

N° 426

SÉNAT

SESSION ORDINAIRE DE 2017-2018

---

---

Enregistré à la Présidence du Sénat le 13 avril 2018

## RAPPORT D'INFORMATION

FAIT

*au nom de la Délégation sénatoriale aux outre-mer (1) sur les actes des tables rondes « Biodiversités ultramarines : Laboratoires face au défi climatique » du 7 décembre 2017,*

Par M. Michel MAGRAS,

Sénateur

---

(1) Cette délégation est composée de : M. Michel Magras, *président* ; MM. Maurice Antiste, Stéphane Artano, Mme Esther Benbassa, MM. Pierre Frogier, Jean-Louis Lagourgue, Robert Laufoaulu, Jean-François Longeot, Mme Vivette Lopez, MM. Victorin Lurel, Dominique Théophile, *vice-présidents* ; Mme Catherine Conconne, M. Jacques Genest, Mme Viviane Malet, M. Gérard Poadja, *secrétaires* ; M. Guillaume Arnell, Mme Viviane Artigalas, MM. Jean Bizet, Patrick Chaize, Mathieu Darnaud, Michel Dennemont, Mme Nassimah Dindar, M. Daniel Gremillet, Mme Jocelyne Guidez, MM. Didier Guillaume, Abdallah Hassani, Mmes Victoire Jasmin, Gisèle Jourda, MM. Antoine Karam, Nuihau Laurey, Henri Leroy, Thani Mohamed Soilihi, Georges Patient, Mme Catherine Procaccia, MM. Michel Raison, Jean-François Rapin, Claude Raynal, Charles Revet, Gilbert Roger, Jean Sol, Mme Lana Tetuanui, M. Michel Vaspart.



## SOMMAIRE

Pages

### OUVERTURE

- **Michel MAGRAS**, *Président de la Délégation sénatoriale aux outre-mer* ..... 7
- **Christophe AUBEL**, *Directeur général de l'Agence française pour la biodiversité* ..... 11

### PREMIÈRE TABLE RONDE

#### LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES, UNE MENACE POUR LA BIODIVERSITÉ

- **Daniel SABATIER**, *Botaniste, écologue des forêts tropicales, chercheur à l'Institut de recherche pour le développement (IRD), UMR AMAP, Montpellier* ..... 15
- **Claudine AH-PENG**, *Ingénieure Université de La Réunion* ..... 21
- **Christophe BARBRAUD**, *Directeur de recherches au CNRS en écologie des populations Centre d'études biologiques de Chizé* ..... 23
- **Stéphanie GUYOMARD-RABENIRINA**, *Responsable adjointe de l'unité Environnement Santé Institut Pasteur de Guadeloupe* ..... 27

### ÉCHANGES AVEC LE PUBLIC

#### À L'ISSUE DE LA PREMIÈRE TABLE RONDE

- **Antoine KARAM**, *Sénateur de la Guyane* ..... 31
- **Michel MAGRAS**, *Président de la Délégation sénatoriale aux outre-mer* ..... 31
- **Max PIERRE-FANFAN**, *Écrivain, journaliste et réalisateur* ..... 32
- **Daniel SABATIER**, *Botaniste, écologue des forêts tropicales, chercheur à l'Institut de recherche pour le développement (IRD), UMR AMAP, Montpellier* ..... 32
- **Michel MAGRAS**, *Président de la Délégation sénatoriale aux outre-mer* ..... 32
- **Philippe FELDMAN**, *Chargé de mission biodiversité et ressources biologiques au Cirad* ..... 32

### SECONDE TABLE RONDE

#### LA BIODIVERSITÉ, SENTINELLE ET RESSOURCE

#### FACE AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES

- **Stéphane GUITET**, *Ingénieur forestier et référent outre-mer à l'Institut national de l'information géographique et forestière* ..... 33
- **Jean-Jacques POURTEAU**, *Délégué à l'outre-mer Agence Française pour la Biodiversité* ..... 37
- **Audrey LÉOPOLD**, *Chercheuse Institut agronomique néo-calédonien* ..... 39
- **Chloé BOURMAUD**, *Maîtresse de conférences Biologie des organismes Université de La Réunion* ..... 43
- **Paule SALVIN**, *Maître de conférences en chimie des matériaux L3MA Pôle Martinique Université des Antilles* ..... 47
- **Laetitia HÉDOUIN**, *Chargée de recherche au CNRS - Laboratoire CRIOBE représentée par Antoine PUISAY, Doctorant à l'École pratique des Hautes Études* ..... 51
- **Marc JEANNIN**, *Maître de conférences Laboratoire des sciences de l'ingénieur pour l'environnement (LaSIE) Université de La Rochelle* ..... 53

## ÉCHANGES AVEC LE PUBLIC À L'ISSUE DE LA SECONDE TABLE RONDE

• <b>Vivette LOPEZ</b> , Sénatrice du Gard, Délégation sénatoriale aux outre-mer.....	57
• <b>Daniel SABATIER</b> , Botaniste, écologue des forêts tropicales, chercheur à l'Institut de recherche pour le développement (IRD), UMR AMAP, Montpellier .....	57
• <b>Catherine PROCACCIA</b> , Sénatrice du Val-de-Marne, Délégation sénatoriale aux outre-mer .....	57
• <b>Jean-Jacques POURTEAU</b> , Délégué à l'outre-mer Agence française pour la biodiversité .....	57
• <b>Pascale JOANNOT</b> , Directrice des expéditions au Musée national d'histoire naturelle .....	58
• <b>Michel MAGRAS</b> , Président de la Délégation sénatoriale aux outre-mer .....	58
• <b>Jérôme BIGNON</b> , Sénateur de la Somme.....	58
• <b>Max PIERRE-FANFAN</b> , Écrivain, journaliste et réalisateur .....	58
• <b>Jean-Luc PEYRON</b> , Directeur du groupement d'intérêt public sur les écosystèmes forestiers Ecofor .....	59
• <b>Stéphane GUITET</b> , Ingénieur forestier et référent outre-mer, à l'Institut national de l'information géographique et forestière .....	59
• <b>Marc JEANNIN</b> , Maître de conférences, Laboratoire des sciences de l'ingénieur pour l'environnement (LaSIE), Université de La Rochelle .....	59
• <b>Catherine PROCACCIA</b> , Sénatrice du Val-de-Marne, Délégation sénatoriale aux outre-mer .....	59
• <b>Marc JEANNIN</b> , Maître de conférences, Laboratoire des sciences de l'ingénieur pour l'environnement (LaSIE), Université de La Rochelle .....	60
• <b>Michel MAGRAS</b> , Président de la Délégation sénatoriale aux outre-mer.....	60
• <b>Daniel SABATIER</b> , Botaniste, écologue des forêts tropicales, chercheur à l'Institut de recherche pour le développement (IRD), UMR AMAP, Montpellier .....	60
• <b>Jean-Jacques POURTEAU</b> , Délégué à l'outre-mer Agence française pour la biodiversité .....	60
• <b>Maurice ANTISTE</b> , Sénateur de la Martinique, Délégation sénatoriale aux outre-mer.....	61
• <b>Michel MAGRAS</b> , Président de la Délégation sénatoriale aux outre-mer .....	61
• <b>Pascale JOANNOT</b> , Directrice des expéditions au Musée national d'histoire naturelle .....	61
• <b>Stéphane GUITET</b> , Ingénieur forestier et référent outre-mer à l'Institut national de l'information géographique et forestière .....	61
• <b>Alain GERVAISE</b> , Directeur de programme « Forêt et Environnement » à l'Institut national de l'information géographique et forestière (IGN) .....	61
• <b>Daniel SABATIER</b> , Botaniste, écologue des forêts tropicales, chercheur à l'Institut de recherche pour le développement (IRD), UMR AMAP, Montpellier .....	61

## CONCLUSION

• <b>Michel MAGRAS</b> , Président de la Délégation sénatoriale aux outre-mer.....	63
--	----

<b>PROGRAMME DES TABLES RONDES</b> .....	65
--	----





---

## OUVERTURE

**Michel MAGRAS,**  
*Président de la Délégation sénatoriale aux outre-mer*

Mesdames et Messieurs,  
Chers collègues,

Nous voici réunis aujourd'hui pour accueillir un bel ensemble d'« ambassadeurs de la biodiversité ultramarine », au premier rang desquels Monsieur Christophe Aubel, directeur général de l'Agence française pour la biodiversité (AFB).

Cher Monsieur, je vous remercie d'avoir accepté de nous accompagner dans notre démarche tendant à contribuer à accroître la visibilité de nos outre-mer en organisant un cycle de conférences sur la biodiversité ultramarine qui s'ouvre aujourd'hui.

Au cours d'une première séquence de travaux sur la biodiversité et la problématique du dérèglement climatique, en 2015 dans la perspective de la COP21, notre délégation s'était attachée à mettre en valeur les réalisations mises en œuvre dans nos territoires ultramarins ayant pour objet d'atténuer les impacts de ces dérèglements ou proposant des solutions d'adaptation.

Deux ans plus tard, à la veille du sommet international du 12 décembre prochain qui marquera le deuxième anniversaire de l'Accord de Paris sur le climat, il nous est apparu important de manifester à nouveau notre mobilisation et l'intérêt constant que nous portons à ces questions primordiales pour la planète. En effet, les outre-mer demeurent, selon une expression désormais consacrée, les sentinelles, mais aussi les premières victimes des dérèglements climatiques. Cela confère à notre pays une place singulière dans le concert des nations, avec sa capacité de rayonnement planétaire et la responsabilité qui en est le corollaire.

Quelques chiffres pour caractériser cette singularité et les atouts de notre pays, du fait de ses outre-mer, sous toutes les latitudes et dans l'ensemble des bassins océaniques :

- 11 millions de kilomètres carrés de superficie de zone économique exclusive qui placent la France au 2<sup>e</sup> rang mondial des puissances maritimes ;

- 55 000 kilomètres carrés de récifs et lagons, avec une barrière récifale calédonienne qui est la deuxième du monde et un exemple unique de double barrière à Mayotte ;

- une forêt guyanaise de quelque 8 millions d'hectares, et l'une des dernières forêts primaires.

Ainsi, de l'immensité verte guyanaise avec ses fleuves pénétrants, des îles subantarctiques aux îles Éparses ou encore à Clipperton, terres inhabitées, en passant par les archipels polynésiens et leur multitude d'îles hautes et d'anneaux coralliens, la Caraïbe ou les cirques montagneux de La Réunion qui propulsent leurs pitons à plus de 3 000 mètres d'altitude, la plus grande diversité d'habitats déploie une palette exceptionnelle d'espèces animales et végétales.

Il est traditionnel de considérer que 80 % de la biodiversité nationale est située dans les outre-mer et, fin 2016, le Muséum national d'histoire naturelle évaluait à plus de 182 000 le nombre d'espèces terrestres et marines recensées. Nos outre-mer constituent des « points chauds » de la biodiversité mondiale et se caractérisent par un haut niveau d'endémisme, insularité oblige ! Mais ce patrimoine vivant, tout à fait exceptionnel, est aussi marqué par une grande vulnérabilité : ainsi, la France se classe-t-elle au 8<sup>e</sup> rang mondial des pays abritant le plus grand nombre d'espèces menacées ; cela lui confère, encore une fois, une responsabilité éminente.

L'Agence française pour la biodiversité, instance fédératrice, de coordination, d'accompagnement, d'impulsion et d'animation, est une pièce maîtresse des stratégies à déployer pour la sauvegarde et la valorisation de cette magnifique biodiversité.

Créée par la loi du 8 août 2016 et mise en place le 19 janvier 2017 avec la première réunion de son conseil d'administration, l'agence n'a pas encore soufflé sa première bougie. Et pourtant, forte de l'héritage des structures qui l'ont précédée et qui ont fusionné en elle, ainsi que de sa transversalité qui en fait un interlocuteur incontournable, mais aussi du dynamisme et de la détermination de ses membres et de ses personnels, l'agence s'impose d'emblée comme gardienne d'un patrimoine naturel inestimable ! Comme le soulignait fort justement notre collègue Jérôme Bignon, qui fut rapporteur au Sénat de la loi pour la reconquête de la biodiversité, de la nature et des paysages et qui représente le Sénat au conseil d'administration de l'agence, « *cette grande agence donne l'opportunité de gérer la biodiversité de manière plus transversale, et de mieux prendre en compte le lien terre-mer* ».

---

Je me réjouis donc du partenariat que notre délégation scelle aujourd'hui avec elle, par cette matinée qui est un prélude à un cycle triennal de colloques, avec une déclinaison par grand bassin océanique. Cette action événementielle - et, Mesdames et Messieurs, nous aurons soin de vous convier à y participer - nous permettra de suivre la mise en œuvre du deuxième Plan national d'action contre le changement climatique qui intègre la poursuite de solutions fondées sur la nature. Comme l'a encore plaidé l'Union internationale pour la conservation de la nature (UICN) en novembre dernier à Bonn lors de la COP23, ces solutions fondées sur la nature, qui s'incarnent dans des actions de protection, de restauration et de gestion durable des écosystèmes, tiennent un rôle central dans les stratégies de lutte et d'adaptation au changement climatique. Une étude américaine publiée fin octobre dans la revue de l'Académie des sciences des États-Unis estime ainsi que les solutions naturelles pourraient contribuer pour plus du tiers à l'atténuation climatique nécessaire d'ici à 2030 pour stabiliser le réchauffement au-dessous de 2°C.

Nous avons donc choisi aujourd'hui de centrer les tables rondes sur ce type de solutions. La première montrera combien les évolutions climatiques peuvent constituer une menace pour la biodiversité ; puis la seconde table ronde mettra en lumière un ensemble de projets et de réalisations permettant d'évaluer les impacts et de dessiner des réponses adaptées. Parmi les témoins, nous aurons le plaisir d'accueillir plusieurs lauréats de l'appel à projets « recherche » 2015 du ministère des outre-mer. Je rappelle que 14 projets ont été sélectionnés pour l'ensemble des territoires ultramarins pour un montant de subventions de 300 000 euros, couvrant des sujets très divers, au plus près des territoires.

Mais avant d'aborder la première table ronde, j'invite Monsieur Christophe Aubel, directeur général de l'Agence française pour la biodiversité, à apporter son éclairage sur notre manifestation d'aujourd'hui et le programme d'action de l'agence.



---

**Christophe AUBEL,**  
*Directeur général de l'Agence française pour la biodiversité*

Monsieur le président,  
Mesdames les sénatrices,  
Messieurs les sénateurs,  
Mesdames et Messieurs,

Je vous dis mon plaisir d'être présent ici pour représenter l'Agence française pour la biodiversité aux côtés de la délégation sénatoriale aux outre-mer pour ouvrir cette première conférence d'un cycle auquel nous sommes très heureux de participer. Un des grands défis de l'Agence française pour la biodiversité est de faire entrer la biodiversité au cœur des débats de société, des actions de chacun et donc de la vie de chacun d'entre nous. Nos vies en dépendent largement. Relever ce défi implique nécessairement les outre-mer. Du polaire au tropical, des fonds marins à la forêt boréale, des fonds marins des océans à la montagne, la richesse de la biodiversité ultramarine est juste une évidence, avec des *hotspots* mondiaux, des espèces endémiques, des écosystèmes rares. Je vous invite pour découvrir cela à visiter l'exposition « *Escales outre-mer, la France grandeur nature* » actuellement au ministère des Outre-mer, qui expose ces richesses par territoire.

Mais il ne suffit pas de souligner la richesse de la biodiversité ultramarine. Il faut avant tout la préserver. La biodiversité dépend d'une préservation dynamique et active, car elle est en danger et subit des pressions. Il faut sans attendre engager des actions de restauration.

L'Agence française pour la biodiversité a la mission de s'en saisir, selon deux principes. La préservation de la biodiversité n'est pas une mise sous cloche. Il faut agir par la conciliation des usages et des activités avec la biodiversité. Il faut donc faire de la biodiversité un atout pour ces territoires. « Préservation » rime avec « valorisation » et « biodiversité » rime avec « développement soutenable », car il n'est pas de développement soutenable sans le socle du vivant. Le second principe est d'être « cœur de réseau ». Une « tête de réseau » signifierait que nous sommes hégémoniques et que nous voulons diriger les choses. Non nous voulons être au cœur des acteurs pour les accompagner. En effet, si une agence française de 1 300 personnes peut agir par elle-même - nous sommes présents dans sept des territoires

ultramarins –, face à l'érosion de la biodiversité, et pour saisir les opportunités représentées par la biodiversité, la mobilisation des acteurs prime. Nous agissons donc en partenariat avec les territoires et en priorité avec les collectivités. Pour cela, Jean-Jacques Pourteau, le délégué outre-mer de l'agence met en place notre politique en ce domaine. Il a déjà engagé le dialogue partenarial avec chacune des collectivités territoriales. L'agence est déjà intervenue, sur la base des actions des quatre établissements qui l'ont intégré (par exemple celles de l'agence des aires marines, ou de l'Office national de l'eau et des milieux aquatiques (ONEMA), dont la solidarité interbassins permet le financement à hauteur de 30 millions d'euros par an de projets de territoires) et nous avons déjà mis en place un certain nombre d'actions :

- le programme Remoa, recensement des mammifères marins et de la mégafaune pélagique par observation aérienne dans les Caraïbes ; cet inventaire engage également un partenariat inédit avec les pays voisins ;

- le déploiement des aires marines éducatives, né aux Marquises, qui permet à des élèves de gérer collectivement un espace maritime ; depuis la rentrée 2017, 13 écoles des outre-mer se sont engagées dans ce cadre, co-piloté avec le ministère de l'écologie, des outre-mer et le ministère de l'éducation nationale ;

- le lancement d'un plan de développement des atlas de la biodiversité communale, qui permet aux collectivités de préserver et de valoriser leur patrimoine naturel en intégrant les enjeux et les opportunités de la biodiversité dans leurs actions et stratégies (documents d'urbanisme, gestion des espaces, actions de sensibilisation) : cet appel à projets a rencontré un grand succès et des communes d'outre-mer feront partie des lauréats ;

- la contribution exceptionnelle au plan interministériel de solidarité avec les Caraïbes à hauteur de 4 millions d'euros sur des programmes d'assainissement, de restauration et de gestion d'espaces naturels et de reconquête des milieux affectés ;

- le lancement d'un appel à projets « reconquête de la biodiversité » à destination exclusive des territoires ultramarins à hauteur de 4 millions d'euros ouvert aux acteurs associatifs, socioéconomiques et institutionnels de l'ensemble des outre-mer, hors les services de l'État ;

- un renforcement du partenariat avec les Terres Australes et Antarctiques Françaises ;

- enfin nous dialoguons avec toutes les collectivités pour établir des partenariats, une convention a été actée avec le Département de Mayotte, une autre convention est en cours de finalisation avec Saint-Pierre-et-Miquelon mais aussi Wallis-et-Futuna.

---

Les outre-mer sont par ailleurs présents dans notre conseil d'administration, et représentés au sein de notre conseil scientifique. Nous mettrons en place au premier trimestre un comité d'orientation ultramarin - une instance d'avis et de conseil placée auprès du conseil d'administration, dans lequel toutes les collectivités territoriales d'outre-mer seront représentées, ainsi que des experts et parties prenantes.

Pour terminer, un mot du sujet de la conférence : les liens entre climat et biodiversité sont évidents, car les dérèglements climatiques ont des répercussions sur la biodiversité. Et on sait le rôle majeur des océans comme puits de carbone. Mais la nature peut aussi nous apporter des solutions en matière d'adaptation. Je forme donc le vœu que les politiques climatiques et de biodiversité soient liées. Nous devons en effet agir en cohérence dans ces deux domaines, pour être efficaces dans un domaine comme dans l'autre. Méfions-nous des solutions qui seraient néfastes à des enjeux de biodiversité pour répondre à des enjeux climatiques.

Je vous souhaite de beaux travaux. L'AFB est à vos côtés aujourd'hui et le sera à l'avenir. Nous essaierons d'être à la hauteur du défi que vous nous avez lancé, Monsieur le président, en nous accordant votre confiance.



**PREMIÈRE TABLE RONDE**

**LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES,  
UNE MENACE POUR LA BIODIVERSITÉ**

**Daniel SABATIER,**  
*Botaniste, écologue des forêts tropicales,  
chercheur à l'Institut de recherche pour le développement (IRD),  
UMR AMAP, Montpellier*

*Propos de présentation par M. Michel Magras, président de la  
Délégation sénatoriale aux outre-mer*

*Daniel Sabatier a effectué de nombreux séjours en Guyane et dans les pays amazoniens. C'est un spécialiste de la botanique des arbres et des forêts d'Amazonie, du plateau des Guyanes. Il travaille sur les problématiques écologiques en environnement forestier tropical humide, et plus particulièrement sur les relations entre le sol, la végétation et les animaux disséminateurs, sur les structures et les dynamiques forestières.*

*Le projet qu'il va nous présenter, dénommé DynForDiv, consiste à analyser l'impact sur la séquestration du carbone et la conservation de la diversité biologique d'une accélération généralisée du renouvellement des forêts tropicales consécutive à différents forçages tels que la fertilisation par le CO<sub>2</sub>, le changement climatique ou l'aggravation de la pression anthropique.*

Je vous présenterai quelques résultats du projet DynForDiv qui s'est intéressé au forçage de la dynamique forestière et ses conséquences sur les communautés d'arbres en Guyane.

En Guyane, nous n'avons pas encore observé d'impact mesurable du changement climatique sur les forêts ; il ne sera probablement perceptible qu'à relativement long terme. Cependant de nombreuses études relatent une accélération de la dynamique forestière en Amazonie en relation avec le changement climatique.

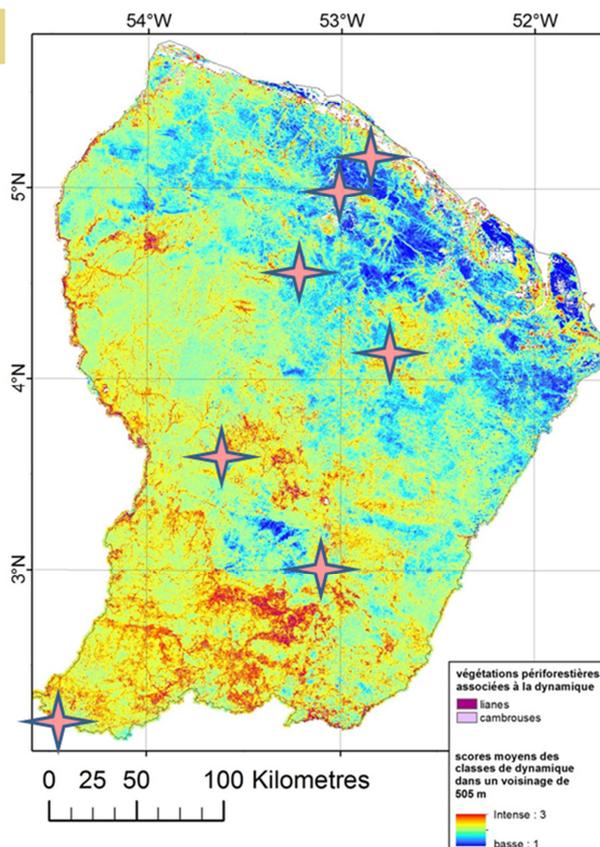
La carte de la dynamique forestière en Guyane représente une nouvelle façon de voir la forêt guyanaise. Cette carte a été obtenue par des relevés de terrain, des relevés LIDAR aéroporté (scanner laser) et par télédétection. Des forêts à dynamique lente occupent le nord de la Guyane et des forêts à dynamique intense sont caractéristiques du sud. Alors qu'en Europe, la dynamique forestière découle des décisions du gestionnaire, elle est un mécanisme naturel dans les forêts tropicales. La forêt est un édifice instable. Il en résulte une structure spatiale très particulière, formée par les évènements de dégradation suivis d'une reconstitution du couvert forestier (aggradation), dans une matrice relativement stable. Dégradation et aggradation sont les composantes du *turnover* forestier. Intégré dans le temps, il existe un régime de turnover forestier qui différencie des types de forêts dans leur manière de se reconstituer et de se perpétuer. Lorsque la dégradation et l'aggradation sont à l'équilibre, la forêt se perpétue. Or, cet équilibre semble parfois rompu, probablement par des forçages qui transforment le système forestier pour atteindre un nouvel équilibre. C'est un phénomène que nos études cherchent à comprendre.

### DynForDiv – Focus

**Focus sur un résultat majeur et sur ses implications quant à la vulnérabilité des forêts de Guyane:**

**Carte de la dynamique forestière**

- Relevés de terrain (6 sites)
- + 
- Laser aéroporté (6 sites)
- + 
- Télédétection satellitaire (Guyane)



Source : Sabatier et al. 2017. Forçages environnementaux et anthropiques du *turnover* forestier, conséquences sur la diversité des communautés d'arbres en forêt tropicale (DynForDiv). *Rapport final*. Programme Biodiversité, Gestion forestière, Changement climatique et Politiques publiques, MEDDE, ECOFOR, 119 p. © Daniel Sabatier (AMAP, IRD, Cirad, CNRS, INRA, Université de Montpellier, Montpellier, France)

Les forçages peuvent accentuer la dégradation par rapport à l'aggradation, ce qui fait évoluer la forêt dans un sens régressif. Inversement, certains forçages font acquérir de la biomasse à la forêt. C'est ce qui se produit actuellement ; les forêts sont des puits de carbone.

Il existe deux types de forçages :

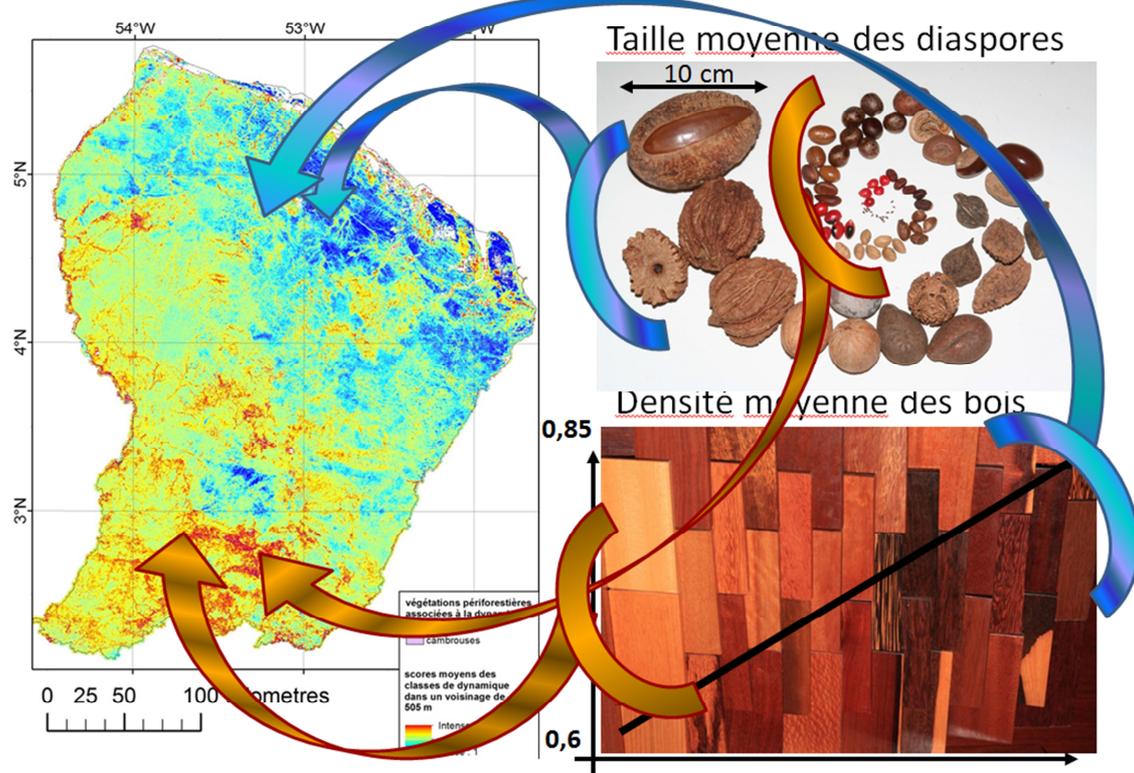
- externes : liés à l'environnement physique ou climatique (stress hydriques, turbulences atmosphériques) et qui peuvent parfois découler des activités humaines telles que des coupes à blanc, des exploitations sélectives, un appauvrissement de la faune (la faune disséminatrice qui contribue à la migration des espèces, à la constitution des structures spatiales des populations, et la faune prédatrice qui maintient les équilibres entre les espèces), l'augmentation de la teneur en CO<sub>2</sub> de l'atmosphère etc. ;

- internes : la communauté végétale évolue et les traits spécifiques des espèces changent, ce qui est susceptible de faire fortement évoluer la dynamique forestière lorsque les traits concernés contrôlent la longévité des arbres, leur résistance mécanique ou leur résistance aux pathogènes.

Au nord de la Guyane, la canopée est régulière et continue, et peut être haute, au-delà de 35 mètres de moyenne, ou basse. Plus au sud, les canopées sont fréquemment chaotiques (disséquées), dans lesquelles de grands arbres d'une soixantaine de mètres de hauteur côtoient des espaces vides. Des canopées ouvertes apparaissent également avec de grandes herbes comme les héliconies, des plantes héliophiles et des manchons de lianes autour des arbres qui sont typiques des forêts très dynamiques. Dans la plaine du Sud, les paysages forestiers sont extrêmement ouverts, avec de larges espaces couverts de végétation de bambous (cambrousses). Cet ensemble de paysages s'inscrit dans le gradient de dynamique forestière nord-sud. On peut suspecter que les forêts à canopée ouverte sont très dynamiques et ont un régime de *turnover* où la dégradation l'emporte sur l'aggradation, entraînant un processus de régression.

Pour illustrer la relation entre la dynamique et les communautés d'arbres, je vous présente la distribution de deux traits fonctionnels : En premier lieu, la taille des diaspores, qui conditionne la dissémination et les structures de populations. Au nord, les espèces à diaspores de grande dimension sont prépondérantes. En revanche, dans le sud, les espèces à petites graines sont prédominantes ; elles ont une dissémination à longue portée. En deuxième lieu, la densité des bois, qui est un proxy d'un grand nombre de fonctionnements des arbres, dont la résistance mécanique et la longévité. Les arbres à bois durs sont généralement longévifs, alors que les arbres à bois léger vivent peu de temps (entre quelques dizaines d'années et une centaine d'années). Les communautés des forêts à dynamique lente du nord de la Guyane sont majoritairement constituées d'espèces à bois dur, alors que celles du sud, à dynamique rapide, sont constituées d'espèces à bois léger.

## DynForDiv – Dynamique ~ Traits fonctionnels



Source : Sabatier et al. 2017. Forçages environnementaux et anthropiques du *turnover* forestier, conséquences sur la diversité des communautés d'arbres en forêt tropicale (DynForDiv). *Rapport final*. Programme Biodiversité, Gestion forestière, Changement climatique et Politiques publiques, MEDDE, ECOFOR, 119 p. © Daniel Sabatier (AMAP, IRD, Cirad, CNRS, INRA, Université de Montpellier, Montpellier, France)

En lien avec la dynamique forestière, les communautés ont des fonctionnements biologiques et écologiques différenciés. Elles diffèrent également par leur diversité.

La diversité du mélange d'espèces est relativement basse pour les forêts à dynamique lente. Lorsque la dynamique augmente, la diversité s'accroît (le mélange d'espèces est plus riche, jusqu'à 210 espèces d'arbres pour un hectare de forêt), elle atteint un maximum, puis diminue. Il s'agit du modèle dit « de perturbation intermédiaire ». Toutefois, outre la diversité, l'originalité est également à prendre en compte. Ainsi, les espèces endémiques des trois Guyanes sont bien représentées au nord de la Guyane et peu au sud. Les ubiquistes (réparties sur l'ensemble de l'Amazonie et au-delà) sont beaucoup plus fréquentes et contribuent davantage aux communautés d'arbres du sud de la Guyane qu'à celles du nord.

Le changement climatique impactera-t-il différemment ces forêts ? À ce stade, les modèles climatiques convergent vers la prédiction d'une altération de la saisonnalité du climat, qui passerait de pratiquement quatre saisons à deux : une longue saison sèche et une longue saison des pluies. Le phénomène accentuerait le stress hydrique en saison sèche et l'engorgement des sols en saison des pluies.

Une expérience a été conduite dans un dispositif forestier d'Amazonie, dans laquelle 50 % de l'eau de pluie a été interceptée pour en priver la forêt. Sous l'effet du stress hydrique engendré par l'expérimentation, on constate une augmentation de la mortalité et une diminution de la croissance pour les espèces à bois léger ; les espèces à bois dense ne sont pas significativement impactées.

En Guyane, dans le dispositif de Paracou où, depuis trente ans, les arbres sont suivis dans des parcelles permanentes et les variations naturelles du climat sont mesurées, on observe des résultats similaires pour la croissance des arbres, qui diminue significativement chez les espèces à bois légers lorsque le stress hydrique augmente. Quelle que soit la densité du bois, la mortalité diminue en cas de déficit hydrique, alors que l'excès d'eau entraîne une surmortalité.

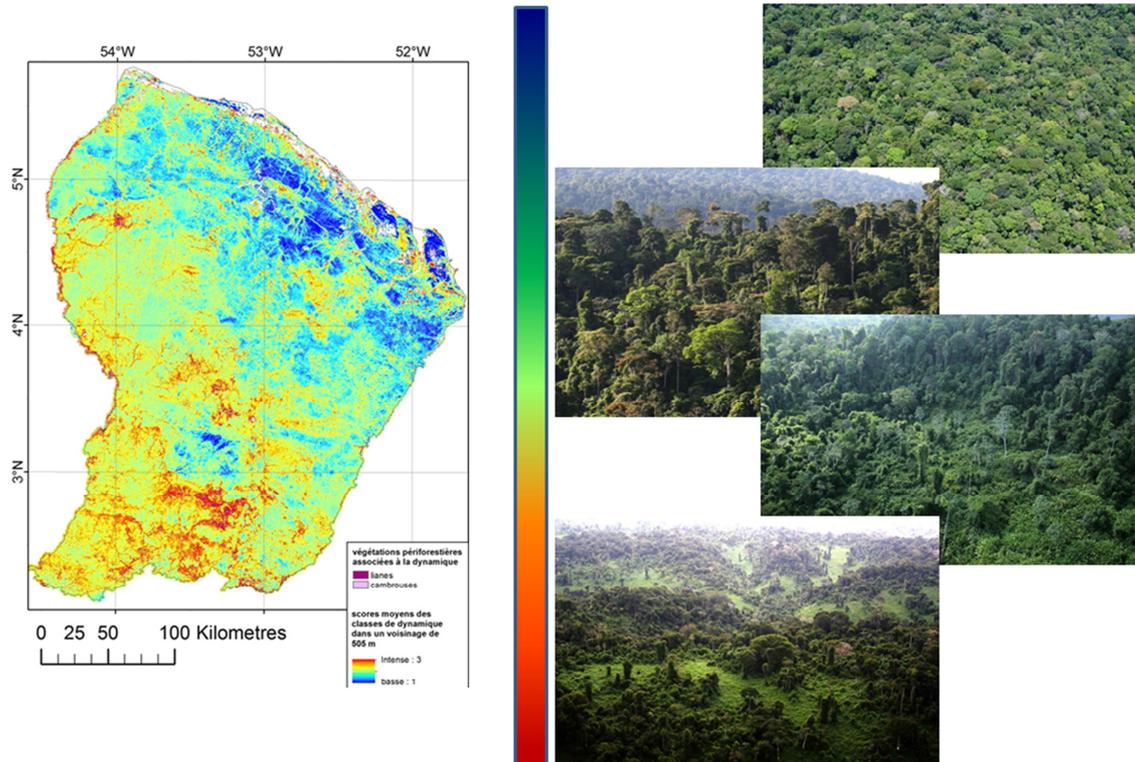
On remarque que les espèces à bois léger sont le plus négativement impactées par le déficit hydrique. Celles-ci sont typiques des forêts du sud de la Guyane où le climat est plus sec et plus saisonnier qu'au nord. Il y a donc, d'une part, un paradoxe au regard des observations précédentes et, d'autre part, la perception d'une possible vulnérabilité des forêts du sud au changement annoncé du climat.

Les forêts du nord apparaissent moins vulnérables au changement climatique mais l'impact anthropique y est très fort. Il faudrait compléter la carte de l'intensité de l'impact anthropique que je vous présente par le fort développement de l'orpaillage clandestin, y compris dans le sud au sein du Parc amazonien.

Les structures de gestion et de conservation sont asymétriques : au nord, le domaine forestier permanent qui, bien que pourvu d'espaces de conservation, les séries d'intérêt écologique, est l'espace de l'exploitation forestière et couvre une large part des forêts à dynamique lente. Au contraire, au sud, le Parc amazonien, qui est un vaste espace de conservation, couvre majoritairement des forêts à dynamique rapide.

En conclusion, les forêts du nord à dynamique lente semblent être des systèmes forestiers anciens, qui devraient être plus résistants aux changements climatiques, mais les pressions anthropiques y sont plus fortes. Les forêts du sud à dynamique rapide semblent héritées de perturbations à l'époque holocène (dernier 10 000 ans). Elles pourraient être sensibles à une évolution du climat et à un stress hydrique et pourraient voir une accélération de leur dynamique.

## DynForDiv – Paysages forestiers de Guyane



Source : Sabatier et al. 2017. Forçages environnementaux et anthropiques du *turnover* forestier, conséquences sur la diversité des communautés d'arbres en forêt tropicale (DynForDiv). *Rapport final*. Programme Biodiversité, Gestion forestière, Changement climatique et Politiques publiques, MEDDE, ECOFOR, 119 p. © Daniel Sabatier (AMAP, IRD, Cirad, CNRS, INRA, Université de Montpellier, Montpellier, France)

Le dispositif de conservation et de gestion est donc déséquilibré et devrait être corrigé. Dans le cadre d'une gestion durable, il semble nécessaire de considérer la réduction de l'impact anthropique. Des efforts ont été conduits, qu'il me semble important de poursuivre.

**Claudine AH-PENG,**  
*Ingénieure*  
*Université de La Réunion*

***Propos de présentation par M. Michel Magras, président de la  
Délégation sénatoriale aux outre-mer***

*Après les dynamiques forestières amazoniennes sous différentes influences liées notamment au changement climatique, nous allons monter en altitude, dans les îles hautes de nos archipels des trois océans, avec le reportage de Madame Claudine Ah-Peng qui, originaire de l'île de La Réunion, a concentré ses travaux sur la compréhension des patrons de diversité et de distribution des organismes le long de gradients environnementaux tels que le gradient d'altitude. Avec la présentation de son projet, MOVECLIM, nous allons découvrir ce que sont les mousses et forêts de nuages comme repères du changement climatique. Ce projet a permis d'initier des collaborations entre les archipels des océans Indien, Pacifique et Atlantique pour mettre en place des protocoles standardisés de suivi sur le long terme des systèmes insulaires. Je vous laisse apprécier les très belles images transmises par Madame Ah-Peng, dans un film qui marie science et poésie.*

*Un film est projeté sur les bryophytes comme indicateurs du changement climatique.*

Les forêts de nuage abritent les bryophytes, dont font partie les mousses. Ce sont les premières plantes à avoir colonisé les terres 450 millions d'années auparavant. Ce groupe de plantes regroupe plus de 830 espèces à La Réunion. Aujourd'hui, ces végétaux sont des indicateurs biologiques des changements climatiques : les « sentinelles de l'environnement ».

Ces plantes n'ont pas de racines et récupèrent de l'atmosphère et des précipitations leurs nutriments et leur eau. Elles sont donc fortement dépendantes des variations environnementales. Il convient de mieux comprendre la vulnérabilité des forêts de nuages face au changement climatique, celles-ci accumulant énormément de diversité biologique.

Les bryophytes agissent comme des éponges. En accumulant l'eau contenue dans l'atmosphère, elles permettent le développement d'un écosystème extrêmement riche en biodiversité. Par ailleurs, les forêts de nuages de l'île ont également une importance capitale pour le maintien des réservoirs d'eau.

Sans les bryophytes, l'eau dévalerait directement des montagnes dans les rivières, puis dans l'océan. Il est donc très important d'étudier ces bryophytes dans le cadre des changements climatiques et leurs rôles dans les services écosystémiques. Les pressions sont aujourd'hui importantes sur les forêts de nuages, que partout dans le monde on souhaite utiliser à des fins agricoles ou pour leurs bois (déforestation). Il est important de préserver ces milieux riches et maintenir leur rôle pour la ressource en eau (qualité et stockage).

Les scientifiques du projet MOVECLIM cherchent à déceler les méthodes d'adaptation de ces végétaux face au changement climatique. MOVECLIM est un réseau international et pluridisciplinaire entre les îles des Mascareignes, les Antilles, les Açores, les Canaries et la Polynésie française. Ce projet met en place les premières analyses comparatives de la biodiversité tropicale le long de gradients altitudinaux.

Le projet étudie la diversité et la distribution des bryophytes (mousses, hépatiques et anthocérotes) dans les montagnes et les compare avec des mesures climatiques fines d'humidité et de température, les espèces tendant à se déplacer vers les sommets en cas de réchauffement pour retrouver des conditions plus fraîches.

Il convient de mieux comprendre leur biologie et leur comportement afin d'être capable de prévoir leurs déplacements en altitude en fonction des variations de température ou de précipitations. Les plantes à spores (bryophytes et fougères) sont donc utilisées dans ce projet comme des indicateurs du changement climatique dans les forêts de nuages.

Un premier état des lieux des connaissances accumulées devrait être communiqué après trois ans de recherches, ce qui permettra de commencer à comprendre la vulnérabilité de ces forêts de nuages face au changement climatique dans les îles océaniques.

**Christophe BARBRAUD,**  
*Directeur de recherches au CNRS en écologie des populations*  
*Centre d'études biologiques de Chizé*

***Propos de présentation par M. Michel Magras, président de la  
Délégation sénatoriale aux outre-mer***

*Monsieur Christophe Barbraud est directeur de recherche au CNRS en écologie des populations. Spécialiste de l'écologie et de la dynamique des populations d'oiseaux marins, et en particulier de l'impact des changements globaux sur ces espèces, il effectue régulièrement des missions de terrain en Antarctique, dans les îles subantarctiques, au Pérou, au Brésil et en France. L'intitulé du projet qu'il va nous présenter parle de lui-même : Oiseaux et mammifères marins : sentinelles des changements globaux dans l'Océan Austral.*

Je remercie la délégation sénatoriale aux outre-mer et l'AFB de m'avoir invité à cette table ronde.

L'Antarctique est soumis à l'impact des changements globaux. Par exemple, les eaux de surface de l'océan austral se réchauffent depuis les années 80, ainsi que la colonne d'eau jusqu'à 700 mètres de profondeur depuis le début des années 2000. Cela, combiné à des changements de la circulation atmosphérique, affecte l'étendue de la banquise, avec une rétraction dans certaines zones et une extension dans d'autres, contrairement à l'Arctique où la banquise se réduit sur l'ensemble du pôle.

La banquise fragmentée (*pack ice*) est un habitat fondamental pour une grande partie de la biodiversité marine et terrestre. Toute la chaîne alimentaire se greffe sur cet écosystème, dont les phoques, les baleines et les manchots. Le manchot empereur est totalement dépendant de la banquise. En effet, il s'agit de la seule espèce qui se reproduit en hiver sur la banquise solide et s'alimente au large de celle-ci au niveau de la banquise fragmentée en poissons et crustacés. Elle est donc extrêmement vulnérable aux changements climatiques qui affectent la banquise. Cette espèce est relativement rare, dans la mesure où seules 53 colonies représentant environ 600 000 individus sont réparties sur le pourtour du continent Antarctique. Elle fait partie des espèces menacées.



Source : C. Barbraud

Les suivis de colonies de manchots empereurs pendant plusieurs années afin d'acquérir des données démographiques constituent des observatoires. Seuls quatre observatoires sont actuellement en fonctionnement. La France assure en Terre Adélie un suivi depuis 1952, qui est donc le plus long et le plus complet, avec le soutien logistique de l'Institut polaire français Paul-Émile Victor, de l'État et d'une zone atelier du CNRS.

Au titre des résultats, on constate que la taille de la colonie s'effondre de 50 % à la fin des années 70 et au début des années 80, déclin également observé par des collègues d'autres pays. Cela s'explique par le changement climatique qui induit une réduction de la banquise en ce lieu, ce qui implique une diminution des ressources pour les manchots empereurs et donc une augmentation de la mortalité entraînant une diminution de la population.

À partir de ces connaissances et des projections climatiques du GIEC (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat), des scénarios d'évolution de la population ont été élaborés pour les cent prochaines années. La trajectoire de la population indique que d'ici 2100, la population diminuerait de 80 % toutes choses égales par ailleurs. La même modélisation a été réalisée à l'échelle de toutes les colonies connues, qui montre une diminution de 20 % de la population mondiale avec l'extinction d'une partie des colonies d'ici la fin du siècle.

L'activité humaine engendre une augmentation des gaz à effet de serre qui ont des conséquences sur la température, la circulation des vents et d'autres paramètres physiques dans l'océan austral et en Antarctique, qui induiront des perturbations de la banquise susceptibles de s'accélérer vers la fin du siècle, et auront par conséquent un impact sur l'écosystème et la biodiversité liée à cette banquise et *in fine* sur les prédateurs comme les manchots empereurs.

Par ailleurs, il existe des forçages naturels, qui s'ajoutent au forçage anthropique. Nous ignorons encore l'effet des polluants sur ces prédateurs. Les concentrations de polluants générés par les activités humaines sont en augmentation dans les pôles et nous manquons encore de connaissances sur les capacités d'adaptation de ces espèces à ces importantes perturbations environnementales.

Les conséquences des changements globaux sur d'autres prédateurs supérieurs ont également été étudiées dans les terres australes, notamment sur les manchots royaux et les grands albatros. Les changements sont parfois bénéfiques et parfois négatifs pour ces espèces. Ces espèces jouent ainsi un rôle de sentinelle des changements globaux et de leurs impacts sur les écosystèmes polaires. La France a un rôle important à jouer, grâce aux suivis de longue durée qu'elle entreprend sur de nombreux aspects de la biodiversité. Ces suivis sont relativement uniques par leur durée et le nombre d'espèces suivies. Il est primordial de maintenir ces suivis à long terme dans les terres australes.



**Stéphanie GUYOMARD-RABENIRINA,**  
*Responsable adjointe de l'unité Environnement Santé  
Institut Pasteur de Guadeloupe*

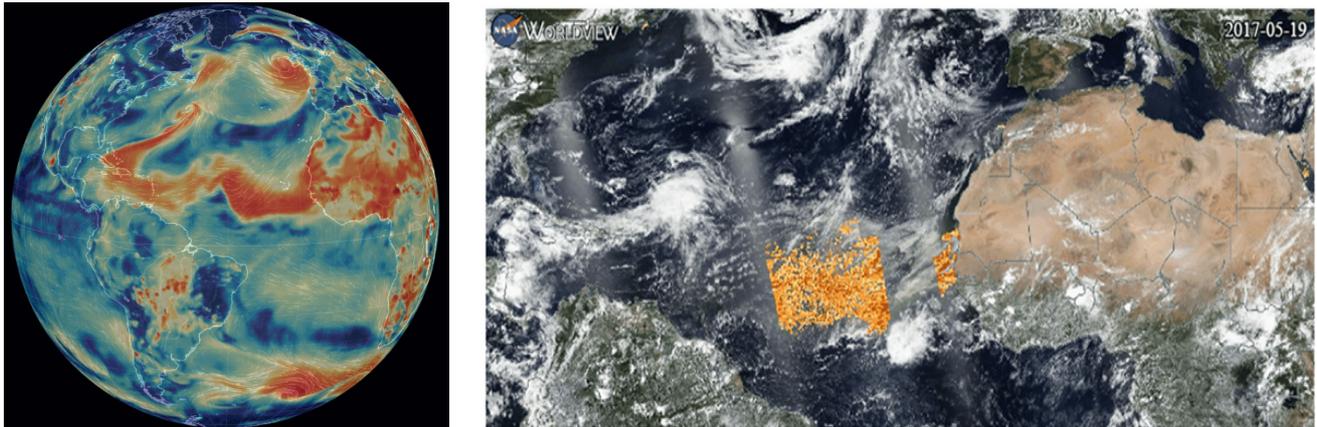
***Propos de présentation par M. Michel Magras, président de la  
Délégation sénatoriale aux outre-mer***

*Madame Stéphanie Guyomard-Rabenirina est notre première lauréate COP21. Elle est biologiste médicale de formation et a rejoint l'Institut Pasteur de Guadeloupe en 2007 après avoir été en poste à Madagascar puis au Sénégal. Spécialiste en microbiologie, elle a participé au développement de différents projets portant sur les interactions entre bactéries environnementales et bactéries humaines en lien avec les activités anthropiques. Elle est responsable technique du projet sur les brumes de sable primé par le ministère des outre-mer : les objectifs de ce projet sont d'étudier la diversité et la fréquence des agents microbiens transportés par les poussières sahariennes, puis d'évaluer leur impact sur la santé humaine et sur l'environnement.*

Je vous présente l'avancement de notre projet, qui porte sur la diffusion microbienne par les poussières sahariennes en Guadeloupe et leur impact environnemental potentiel.

La Guadeloupe est périodiquement exposée aux brumes de sable entre les mois d'avril et d'octobre. Comme nous pouvons l'observer sur l'animation satellite, les brumes colorées en brun proviennent de la région du Sahara-Sahel qui est la plus grande source de poussières du sol aéroportée sur la terre. Ces poussières sont capables de transporter des organismes de grande taille mais également des micro-organismes responsables de maladies humaines ou animales et pouvant altérer l'environnement qu'elles impactent comme ce fut le cas dans les années 1980 avec la mort du récif corallien provoqué par un champignon du genre *Aspergillus*.

Une augmentation du flux de poussière a été mise en évidence ces vingt-cinq dernières années ce qui correspond au début de la sécheresse au Sahel. Le réchauffement climatique entraînant une sécheresse accrue au Sahel, le transport de pathogènes par les poussières sahariennes risque fortement d'augmenter ces prochaines années.



Sources de gauche à droite : [earth.nullschool.net](http://earth.nullschool.net) et <https://worldview.earthdata.nasa.gov/>

Il nous a donc paru important de caractériser les agents microbiens transportés par ces poussières sahariennes en comparant la diversité microbienne observée durant les épisodes de brumes de sables et en dehors de ceux-ci, afin d'identifier les microorganismes qui sont susceptibles d'avoir des conséquences sur la santé humaine et animale et sur l'environnement.

Pour cela, des prélèvements d'air sont réalisés à l'aide d'un biocollecteur sur trois sites. Deux sites sont situés sur les côtes, l'air qui y est prélevé provient directement de la mer avant qu'il ne traverse les terres. L'air prélevé sur l'autre site situé en milieu urbain à l'Institut Pasteur est en outre chargé de la pollution anthropique. La recherche des bactéries cultivables est effectuée en plaçant directement les milieux de cultures dans le biocollecteur. Les bactéries sont ensuite dénombrées et identifiées en spectrométrie de masse.

Une extraction du matériel génétique est réalisée à partir des filtres sur lesquels les particules de l'air de diamètre supérieur à  $0,2\ \mu\text{m}$  ont été retenues. L'ADN extrait est ensuite envoyé à l'Institut Pasteur à Paris pour séquençage à haut débit des ADNr 16S et 18S ce qui permet d'identifier l'ensemble des bactéries et des eucaryotes (principalement des champignons) présents dans l'échantillon.

À ce jour, 24 prélèvements ont été réalisés : 14 pendant les épisodes de brumes avec un indice ATMO toujours supérieur à 7 et souvent égal à 10, un indice supérieur à 8 correspondant à une mauvaise qualité de l'air. 10 prélèvements ont été réalisés en dehors des épisodes de brumes.

En période de brumes, nous avons isolé 275 souches bactériennes dont 56% ont pu être identifiées, il s'agissait en majorité de bactéries des genres *Bacillus* et *Saprophyticus*. Ces mêmes genres ont été retrouvés majoritairement hors période de brumes mais avec un moins grand nombre d'espèces donc une moindre diversité. Que ce soit en dehors ou pendant les épisodes, la diversité bactérienne était plus importante sur le site de l'Institut Pasteur en milieu urbain.

Aucune bactérie pathogène pour l'homme ou l'animal n'a encore été mise en évidence. Le genre *Bacillus* est le plus fréquent dans les sables du Sahara et est principalement représenté par l'espèce *Bacillus megaterium* impliquée dans le cycle du phosphore et notamment dans la minéralisation du phosphore organique afin qu'il puisse être utilisé par les végétaux. Ces poussières riches en fer et en phosphore agissent en tant qu'engrais pour les végétaux, ce qui a un effet bénéfique dans la majorité des cas mais qui va également favoriser la prolifération des sargasses qui sont des algues pélagiques responsables d'une véritable nuisance lorsqu'elles se déposent sur les côtes des Caraïbes et en particulier de la Martinique et de la Guadeloupe.

Vous pouvez constater sur cette image du Port de Saint-François, l'ampleur du phénomène tel que nous l'avons vécu en 2015 qui fut une année également particulièrement marquée par les épisodes de brumes de sable qui ont débuté tôt dans l'année (dès le mois de février) avec des épisodes exceptionnellement longs.

Les premiers résultats d'analyses de métagénomique montrent également une plus grande diversité bactérienne lors des épisodes de brumes. Chaque couche représente un phylum bactérien et l'on observe que lors des épisodes de brumes les souches sont plus nombreuses que dans les prélèvements réalisés en dehors des épisodes de brumes. L'ordre des Bacillales qui comprend le genre *Bacillus* est le plus fréquemment retrouvé durant les épisodes de brumes ce qui conforte les résultats obtenus à partir des cultures et est concordant avec les études précédentes. Deux autres genres présents lors des épisodes de brumes (*Deinococcus thermus* *Gemmatimonatedes*) non retrouvés dans les prélèvements témoins ont été décrits comme des bio-indicateurs des épisodes de poussières de sable.

Les premiers résultats d'analyse des eucaryotes sont assez décevants puisque seules 18 % des séquences ont pu être identifiées. Différentes pistes sont explorées pour améliorer le rendement de l'identification comme l'utilisation d'autres marqueurs ou d'autres logiciels.

Nous allons également tenter d'identifier les virus présents dans les échantillons, ces analyses spécifiques seront réalisées en 2018 grâce à du matériel approprié reçu tardivement.

Le projet a été prolongé d'un an. Les prélèvements seront poursuivis en 2018 ce qui nous permettra de comparer la diversité microbienne sur deux années consécutives. Ce projet est également intégré dans un projet multipartenarial plus vaste financé par l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES), qui étudie l'association entre l'exposition aux particules de l'air d'origine saharienne et la croissance fœtale en Guadeloupe. La caractérisation minéralogique et chimique permettra de compléter la caractérisation de ces brumes et de mieux identifier le risque pour la santé humaine et animale et pour l'environnement.



## ÉCHANGES AVEC LE PUBLIC À L'ISSUE DE LA PREMIÈRE TABLE RONDE

**Antoine KARAM**, *Sénateur de la Guyane*

Je connais les travaux de Monsieur Sabatier, que je salue. Pendant des siècles, la Guyane avait mauvaise réputation. Elle était le cimetière des Européens, puis le bagne, elle a connu la catastrophe de Kourou en 1763. Son image a changé au moment de l'implantation du centre spatial. Rio 92 est concomitant à cette implantation. Je suis signataire du protocole d'accord du 4 juin 1992 posant les bases du Parc amazonien de Guyane en compagnie de Madame Royal, du président du conseil général de l'époque Élie Castor et de Monsieur Le Pensec en présence du Président de la République. La Guyane est devenue un territoire à protéger, car elle est devenue le poumon du monde. Toutefois, le peuple guyanais est déchiré entre une volonté de développement économique pour donner de l'emploi aux 45 % de jeunes actuellement au chômage et la nécessité de protection de l'environnement. La prospection d'hydrocarbures au large de nos côtes est un sujet dont nous débattons avec le ministre de l'environnement.

Comment faire du développement économique en protégeant l'environnement ?

Nous souhaitons donner de l'espérance à un peuple et cesser l'assistanat et les transferts sociaux, qui attirent des populations étrangères. En moins de deux ans, 20 000 réfugiés sont venus de toute l'Amérique du Sud et des Caraïbes. Nous avons besoin de votre éclairage pour trouver une synthèse entre le développement et la protection de l'environnement.

**Michel MAGRAS**, *Président de la Délégation sénatoriale aux outre-mer*

Merci pour ce témoignage émouvant. Nous sommes confrontés à la difficulté d'allier le développement et la protection de l'environnement. Nous croyons que cela est possible à condition de ne pas reproduire les erreurs du passé, de poursuivre la recherche et de suivre ceux qui sont là pour nous guider.

**Max PIERRE-FANFAN**, *Écrivain, journaliste et réalisateur*

Comment produire autrement ? Les énergies fossiles ont permis l'industrialisation du monde. Comment préserver la biodiversité des outre-mer, qui est liée au climat ?

Un proverbe dit qu'on entend l'arbre qui tombe et pas les milliers d'arbres qui poussent. Est-ce le cas en Guyane ?

**Daniel SABATIER**, *Botaniste, écologue des forêts tropicales, chercheur à l'Institut de recherche pour le développement (IRD), UMR AMAP, Montpellier*

Je comprends votre témoignage, monsieur le sénateur. La Guyane pose de nombreux problèmes, mais il me semble qu'il existe une marge de manœuvre dans le développement d'une gestion durable. Cela requiert des efforts, dont les effets ne seront pas immédiats. Si je prends l'exemple du domaine agricole, l'augmentation de la population, que vous soulignez, entraîne une demande croissante de terres agricoles. Le système de production est principalement basé sur des méthodes agricoles anciennes, qui certes ont fait leurs preuves. Il faudrait cependant conduire une recherche en Guyane sur les systèmes agricoles, pour que l'agriculture soit moins gourmande en terres et préserve mieux la fertilité des sols. Les cultures sont en effet installées sur des espaces déforestés et transformés temporairement en espaces agricoles. Une forêt se reconstitue ensuite. Cette forme de jachère à long terme est très gourmande en territoires forestiers pour un rendement agricole faible. Il faudrait travailler sur la durabilité des systèmes agricoles, le maintien de la fertilité des sols et des systèmes de rotation nécessitant moins d'intrants et de pesticides. Un institut devrait être implanté en Guyane pour travailler sur ces questions de productions agricoles, maintien de la fertilité, réduction de la consommation en énergie et en terres. Nous devons nous donner cette perspective de gestion durable.

**Michel MAGRAS**, *Président de la Délégation sénatoriale aux outre-mer*

Merci pour cette préconisation concrète.

**Philippe FELDMAN**, *Chargé de mission biodiversité et ressources biologiques au Cirad*

Le projet MOVECLIM était financé par le réseau européen Netbium. Ce projet de coordination de politiques publiques de recherche a été porté par toutes les collectivités d'outre-mer européennes. Il avait pour objectif d'identifier les priorités de recherche en matière de gestion de la biodiversité et de développement durable. Ce sont des projets collaboratifs décidés par l'outre-mer pour l'outre-mer, qui alliaient sans les opposer les questions de conservation, de gestion et de valorisation de la biodiversité pour le développement.

## SECONDE TABLE RONDE

### LA BIODIVERSITÉ, SENTINELLE ET RESSOURCE FACE AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES

**Stéphane GUITET,**  
*Ingénieur forestier et référent outre-mer  
à l'Institut national de l'information géographique et forestière*

*Propos de présentation par M. Michel Magras, président de la  
Délégation sénatoriale aux outre-mer*

*Monsieur Stéphane Guitet, ingénieur forestier de formation et docteur en écosystèmes, a étudié à partir de 2002 le fonctionnement et la gestion de la forêt guyanaise, avant de devenir en 2015 membre du conseil scientifique du Parc amazonien de Guyane. Il vient de rejoindre en 2017 l'Institut national de l'information géographique et forestière (IGN) comme expert forestier référent outre-mer pour l'inventaire forestier et environnemental.*

*Nous retournons donc en Guyane dont l'immensité forestière recèle plus de la moitié du stock national de biomasse et une richesse exceptionnelle de biodiversité. Monsieur Guitet va nous parler des interactions entre concentration de carbone et biodiversité et, par voie de conséquence, de l'importance de mettre en place un suivi des évolutions forestières.*

Je vous remercie pour votre invitation.

Nous aborderons les enjeux et suivis des stocks et flux de carbone en forêt guyanaise dans le cadre des changements globaux.

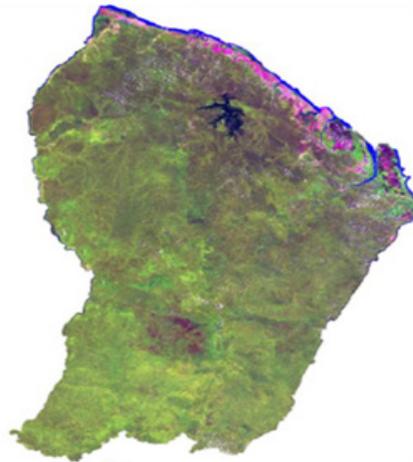
La forêt guyanaise représente un sixième de la superficie métropolitaine, mais un tiers du patrimoine forestier national français. La Guyane, à elle seule, contient l'équivalent du stock métropolitain de biomasse forestière.

En matière de biodiversité, il existe sur ce territoire trois fois plus d'espèces vivantes et dix fois plus d'espèces d'arbres que sur l'ensemble du territoire métropolitain.

## Chiffres-clefs

### La forêt guyanaise : une part essentielle du patrimoine forestier national

- ✓ ~ 1/6 de la surface métropolitaine (83 846 km<sup>2</sup>)
- ✓ ~ 1/2 de la surface forestière métropolitaine (8,1 M ha vs 16,9 M ha en métropole)
- ✓ ~ 2,6 Gt biomasse aérienne soit 1,3Gt C (soit 4,8 Gt eq CO<sup>2</sup> vs 4,2 Gt en métropole)
- ✓ ~ 3 x plus d'espèces vivantes (dont 10 x plus d'espèces d'arbres)



De gauche à droite : Mosaïque LANDSAT réalisée par l'IRD (Emil Cherrington, 2016) ; mosaïque SPOT

Le stock de biomasse est également exceptionnel à l'échelle régionale. La concentration de carbone forestier en Guyane française est en effet très forte (150 à 200 tonnes de carbone à l'hectare). Ce stock massif est lié à un type forestier original dans son environnement régional. Dans les deux tiers nord du territoire, les canopées sont plus denses et régulières, la densité d'arbres à l'hectare est plus importante et les espèces d'arbres sont à bois plus nombreuses et souvent de dimension plus importante que dans le reste de l'Amazonie.

À l'échelle locale, les études des dernières décennies ont permis de spatialiser la biomasse et de mettre en évidence la variation de la distribution géographique des stocks de carbone. En particulier, les plateaux centraux de la Guyane, les hauts reliefs (300 à 800 mètres d'altitude) contiennent davantage de biomasse et des stocks de carbone des sols plus importants jusqu'à une profondeur d'un mètre.

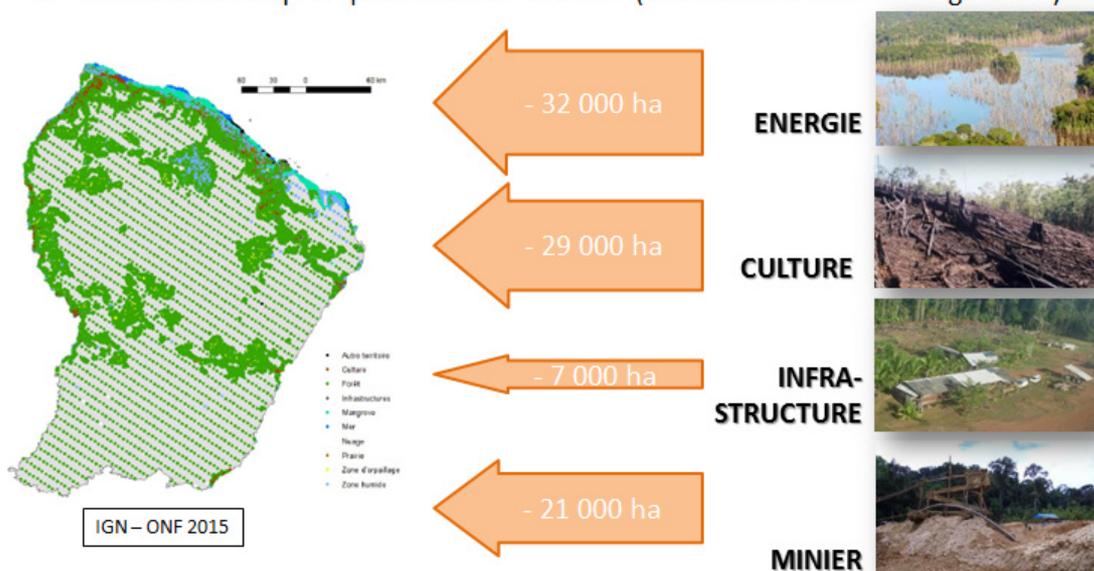
Ces régions fortement concentrées en carbone correspondent à des régions de forte diversité spécifique des arbres et de la flore du sous-bois. Les régions correspondant à des *hotspots* de biodiversité, donc également à des zones fortement dotées en carbone dans le sol et la biomasse. La corrélation entre ces deux variables est significative.

Ces stocks exceptionnels sont en évolution constante. Des flux importants sont relevés du fait des conséquences directes et indirectes des activités humaines. Il est donc nécessaire de les mesurer, dans le cadre des rapportages internationaux. Ils sont soumis à une baisse programmée. En effet, la Guyane suit une trajectoire de développement démographique et économique qui s'accompagne de déforestation pour produire de l'énergie, créer des surfaces agricoles et installer des infrastructures. Les flux d'émission de CO<sub>2</sub> sont donc importants. Plus des trois quarts des émissions régionales de CO<sub>2</sub> en Guyane proviennent des flux liés à la déforestation. L'exploitation forestière a en outre des effets d'émission de CO<sub>2</sub> liés à la production et à la création d'infrastructures, mais également des effets positifs de puits de carbone en favorisant la régénération et l'accélération de la croissance des peuplements. Ces effets à long terme ne sont cependant pas encore bien mesurés.

## Une baisse programmée des stocks de carbone

**Une dynamique de développement (+2,5% / an) qui s'accompagne de déforestation**

- ✓ - 4 200 ha de forêt /an entre 1990 et 2012 (-3 200 ha sans barrage de Petit Saut)
- ✓ Flux de +3 Mt eq CO<sub>2</sub> par le secteur UTCATF (75-80% des émissions régionales)



Source : IGN-ONF 2015

Des évolutions sont liées aux changements climatiques, dont les effets attendus sont une augmentation des événements violents (sécheresses et événements climatiques - orages et fortes pluies - plus intenses) avec des effets négatifs attendus sur la productivité et la stabilité des peuplements, qui induiront une baisse des stocks de carbone par l'augmentation de la mortalité des arbres. Ce phénomène mesuré en Amazonie centrale n'est cependant pas encore observé en Guyane. La biodiversité jouera un rôle sur la productivité des peuplements et leur stabilité (résilience). Les relations entre biodiversité, stabilité et stock de carbone sont complexes et font l'objet d'études. Les enjeux de connaissance sont donc importants à l'échelle nationale et régionale, ce qui nécessite des moyens en termes de suivi et de recherche.

Assurer un suivi des flux et stocks de carbone nécessite la mise en place de dispositifs d'observation. De nombreuses recherches ont permis de fixer les méthodes à appliquer dans ce domaine, en premier lieu observer les évolutions des surfaces forestières régulièrement à partir de télédétection. La Guyane bénéficie de moyens pour réceptionner et suivre ces images. La mobilisation des nouvelles technologies notamment LIDAR permet de suivre les mouvements de canopée et des biovolumes et leurs dégradations et aggradations. La collecte des données de terrain est également essentielle pour calibrer les outils de suivi et appréhender les stocks dans les parties non visibles (racines, litière, bois morts), qui peuvent représenter un quart des stocks de carbone totaux. Les estimations actuelles laissent présager une forte évolution des stocks et flux dans les années à venir. Pour adapter nos modes de gestion et d'aménagement du territoire, nous avons besoin de savoir si les politiques publiques atteignent les objectifs fixés. Pour cela, il est nécessaire d'institutionnaliser ce suivi pour améliorer la précision de ces estimations, qui sont encore empreintes de grandes incertitudes.

Les acteurs locaux, les collectivités locales, les gestionnaires (Parc amazonien, gestionnaires de réserves, l'ONF) et les organismes de recherche participent actuellement aux efforts de suivi, qui restent encore informels, au rythme des opportunités dans le cadre des appels à projets. Un effort doit être entrepris pour en faire un outil pérenne de développement du territoire guyanais pour que cet immense stock de carbone devienne un atout.



© Olivier Tostain

**Jean-Jacques POURTEAU,**  
*Délégué à l'outre-mer*  
*Agence Française pour la Biodiversité*

***Propos de présentation par M. Michel Magras, président de la  
Délégation sénatoriale aux outre-mer***

*Monsieur Jean-Jacques Pourteau est - pour ceux qui ne le connaîtraient pas encore et qui doivent être rares dans cette salle - le délégué pour les outre-mer de l'Agence française pour la biodiversité, et co-organisateur de notre matinée. Je tiens à le remercier pour son engagement, son enthousiasme et son extrême disponibilité qui lui confère un quasi-don d'ubiquité ! Il va nous présenter, en lieu et place de Monsieur Mahé Charles qui assure la supervision du travail de recherche en Polynésie et n'a pu venir jusqu'à Paris, le projet RESCCUE, « Restauration des services écosystémiques et adaptation au changement climatique ». Ce projet, mis en œuvre par la Communauté du Pacifique et financé par l'Agence française de développement et le Fonds français pour l'environnement mondial, tend à promouvoir une meilleure gestion intégrée terre-mer pour renforcer la résilience des écosystèmes et des populations face aux conséquences du réchauffement climatique.*

Je vous remercie de l'accueil que le Sénat nous réserve aujourd'hui.

Je serai le porte-parole de Mahé Charles et de l'équipe de RESCCUE située en Polynésie, dont j'ai pu constater la semaine dernière l'efficacité de l'action sur le terrain. RESCCUE cherche à renforcer la résilience des écosystèmes en intégrant les changements climatiques dans les paramètres à prendre en considération.

Nous vous présentons dans ce film quelques actions conduites par cette équipe. La révision des plans de gestion de l'espace maritime de l'île de Moorea permet de rassembler l'ensemble des acteurs pour améliorer la gouvernance et assurer ainsi une gestion plus pérenne du lagon de cette île, qui possède d'importantes valeurs socioéconomiques et culturelles. Il présente également les pratiques durables agricoles dans le domaine de la culture bio de l'ananas et un travail sur la perliculture, activité majeure de Tahiti, avec une amélioration de la gestion des déchets et une amélioration de la qualité environnementale de cette activité. Des opérations de conservation et de restauration de la biodiversité et un travail de lutte contre l'érosion du littoral sont également conduits.

*Un film est projeté.*

RESCCUE est un projet opérationnel ayant pour objet de renforcer la résilience des écosystèmes et des sociétés face au changement climatique, qui intervient à Fidji et au Vanuatu, ainsi qu'en Nouvelle Calédonie et en Polynésie française.

Le changement climatique amplifie les menaces sur la biodiversité et les enjeux de développement déjà présents localement. Pour y répondre, le projet cherche à mettre en œuvre une gestion plus intégrée des différents secteurs d'activité. Il accompagne les acteurs locaux dans la préparation des plans d'action après réalisation d'un diagnostic approfondi. Sur l'île de Moorea, il a accompagné la révision du plan de gestion du lagon pour faire face à l'évolution des usages et à la croissance démographique afin de permettre la mise en place d'une gestion participative plus durable des écosystèmes lagunaires et des activités associées. Dans les deux sites pilotes, il accompagne les communes dans la mise en place de zones de mouillage organisées et écologiques pour développer le tourisme nautique. Il a également diagnostiqué l'évolution du trait de côte afin de mieux comprendre le phénomène d'érosion accrue sur la plage publique. Les actions comprennent la revégétalisation du haut de plage et un rechargement en sable, ainsi qu'une opération de restauration récifale par bouturage de coraux.

Il accompagne également les producteurs d'ananas de Moorea dans la définition d'une démarche plus durable visant à limiter l'érosion dans les champs d'ananas et de favoriser la production en agriculture biologique. Il propose également des mécanismes de financement pour pérenniser ces actions.

Pour les acteurs de la perliculture, il améliore la compréhension de l'interaction entre l'environnement et la perliculture et permet de proposer des solutions de gestion et de valorisation des déchets plastiques issus de la perliculture.

Enfin, il s'associe à la lutte contre les espèces envahissantes dans les sites pilotes et la conservation d'une forêt naturelle. Une pépinière multiusage permet de reproduire des plantes rares menacées et des plantes forestières pour le reboisement. Il favorise en outre la réhabilitation d'habitats pour les oiseaux marins qui jouent un rôle majeur auprès des pêcheurs dans l'identification de bancs de poissons.

Le projet permet le renforcement des actions locales en formant des animateurs pour la conservation et de futurs guides écotouristiques à la reconnaissance et à la conservation de la biodiversité.

Le projet RESCCUE a également pour objet de renforcer les échanges d'expériences avec d'autres sites en Polynésie et à l'échelle régionale.

**Audrey LÉOPOLD,**  
*Chercheure*

*Institut agronomique néo-calédonien*

*(Projection d'un film : Léopold, A. (IAC), Cavaloc, Y. (UNC),  
Ayrault, N. (Adecal-Technopole), Lebegin, S. (IAC))*

***Propos de présentation par M. Jean-Jacques Pourteau, Délégué à  
l'outre-mer de l'Agence française pour la biodiversité***

*Audrey Léopold est titulaire d'une thèse de doctorat en biogéochimie et est chercheure en agroécologie au sein de l'équipe Sol Végétation de l'institut agronomique néo-calédonien. Ses thématiques de recherche concernent l'agroécologie, la fertilité des sols agricoles et les processus de dégradation et de stockage de la matière organique. L'institut agronomique de Nouvelle-Calédonie mène des recherches finalisées en appui au développement rural du pays, centrées autour des enjeux de transformation du monde rural. La biodiversité néo-calédonienne est très riche et fortement endémique. La Nouvelle-Calédonie possède également le plus grand lagon du monde et la deuxième plus grande barrière de corail continue au monde.*

*Les actions présentées portent sur les systèmes de semis directs sous couverture végétale, qui représentent des systèmes agricoles durables et résilients mettant à profit la biodiversité végétale. Leur productivité dépend cependant des contextes climatiques dans lesquels ils sont installés. La côte ouest de la Nouvelle-Calédonie jouit d'un climat subtropical semi-aride, où les précipitations sont rares et inégalement réparties à l'échelle annuelle. Les systèmes semi-directs sous couverture végétale représentent un véritable atout en matière de préservation de la valorisation de la ressource hydrique. L'Institut agronomique de Nouvelle-Calédonie étudie les potentialités de ce mode de culture en contexte néo-calédonien. Il s'agit d'évaluer les gains de ces systèmes en matière de ressource hydrique, de la culture de rente et les potentialités de l'espace végétal pour répondre au développement exponentiel de la filière céréales. L'Institut travaille également sur les possibilités des plantes endémiques pour l'agriculture et pour la restauration des milieux dégradés.*

*L'intervention d'Audrey Léopold est projetée.*

*Ce projet financé par le ministère des Outre-mer, a été réalisé à l'Institut agronomique néo-calédonien (IAC), en partenariat avec l'Adecal-Technopole de Nouvelle-Calédonie et l'Université de la Nouvelle-Calédonie (UNC), et en collaboration avec l'Institut de recherche pour le développement (IRD) et l'Institut national de recherche agronomique (INRA).*

---

L'agriculture mondiale de type intensif et productiviste, dont le travail du sol est un des fondements, a répondu aux objectifs de rendements croissants qu'elle se fixait dans un contexte d'explosion démographique humaine. Ce type d'agriculture a toutefois un coût écologique et environnemental : érosion des terres, perte de matière organique et baisse de la fertilité des sols, eutrophisation des eaux ou encore émission de gaz à effet de serre, en sont quelques exemples. Ces impacts environnementaux engendrent un coût agronomique se traduisant notamment par une stabilisation, voire une baisse des rendements agricoles.

Afin de répondre aux problématiques de production agricole et de préservation des ressources, est né le concept d'agriculture de conservation (AC). Celle-ci s'organise autour de trois grands piliers : un travail minimal du sol, des rotations et associations culturales et une couverture permanente du sol. Le système de semis direct sous couverture végétale (SCV) est certainement le système agricole, issu de ce concept, le plus abouti. Le semis de la culture de rente est effectué sans labour, à travers une couche de paillage issu de la destruction de la biomasse d'une culture intercalaire ou directement au sein d'une culture intercalaire. Les bénéfices des SCV concernent la ressource hydrique, les stocks de matière organique, la biodiversité, mais aussi les charges d'exploitation agricole. *In fine*, les rendements de ce type de système peuvent être supérieurs à ceux de l'agriculture conventionnelle si les itinéraires techniques sont maîtrisés dans différents contextes pédoclimatiques.

Un contexte pédoclimatique particulier est celui de la Nouvelle-Calédonie. Ce territoire insulaire français, situé dans le Pacifique Sud-ouest est connu pour sa biodiversité et son environnement exceptionnels. Sa climatologie est très hétérogène à l'échelle du territoire, et la courte saison des pluies est favorable au développement de perturbations tropicales pouvant impacter significativement les agro-écosystèmes. En Nouvelle-Calédonie, moins de 10 % de la surface du territoire sont dédiés à l'agriculture, dont 96 % pour l'élevage bovin extensif ; de plus, de fortes disparités existent entre les provinces administratives : la province Sud, qui concentre 75 % de la population, a une agriculture à économie de marché, tandis que les provinces Nord et Îles exercent une agriculture traditionnelle et familiale. L'agriculture en Nouvelle-Calédonie est un secteur en perte de vitesse ; le taux de couverture des besoins alimentaires par l'agriculture locale est faible, induisant une forte dépendance du territoire aux importations. Afin de (re)dynamiser le secteur, plusieurs filières prioritaires ont été définies, notamment la filière céréales. Soucieux de développer des systèmes céréaliers performants, résilients et respectueux de l'environnement, les pouvoirs publics cherchent à développer largement les systèmes SCV en Nouvelle-Calédonie, avec un objectif majeur vis-à-vis de la ressource hydrique.

Le présent projet a été réalisé sur des parcelles expérimentales situées sur la côte ouest de la Grande Terre et exploitées par l'Adecal-Technopole. Les modalités de culture étudiées sont de type conventionnel avec labour, semis direct sous couvert mort de luzerne et semis direct sous couvert vivant de luzerne. Les objectifs du projet consistent à étudier la croissance et le développement de la culture de rente, le maïs, en fonction de la modalité de culture avec une problématique majeure autour de la ressource hydrique. L'impact de la culture sur la physicochimie et la biologie des sols a été étudié ainsi que les cinétiques de dégradation des couverts en fonction de l'espèce végétale utilisée et de son taux d'application. Les premiers résultats sont encourageants : un impact positif des SCV sur les sols a été mis en évidence en matière d'infiltration et de rétention de l'eau, de sensibilité du sol à l'érosion, du stock de matière organique ou encore d'activité microbienne. Cependant, afin que les bénéfices des couverts au regard de la ressource hydrique soient effectifs sur le court terme, il faut bénéficier d'une biomasse significative de couvert, ce qui peut être un facteur limitant en climat semi-aride. La qualité du couvert, en définissant partiellement les cinétiques de dégradation de la biomasse, apparaît également comme un paramètre important à prendre en compte, suggérant que le type de couvert sélectionné dans un système SCV sera fonction des objectifs agronomiques recherchés. La destruction du couvert est régulièrement réalisée à l'aide d'herbicides. Il est donc nécessaire d'orienter les recherches vers l'utilisation de couverts vivants, ce qui implique de connaître et comprendre les phénomènes d'interactions qui peuvent exister entre les espèces. Dans cette étude, le développement et les rendements de la culture de rente ont ainsi été fortement impactés par la présence de la luzerne vivante. Il s'agira à l'avenir d'étudier les meilleures combinaisons de cultures de rente/types de couvert de façon à optimiser les synergies entre les diverses espèces végétales ; la biodiversité est une richesse pour l'agronomie.



**Chloé BOURMAUD,**  
*Maîtresse de conférences*  
*Biologie des organismes*  
*Université de La Réunion*

***Propos de présentation par M. Michel Magras, Président de la  
Délégation sénatoriale aux outre-mer***

*Madame Chloé Bourmaud enseigne la biologie et la physiologie animales à l'Université de La Réunion depuis 1999. Spécialiste de la biologie des organismes marins et de l'écologie des récifs coralliens des bassins océaniques Indien et Pacifique, elle s'intéresse depuis une quinzaine d'années aux hydraires et, plus récemment, a ouvert son champ d'investigation aux méduses, stade pélagique de ces mêmes espèces, en collaboration avec des chercheurs d'Afrique du Sud et de Marseille. Ce matin, elle va nous présenter le projet MEDUSO pour lequel elle a été lauréate de la COP21. Ce projet considère les méduses comme des sentinelles du changement climatique et s'interroge sur les risques en matière sanitaire et pour le secteur du tourisme à La Réunion et à Mayotte face à la fréquence croissante des blooms médusaires.*

Ce programme a été financé par le ministère des Outre-mer (MEDUSO) et le laboratoire d'excellence Corail (MEDUSOOI).

Les méduses comprennent notamment les hydrozoaires, les scyphozoaires et les cubozoaires, ces dernières comportant une trentaine d'espèces mortelles pour l'homme.

Les constats sont alarmants : les échouages de méduses sur les côtes se multiplient depuis une dizaine d'années avec des effets désastreux sur la pêche et le tourisme. Cette problématique mondiale est susceptible d'obstruer des circuits d'industries, occasionne des pertes de poissons dans les fermes aquacoles, colmate les filets de pêche et a des impacts sur les activités nautiques de loisir, en particulier à La Réunion et à Mayotte.

Ces organismes ont un cycle de vie qui favorise leur dispersion, dit benthopélagique (le polype vit sur le substrat et émet des méduses tout au long de sa vie, qui vivront dans la colonne d'eau et se reproduiront). Ces méduses font partie du plancton et errent donc dans la mer au gré des masses d'eau. Ce facteur favorise leur dispersion. En outre, les méduses peuvent se retrouver notamment dans les eaux de ballast des bateaux, tandis que les polypes s'accrochent à leur coque (*fooling*), aux algues flottantes comme les sargasses et colonisent les récifs artificiels. Toute artificialisation

des littoraux entraîne un accroissement des populations de polypes et méduses, organismes pionniers. La surpêche des prédateurs des méduses et le réchauffement des océans favorisent également leur développement. Ces espèces profitent des niches écologiques laissées libres par les autres organismes.

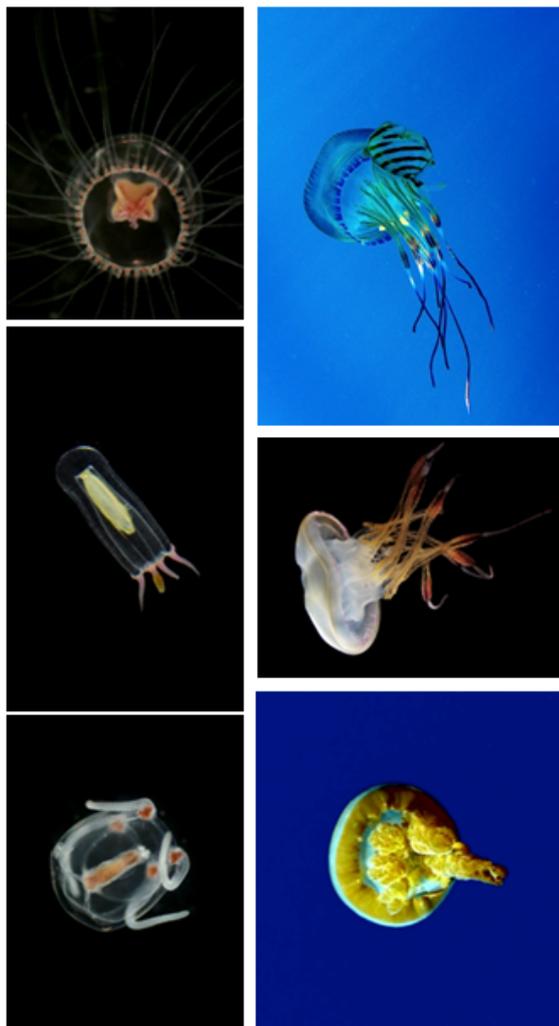
Cette « gélification des océans » alarme les scientifiques.

À La Réunion, en 2006-2007, un programme de recherche a permis de recenser une soixantaine d'espèces de méduses sur la côte ouest récifale, en huit sites, avec des abondances variées sur l'année. Dix ans après, les programmes de recherche MEDUSO et MEDUSOOI (2016-2017), qui reprennent les mêmes sites et la même technique d'échantillonnage des méduses, ambitionnent d'appréhender les variations spatio-temporelles en termes de diversité spécifique des espèces et d'abondance des populations, dans le contexte de changement climatique et global que nous connaissons.

Après l'analyse des quatre premiers mois d'échantillonnage, aucune modification en termes d'abondance n'a été constatée, mais de nouvelles cuboméduses (non mortelles) ont été identifiées. Lorsque les douze mois de collecte seront analysés, et si les abondances s'avèrent croissantes et problématiques pour le territoire réunionnais, il conviendra de définir la conduite à tenir avec les autorités *ad hoc* et d'évaluer les mois les plus pertinents pour pérenniser ce suivi laborieux. L'objectif est alors d'intégrer ce suivi dans le panel de mesures récurrentes effectuées dans le cadre de la station d'observation récifale et côtière de l'Observatoire des sciences de l'univers de l'Université de La Réunion, au sein de laquelle plusieurs paramètres biotiques et abiotiques sont relevés.

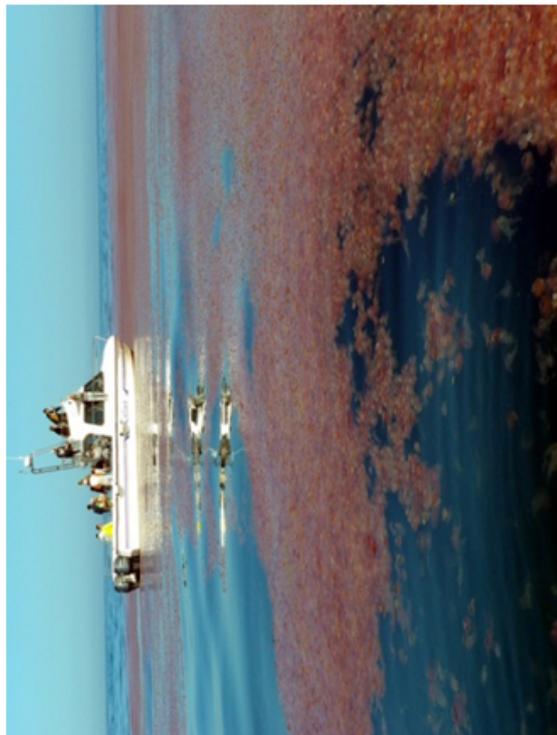
Nous souhaitons par ailleurs mettre en place une plateforme internet pour favoriser une participation scientifique citoyenne, à l'instar de ce qui se pratique déjà en Italie où de nombreuses affiches proposent à la population de reporter les rencontres sporadiques avec des méduses dans l'eau et les échouages. Une veille sanitaire sera mise en place à La Réunion, notamment pour les physalies (une méduse siphonophore très urticante et récurrente sur nos plages), en collaboration avec la Réserve naturelle marine de La Réunion. Le Parc marin de Mayotte souhaite également participer à ce projet. Nous espérons donc, à court terme, agrandir le réseau d'observation dans le sud-ouest de l'océan Indien.

## Hydrozoaires / Scyphozoaires



Crédits : David Caron

## Des constats alarmants



## Cubozoaires



Crédits de gauche à droite : David Faron – Thierry Nikolaëff



Crédits : Mark Gibbons



**Paule SALVIN,**  
*Maître de conférences en chimie des matériaux  
L3MA Pôle Martinique – Université des Antilles*

***Propos de présentation par M. Michel Magras, Président de la  
Délégation sénatoriale aux outre-mer***

*Le Docteur Paule Salvin, enseignant-chercheur au Pôle Martinique de l'Université des Antilles, travaille au laboratoire des matériaux et molécules en milieu agressif sur l'application des transferts d'électrons entre microorganismes et matériaux conducteurs. En 2015, elle a été lauréate de l'appel à projets recherche du ministère des outre-mer avec le projet « Recherche de biocatalyseurs naturels issus de l'environnement humide et aquatique de la Martinique dans la perspective d'une production d'énergie renouvelable via la pile à combustible microbienne ». C'est ce projet qu'elle va nous présenter.*

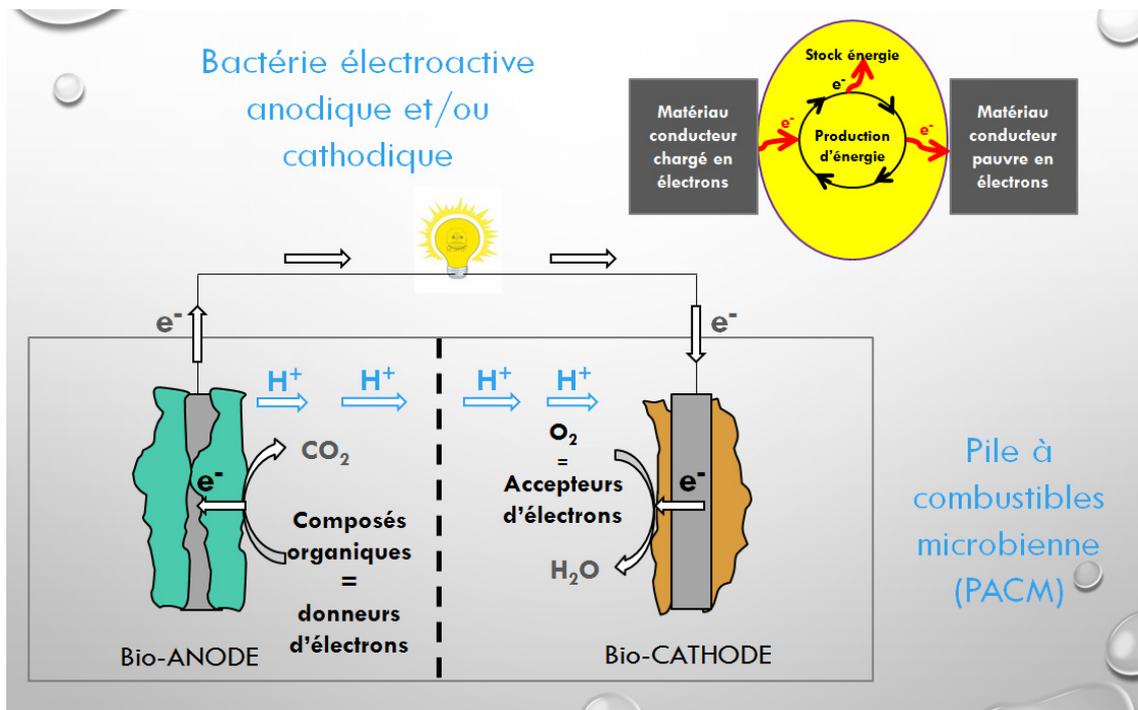
Je remercie la Délégation sénatoriale aux outre-mer ainsi que l'Agence française pour la Biodiversité (AFB) pour cette invitation à présenter les travaux de recherche du laboratoire sur des microorganismes électroactifs, qui sont des éléments principaux de fonctionnement d'un dispositif de production d'électricité en continu : la pile à combustible microbienne, futur outil de production d'électricité renouvelable.

Le ministère des Outre-mer nous a financés à l'issue d'un appel d'offres. Le projet a commencé en fin d'année 2016.

Ses principaux objectifs consistent à :

- fournir un catalogue de milieux tropicaux sources de bactéries électroactives ;
- proposer un protocole de détection électrochimique ;
- concevoir les premières piles à combustible microbiennes à partir de ces milieux sources.

La représentation la plus classique est une pile électrochimique à double compartiment avec bioanode et biocathode. Les biofilms riches en microorganismes adhèrent à une surface solide et sont capables d'échanger les électrons issus de leur métabolisme avec cette surface solide conductrice.



Source : Paule SALVIN, L3MA

Le laboratoire mène une approche pluridisciplinaire mêlant la biologie et l'électrochimie, en partenariat avec un laboratoire chargé de la partie biologique du projet. Nous sélectionnons les milieux naturels potentiellement producteurs, nous proposons un dispositif électrochimique pour former ces biofilms, puis les microorganismes sont caractérisés et sélectionnés avant la conception de la pile.

Les milieux sources sélectionnés sont de type mangrove sablo-argileuse ou étang ou mare salée argileuse comportant des sédiments, à pH neutre, sous températures tropicales permettant de fournir des microorganismes adaptés à nos régions avec une salinité élevée idéale pour la conductivité des piles. En outre, le milieu doit être accessible.

Des campagnes de prélèvement ont permis d'obtenir des échantillons, qui sont placés dans des cellules électrochimiques permettant d'avoir une réponse de type anodique ou cathodique par une stimulation électrique. Il convient de savoir comment le microorganisme échange avec le support qui lui est fourni. Dans cinq milieux, une électroactivité d'un des types ou des deux a été révélée. Deux dispositifs de piles à combustible microbiennes ont été conçus. Le dispositif à compartiment unique comporte une bioanode connectée par un circuit électrique externe à une cathode abiotique en platine capable de catalyser la réduction du dioxygène. Le dispositif à double compartiment possède deux bioélectrodes.

Les performances obtenues atteignent 30 milliwatts par mètre carré de surface d'électrode pour une pile à double compartiment et de 150 à 170 milliwatts par mètre carré avec la cathode abiotique. Il existe donc une possibilité de transfert du courant électrique uniquement issu du milieu naturel.

Les prochaines phases seront l'identification des sources bactériennes présentes autour de l'électrode à la fin de l'utilisation de la pile et leur comparaison avec les organismes présents à l'origine.

À l'issue du projet, nous souhaitons poursuivre la production de ces piles. Le concours du laboratoire Ampère de Lyon nous permet d'augmenter la performance de sortie des piles à combustible naturel grâce à une intervention électronique. Une thèse en cours travaille sur le milieu de ces bactéries, afin de les obtenir dans un milieu contrôlé.



**Laetitia HÉDOUIN,**  
*Chargée de recherche au CNRS - Laboratoire CRIOBE*  
*représentée par*  
**Antoine PUISAY**  
*Doctorant à l'École pratique des Hautes Études*

***Propos de présentation par M. Michel Magras, Président de la  
Délégation sénatoriale aux outre-mer***

*Le Docteur Laetitia Hédouin travaille en Polynésie française au Centre de recherches insulaires et à l'Observatoire de l'environnement (CRIOBE) de Moorea, un des plus éminents laboratoires français pour l'étude des écosystèmes coralliens. Monsieur Antoine Puisay, qui la représente aujourd'hui, est doctorant à l'École pratique des hautes études et s'est intéressé pour sa thèse aux capacités d'acclimatation des coraux et aux méthodes de sélection pour répondre aux défis de la restauration et de la conservation des récifs coralliens dans un contexte de changement climatique. Il est donc parfaitement qualifié pour introduire le documentaire qui va être projeté.*

Je suis doctorant au CRIOBE et je travaillerai sur les résultats qui vous seront présentés dans le cadre de ma thèse qui s'achèvera l'année prochaine sur les récifs coralliens et leur capacité de résistance aux changements climatiques, en particulier sur les différents modes de reproduction des coraux.

*Un film commenté par Laetitia HÉDOUIN est projeté.*

« Les récifs coralliens assurent la protection physique contre les vagues. Ils sont source de revenus et d'alimentation pour les populations locales et contribuent au développement du tourisme.

Le polype est l'unité de base du corail, qui vit en symbiose avec une algue qui lui apporte 90 % de son énergie.

Toutefois, les coraux sont menacés, principalement par le réchauffement climatique. 20 % ont déjà disparu et 50 % sont menacés par le réchauffement de la température pendant plusieurs jours, qui entraîne leur blanchissement et leur mort. Le CRIOBE observe l'évolution des coraux dans le temps et la régénération des massifs coralliens après des événements dramatiques. Les scientifiques du CRIOBE émettent une alerte sur la mortalité des coraux, qui ont pourtant prouvé leur résilience.

Le CRIOBE mène également une action de restauration des zones impactées, notamment par la création de pépinières coralliennes basées sur le bouturage des coraux. Les fragments de coraux coupés permettront de générer de nouveaux individus. Il apparaît que la croissance des coraux varie selon les espèces. Certains individus sont résistants à la température, alors que d'autres y sont sensibles. Une base de données a été créée, dans laquelle chaque individu est référencé.

Le prochain objectif est la création d'une pépinière composée uniquement de coraux résistants, plus aptes à faire face au prochain blanchissement. Les techniques d'élevage de larves sont désormais maîtrisées pour trois espèces d'*Acropora* et devraient être étendues à d'autres genres coralliens.

La reproduction sexuée peut donc contribuer à résister au changement climatique : les gamètes libérés permettent de générer des croisements entre gamètes de différentes colonies qui seraient plus résistantes à la température. À ce titre, la sélection des colonies génitrices productrices d'ovocytes et de spermatozoïdes joue un rôle majeur dans la résistance des embryons formés. Il convient de comprendre les facteurs qui gouvernent cette résistance et sa transmission à la descendance.

Les coraux sont menacés par l'activité humaine. Certains coraux, individus et croisements sont plus résistants à la hausse des températures. Nous devons comprendre les mécanismes qui gouvernent la résistance à la température de certains individus. Nous devons également tester si l'approche de sélection de « supercoraux » est viable pour restaurer certaines zones dégradées. Toutefois, la science seule ne suffit pas, et les actions de chacun sont nécessaires pour contribuer à préserver cet écosystème. »

**Marc JEANNIN,**  
*Maître de conférences*  
*Laboratoire des sciences de l'ingénieur pour l'environnement (LaSIE)*  
*Université de La Rochelle*

**Propos de présentation par M. Michel Magras, Président de la  
Délégation sénatoriale aux outre-mer**

*Pour clore notre éventail de présentations lauréates COP21, Monsieur Marc Jeannin, maître de conférences en physique à l'Université de La Rochelle et expert en corrosion marine, mène différents travaux de recherche en partenariat avec plusieurs grosses entreprises telles Naval Group ou Arcelor Mittal. Il va nous présenter le projet Ecocorail qui étudie un nouveau procédé physico-chimique permettant de lutter contre l'érosion côtière et de remédier à des polluants métalliques présents dans l'eau de mer tels le plomb, le chrome ou encore le nickel, dont les eaux calédoniennes sont chargées.*

Je remercie l'AFB et la Délégation sénatoriale aux outre-mer de m'avoir invité à ce colloque.

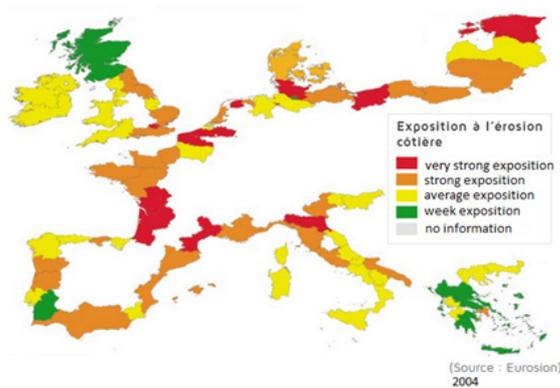
Notre travail a commencé en 2014, financé par l'Agence nationale de la recherche (ANR) et le ministère des Outre-mer. L'ANR Ecocorail regroupe plusieurs partenaires dont le laboratoire LaSIE et deux laboratoires de l'Université de Caen et du CNRS, la start-up Géocorail et l'Université ISEA de Nouvelle-Calédonie.

Le contexte est celui de l'érosion côtière et de la pollution. En Europe, l'érosion côtière concerne 20 % des côtes et plus de 70 millions de personnes. Les îles du Pacifique sont également concernées.

La pollution par les éléments métalliques en milieu marin est liée à des activités, des rejets d'eaux usées liés à l'industrie ou à l'urbanisme. Ces polluants ne sont pas biodégradables et sont intégrés dans la chaîne alimentaire en représentant un danger pour la santé.

Les solutions comportent plusieurs types de méthodes. Les méthodes conventionnelles de protection côtière (digues, épis rocheux) et les méthodes de géoconsolidation ou de tubes de sables sont coûteuses et doivent être en permanence consolidées, restaurées et reconstruites. Des méthodes de décontamination existent également, mais elles sont destructives, onéreuses et peu adaptées aux faibles concentrations et ne tiennent pas compte de la forme dissoute des polluants métalliques. Toutes les autres méthodes sont onéreuses et difficilement possibles *in situ*.

## Contexte: érosion côtière



2014



### Europe

- ❑ 20% des côtes EU (20 000 km) touchées par l'érosion
- ❑ Plus de 70 millions de personnes concernées

### France

- ❑ 5500 km de côtes (dont 24% érodées)
- ❑ Plus de 6 millions de résidents
- ❑ Tourisme: 50% de l'économie



## Les solutions actuelles...

### ➤ Méthodes conventionnelles de protections côtières

Méthodes dures



[http://wikhydro.developpement-durable.gouv.fr/index.php/simulation\\_de\\_l'evolution\\_des\\_fonds\\_autour\\_d'un\\_brise-lames](http://wikhydro.developpement-durable.gouv.fr/index.php/simulation_de_l'evolution_des_fonds_autour_d'un_brise-lames)

Méthodes douces

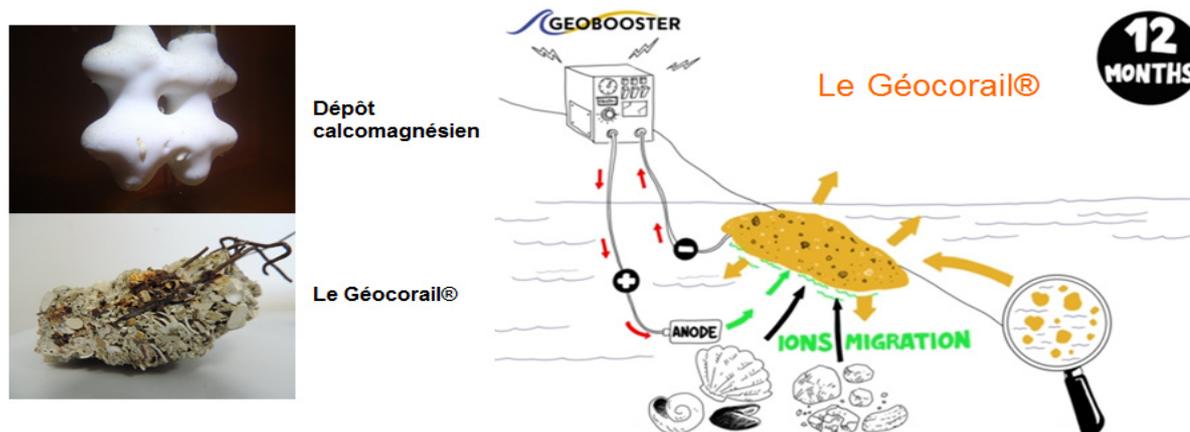


<http://dune-littorale-aquitaine.n2000.fr/node/94>

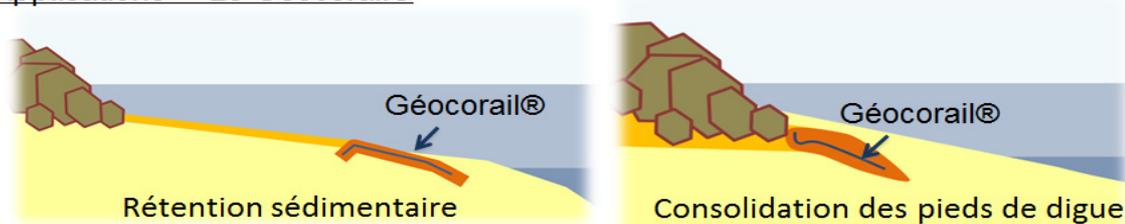


Soiltain® - HUESKER Synthetic

Nous proposons la synthèse d'un matériau durable à partir des éléments naturellement présents dans l'environnement côtier et dans l'eau de mer. Le magnésium et le calcium présents dans l'eau de mer forment un dépôt calcomagnésien qui peut servir de ciment naturel avec les sédiments de plage (coquillages, sable, graviers), le Géocorail (marque déposée). La formation de cet écomatériau est une conséquence de la protection cathodique des aciers en eau de mer actuellement utilisée pour protéger des structures portuaires ou plateformes. On utilise un générateur de courant ou une anode permettant de placer l'acier dans son domaine d'immunité. À la surface de cet acier, se produit alors la réduction de l'oxygène dissous qui conduit à la production d'ions hydroxyles et une augmentation de pH qui favorise la précipitation de l'hydroxyde de magnésium et du carbonate de calcium pour former le dépôt calcomagnésien. Ce dernier est développé sur une grille enfouie dans le sable en milieu marin et fait office à terme de ciment naturel qui précipite et durcit tous les éléments qui se trouvent autour de lui.



#### Applications = Le Géocorail®



Sources de haut en bas : Marc Jeannin - ANR Ecocorail

Ses applications comprennent des techniques de rétention sédimentaire pour éviter le désensablement des plages ou la consolidation des bases des digues qui s'écroulent à cause de l'affouillement.

Des expérimentations ont été conduites. À Belle-Île, une grille a été enfouie et polarisée pendant deux ans puis laissée à l'abandon durant vingt ans. On obtient ainsi un matériau d'apparence proche du ciment avec une porosité et une solidité proches du mortier courant. Ce système permet de préserver l'aspect visuel du site. Le ciment est constitué du dépôt calcomagnésien.

Nous cherchons à comprendre les mécanismes de cette croissance et à l'optimiser en procédant à des expérimentations. Les coquilles d'huître, le sable ou les graviers permettent également d'obtenir des agglomérats calcomagnésiens. L'entreprise a développé un site pilote près de La Rochelle et a obtenu des résultats très prometteurs.

Le piégeage des éléments métalliques est une application développée à Nouméa où les eaux de mer sont polluées en nickel, cobalt ou chrome provenant des industries d'extraction minière. Une étude a été conduite en laboratoire : il a été possible de piéger plus de 51 % du nickel ajouté dans la solution d'eau de mer dans le dépôt. Le plomb est également piégé à hauteur d'environ 23 %. Sur le site d'un laboratoire déporté en bord de mer dans la baie de Nouméa, le dépôt calcomagnésien développé après un mois de polarisation a piégé du nickel, du plomb, mais aussi du chrome, du fer, du cuivre et du zinc. Ce système pourrait être placé en sortie d'usine ou d'affluents pour limiter le largage trop important de métaux lourds dans l'eau de mer.

Ce principe permet donc de contribuer à la décontamination du milieu marin. Cette méthode est *ecofriendly* et moins onéreuse que des méthodes classiques.

Elle peut également contribuer à la reformation des récifs coralliens en polarisant les grilles de support des coraux. Un système a été déployé dans le port de Wallis pour essayer de capter les polypes et faire croître les coraux. Alimenté en énergie par EDF, ce système le sera à terme par des panneaux solaires. En outre, la scorie minière est un déchet fréquent, que nous captions également pour constituer des systèmes.

## ÉCHANGES AVEC LE PUBLIC À L'ISSUE DE LA SECONDE TABLE RONDE

**Vivette LOPEZ**, *Sénatrice du Gard, Délégation sénatoriale aux outre-mer*

Nous évoquons souvent la biodiversité ultramarine. Monsieur Sabatier a évoqué la forêt tropicale en Guyane. Je suppose que vous échangez avec les pays nordiques, qui ont d'autres espèces d'arbres, pour comparer les évolutions des arbres.

**Daniel SABATIER**, *Botaniste, écologue des forêts tropicales, chercheur à l'Institut de recherche pour le développement (IRD), UMR AMAP, Montpellier*

Les échanges sont diffus dans la matrice de la communauté des chercheurs qui s'intéresse à cette problématique et non directs, car ces systèmes écologiques sont très différents et il est compliqué de les comparer. S'agissant des impacts du changement climatique, il n'est pas encore possible d'identifier des impacts avec certitude en Guyane. Les modèles prévoient des changements de saisonnalité du climat, alors que dans les pays nordiques, la problématique est celle du réchauffement qui implique un changement latitudinal, ce qui représente une problématique différente. Les communautés végétales sont en outre différentes.

**Catherine PROCACCIA**, *Sénatrice du Val-de-Marne, Délégation sénatoriale aux outre-mer*

Les présentations m'ont paru particulièrement intéressantes.

Après la phase de recherche et d'essai *in situ*, avez-vous les moyens de développer les systèmes présentés, avec l'aide des gouvernements locaux ou du gouvernement français ?

**Jean-Jacques POURTEAU**, *Délégué à l'outre-mer, Agence française pour la biodiversité*

L'AFB se doit d'être à l'écoute de ces recherches et d'étudier les possibilités de faire de la biodiversité un outil de développement. Elle s'implique et porte ces projets pour témoigner de ce courant et faire en sorte que les moyens soient donnés à la mise en application des recherches des laboratoires. Nous avons donc un double rôle : être informés des recherches en cours et travailler avec les acteurs pour que ces projets trouvent le

développement nécessaire et l'application qui peut en être faite. Ces séances de travail permettent de donner de la visibilité aux chercheurs et de les mettre en contact avec d'autres personnes. Nous nous trouvons dans un système économique responsable. Nous avons la volonté de créer une interface entre biodiversité et économie.

**Pascale JOANNOT**, *Directrice des expéditions au Musée national d'histoire naturelle*

Je vous remercie pour la qualité de ces interventions.

Nous mesurons les progrès réalisés sur les récifs coralliens. Nous avons vu pour la première fois des coraux pondre en France en novembre 1989 en Nouvelle-Calédonie et nous parvenons désormais en 2017 à élever des coraux, ce qui semblait alors impossible.

Après un cyclone, un récif dégradé a besoin de 15 à 18 ans pour commencer à se recouvrir et la diversité spécifique n'y est pas maintenue. Je salue donc les travaux du CRIOBE.

**Michel MAGRAS**, *Président de la Délégation sénatoriale aux outre-mer*

Si le monde corallien réagit comme la faune terrestre lorsqu'il est en danger, en accélérant son processus de reproduction, nous avons peut-être un espoir supplémentaire.

**Jérôme BIGNON**, *Sénateur de la Somme*

J'étais avec Madame Joannot en Nouvelle-Calédonie et au Chili. Nous sommes éblouis par les travaux des chercheurs et des gestionnaires de sites, qui doivent être capables d'atténuer les effets d'une gestion malheureuse et de mettre en pratique le travail de la recherche.

J'ai pu constater les progrès du CRIOBE, qui est pionnier dans ce travail incroyable, mais du temps est nécessaire pour que ce travail concret se développe et que les connaissances s'accumulent. Nous devons garder espoir. Cela n'a de sens que si nous conservons la capacité à chercher, car il existe un fort potentiel de résultats pour l'écotourisme et le développement de ces territoires. Je vous félicite pour la qualité de cette matinée.

**Max PIERRE-FANFAN**, *Écrivain, journaliste et réalisateur*

À l'attention de Monsieur Guitet, quelle est la nature de l'atout que représente l'important stock de carbone guyanais ? Est-ce un atout financier ? En effet, le prix de la tonne de carbone est fixé à 30 euros et il est assorti d'une taxe aux frontières.

Pour Monsieur Pourteau, avez-vous les moyens de développer ces systèmes ?

Le Luxembourg a présenté la plateforme Financeclimat en lien avec la Banque européenne d'investissement. Quelle est la contribution de l'État dans ce domaine ?

**Jean-Luc PEYRON**, *Directeur du groupement d'intérêt public sur les écosystèmes forestiers Ecofor*

Nous développons actuellement un système d'indicateurs de gestion durable des forêts ultramarines pour regrouper l'information qui existe sur ces forêts et la mettre à la disposition des décideurs. Cette démarche s'inscrit dans le sens des relations entre recherche et développement.

**Stéphane GUITET**, *Ingénieur forestier et référent outre-mer, à l'Institut national de l'information géographique et forestière*

Je précise que les stocks ne sont pas valorisables sous forme monétaire.

La Guyane dispose d'une formidable ressource renouvelable, mais sa balance économique est déficitaire sur le marché du bois, comme en France métropolitaine. Des efforts sont accomplis pour essayer de structurer les filières, certifier la gestion forestière et couvrir les besoins en matériaux. Des acteurs diversifiés sont nécessaires pour réussir cette structuration. Cette ressource peut également servir à produire de l'énergie par la filière biomasse en suppléant, voire en remplaçant des énergies non renouvelables, ce qui peut conduire à modifier fortement la composition de forêts sur quelques massifs. Ce coût environnemental peut cependant enclencher une dynamique vertueuse. Il faut se permettre d'envisager des choix « sacrificiels » sur une petite partie du patrimoine. La meilleure connaissance de ce patrimoine permettra de l'englober dans un aménagement rationalisé prenant en compte les enjeux de biodiversité et d'environnement.

**Marc JEANNIN**, *Maître de conférences, Laboratoire des sciences de l'ingénieur pour l'environnement (LaSIE), Université de La Rochelle*

Au sujet du transfert des recherches vers le monde économique, la start-up avec laquelle je travaille a obtenu un financement de plus de 2 millions d'euros d'un fonds d'investissement. Les domaines côtiers dépendent des politiques et les décideurs des travaux sont justement des politiques. Nous proposons des solutions, mais les politiques sont-ils capables de les acheter ?

**Catherine PROCACCIA**, *Sénatrice du Val-de-Marne, Délégation sénatoriale aux outre-mer*

Vos brevets peuvent-ils être rachetés par une entreprise qui les revendrait à des États ou des ports ?

**Marc JEANNIN**, *Maître de conférences, Laboratoire des sciences de l'ingénieur pour l'environnement (LaSIE), Université de La Rochelle*

L'entreprise a déposé un brevet pour se couvrir, mais il ne tiendra pas très longtemps. La recherche publique est effectivement incitée à déposer les brevets. Nous travaillons déjà avec des industriels. Toutefois, les investissements publics dépendent des décisions des politiques.

**Michel MAGRAS**, *Président de la Délégation sénatoriale aux outre-mer*

Vos propos s'adressent principalement aux élus locaux qui ont des projets de territoires. Sur une île ou en zone côtière, la prise en compte du développement futur intègre obligatoirement les milieux marin et terrestre. Le rôle des sénateurs est d'accompagner ces politiques, par des transferts de compétences, la possibilité de décider localement, l'accompagnement financier et les règlements facilitant la mise en place des projets. Nous comprenons le sens du mot « politique », mais la possibilité de trouver les moyens et de lancer les projets ne se fera pas sans l'apport des secteurs privé et associatif. Ce projet d'avenir nécessite la participation de tous les acteurs.

**Daniel SABATIER**, *Botaniste, écologue des forêts tropicales, chercheur à l'Institut de recherche pour le développement (IRD), UMR AMAP, Montpellier*

Les politiques et les scientifiques travaillent sur des systèmes complexes. Nous ne pouvons pas nous attendre à trouver des solutions ponctuelles. Nous devons avoir une vision intégrative, qu'il nous faut travailler.

**Jean-Jacques POURTEAU**, *Délégué à l'outre-mer, Agence française pour la biodiversité*

Je ne peux pas annoncer de chiffre concernant les moyens dont nous disposons. Notre vocation est de travailler avec les territoires, pour trouver avec eux les meilleures solutions aux problèmes qu'ils rencontrent. Si elles aboutissent à un développement économique local ou au recours à des systèmes qui allient recherche et développement économique, notre rôle sera de conseiller et d'apporter de l'expertise et de l'ingénierie à ces territoires. L'AFB n'a pour autant pas vocation à se substituer au système économique. Nous devons être capables de mettre en relation des acteurs économiques sur des thématiques dont nous ne connaissons pas encore le potentiel. L'économie de la biodiversité (économie verte et bleue) n'en est en effet qu'à ses balbutiements. Il est nécessaire d'établir des passerelles entre science et monde économique. Nous essaierons effectivement d'aider financièrement desancements de projets si nous en avons la possibilité.

**Maurice ANTISTE**, *Sénateur de la Martinique, Délégation sénatoriale aux outre-mer*

Je suis étonné de la qualité de ces recherches. Existe-t-il un espace commun d'échanges sur ces thèmes ? Ces recherches sont dispersées, ce qui me semble problématique. Ne faudrait-il pas envisager d'instaurer un lieu d'échanges *a minima* annuel pour toutes ces recherches ?

**Michel MAGRAS**, *Président de la Délégation sénatoriale aux outre-mer*

La Délégation sénatoriale aux outre-mer, en partenariat avec l'AFB, a choisi sur son programme triennal de réaliser trois gros événements, dont le premier regroupera l'ensemble des actions menées dans le Pacifique et les deux autres, celles menées dans les territoires de l'Atlantique et de l'océan Indien.

**Pascale JOANNOT**, *Directrice des expéditions au Musée national d'histoire naturelle*

Dans chaque collectivité d'outre-mer, il existe des délégués régionaux à la recherche et la technologie. Il serait intéressant d'instaurer des échanges avec eux, car ils ont pour rôle de faire rayonner la science et de mettre les acteurs en relation. Cette fonction est encore méconnue et je vous invite à mettre en valeur leur activité.

**Stéphane GUITET**, *Ingénieur forestier et référent outre-mer à l'Institut national de l'information géographique et forestière*

Il existe pour cela des Groupements d'intérêt scientifique ou public (GIS et GIP) qui regroupent les gestionnaires et les acteurs de la recherche et sont ouverts aux collectivités pour échanger et monter des projets communs, notamment en Guyane (GIS IRISTA).

**Alain GERVAISE**, *Directeur de programme « Forêt et Environnement » à l'Institut national de l'information géographique et forestière (IGN)*

Monsieur Sabatier, comment expliquer la présence des milieux ouverts dans le sud de la Guyane ? Après une évolution de plusieurs centaines d'années, obtiendrait-on des forêts similaires à celles du nord ?

**Daniel SABATIER**, *Botaniste, écologue des forêts tropicales, chercheur à l'Institut de recherche pour le développement (IRD), UMR AMAP, Montpellier*

L'hypothèse la plus crédible actuellement est que ces massifs forestiers n'ont pas tous la même histoire depuis l'holocène, mais probablement aussi depuis le pléistocène. Des événements climatiques et les occupations humaines anciennes ont eu des conséquences sur ce massif forestier. Ces forêts sont un héritage. Celles du Sud sont plus dynamiques que celles du Nord. Une accentuation de la saisonnalité aurait un fort impact sur les forêts du Sud ; en accélérant leur dynamique elle pourrait accroître leur évolution de type régressif.



## CONCLUSION

**Michel MAGRAS,**  
*Président de la Délégation sénatoriale aux outre-mer*

Je remercie l'Agence française pour la biodiversité et tous les intervenants pour leurs exposés brillants et leurs travaux à forts enjeux.

Tous ces projets en cours dessinent un véritable message d'espoir face à l'amplification des signaux du changement climatique. Ils contribuent à organiser la résilience et sont encore plus vitaux pour les milieux plus vulnérables, comme les milieux insulaires.

Les outre-mer sont un magnifique terrain d'expérimentation et je salue leur active contribution à la recherche de solutions.





**Michel MAGRAS**  
Président  
Délégation sénatoriale  
aux outre-mer



**Christophe AUBEL**  
Directeur général  
Agence française pour la biodiversité



**Daniel SABATIER**  
Botaniste et écologue des forêts tropicales  
chercheur  
Institut de recherche  
pour le développement (IRD)



**Christophe BARBRAUD**  
Directeur de recherche au CNRS  
en écologie des populations  
Centre d'études biologiques de Chizé



**Claudine AH-PENG**  
Ingénieure  
Université de La Réunion



**Stéphanie GUYOMARD-RABENIRINA**  
Responsable adjointe  
de l'Unité Environnement Santé  
Institut Pasteur de la Guadeloupe

**Table ronde N° 1 : Les changements climatiques, une menace pour la biodiversité**

8 h 30 **ACCUEIL**

9 h 00 **OUVERTURE**

Michel MAGRAS, Président de la Délégation sénatoriale aux outre-mer  
Christophe AUBEL, Directeur général de l'Agence française pour la biodiversité

**9 h 20 Table ronde N° 1 : Les changements climatiques, une menace pour la biodiversité**

**Daniel SABATIER**

Forçages environnementaux et anthropiques du turnover forestier, conséquences sur la diversité des communautés d'arbres en forêt tropicale (projet DynForDiv)

**Claudine AH-PENG - Projection d'un film**

Mousses et forêts de nuages, sentinelles du changement climatique (projet MOVECLIM)

**Christophe BARBRAUD**

Impact des changements globaux sur les manchots empereurs

\* **Stéphanie GUYOMARD-RABENIRINA**

Diffusion microbienne par les poussières sahariennes et impact environnemental potentiel

8 h 30 **ACCUEIL**

9 h 00 **OUVERTURE**

Michel MAGRAS, Président de la Délégation sénatoriale aux outre-mer  
Christophe AUBEL, Directeur général de l'Agence française pour la biodiversité

**9 h 20 Table ronde N° 1 : Les changements climatiques, une menace pour la biodiversité**

**Daniel SABATIER**

Forçages environnementaux et anthropiques du turnover forestier, conséquences sur la diversité des communautés d'arbres en forêt tropicale (projet DynForDiv)

**Claudine AH-PENG - Projection d'un film**

Mousses et forêts de nuages, sentinelles du changement climatique (projet MOVECLIM)

**Christophe BARBRAUD**

Impact des changements globaux sur les manchots empereurs

\* **Stéphanie GUYOMARD-RABENIRINA**

Diffusion microbienne par les poussières sahariennes et impact environnemental potentiel

**Table ronde N° 2 : La biodiversité, sentinelle et ressource face aux changements climatiques**



**Mahé CHARLES**  
Chef de projet RESCUE  
Polynésie française  
Agence française pour  
la biodiversité



**Stéphane GUITET**  
Ingénieur forestier,  
Réfèrent Outre-mer  
IGN



**Laetitia HÉDOUIN**  
Chargée de recherche  
au CNRS  
Laboratoire CRIOBE



**Jean-Jacques POURTEAU**  
Délégué à l'outre-mer  
Agence française pour  
la biodiversité



**Chloé BOURMAUD**  
Maîtresse de conférences  
Biologie des organismes  
Université de La Réunion



**Antoine PUISAY**  
Docteur  
École pratique  
des hautes études



**Audrey LÉOPOLD**  
Chercheure  
Institut agronomique  
néo-calédonien (IAC)



**Paule SALVIN,**  
Maître de conférences  
en chimie des matériaux,  
L3MA —Pôle Martinique  
Université des Antilles



**Marc JEANNIN**  
Maître de conférences  
Laboratoire des sciences  
l'environnement (LaSIE)  
Université de La Rochelle

**10 h 15 Table ronde N° 2 : La biodiversité, sentinelle et ressource face aux changements climatiques**

**Stéphane GUITET**

Stocks et flux de carbone en forêt guyanaise : enjeu, interaction avec la biodiversité, et suivi dans le cadre des changements globaux

**Mahé CHARLES - Projection d'un film présenté par Jean-Jacques POURTEAU**

Moins de stress, plus de services ! Le projet RESCUE en Polynésie française : des actions concrètes pour renforcer la résilience des écosystèmes et des sociétés face au changement climatique

\* **Audrey LÉOPOLD - Projection d'un film présenté par Jean-Jacques POURTEAU**

Optimisation du semis direct sous couverture végétale pour l'adaptation des systèmes agricoles au stress hydrique du sol

\* **Chloé BOURMAUD**

Les méduses, sentinelles du changement climatique ? (projet MEDUSO)

\* **Paule SALVIN**

Recherche de communautés de microorganismes électroactifs dans les zones humides tropicales de Martinique en vue d'une application en piles à combustibles microbiennes

\* **Laetitia HÉDOUIN - Projection d'un film présenté par Antoine PUISAY**

La science au chevet des coraux blanchis : expérimentation de nouvelles approches issues de la reproduction sexuée et asexuée (projet CRIOBE, Polynésie française)

\* **Marc JEANNIN**

Procédé physico-chimique pour la synthèse de matériaux marins durables pour la préservation du littoral et la remédiation de polluants métalliques