

Les sols de mangrove

C. Marchand

Les mangroves produisent des quantités importantes de matière organique, dont le devenir est d'être consommée par la macrofaune, exportée par les courants de marée ou incorporée au sédiment, où elle sera alors plus ou moins rapidement minéralisée par des micro-organismes aérobies et anaérobies.

En Guyane, la consommation de la biomasse aérienne de la mangrove est faible et limitée à certaines espèces de crabes. Son exportation est donc importante, surtout lors des premières étapes de colonisation de la mangrove. Une autre source de production de matière organique et qui rejoint directement le stock sédimentaire sont les racines mortes et les exsudats racinaires produits par les palétuviers. Ainsi, si les concentrations en carbone organique des sols sont faibles pour les stades de mangroves jeunes, elles sont dix fois plus élevées pour les stades matures et sénescents. Ces faciès de mangroves adultes, protégés des exportations par les marées, constituent alors des puits de carbone. Cependant, compte tenu de la dynamique littorale, il ne s'agit ici que d'un puits temporaire. En effet, lors des phases d'érosion, l'ensemble du carbone organique stocké par la mangrove, aussi bien dans la végétation que dans le sédiment, sera dispersé dans les eaux côtières sous formes dissoute et particulaire.

La complexité de la géochimie des sédiments de mangrove provient du nombre important de paramètres qui la contrôlent. En premier lieu, les caractéristiques hydrologiques et géomorphologiques du littoral ainsi que les propriétés du sédiment sur lequel la mangrove se développe doivent être considérées. Les influences respectives des saisons, des marées, du type de végétation, ainsi que de la bioturbation interviennent également.

L'influence des saisons

Le climat de la Guyane apparaît comme un facteur forçant prépondérant. En effet, caractérisé par l'alternance de deux saisons humides de durées inégales, il modifie la profondeur de la nappe phréatique sous la mangrove, où il provoque l'immersion de son substrat. Les conditions de saturation en eau qui en résultent au cours de la saison des pluies se sont révélées être l'un des paramètres majeurs contrôlant les différents processus géochimiques sédimentaires. Cette influence est particulièrement marquée dans les mangroves âgées, éloignées du littoral, pour lesquelles l'influence des marées est faible.

Durant la saison sèche, la baisse du niveau de la nappe phréatique favorise le développement de conditions suboxiques (à la limite entre des conditions aérobies et anaérobies strictes) dans la partie supérieure du sédiment. Il en résulte deux phénomènes :

a) les sulfures et les polysulfures métalliques sont oxydés, acidifiant ainsi le substrat et libérant les métaux qui leur étaient associés ;
 b) l'évaporation accrue induit une sursalure des eaux interstitielles. À l'opposé, durant les périodes d'intenses précipitations, le niveau de la nappe remonte, entraînant une chute de l'oxygénation des sols. Des conditions anoxiques se développent pour la quasi-totalité du sédiment et seuls quelques micro-environnements suboxiques subsistent, du fait de l'activité racinaire et/ou de la bioturbation. Le retour des pluies entraîne également une production importante de carbone organique dissout par lessivage et une

dilution de la salinité des eaux interstitielles dans les sédiments de surface. En résumé, les alternances saisonnières conduisent à une variation verticale des zones d'oxydation et de réduction ainsi qu'à de fortes modifications de salinité des sédiments de surface.

L'impact des marées

L'impact des marées sur le fonctionnement de l'écosystème est triple. Tout d'abord, tout comme les pluies, les marées modifient l'humidité du substrat et les conditions d'oxydo-réduction. Cependant, l'effet des marées n'est prédominant que pour la frange externe des mangroves, la plus exposée. De nombreux auteurs ont démontré en effet qu'après chaque marée les dynamiques induites par les saisons redevenaient rapidement prépondérantes. Deuxièmement, les marées ont un rôle majeur dans le contrôle de l'exportation de la matière organique vers l'océan. Enfin, elles permettent aussi l'introduction de cations basiques marins au sein de la mangrove, qui ont comme action de tamponner et d'équilibrer les conditions acides qui apparaissent au sein des sols en phase d'exondation.

Le rôle de la végétation

Le rôle de la végétation sur les processus géochimiques dans les sédiments de mangrove est essentiel et s'articule autour de trois points. Premièrement, les végétaux introduisent de grandes quantités de carbone organique dans le sédiment, dont la minéralisation régit les modifications géochimiques du substrat. Deuxièmement, au travers des mécanismes d'évapo-transpiration foliaire, ils induisent une augmentation de la salinité des eaux interstitielles au contact des racines. Enfin, leur influence directe sur les processus d'oxydo-réduction est considérable. Lors des premiers stades de développement de la mangrove, la capacité d'*A. germinans* à diffuser de l'oxygène dans le sédiment grâce à son système racinaire radial induit le développement de processus oxydants. Dans les sédiments des mangroves âgées, du fait de l'enrichissement en matière organique du substrat, l'oxygène diffusé par les systèmes racinaires est rapidement consommé et il ne suffit plus au maintien au cours de l'année



des processus aérobies. Si pendant la saison des pluies, la quasi-totalité du profil alors saturé en eau est anaérobie, au cours de la saison sèche, les apports d'oxygène locaux par le système racinaire des *A. germinans* et la dessiccation de la partie superficielle du sédiment conjuguent leurs effets. Il en résulte une zone de 20 cm dans laquelle les processus suboxiques dominent.

La bioturbation

La bioturbation exerce une influence sur les propriétés physiques mais aussi sur les processus géochimiques de la partie supérieure du substrat. Les organismes fouisseurs sont les premiers acteurs de la décomposition de la MO (matière organique), ils permettent également l'oxygénation locale des zones réductrices de surface. En dehors des crabes, très nombreux par endroits, et de quelques vers marins (Polychètes), les organismes fouisseurs apparaissent peu nombreux dans les vases des mangroves de Guyane. La densité maximale de terriers de crabes se situe dans la zone la plus littorale. Elle diminue ensuite vers l'intérieur des terres et donc en fonction du stade de maturité de la mangrove. Les terriers de crabes permettent un échange entre les eaux de surface et les eaux interstitielles, introduisant les sulfates nécessaires aux bactéries pour la sulfato-réduction et exportant les produits de dégradation et de néo-synthèse.

La matière organique des sols de mangrove

La matière organique (MO) sédimentaire des mangroves de Guyane apparaît comme un mélange entre une fraction allochtone peu dégradée associée à la charge détritique amazonienne et une fraction autochtone

▲ Lié à une modification d'un contexte hydro-sédimentaire, sol de mangrove à *Rhizophora* en phase de colonisation par de jeunes propagules de *Laguncularia*.
© D. Guiral



▲ En phase d'érosion littorale, décapage du sol de la mangrove pré-existante et émergence à marée basse d'un paléosol de tourbe fibreuse, formé par les restes racinaires d'une très ancienne mangrove ou d'une forêt marécageuse.
© D. Guiral

issue des palétuviers. Cependant, dans la partie supérieure du sédiment des mangroves jeunes, la MO provient principalement des tapis d'algues qui colonisent la surface des sédiments. La litière non visible y est vraisemblablement exportée par les marées. L'apport de débris issus de végétaux supérieurs s'y réalise principalement par l'intermédiaire des racines des *A. germinans* entre 5 et 15 cm de profondeur. Néanmoins et globalement, les teneurs en carbone organique restent faibles (Figure 1). Par opposition, le contenu organique de la mangrove sénescence est dix fois plus élevé et la couche sédimentaire où s'exerce sa minéralisation atteint 30 cm de profondeur. Dans cette mangrove protégée de l'exportation par les marées, la MO provient principalement de débris de végétaux supérieurs : litières et racines. Sous le niveau enrichi en débris autochtones, la MO sédimentaire est essentiellement composée d'abondants débris opaques, possédant une signature moléculaire spécifique qui permet de conclure à son origine et appartenance aux apports détritiques amazoniens. Par conséquent, malgré leur forte productivité primaire, les mangroves de Guyane stockent relativement peu de carbone organique dans les plus jeunes stades de leur évolution, du fait des exportations par les marées. Le stockage est plus important dans les mangroves âgées, qui sont situées à un niveau topographique supérieur et donc soumises de façon moins fréquente à l'inondation par les marées. Par ailleurs, il se développe dans ces mangroves des conditions anaérobies qui favorisent les processus de préservation de la matière organique. On peut donc considérer que la mangrove de Guyane est un puits de carbone dans ses stades d'évolution les plus avancés. Cependant, compte tenu de la dynamique littorale des côtes des Guyanes, il ne s'agit ici

que d'un puits temporaire, de quelques dizaines d'année. En effet, lors des phases d'érosion, l'ensemble du carbone organique stocké par la mangrove, aussi bien dans la végétation que dans le sédiment, est réincorporé au sédiment littoral, où il subit d'intenses processus de décomposition du fait du perpétuel remaniement des sédiments. Cette décomposition efficace de la matière organique entraîne alors la production d'une quantité certainement importante de CO₂.

Les métaux dans les sédiments de mangrove de Guyane

Les mangroves de Guyane apparaissent comme modérément enrichies pour les métaux lourds analysés : fer, manganèse, nickel, plomb, zinc, cuivre, cobalt et mercure (voir tableau). Les concentrations mesurées semblent plutôt résulter d'une accumulation naturelle liée à un apport continu depuis le bassin amazonien plutôt qu'à des apports résultant des activités anthropiques guyanaises (extraction minière, pollutions industrielles et urbaines). Les concentrations des différents métaux varient fortement avec la profondeur dans les sédiments. Ces variations résultent principalement des processus de diagenèse sédimentaire (la diagenèse regroupe l'ensemble des processus physico-chimiques et biochimiques par lesquels les sédiments sont progressivement, au cours des temps géologiques, transformés en roches). Les processus de décomposition de la matière organique contrôlent le cycle du fer et du manganèse. En retour, ces deux métaux contrôlent les concentrations et les formes minéralogiques des autres métaux ici considérés. Si la sulfato-réduction qui se développe dans les mangroves âgées contribue à piéger les métaux sous la forme de sulfures, dans les mangroves jeunes, les conditions suboxiques favorisent la précipitation des métaux avec des oxy-hydroxydes.

En ce qui concerne le mercure, les concentrations moyennes sont relativement faibles, de l'ordre de 0,41 $\mu\text{mol kg}^{-1}$. Elles sont en outre similaires pour les mangroves des estuaires de la rivière de Kaw et du Sinnamary. Cette similitude suggère soit une contribution minimale des apports par les différents fleuves de Guyane et cela indépendamment de leur transit via le barrage de Petit-saut où, suite à

l'enneigement de la végétation, toutes les conditions sont réunies pour une intense activité microbienne de méthylation du mercure, soit à la dilution du mercure au sein des sédiments amazoniens en transit. Les concentrations en mercure des sédiments proviendraient alors principalement de la nature des sols des bassins versants de l'Amazonie, qui sont naturellement riches en mercure. Cependant, il existe de fortes variations verticales des concentrations (avec des teneurs atteignant $2,57 \mu\text{mol kg}^{-1}$) au sein des sédiments de mangrove. Ces niveaux à forte teneur coïncident avec des concentrations relativement plus importantes en carbone organique, pour lequel le mercure possède de fortes affinités. Les processus physico-chimiques de décomposition des matières organiques jouent en effet un rôle prépondérant dans les concentrations, les formes et donc la biodisponibilité du mercure dans les sédiments de mangrove.

Compte tenu de la dynamique littorale, le devenir de ces éléments métalliques lors de futures phases d'érosion suscite donc des interrogations. Les phases d'érosion entraînent un remaniement des sédiments de mangrove, un peu à l'image du dragage des estuaires du Mahury ou du Kourou. Ces remises en suspension ont pour effet d'oxyder les différents minéraux réduits et de rapidement minéraliser la matière organique d'origine locale à laquelle ils sont associés. Ce dernier processus explique ainsi les faibles teneurs rencontrées en MO fraîche dans les sédiments littoraux et ceci malgré des apports conséquents. Par oxydation des minéraux réduits et par minéralisation de la matière organique, les métaux pourraient ainsi être libérés dans les eaux interstitielles ou littorales sous des formes réactives et, en particulier, assimilables par les organismes vivants et susceptibles de bio-accumulation au sein des réseaux trophiques. ●

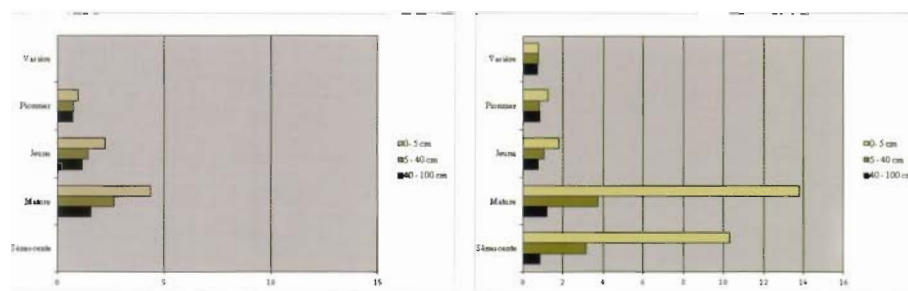


Figure 1 : Concentrations en carbone organique (en % du poids sec) des sédiments de mangrove de Sinnamary (à droite) et de l'estuaire de la rivière de Kaw (à gauche) à différents stades successionnels et en fonction de la profondeur.

Location		Cr ($\mu\text{mol g}^{-1}$)	Ni ($\mu\text{mol g}^{-1}$)	Pb ($\mu\text{mol g}^{-1}$)	Zn ($\mu\text{mol g}^{-1}$)	Hg (nmol g^{-1})	Fe ($\mu\text{mol g}^{-1}$)	Mn ($\mu\text{mol g}^{-1}$)	Cu ($\mu\text{mol g}^{-1}$)	Co ($\mu\text{mol g}^{-1}$)
Mangrove de Sinnamary	Moyenne (n=31)	1.15	0.54	0.13	2.51	0.41	789.29	9.82	0.28	0.32
	SD	0.22	0.10	0.02	1.08	0.46	96.43	9.27	0.10	0.11
	Max	1.40	0.76	0.18	5.94	2.57	1128.57	45.45	0.61	0.68
	Min	0.61	0.32	0.08	1.25	0.15	441.07	21.82	0.06	0.12
Mangrove de Kaw	Moyenne (n=32)	1.07	0.60	0.13	2.66	0.27	846.43	9.63	-	-
	SD	0.16	0.08	0.02	0.43	0.03	73.21	2.91	-	-
	Max	1.29	0.83	0.27	4.08	0.33	1073.21	16.36	-	-
	Min	0.76	0.46	0.08	1.96	0.23	712.5	4.36	-	-
Sédiment côtier sans végétation	Moyenne (n=4)	1.24	0.61	0.145	2.15	0.22	898.21	18.91	0.39	0.31
	SD	0.02	0.03	0.01	0.23	0.02	10.71	0.73	0.03	0.01
	Max	1.26	0.64	0.16	2.35	0.24	919.64	19.82	0.42	0.32
	Min	1.22	0.58	0.13	1.88	0.19	887.50	18.18	0.36	0.31
Fleuve Amazone	Moyenne (n=12)	1.80	0.72	0.21	-	-	1187.3	-	-	0.28
	SD	0.26	0.13	0.11	-	-	205.11	-	-	0.04
	Max	2.19	1.06	0.32	-	-	1587.71	-	-	0.37
	Min	1.19	0.60	0.11	-	-	972.66	-	-	0.23

Concentrations en métaux lourds dans différentes zones du littoral : mangroves de Sinnamary, de Kaw et sédiments de la zone intertidale non colonisée par les palétuviers. Moyenne, écart-type, maximum et minimum.

Marchand Cyril.

Les sols de mangrove.

In Guiral Daniel (ed.), Le Guen R. (ed.). Guyane océane.

Beaumont-de-Lomagne (FRA) : R. Le Guen ; Marseille

(FRA) : IRD, 2012, p. 202-205. ISBN 978-2-7099-1722-3