADEZ-BECERRIL, D. U., S. P. MORENO-GUTIERREZ & S. A. BARON-CAMPIS (2009). Morphological variability of the planktonic diatom *Thalassiosira delicatula* Ostenfeld emend. Hasle from the Mexican Pacific, in cultures conditions. *Acta Botanica Croatica*. **68**(2): 313-323.
- HOREAU, V., P. CERDAN & A. CHAMPEAU (1997). La mise en eau du barrage hydroélectrique de Petit-Saut (Guyane) : ses conséquences sur les peuplements d'invertébrés aquatiques et sur la nourriture des poissons. *Hydroécologie Appliquée*. **9**: 213-240.

- HUSTEDT, F. (1927). Fossile Bacillariaceen aus dem Loa-Becken in der Atacama-Wüste, Chile. *Archiv für Hydrobiol.* **18**: 224-251.
- HUSTEDT, F. (1949). Süßwasser-Diatomeen aus dem Albert-Nationalpark in Belgisch Kongo. Expl. Parc Natl. Albert. Mission Damas (1935-1936) Bruxelles., M.Hayez Ed. **8**: 1-199.
- HUSTEDT, F. (1952). Neue und wenig bekannte Diatomeen. IV. *Botaniska Notiser.* **105**(4): 366-410.
- HUSTEDT, F. (1953). Algunas observaciones sobre la vida de Microorganismos en los arroyos termales de los Ausoles de El Salvador. *Com. Inst. Trop. Invest. Cient. San Salvador.* **2**: 103-108.
- HUSTEDT, F. (1953). La flora de diatomeas en Paredones sobrehumedecidos en el Salvador. *Com. Inst. Trop. Invest. Cient. San Salvador.* **2**: 129-138.
- HUSTEDT, F. (1956). Diatomeen aus dem Lago de Maracaibo in Venezuela. *Ergebnisse Deutsch. Limnol. Venezuela-Exped. 1952.* GESSNER, Berlin : Deutscher Verlag der Wissenschaften. **1**: 93-140.
- HUSTEDT, F. (1965). Neue und wenig bekannte Diatomeen. IX. Süßwasserdiatomeen aus Brasilien, insbesondere des Amazonasgebietes. *Internationale Revue der Gesamten Hydrobiologie.* **50**: 391-410.
- ILTIS, A. (1984). Algues du lac Titicaca et des lacs de la vallée d'Ichu Khota (Bolivie). *Cryptogamie Algol.* **5**: 85-108.
- ILTIS, A. (1991). Algues du lac Titicaca bolivien. *Cryptogamie Algologie.* **12**: 213-230.
- ILTIS, A. & A. COUTE (1984). Péridiniales (Algae, Pyrrhophyta) de Bolivie. *Revue d'Hydrobiologie Tropicale.* **17**: 279-286.
- IRIARTE, J. L. & H. E. GONZALEZ (2008). Phytoplankton bloom ecology of the Inner Sea of Chiloé, Southern Chile. (in MEDLIN, L.K., G. J. DOUCETTE & M.C. VILLAC: Phytoplankton evolution, taxonomy and ecology). *Nova Hedwigia Beiheft.* **133**: 67-80.
- IZAGUIRRE, I., I. O'FARRELL, F. UNREIN, R. SINISTRO, M. D. S. AFONSO & G. TELL (2004). Algal assemblages across a wetland, from a shallow lake to relictual oxbow lakes (Lower Paran´a River, South America). *Hydrobiologia.* **511**: 25-36.
- JAHN, R. & W.-H. KUSBER (2004). Algae of the Ehrenberg collection - 1. Typification of 32 names of diatom taxa described by C.G. Ehrenberg. *Waldenowia.* **34**: 577-595.
- JOHANSEN, J. R., G. J. DOUCETTE, W. R. BARCLAY, J. D. BULL & M. M. COBURN (1988). The morphology and ecology of *Pleurochrysis carterae* var. *dentata* var. nov. (Prymnesiophyceae), a new coccolithophorid from an inland saline pond in New Mexico, USA. *Phycologia.* **27**: 78-88.
- JUNK, W. J. & G. E. WEBER (1996). Amazonian floodplains : a limnological perspective. *Verh. Internat. Verein Limnol.* **26**: 149-157.
- KEITH, P., P. Y. L. BAIL & P. PLANQUETTE (2000). *Atlas des poissons d'eau douce de Guyane (Tome 2) MNHN Paris*
- KOCIOLEK, J. P., E. FOURTANIER & J. RUBENSTEIN (2007). *Adoneis miocenica*, a new species from Chile, with comments on the morphological separation of Centric and Pennate diatoms. *Diatom Research.* **22**: 309-316.
- KOCIOLEK, J. P., D. LYON & S. SPAULDING (2001). Revision of the South American species of *Actinella*. *LANGE-BERTALOT-Festschrift.* A. WITKOWSKI, P. COMPERE, J. P. KOCIOLEK & R. JAHN, Gantner, Ruggell.: 131-165.
- KRASSKE, G. (1939). Zur Kieselalgenflora Südchiles. *Arch. Hydrobiol.* **35**: 349-468.
- KRASSKE, G. (1939). Zur Kieselalgenflora Brasiliens I. Bemerkenswerte und neue Formen aus den Acudas Nordost-Brasiliens. *Arch. Hydrobiol.* **35**: 552-562.
- KRASSKE, G. (1941). Die Kieselalgen des chilenischen Küstenplanktons. *Arch. Hydrobiol.* **38**: 260-287.
- KRASSKE, G. (1948). Diatomeen tropischer Moorsrasen. *Svensk. Bot. Tidskr.* **42**: 404-443.
- KRASSKE, G. (1949). Subfossile Diatomeen aus den Mooren Patagoniens und Feuerlands. *Ann. Acad. Scient. Fenn. Ser. A, IV Biol.* **14**: 3-94.
- KRASSKE, G. (1951). Zur Kieselalgenflora Brasiliens II. Die Diatomeenflora der Açudas Nordostbrasilien. *Arch. Hydrobiol.* **44**: 639-653.
- LANDEIRO, V. L., N. HAMADA, B. S. GODOY & A. S. MELO (2010). Effects of litter patch area on macroinvertebrate assemblage structure and leaf breakdown in Central Amazonian streams. *Hydrobiologia.* **649**: 355-363.
- LANGE-BERTALOT & D. METZELTIN (2009). A dystrophic mountain Lake in Panama - Hot spot of new and rare neotropical diatoms. ; J.Cramer Science Publishers (Berlin-Stuttgart), in KOCIOLEK, J.P., E. C. THERIOT, R. J. STEVENSON (Eds). *Diatom taxonomy, Ultrastructure and Ecology: Modern methods and Timeless questions. A tribute to Eugene F. Stoermer.* . *Nova Hedwigia Beiheft* **135**: 137-166.
- LANGE-BERTALOT, H., K. KÜLBST, T. LAUSER, M. NÖRPEL-SCHEMPP & M. WILLMANN (1996). Diatom Taxa introduced by Georg Krasske Documentation and Revision. Dokumentation und Revision der von Georg Krasske beschriebenen Diatomeen-Taxa. *Iconographia Diatomologica. Annotated Diatoms micrographs.*, Koeltz Scientific Books, Königstein. **3**: 358 p.
- LICEA, S. (1994). *Thalassiosira* species from the Southern Gulf of Mexico. Proceedings of the 11th International Diatom Symposium, San Francisco 12-17 Aug. 1990, J. P. KOCIOLEK (Eds), *Memoirs of the Californian Academy of Sciences*: 311-335.
- LICURSI, M. & N. GOMEZ (2002). Benthic diatoms and some environmental conditions in three lowland streams. *Annales de Limnologie.* **38**: 109-118.
- LICURSI, M., M. V. SIERRA & N. GOMEZ (2006). Diatom assemblages from a turbid coastal plain estuary : Rio de la Plata (South America). *Journal of Marine Systems.* **62**: 35-45.
- LOBO, E., V. L. M. CALLEGARO, G. HERMANY, D. BES, C. E. WETZEL & M. A. OLIVEIRA (2004). Use of epilithic diatoms as bioindicators, with special emphasis to the eutrophication problem of lotic systems in Southern Brazil. *Acta Limnologica Brasiliensia.* **16**: 25-40.
- LOBO, E. A., D. BES, L. TUDESQUE & L. ECTOR (2003). Evaluation de la qualité de l'eau de la Rivière Pardino (RS Bresil) en utilisant les assemblages de diatomées épilithiques comme indicateurs biologiques. *22ème Colloque de l'ADLaF_Espot (Espagne) 9-12Sept.2003*: Poster.
- LOBO, E. A., D. BES, L. TUDESQUE & L. ECTOR (2004). Water quality assessment of the Pardino River, RS, Brazil, using epilithic diatom assemblages and faecal coliforms as biological indicators. *Vie et Milieu Life and Environment.* **54**: 115-125.
- LOBO, E. A., V. L. M. CALLEGARO & E. P. BENDER (2002). Utilização de algas Diatomáceas Epilíticas como Indicadores da Qualidade da Água em Rios e Arroios da Região Hidrográfica do Guaíba, RS, Brasil. Santa Cruz do Sul, EDUNISC: 128p.
- LOBO, E. A., V. L. M. CALLEGARO, G. HERMANY, N. GOMEZ & L. ECTOR (2004). Review of the use of microalgae in South America for monitoring rivers, with special reference to diatoms. *Vie Milieu.* **54**: 105-114.
- LOBO, E. A., V. L. M. CALLEGARO, M. A. OLIVEIRA, S. E. SALOMONI, S. SCHULER & K. ASAI (1996). Pollution tolerant diatom from lotic systems in the Jacui Basin, Rio Grande do Sul, Brazil. *IHERINGIA Sér. Bot.* **47**: 45-72.
- LOBO, E. A. & L. C. TORGAN (1988). Análise da estrutura da comunidade de diatomáceas (Bacillariophyceae) em duas estações do sistema Guaíba, Rio Grande do Sul, Brasil. *Acta Bot. bras.* **1**: 103-119.
- LUCHINI, L. & C. A. VERONA (1972). *Catálogo de las Diatomeas Argentinas. I. Diatomeas de aguas continentales (Incluido el Sector Antártico).* Buenos aires, *Librart Sci.* Publ.305p.

- LUDWIG, T. A. & F. THAIS LEME (1995). Diatomoflora dos rios da Região a ser inundada para construção da usina hidrelétrica de Segredo, Pr. I. Coscinodiscophyceae, Bacillariophyceae (Achnanthes e Eunotiales) e Fragilariophyceae (Meridion e Asterionella). Diatoms of the rivers from the region to be dammed for the construction of Segredo Hydroelectric, Parana, Brazil. I. Coscinodiscophyceae, Bacillariophyceae (Achnanthes and Eunotiales) and Fragilariophyceae (*Meridion* and *Asterionella*). *Arq.Biol.Tecnol.* **38**: 631-650.
- LUDWIG, T. A. & I. M. VALENTE-MOREIRA (1989). Contribuição ao conhecimento da diatomoflora do Parque Regional do Iguacu, Curitiba, Paraná, Brasil: I. Eunotiaceae (Bacillariophyceae). *Arq.Biol.Tecnol. Curitiba.* **32**: 543-560.
- LUDWIG, T. A. & I. M. VALENTE-MOREIRA (1990). Contribuição ao conhecimento da diatomoflora do Parque Regional do Iguacu, Curitiba, Paraná, Brasil: II. Cêntricas (Bacillariophyceae) A contribution to the knowledge of the diatom flora of Iguacu Regional Park, Curitiba, Parana, Brasil: II. Centrales (Bacillariophyceae). *Arq.Biol.Tecnol.* **33**: 843-852.
- LUDWIG, T. A. V., P. I. TREMARIN, V. BECKER & L. C. TORGAN (2008). *Thalassiosira rudis* sp. nov. (Coscinodiscophyceae): a new freshwater species. *Diatom Research.* **23**(2): 389-400.
- LUDWIG, T. A. V., P. I. TREMARIN, V. BECKER & L. C. TORGAN (2008). *Thalassiosira rudis* sp. nov. (Coscinodiscophyceae): a new freshwater species. *Diatom Research.* **23**(2): 389-400.
- MAIDANA, N. I. (1999). *Thalassiosira patagonica* sp. nov. (Thalassiosiraceae, Bacillariophyceae), a new lacustrine centric diatom from Santa Cruz, Argentina. *Diatom Research.* **14**: 323-329.
- MAIDANA, N. I. & O. E. ROMERO (1995). Diatoms from the hypersaline "La Amarga" lake (La Pampa, Argentina). *Cryptog Algal.* **16**(3): 173-188.
- MANGUIN, E. (1964). Contribution à la connaissance des diatomées des Andes du Pérou. *Mém. Mus. Nation. Hist. Nat. Nouv. Ser. B Botanique.* **12**: 1-98.
- MELO, S., L. C. TORGAN, M. MENEZES & J. J.D. CORREA (2006). *First report of Cyclotella choctawhatcheena* (Bacillariophyta) from Brazilian tropical waters: ultrastructure and ecology. Proceedings of the Eighteenth International Diatom Symposium, Miedzzyzdroje, Poland, 2nd-7th Sept.2004, A. WITKOWSKI (Eds), Biopress Limited: 293-299.
- METCALFE, S. & P. HALES (1994). *Holocene diatoms from a Mexican Crater Lake - La Piscina de Yuriria*. Proceedings of the 11th International Diatom Symposium, San Francisco 12-17 Aug. 1990, J. P. KOCIOLEK (Eds), *Memoirs of the Californian Academy of Sciences*: 501-515.
- METCALFE, S. E. (1988). Diatoms in a core from laguna Zacapu, Michoacan, Mexico. *Proc.of The 9th Internat. Diatom Symp.Bristol 1986*, F.E.ROUND, Biopress Ltd. Bristol & O.KOELTZ Publ. Koenigstein: 251-264.
- METCALFE, S. E., F. A. STREET-PERROTT, R. A. PERROT & D. D. HARKNESS (1991). Palaeolimnology of the Upper Lerma Basin, Central Mexico : a record of climatic change and anthropogenic disturbance since 11600 yr BP. *Journal of Paleolimnology.* **5**: 197-218.
- METZELTIN, D. & H. LANGE-BERTALOT (1998). Tropical diatoms of South America I. About 700 predominantly rarely known or new taxa representative of the neotropical flora. *Iconographia Diatomologica - Annotated Diatom Micrographs.* H. LANGE-BERTALOT, Diversity-Taxonomy-Geobotany. Koeltz Scientific Books. **Vol. 5**: 695p.
- METZELTIN, D. & H. LANGE-BERTALOT (2007). Tropical Diatoms of South America. II. Special remarks on biogeographic disjunction. *Iconographia Diatomologica - Annotated Diatom Micrographs.* H. LANGE-BERTALOT, A.R.G. Gantner Verlag K.G. **18**: 877 p.
- METZELTIN, D. & H. LANGE-BERTALOT (2007). Tropical Diatoms of South America. II. Special remarks on biogeographic disjunction.in. *Iconographia Diatomologica - Annotated Diatom Micrographs.* H. LANGE-BERTALOT, A.R.G. Gantner Verlag K.G. **18**: 877p.
- METZELTIN, D., H. LANGE-BERTALOT & F. GARCIA-RODRIGUEZ (2005). Diatoms of Uruguay compared with other taxa from South America and elsewhere. *Iconographia Diatomologica : Annotated Diatom micrographs : Taxonomy-Biogeography-Diversity.* H. LANGE-BERTALOT, A.R.G. Gantner Verlag K.G. **15**: 737 p.
- MIRANDE, V. & B. C. TRACANNA (1995). Qualitative study of the phytoplankton from Rio Hondo lake (Argentina) .1. *Cryptogamie Algologie.* **16**(4): 211-232.
- MORALES, E. A. (2007). *Epilithic diatoms (Bacillariophyceae) from cloud forest and alpine streams in Bolivia, South America*. Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia(Eds): 123-155.
- MORALES, E. A., E. FERNANDEZ & J. P. KOCIOLEK (2009). Epilithic diatoms (Bacillariophyta) from cloud forest and alpine streams in Bolivia South America 3 : Diatoms from Sehuencas, Carrasco National Park, Department of Cochabamba. *Acta Botanica Croatica.* **68**(2): 263-283.
- MORALES, E. A., M. L. VIS, E. FERNANDEZ & J. P. KOCIOLEK (2007). Epilithic diatoms (Bacillariophyta) from cloud forest and alpine streams in Bolivia, South America II : A preliminary report on the diatoms from Sorata, Department of La Paz. *Acta Nova.* **3**(4): 680-696.
- NAKANO, T. (1971). Subaerial algae of Patagonia, South America I. *Bull. Biol. Soc. Hiroshima Univ.* **38**: 2-12.
- NAVARRO, R. J. (2002). *Florella pascuensis* sp. nov. a new marine diatom species from Easter Island (Isla de Pascua), Chile. *Diatom Research.* **17**: 283-289.
- NECCHI, O. & J. C. L. MOREIRA (1995). Longitudinal distribution of macroalgae in two tropical lotic ecosystems from southeastern Brasil. *Archiv für Hydrobiologie.* **135**: 113-128.
- NEIFF, J. J. (1996). Large rivers of South America : toward the new approach. *Verh. Internat. Verein Limnol.* **26**: 167-180.
- OLIVA, M. G., A. LUGO, J. ALCOCER & E. A. CANTORAL-URIZA (2006). *Cyclotella alchichicana* sp. nov. from a saline Mexican Lake. *Diatom Research.* **21**: 81-89.
- PATRICK, R. (1940). Some new diatoms from Brazil. *Acad. Nat. Sci. Philad. Notulae Naturae.* **59**: 1-7.
- PATRICK, R. (1970). The Diatom Flora of some Lakes of the Galapagos Islands. *Diatomaceae II. Nova Hedwigia Beih.* **31**: 495-510.
- PIERRE, J. F. (1990). Diatomées holocènes du lac Jankho Kkota (Andes de Bolivie). *Ouvrage dédié à la Mémoire du Professeur Henry GERMAIN (1903 - 1989).* M. RICARD & M. COSTE. Paris, Koeltz Scientific Books Koenigstein: 191-201.
- PIERRE, J. F. & D.WIRRMANN. (1986). Diatomées des sédiments holocènes du lac Khara Khota (Bolivie). *Géodynamique.* **1**: 135-145.
- PLANQUETTE, P., P. KEITH & P. Y. L. BAIL (1996). *Atlas des poissons d'eau douce de Guyane (tome 1) MNHN Paris*
- PORGUEN, V. & M. J. SULLIVAN (1997). *Australodiscus peruvianus, gen et sp. nov.*, a marine centric diatom from the Peruvian Eocene. *European Journal of Phycology.* **32**: 119-124.
- REICHARDT, E. (1988). *Achnanthes praecipua* n.sp., a new freshwater Diatom from Mexico. *Proc.of The 9th Internat. Diatom Symp.Bristol 1986*. F.E.ROUND, Biopress Ltd. Bristol & O.KOELTZ Publ. Koenigstein: 391-395.
- REICHARDT, E. (1995). Die Diatomeen (Bacillariophyceae) in Ehrenbergs Material von Cayenne, Guyana Gallica (1843). *Iconographia Diatomologica - Annotated Diatom Micrographs*, H. LANGE-BERTALOT. Champaign U.S.A., Koeltz Scientific Books. **1**: 53 p.

- RICHARD, S., A. ARNOUX & P. CERDAN (1997). Evolution de la qualité physico-chimique des eaux de la retenue et du tronçon aval depuis le début de la mise en eau du barrage de Petit-Saut. *Hydroécologie Appliquée*. **9**: 57-84.
- RICHEY, J. E. & R. L. VICTORIA (1996). Continental scale biogeochemical cycles of the Amazon River System. *Verh. Internat. Verein Limnol.* **26**: 219-226.
- RIVERA, P., & P. KOCH. (1984). *Contributions to the Diatom Flora of Chile II*. Koeltz Publ. Proc. of the 7th Internat. Diat. Symp. Philad. Aug. 82, Philadelphia, D.G. MANN (Eds), O. KOELTZ Publ. Koenigstein: 279-298.
- RIVERA, P. & F. CRUCES (2005). *Stephanodiscus kuentzingii* Klee & Casper (Bacillariophyceae) from living material collected in Rapel Reservoir, Central Chile. *Diatom Research*. **20**: 163-170.
- RIVERA, P. & F. CRUCES (2005). *Stephanodiscus kuentzingii* Klee & Casper (Bacillariophyceae) from living material collected in Rapel Reservoir, Central Chile. *Diatom Research*. **20**: 163-170.
- RIVERA, P. & F. CRUCES (2007). NOTE. On the diatom *Lioloma elongatum* (Grunow) Hasle (Thalassiomataceae) on the Chilean coast. *Diatom Research*. **22**: 491-493.
- RIVERA, P., F. CRUCES & I. VILA (2003). *Cyclotella ocellata* Pantocsek (Bacillariophyceae) : Primera cita en Chile y comentarios sobre su variabilidad morfológica. *Gayana Bot.* **60**: 123-131.
- RIVERA, P., L. HERRERA & H. BARRALES (1996). Report of two species of *Thalassiosira* (Bacillariophyceae): *T-rotula* Meunier and *T-angustilineata* (A Schmidt) Fryxell et Hasle, as new to northern Chile. *Cryptog. Algal.* **17**(2): 123-130.
- RIVERA, P. S., S. AVARIA & H. L. BARRALES. (1989). *Ethmodiscus rex* collected by net sampling off the coast of Northern Chile. *Diatom Research*. **4**: 131-142.
- RIVERA, P. S. & H. L. BARRALES (1994). *Asteromphalus sarcophagus* Wallich and other species of the genus off the Coast of Chile. *Proceedings of the 11th International Diatom Symposium*. **17**: 37-54.
- ROMERO, O. & P. RIVERA (1994). Morfología de *Diplomenora cocconeiforma* (Schmidt) Blazé (Bacillariophyceae) de las aguas marinas de Chile. *Cryptogamie Algologie*. **15**: 213-220.
- ROMERO, O. & P. RIVERA (1994). Morphology of *Diplomenora cocconeiforma* (Schmidt) Blazé (Bacillariophyceae) from Chilean marine waters. *Cryptog. Algal.* **15**(3): 213-220.
- ROUX, M., S. SERVANT-VILDARY & S. MELLO E SOUSA. (1987). Diatomées et milieux aquatiques de Bolivie. Application des méthodes statistiques à l'évaluation des paléotempératures et des paléosalinités. *Géodynamique*. **2**: 116-119.
- ROUX, M., S. SERVANT-VILDARY & M. SERVANT (1991). Inferred ionic composition and salinity of a Bolivian Quaternary lake, as estimated from fossil diatoms in the sediments. *Hydrobiologia*. **210**: 3-18.
- RUMRICH, U., H. LANGE-BERTALOT & M. RUMRICH (2000). Diatomeen der Anden Von Venezuela bis Patagonien/Feuerland Und zwei weitere Beiträge. *Iconographia Diatomologica - Annotated Diatom Micrographs*. H. LANGE-BERTALOT, A.R.G. Gantner Verlag K.G. **9**: 673p.
- SABBE, K. & W. VYVERMAN (1995). Taxonomy, morphology and ecology of some widespread representatives of the diatom genus *Opephora*. *Eur. J. Phycol.* **30**(4): 235-249.
- SALA, S., M. FERRARIO, M. COSTE & M. RICARD (2001). Flora Diatomologica de la Provincia de Mendoza: resultados preliminares. (Diatomflora from Mendoza Province : preliminary results). *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*. **36**(Supl.): 62-63.
- SALA, S., E., J. M. GUERRERO & M. COSTE (2007). Valve morphology of *Amphora chilensis* Hustedt (Bacillariophyceae). *Nova Hedwigia*. **85**: 353-364.
- SALA, S., M. RICARD, M. COSTE & A. VOUILLOUD (2003). *Utilisation des diatomées comme indicateurs de la qualité des eaux en Argentine. Etat actuel et perspectives*. Société des Sciences Naturelles de l'Ouest de la France. Actes du 21ème Colloque de l'ADLaF, Nantes 10-13 Sept. 2002 - 2ème suppl. Hors ser. Soc. Sci. Nat. de l'Ouest de la France, Nantes (Eds): 113-114.
- SALA, S. E. (1996). Flora diatomologica del embalse Paso de las Piedras (Argentina) I: Fam. Diatomaceae, Fam. Achnantheaceae y fam. Eunotiaceae (O. Pennales). *Darwiniana*. **34**: 251-266.
- SALA, S. E. (1996). Flora Diatomologica del embalse Paseo de las Piedras (Prov. de Buenos-Aires: Argentina) II: Fam. Naviculaceae (Pennales). *Bol. Soc. Argent. Bot.* **32**: 95-121.
- SALA, S. E., S. R. DUQUE, M. NUÑEZ-AVELLANEDA & A. A. LAMARO (2002). Diatoms from the Colombian Amazonia. *Cryptogamie Algologie*. **23**: 75-99.
- SALA, S. E., S. R. DUQUE, M. NUÑEZ-AVELLANEDA & A. A. LAMARO (1999). Nuevos registros de Diatomeas (Bacillariophyceae) de la Amazonia Colombiana. *Diversidad Biológica. Caldasia*. **21**: 26-37.
- SAR, E. A., O. ROMERO & I. SUNESEN (2003). *Cocconeis Ehrenberg* and *Psammococconeis Garcia* (Bacillariophyta) from the Gulf of San Matias, Patagonia, Argentina. *Diatom Research*. **18**: 79-106.
- SCHUETTE, G. & H. SCHRADER. (1979). Diatom Taphocoenoses in the Coastal Upwelling Area off Western South America. *Nova Hedwigia Beih.* **64**: 359-378.
- SCOTT, A. M., R. GRÖNBALD & H. CROASDALE (1965). Desmids from the Amazon Basin, Brazil. *Bot. Fenn.* **69**: 1-94.
- SERVANT, M., M. FOURNIER, J. ARGOLLO, S. SERVANT-VILDARY, F. SYLVESTRE, D. WIRMANN & J.-P. YBERT (1995). La dernière transition glaciaire-interglaciaire des Andes tropicales sud (Bolivie) d'après l'étude des variations des niveaux lacustres et des fluctuations glaciaires. *C.R. Acad. Sci. Paris*. **320**: 729-736.
- SERVANT-VILDARY, S. (1986). Les Diatomées actuelles des Andes de Bolivie (Taxonomie, écologie). *Cahiers de Micropaléontologie Nulle série*. **1**: 99-123.
- SOUZA, M. G. M. & P. COMPERE (1999). New diatom species from the federal district of Brazil. *Diatom Research*. **14**: 357-366.
- SOUZA, M. G. M. & H. MOREIRA-FILHO (1999). Diatoms (Bacillariophyceae) of two aquatic macrophyte banks from Lagoa Bonita, Distrito Federal, Brazil, I: Thalassiosiraceae and Eunotiaceae. *Bulletin du Jardin Botanique National de Belgique*. **67**(1-4): 259-278.
- SPAULDING, S. A., J. P. KOCIOLEK & D. R. DAVIS (2002). A new diatom (Bacillariophyceae) genus with two new species from New Mexico, USA. *European Journal of Phycology*. **37**: 135-143.
- STERRENBURG, F. A. S., M. E. MEAVE-DEL-CASTILLO & M. A. TYFFANY (2003). Studies on the genera *Gyrosigma* and *Pleurosigma* (Bacillariophyceae): *Pleurosigma* species in the plankton from the Pacific coast of Mexico, with the description of *P. gracilitatis* sp. nov. *Cryptogamie Algologie*. **24**: 291-306.
- SULLIVAN, M., J. (1997). *Porguena peruviana* Gen. et Sp. nov., a marine centric diatom with an unusual ocellus. *Journal of Phycology*. **33**: 609-705.

- SYLVESTRE, F. (1997). La dernière transition glaciaire-interglaciaire (18000-8000 14C ans B.P.) des Andes tropicales sud (Bolivie) d'après l'étude des diatomées. *Museum National d'Histoire Naturelle*. Paris: 317 p.
- SYLVESTRE, F. (1999). La Dernière transition glaciaire-interglaciaire (20 000 - 8 000 14C ans B.P.) dans les Andes tropicales sud de Bolivie d'après l'étude des diatomées. *L'Anthropologie*. **103**: 201-221.
- SYLVESTRE, F., B.-E. B., W. DULEBA & J. P. DEBENAY (2001). Modern diatom distribution in a hypersaline coastal lagoon: the Lagoa de Araruama (R.J.) Brazil. *Hydrobiologia*. sous presse.
- SYLVESTRE, F., M. SERVANT, S. SERVANT-VILDARY, C. CAUSSE, M. FOURNIER & J. P. YBERT (1999). Chronology of lake-level changes in the South Bolivian Altiplano (18 - 23°S) during Late-Glacial and early Holocene times. *Quaternary Research*. **51**: 54-66.
- SYLVESTRE, F., S. SERVANT-VILDARY, M. FOURNIER & M. SERVANT (1996). Lake levels in southern Bolivian Altiplano (19°-21° S.) during the Late Glacial based on diatom studies. *International Journal of Salt Lake Research*. **4**: 281-300.
- SYLVESTRE, F., S. SERVANT-VILDARY & M. ROUX (2001). A diatom-based ionic composition and salinity models for paleoclimatic inferences from Bolivian Altiplano. *Journal of Paleolimnology*. sous presse.
- SYLVESTRE, F., S. SERVANT-VILDARY & M. SERVANT (1998). Le Dernier Maximum glaciaire (21 000 - 17 000 14C ans B.P.) dans les Andes tropicales de Bolivie d'après l'étude des diatomées. *C.R. Acad.Sci.Paris*. **327**: 611-618.
- SYLVESTRE, F., S. SERVANT-VILDARY & M. SERVANT (1999). Réponse au commentaire de Philippe Mourguiart à la note "Le Dernier Maximum glaciaire (21 000 - 17 000 14C ans B.P.) dans les Andes tropicales de Bolivie d'après l'étude des diatomées". *C.R. Acad.Sci.Paris*. **329**: 157-159.
- TAPIA, P. M., E. C. THERIOT, S. C. FRITZ, F. CRUCES & P. RIVERA (2004). Distribution and morphometric analysis of *Cyclostephanos andinus* comb. nov., a planktonic diatom from the Central Andes. *Diatom Research*. **19**: 311-327.
- TAVERA, R., J. ELSTER & P. MARVAN (1994). Diatoms from Ppaloapan basin communities, Mexico. *Arch. Hydrobiol. Algological Studies*. **74**: 35-65.
- TEJERINA-GARRO, F. L., B. D. MERONA, T. OBERDOFF & B. HUGUENY (2006). A fish-based index of large river quality for French Guiana (South America) : method and preliminary results. *Aquat. Living. Res.* **19**: 31-46.
- TELL, G. (1998). Euglenophyta found exclusively in South America. *Hydrobiologia*. **369/370**: 363-372.
- THEREZIEN, Y. (1985). Contribution à l'étude des algues d'Eau douce de la Bolivie. *Nova Hedwigia*. **41**: 505-576.
- THERIOT, E., H.J.CARNEY & P.J.RICHERSON. (1985). Morphology, Ecology and systematics of *Cyclotella andina* sp.nov.(Bacillariophyceae) from Lake Titicaca, Peru,-Bolivia. *Phycologia*. **24**: 381-387.
- THOMASSON, K. (1971). Amazonian Algae. *Inst. Roy.Sc.Nat.Belg. Mém.ser.* **2**: 86: 1-57.
- THOMASSON, K. (1977). Two conspicuous Desmids from Amazonas. *Bot. Notiser*. **130**: 41-51.
- THOMSEN, H. A., K.R.BUCK, D. MARINO, D. SARNO, L. E. HANSEN, J. B. ØSTERGAARD & J. KRUPP (1993). *Lennoxia faveolata* gen. et sp. nov. (Diatomophyceae) from South America, California, West Greenland and Denmark. *Phycologia*. **32**: 278-283.
- TOLEDO, L., P. RIVERA & H. BARRALES (1997). The presence of the genus *Cocconeis* Ehrenberg (Bacillariophyceae) in freshwater bodies of Cuba. *Cryptogamie Algologie*. **18**: 47-55.
- TOLEDO, L., P. RIVERA & H. BARRALES (1997). The genus *Achnanthes* Bory (Bacillariophyceae) in the continental waters of Cuba. *Cryptogamie Algologie*. **18**: 363-374.
- TORGAN, L., CARVALHO & V. BECKER (1998). *Eunotia itapuana*, nom. nov. *Diatom Research*. **13**: 187.
- TORGAN, L., CARVALHO & V. BECKER (1997). *Eunotia densistriata* sp. nov.: a subaerial diatom from Southern Brazil. *Diatom Research*. **12**: 115-124.
- TORGAN, L. C. (1983). Una variedade nova de *Eunotia didyma* Hustedt ex Zimmermann (Bacillariophyceae) do Sul do Brazil. *IHERINGIA Sér.Bot.* **31**: 31-36.
- TORGAN, L. C. (1985). Estudo taxonômico de diatomáceas (Bacillariophyceae) da represa de Aguas Belas, Viamao, Rio Grande do Sul, Brasil. *IHERINGIA, Sér. Bot. Porto Alegre*. **33**: 17-104.
- TORGAN, L. C. & O. M. DELANI (1988). Estudo taxonomico de diatomáceas (Bacillariophyceae) do "Complexo Banhado Grande", Rio Grande do Sul, Brasil: representantes do gênero *Eunotia* Ehrenberg. *IHERINGIA Sér. Bot. Porto Alegre*. **38**: 81-107.
- TORGAN, L. C. & M. GARCIA (1990). Occorencia de *Skeletonema subsalsum* (A. Cleve) Behtge (Bacillariophyceae) no Sul do Brasil e suas implicações taxonômicas e ecológicas. *Acta Limnol. Brasil*. **III**: 439-457.
- TORGAN, L. C., J. G. TUNDISI & L. F. H. NIENCHESKI (2002). *Seasonal variation of planktonic diatoms in Patos Lagoon, Southern Brazil*. Proceedings of the 15th International Diatom Symposium, Perth Australia 28 Sept-2 Oct.1998, J. JOHN (Eds), GANTER, A.R.G. Verlag K.G.: 459-470.
- TREMARIN, P., C. E. WETZEL, T. V. LUDWIG & L. ECTOR (2008). Une nouvelle espèce du genre *Encyonema* dans l'épilithon des rivières du sud du Brésil. *27ème Colloque de l'ADLaF Dijon 1-4 Sept.2008. Livre des résumés*. F. R. A. L. ECTOR. **P4**: 22.
- TUNDISI, T. M., J. G. TUNDISI, A. SAGGIO, A. L. O. NETO & E. G. ESPINDOLA (1991). Limnology of Samuel Reservoir (Brazil, Rondônia) in the filling phase. *Verh. Internat. Verein Limnol.* **24**: 1482-1488.
- UHERKOVICH, G. & M. FRANKEN (1989). Aufwuchsalgen aus zentralamazonischen Regenwaldbächen. *Amazoniana*. **7**: 49-79.
- UHERKOVICH, G. & H. RAI (1979). Algen aus dem Rio Negro und seinen Nebenflüssen. *Amazoniana*. **6**: 611-638.
- VAN DE VIJVER, B. & C. COCQUYT (2009). Four new diatom species from La Calera Hot spring in the Peruvian Andes (Colca Canyon). *Diatom Research*. **24**(1): 209-223.
- VELEZ, M. I., H. HOGHIEMSTRA & S. METCALFE (2005). Fossil and modern diatom assemblages from the Savanna Lake el Piñal, Colombia : an environmental reconstruction. *Diatom Research*. **20**: 387-407.
- VELEZ, M. I., H. HOGHIEMSTRA & S. METCALFE (2005). Fossil and modern diatom assemblages from the Savanna Lake el Piñal, Colombia : an environmental reconstruction. *Diatom Research*. **20**: 387-407.
- VIGOUROUX, R., L. GUILLEMET & P. CERDAN (2005). Etude de l'impact de l'orpaillage alluvionnaire sur la qualité des milieux aquatiques et la vie piscicole. Etude et mesure de la qualité physico-chimique des eaux de l'Approuague au niveau de la montagne Tortue et son impact sur les populations de poissons et d'invertébrés aquatiques. R. HYDRECO-DAF.: 40p.
- VILLAC, M. C. & V. A. P. CABRAL-NORONHA (2008). The surf-zone phytoplankton of the State of Sao Paulo, Brazil. I. Trends in space-time distribution with emphasis on *Asterionellopsis glacialis* and *Anaulus australis* (Bacillariophyta).in MEDLIN, L.K., G. Doucette & M.C.Villac (Eds): *Phytoplankton evolution, taxonomy and ecology*. *NOVA HEDWIGIA Beiheft*. **133**: 115-130.

- WASSON, J.-G., A. CHANDESRIIS, H. PELLA & L. BLANC (2002). Typology and reference conditions for surface water bodies in France - The hydroecoregion approach. *Typology and Ecological classification of Lake and rivers*. M. R. A. K. KARTTUNEN, Nordic Council of Ministers TemaNord. **566**: 37-41.
- WASSON, J. G. (2008). Rapport de mission en Guyane: problèmes spécifiques liés à la mise en place des réseaux de contrôle hydrobiologique des rivières,, Rapport MEDAD-Cemagref Lyon: 56 p.
- WETZEL, C. E., L. ECTOR, S. BLANCO, L. HOFFMANN & D. C. BICUDO (2008). Taxinomie des *Eunotia* planctoniques dans le bassin du Rio Negro (Amazonie, Brésil). *27ème Colloque de l'ADLaF Dijon 1-4 Sept.2008. Livre des résumés*. F. R. A. L. ECTOR. **C13**: 39.
- WETZEL, C. E., L. ECTOR, L. HOFFMANN & D. D. C. BICUDO (2010). Colonial planktonic Eunotia (Bacillariophyceae) from Brazilian Amazon: Taxonomy and biogeographical considerations on the *E. asterionelloides* species complex. *Nova Hedwigia*. **91**(1-2): 49-86.
- WETZEL, C. E., L. ECTOR, E. A. LOBO, L. HOFFMANN & D. C. BICUDO (2008). Biodiversité et taxinomie des Eunotia d'un igapo de l'Amazonie brésilienne (bassin du Rio Negro). *27ème Colloque de l'ADLaF Dijon 1-4 Sept.2008. Livre des résumés*. F. Rimet. A. L. Ector. **P16**: 37.
- WETZEL, C. E., B. V. D. VIJVER & L. ECTOR (2009). *Une nouvelle espèce de Luticola épizoïque sur les tortues d'eau douce Podocnemis erythrocephala (Rio Negro, Amazonie , Brésil)*. 28 ème Colloque de l'ADLaF Lab. Arago Banyuls 7-10 Sept.2009, C. RIAUX-GOBIN (Eds): 52 (Abstract & Poster).
- WETZEL, C. E., L. ECTOR, E. A.MORALES, L. HOFFMANN & D. D. C. BICUDO (2010). *Fragilaria sensu lato en région amazonienne (Rio Negro, Brésil) et analyse du matériel type de trois espèces d'Hustedt*. 29ème Colloque de L'association des Diatomistes de Langue Française(ADLaF) Québec 7-10 Sept.2010(Eds): Oral Comm.
- WETZEL, C. E., B. V. D. VIJVER & L. ECTOR (2010). *Un marin d'eau douce en Amazonie? Une nouvelle espèce de diatomée épizoïque d'un genre marin : Tursiocola podocnemicola C.E.Wetzel, Van de Vijver & Ector sp. nov.* 29ème Colloque de L'association des Diatomistes de Langue Française(ADLaF) Québec 7-10 Sept.2010(Eds): Poster.
- WINSBOROUGH, B. M., E. THERIOT & D. B. CZARNECKI (2009). Diatoms on a continental "island":Lazarus species,marine disjuncts and other endemic diatoms of the Cuatro Ciénegas basin, Coahuila, Mexico. (in J. P. KOCIOLEK, E. C. THERIOT & R. J. STEVENSON (Eds.): *Diatom taxonomy, Ultrastructure and Ecology: Modern methods and Timeless questions*. A tribute to Eugene F. Stoermer.; J.Cramer Science Publishers (Berlin-Stuttgart). *Nova Hedwigia Beiheft*. **135**: 257-274.
- WYDRZYCKA, U. & H. LANGE-BERTALOT (2001). Las diatomeas (Bacillariophyceae) acidofilas del rio Agrio y sitios vinculados con su cuenca, volcan Poas, Costa Rica. *Brenesia*. **55-56**: 1-68.
- ZALOCAR DE DOMITROVIC, Y. & N. I. MAIDANA (1997). *Taxonomic and ecological studies of the Parana-River diatom flora (Argentina)*.1-122
- ZIMMERMANN, C. (1913-1918). Contribuição para o estudo dos Diatomaceas dos Estados Unidos do Brasil. *Broteria Ser. Bot.* **13 -17**: 37-56, 15-16.