

Université Sorbonne Université
Département de formation Master
Sciences de l'Univers, Environnement, Ecologie

Grandes Questions Environnementales MU4EU002

Année Universitaire 2019-2020



Table des matières

Organisation de l'unité d'enseignement	3
Planning des cours et inscriptions	4
Carnet de bord: les coulisses de la recherche documentaire.....	5
Les cours	6
A. Biodiversité : Enjeux globaux	6
B. Géodynamique et couplages globaux	8
C. Océan et Cycle du carbone	9
D. Le cycle de l'eau : Enjeux globaux	12
E. Le Climat et ses Variations	13
F. Planétologie : atmosphère, surface, habitabilité.....	14
G. Plantes OGM et pesticides : quels avenir ?	15
Les projets.....	16
Projet. Océan et environnements marins.....	16
Projet. Paléoclimatologie - archéologie	17
Projet. Sciences de l'océan, de l'atmosphère et du climat	18
Projet. Planétologie	20
Projet. Systématique, Evolution et Paléontologie/Écologie, Biodiversité, Evolution.....	21
Projet. Écologie Marine et Terrestre	23
Projet. Ecophysiologie et Ecotoxicologie	24
Projet. Géosciences (GEO) « La machine Terre ».....	26
Annexe.....	27

ORGANISATION DE L'UNITE D'ENSEIGNEMENT

Objectif : Cette UE vise à donner à l'ensemble des étudiant(e)s, inscrit(e)s en 1^{ère} année de master, une vision pluridisciplinaire et transversale des questions relatives à l'environnement terrestre et planétaire.

Organisation : Les cours et TD ont lieu les mardi matins (voir planning à la page 4).

Les cours : Chaque étudiant suit **2 cours de 6h** au choix. *Attention : il est interdit de s'inscrire aux cours en rapport avec son parcours.*

A - Biodiversité: Enjeux globaux (cours fermé aux ECIRE/EEF, EPET, SEP)	P. Koubbi
B - Géodynamique et couplages globaux (cours fermé aux GEO-P/G ²)	P. Huchon
C - Océan et Cycle du carbone (cours fermé aux SdM)	C. Ridame
D - Le cycle de l'eau : Enjeux globaux (cours fermé aux HHGE)	A. Tuzet
E - Le Climat et ses Variations (cours fermé aux MOCIS, BA)	H. Chepfer
F - Planétologie : atmosphère, surface, habitabilité (cours ouvert à tous)	A. Spiga
G - Plantes OGM et pesticides : quels avenir ? (cours fermé aux EPET)	A. Savouré/M.Dacher

L'étudiant(e) passe deux examens correspondant aux deux cours qu'il/elle a suivis. La **note de cours** est la somme des 2 notes obtenues (sur 25). S'il/elle a choisi de suivre 3 cours, seules les 2 meilleures notes seront retenues.

Le projet : les étudiant(e)s travaillent en binôme. Ils/elles rédigent un rapport écrit et présentent leur travail oralement. Ils/elles obtiennent une **note de projet** pour l'ensemble du projet qui compte pour 50/100 de la note finale. Ce travail est personnel, il est supervisé par les enseignant(e)s responsables du projet. Le projet peut consister en un travail de synthèse (article sur des recherches actuelles ou sur les normes en vigueur en environnement) ou un projet informatique sur le climat.

J.C. Lata	ECIRE/EEF/SEP	jean-christophe.lata@upmc.fr
C. Ridame	SdM	celine.ridame@locean-ipsl.upmc.fr
P. Koubbi	Ecologie marine et terrestre	philippe.koubbi@upmc.fr
S. Huon	HHGE /ARCHEO	sylvain.huon@upmc.fr
H. Balcone-Boissard	GEO-P/G ²	helene.balcone_boissard@upmc.fr
S. Turquety	MOCIS	solene.turquety@sorbonne-universite.fr
A. Spiga	Planétologie	aymeric.spiga@upmc.fr
A. Savouré	EPET	arnould.savoure@upmc.fr

Notation : la **note finale** est la somme des deux notes de cours (/25*2) et de la note de projet (/50).

Responsable de l'enseignement :

Solène Turquety

solene.turquety@sorbonne-universite.fr

Planning des cours « Grandes questions environnementales » 2019-2020

DATE	8h30-10h30	10h45-12h45	Salle
Vendredi 06/09/19	14h00-16h30 Réunion projets pour tous les groupes		Amphi 43
Mardi 10/09/19	Cours D (A.Tuzet)	Amphi Biblio	Amphi Herpin
Mardi 17/09/19	Cours E (H.Chepfer)	Amphi Biblio	Amphi Herpin
Mardi 24/09/19 (Attention : cours incompatible avec enseignement de terrain mention STEPE)	Cours D (A.Tuzet)	Amphi Biblio	Amphi Herpin
Mardi 01/10/19	Cours D (A.Tuzet)	Cours C (C.Ridame)	
Mardi 08/10/19	Cours E (H.Chepfer)	Cours C (C.Ridame)	
Mardi 15/10/19	Cours E (H.Chepfer)	Cours C (C.Ridame)	
Mardi 22/10/19	Cours B (P.Huchon)	Cours G (A.Savouré/M.Dacher)	
Mardi 22/10/19	Date de rendu du carnet de bord biblio		
Mardi 29/10/19	Interruption des enseignements. Vacances de la Toussaint		
Mardi 05/11/19	Cours B (P.Huchon)	Cours G (A.Savouré/M.Dacher)	
Mardi 12/11/19	Cours B (P.Huchon)	Cours G (A.Savouré/M.Dacher)	
Mardi 19/11/19	Cours A (P. Koubbi)	Cours F (A. Spiga)	
Mardi 26/11/19	Cours A (P. Koubbi)	Cours F (A. Spiga)	
Mardi 03/12/19	Cours A (P. Koubbi)	Cours F (A. Spiga)	
Lundi 09/12/19 toute la journée et/ou Mardi 10/12/19 matin	Soutenances projets GQE		
Mardi 17/12/19	Examen Ecrits de tous les cours 9h-12h		En attente
Du 21/12/19 au 05/01/20	Arrêt des enseignements. Vacances de Noël		
Lundi 06 janvier 2020 MATIN	Remise des notes cours + projet pour les enseignants		
Vendredi 09 janvier MATIN	Délibération du jury		
Mardi 04/2020	Examen de la Session 2 9h00-11h00		En attente

Inscriptions:

Attention : il est interdit de s'inscrire aux cours en rapport avec son parcours.

Le choix de cours doit être effectué sur doodle entre le mercredi 04/09 17h et le vendredi 06/09 17h.

L'adresse sera sur le site internet du Master SDUEE et sur MOODLE.

Quota: 80 étudiants maximum inscrits par cours.

En revanche, vous pouvez suivre le « projet » en rapport avec votre parcours.

Le choix de projet doit être effectué sur doodle du vendredi 06/09 17h30 au mercredi 11/09. L'adresse sera sur le site internet du Master SDUEE et sur MOODLE.

Quota: maximum 26 étudiants (13 binômes) par projet.

Les étudiants doivent constituer leur binôme dans la mesure du possible.

Carnet de bord: les coulisses de la recherche documentaire

Les éléments que vous indiquez dans ce carnet donneront lieu à une notation

Votre carnet de bord doit être déposé sur la plateforme Moodle avant le 22 octobre 2019

Noms, prénoms et parcours :

Sujet :

--

Consigne :

1. **Introduction (5- 12 lignes max)** : Décrivez rapidement votre sujet de recherche, ses différents aspects et enjeux, ainsi que l'angle sous lequel vous avez décidé de le traiter.
2. **Les mots clés retenus** : Listez les mots clés que vous avez utilisés pour votre recherche bibliographique et organisez-les sous forme de carte heuristique (cf. exemple corrigé), en utilisant par exemple l'outil Framindmap : <https://framindmap.org/mindmaps/index.html>.
3. **Descriptif de votre recherche documentaire (10-15 lignes)** : Décrivez votre utilisation des différents outils de recherche (moteurs de recherche, base de donnée, catalogues, recherche par rebond etc.) et comparez les outils entre eux. A quelles sources vous ont-ils permis d'accéder ? Quelles sont leurs spécificités ? Leur niveau de spécialisation ?
4. **Bibliographie produite dans le cadre du projet** : Utilisez la norme ISO690 (author-date, no abstract, French). Vous pouvez vous aider en consultant le Guide des références bibliographiques : <https://tinyurl.com/UEGQE2018>
5. **Evaluation des sources (5 lignes minimum par sources)** : Choisissez 3 sources parmi votre bibliographie, décrivez la manière dont vous les avez trouvées et faites-en une évaluation critique.

Un exemple est fourni à la fin de la brochure.

Cours A. Biodiversité : Enjeux globaux

Philippe Koubbi, philippe.koubbi@upmc.fr

Ce cours est principalement proposé aux étudiants du master SDUEE non biologistes ; les étudiants de Sciences de la Mer pourront suivre exceptionnellement ce cours mais cela n'est pas conseillé. Il s'agit de démontrer que l'approche de l'étude de l'environnement, de sa biodiversité, est liée à des concepts et théories écologiques qu'il est nécessaire de confronter avec les autres sciences afin de proposer des modèles et scénarios de gestion de l'écosystème. Ces notions sont présentées à travers de multiples exemples.

La prise de conscience des changements globaux qui affectent la biodiversité est difficile à percevoir car les échelles spatiales sont complexes et les variations temporelles sont difficiles à appréhender. Parfois, seuls les phénomènes catastrophiques sont perçus suivant une règle bien connue de la théorie de l'information : un événement brutal et fort (une inondation, une tempête, perte de la banquise arctique, rupture de glaciers, etc.) laisse plus de trace dans la mémoire collective que des modifications lentes (pollution chronique, changements climatiques, acidification, etc.). Nous ferons le point de quelques-uns de ces grands changements planétaires en prenant des exemples du passé mais également récents, afin d'évaluer les conséquences sur la biodiversité et trouver des solutions.

Durant cet enseignement, il nous faudra définir la biodiversité et comment on la mesure dans les milieux terrestre et marin, des micro-organismes aux prédateurs supérieurs. La biodiversité sera abordée en montrant comment l'action de l'homme a depuis toujours modifié les écosystèmes avec des conséquences plus ou moins bonnes ou graves. Parmi les conséquences les plus importantes, on parlera de l'augmentation de l'extinction des espèces, des marées noires, de la surexploitation des ressources naturelles, de la modification des paysages, de l'introduction d'espèces et des changements planétaires. Certaines conséquences sont immédiates et visibles, d'autres plus difficiles à percevoir. Un écosystème peut-il, par exemple, récupérer en un an après une marée noire ? Quelles sont les conséquences de l'aménagement d'un milieu naturel et de la fragmentation de celui-ci ? Comment les écosystèmes se modifient avec l'appauvrissement des populations de prédateurs supérieurs ? Quelles sont les conséquences de l'invasion par de nouvelles espèces ?

La prise de conscience est donc essentielle afin de proposer des solutions. Pour changer d'attitude, il faut savoir et comprendre que ces changements existent et éduquer pour avoir une vision spatiale et temporelle plus globale que celle de son propre environnement. Ainsi, l'observation satellitaire, couplée aux campagnes scientifiques à long terme, permet d'étudier les tendances spatiales et temporelles des écosystèmes à fine échelle. El Nino et l'oscillation nord-atlantique sont des notions de plus en plus connues même si ces phénomènes sont parfois peu compris. A de rares exceptions, nous manquons de séries de données à long terme pour les écosystèmes mais les programmes LTER (Long Term Ecological Research) se développent partout dans le monde.

Pour changer notre relation à l'environnement, il faut comprendre et prévoir. Un phénomène ou un événement, ne peuvent être expliqués et surtout prévus si on ne connaît ni leur cause, ni les mécanismes qui les sous-tendent. Les réponses des espèces et des écosystèmes peuvent être expliqués par l'écologie, métascience se nourrissant de toutes les sciences biologiques, physiques, chimiques, mathématiques, humaines et de l'environnement. L'écologie a pour objet de comprendre un système, de prévoir son évolution et de le gérer. Cette science se base sur des protocoles, des lois et des hypothèses d'études sur les organismes, leurs populations ou les écosystèmes. Dans le cours, nous démontrerons comment à partir de la notion de « niche écologique », on peut définir la notion d'habitat potentiel d'une espèce puis d'habitat réel et de succès afin de proposer des mesures de conservation.

L'écologie nous indique également que nous devons regarder les échelles d'espace et de temps qui affectent les écosystèmes alors que les mesures politiques de conservation sont souvent proposées pour des

écosystèmes qui seraient figés dans le temps. La compréhension de ces processus est importante, d'un point de vue appliqué, comme fondamental, pour étudier les populations et les gérer. Plutôt que de gérer une population uniquement par les paramètres démographiques, on cherchera à gérer également les habitats essentiels à la survie, la croissance et au recrutement et de comprendre comment les changements planétaires influencent les phases critiques de la vie d'une espèce.

Observer n'est pas suffisant, il faut également proposer des actions permettant de restaurer les écosystèmes, de les gérer, de les conserver non pas dans un cadre figé, mais dans celui nécessaire de cohabitation entre les activités humaines et la nature. La dernière partie du cours consistera à montrer des exemples de grands programmes internationaux tentant d'étudier la biodiversité et de gérer de grands écosystèmes. De grandes bases de données internationales existent afin de partager toutes les connaissances sur la distribution spatiale des espèces. Ces données sont associées entre elles, traitées statistiquement et visualisées sous Système d'Information Géographique (SIG). Elles permettent d'établir des scénarios de conservation aidant les décideurs économiques ou politiques à proposer des mesures de protection. Un exemple sera celui de l'océan Austral et des Terres Australes et Antarctiques françaises avec la définition d'aires marines protégées, d'écosystèmes marins vulnérables et de gestion des ressources marines dans un environnement en perpétuelle évolution.

Cours B. Géodynamique et couplages globaux : du noyau à l'atmosphère

Philippe Huchon
philippe.huchon@upmc.fr

L'objectif de ce cours est de montrer que la Terre est une planète dont tous les compartiments sont en interaction, permettant des couplages parfois inattendus, entre par exemple le champ magnétique (dont l'origine est dans le noyau) et la lithosphère, ou bien entre les panaches mantelliques et la biosphère (via le climat).

Il se compose de la manière suivante :

1. Introduction : la Terre, planète active
2. Sismologie et gravimétrie : connaissance de l'intérieur de la Terre
3. La Tectonique des Plaques : les mouvements de la lithosphère
4. La Tectonique des Plaques explique aussi le volcanisme
5. Tectonique des Plaques et dynamique du manteau
6. Le champ magnétique terrestre, un repère pour suivre le mouvement des plaques
7. Les inversions du champ magnétique : quel lien avec la dynamique du noyau et du manteau ?
8. La différenciation planétaire : ségrégation noyau-manteau, formation de la croûte, formation et différenciation de l'atmosphère
9. La dynamique interne de la Terre, la vie et le climat, ou comment la convection dans le manteau influe sur le climat
10. En guise de conclusion : des sédiments précambriens ont enregistré le cycle de Schwab (taches solaires)

Cours C. Océan et Cycle du carbone : Menaces et opportunités sur le cycle du carbone

Céline Ridame : celine.ridame@upmc.fr

Ce cours se focalisera sur le cycle du carbone en milieu marin, son impact au niveau global et ses modifications du fait des pressions anthropiques ou des variations naturelles. Nous verrons notamment comment l'augmentation des teneurs en CO₂ dans l'atmosphère a un impact direct sur la chimie et la biologie de l'océan, menaçant un équilibre fragile mais nous verrons aussi comment l'Océan a par ailleurs la capacité d'absorber une partie significative de ce carbone « en excès » d'origine anthropique en le stockant à l'échelle des temps géologiques.

Le cours se décomposera en trois parties :

1. L'océan : un puits de CO₂
2. Impact des apports atmosphériques sur le phytoplancton
3. Acidification des océans et conséquences sur les microorganismes marins

1. L'océan : un puits de CO₂

Outre des échanges thermiques entre l'océan et l'atmosphère qui régissent de façon majeure le climat à l'échelle globale et régionale, la biogéochimie de l'océan a elle aussi un rôle important sur la régulation du climat. Ce rôle s'établit au travers du cycle du carbone dans l'océan puisqu'il a un impact important sur les teneurs de CO₂ atmosphérique. Le lien entre les cycles du carbone océanique et atmosphérique se fait essentiellement au travers de deux processus :

- la pompe à carbone physique : un équilibre thermodynamique s'établit entre les pressions partielles de CO₂ de l'atmosphère et de la couche de surface. Cet équilibre est notamment contrôlé par la solubilité du CO₂ dans l'eau de mer, elle-même inversement corrélée à la température ;
- la pompe à carbone biologique : comme tous les organismes photosynthétiques, le phytoplancton transforme une partie du CO₂ dissous en surface de l'océan en carbone organique particulaire. Une fraction de ce carbone organique particulaire sera reminéralisée en CO₂ dissous par l'activité des hétérotrophes (bactéries, zooplancton), et l'autre fraction quittera par sédimentation la couche de surface – et donc l'interface avec l'atmosphère pour être exportée vers l'océan plus profond. De l'efficacité de cette pompe biologique va dépendre la capacité de stockage de carbone de l'océan mondial.

Nous verrons plus particulièrement les différents mécanismes qui contrôlent ces deux pompes à carbone et discuterons de leur variabilité temporelle : reconstruite dans le passé et prédictive pour le futur du fait des rejets anthropiques de CO₂ anthropiques et des rétroactions liées au changement climatique, notamment : la disponibilité en macro-nutriments (N, P, Si) et micro-nutriments (Fe) qui sont nécessaires à la photosynthèse ; la profondeur d'export du carbone qui contrôle le temps de stockage (de quelques siècles en zone mésopélagique à des millions d'années lorsque le carbone atteint les sédiments) ; la physique de l'océan qui permet d'une part d'apporter des nutriments en surface par mélange vertical avant stratification et d'autre part de redistribuer les nutriments en excès d'un bassin océanique à l'autre au travers de la circulation thermohaline ; l'impact de la taille et de la composition du phytoplancton sur la reminéralisation et l'export de carbone profond.

Il s'agit ici de surtout montrer comment des modifications régionales de la circulation océanique puis de la biogéochimie marine peuvent impacter la biologie marine d'autres bassins et, in fine, modifier significativement le cycle du carbone et le climat à l'échelle globale. Une attention particulière sera portée pour exposer les différents concepts à l'origine de la complexité des interactions en jeu qui mélangent différentes échelles spatio-temporelles (des processus biochimiques cellulaires à la circulation atmosphérique et océanique mondiale ; des variations saisonnières aux échelles de temps géologiques). Les

incertitudes et les questions scientifiques actuellement débattues pourront alors être exposées: stratification de l'océan polaire, dominance des diatomées et/ou des coccolithophores, effet ballast...

2. Impact des apports atmosphériques sur le phytoplancton

Les apports atmosphériques d'aérosols constituent, à l'échelle globale, une fraction importante des apports externes d'éléments d'origine naturelle et anthropique, à l'océan. A la suite de processus de mise en solution de ces aérosols dans la colonne d'air (pluie) et dans la colonne d'eau, une partie des éléments chimiques associés aux aérosols se retrouve sous forme dissoute et donc potentiellement biodisponible pour les microorganismes marins. Depuis ces 20 dernières années, il a en effet été reconnu que l'atmosphère représente une voie d'approvisionnement significative de composés indispensables à l'activité phytoplanctonique comme les éléments nutritifs majeurs (azote et phosphore) et les métaux trace comme le fer, dans certaines régions océaniques. Une question essentielle demeure concernant le devenir de ces éléments d'origine atmosphérique d'intérêt biologique dans la colonne d'eau et en particulier les relations entre ces apports atmosphériques et l'activité phytoplanctonique marine. En effet, ces apports atmosphériques pourraient stimuler la production primaire, tout particulièrement dans les milieux océaniques oligotrophes.

Le rôle fondamental de l'atmosphère sur la dynamique des écosystèmes marins a déjà été reconnu. Un exemple frappant est le cas des eaux HNLC (High Nutrients and Low Chlorophyll) présentant des concentrations élevées d'éléments nutritifs (N, P), mais paradoxalement une biomasse algale peu développée par rapport aux conditions environnantes : Martin et Fitzwater (1988) ont suggéré que le fer est l'élément limitant de la production phytoplanctonique dans ces zones soumises aux plus faibles apports éoliens à l'échelle globale. Depuis, de nombreuses études ont permis de valider cette hypothèse : on considère aujourd'hui, que c'est le flux atmosphérique de fer qui contrôle et limite la production primaire dans les zones HNLC.

Un autre cas d'étude est celui de la Méditerranée, mer semi-fermée fortement soumise aux apports atmosphériques de par la proximité du continent et faisant partie des régions océaniques les moins productives du monde. Cette faible activité biologique est la conséquence d'un appauvrissement de la couche euphotique en éléments nutritifs. Les apports atmosphériques via leurs apports en azote et phosphore permettent de lever ponctuellement les limitations de l'activité biologique par la disponibilité en azote et phosphore et ainsi permettent une augmentation de l'activité phytoplanctonique.

Ces exemples soulignent bien le fait que l'atmosphère peut jouer un rôle fondamental dans le cycle de la matière vivante et les cycles biogéochimiques de certaines régions océaniques.

3. Acidification de l'océan et conséquences sur les microorganismes marins

Depuis le début de l'ère industrielle, l'utilisation intensive de combustibles fossiles provoque une augmentation régulière et de plus en plus rapide de la concentration de gaz carbonique (CO_2) dans l'atmosphère passant de 280 ppm en 1860 à environ 400 ppm de nos jours. Une partie des rejets de CO_2 ne reste pas dans l'atmosphère mais est piégée par les océans et les surfaces continentales. A l'heure actuelle, l'océan mondial absorberait chaque année environ 25% des rejets anthropiques de CO_2 . Ainsi, les océans de par le puits de CO_2 qu'ils représentent, ont une grande influence sur le climat. Cette absorption massive de CO_2 dans l'océan entraîne un bouleversement de la chimie de l'eau de mer, notamment du système des carbonates. La dissolution du CO_2 atmosphérique dans l'eau de mer provoque en effet une acidification globale des océans. Le pH moyen des eaux de surface océaniques qui est actuellement proche de 8,1 a déjà diminué de 0,1 unité depuis le début de l'ère industrielle. Au rythme des émissions actuelles de CO_2 , on estime que le pH diminuera de 0.3 unité d'ici 2100. Mais quel sera l'impact de ce phénomène sur les organismes et les écosystèmes marins ? Cette diminution de pH est associée à une diminution des ions carbonates CO_3^{2-} nécessaires à la formation du squelette calcaire (biocalcification) d'un grand nombre d'organismes marins calcifiants comme par exemple les coraux, les mollusques, les ptéropodes (zooplanctoncalcifiant), les coccolithophores (phytoplancton calcifiant). De tels organismes pourraient être potentiellement vulnérables à une élévation de CO_2 atmosphérique dans les années à venir au travers

notamment de la diminution de leur calcification. L'augmentation de la concentration en CO₂ dans l'eau de mer pourrait aussi affecter la fixation du CO₂ par la photosynthèse. Par exemple, les premières données obtenues sur la cyanobactérie *Trichodesmium* sp., montrent que l'activité photosynthétique augmente fortement lorsque la pCO₂ passe de 380 à 700 ppm. En revanche, le doublement du taux de CO₂ par rapport aux valeurs actuelles n'augmenterait que très faiblement les taux de photosynthèse de nombreuses espèces phytoplanctoniques étudiées jusqu'à aujourd'hui. Les conséquences de l'acidification de l'océan sur les écosystèmes marins n'ont commencé à être étudiées qu'à partir de la fin des années 1990 et restent à ce jour mal connues. Nous ignorons si les organismes et les écosystèmes océaniques touchés s'adapteront et continueront à évoluer, et le cas échéant, comment. Les répercussions écologiques et économiques de l'acidification de l'océan, qui dépendront de la réaction de l'écosystème marin, pourraient être considérables.

Cours D. Cycle de l'eau : Enjeux globaux

Andrée Tuzet : andree.tuzet@inra.fr

La vie sur les continents est fortement dépendante de l'eau et de l'environnement. L'eau est un élément majeur qui intervient à la fois comme régulateur du climat, comme élément vital des écosystèmes et par conséquent de l'homme à travers l'alimentation.

Cet enseignement cherchera à donner les processus de base gérant le cycle de l'eau et ses conséquences climatiques, hydrologiques, écologiques et humaines. Après un rappel du rôle de l'eau comme élément vital pour la biosphère, une description de l'eau au niveau de la planète sera faite montrant à la fois son abondance planétaire et sa rareté, parfois extrême pour les systèmes biologiques continentaux. Dans un deuxième temps, les caractéristiques physiques des états de l'eau seront décrites pour pouvoir aborder et comprendre les processus majeurs de l'évaporation si cruciale pour les systèmes biologiques (hommes, animaux, plantes). Ensuite, des rappels sur le cycle de l'eau seront donnés à travers les processus moteurs des mouvements de l'eau dans l'atmosphère et des pluies qui peuvent en découler.

Cet ensemble de processus permet d'analyser les grandes variations continentales de la répartition des pluies tant en valeurs moyennes pluri annuelles qu'en répartitions inter annuelles. Quelques conséquences environnementales majeures seront analysées en particulier en ce qui concerne le problème environnemental du changement climatique et de ses conséquences. En dernière partie, les problèmes environnementaux et d'alimentation humaine seront analysés. On abordera à la fois les problèmes de pollution, de santé et d'utilisation humaine, en fonction des disponibilités sur les continents. On insistera sur le rôle actuel de l'irrigation, au niveau de la production mondiale, pour en saisir toute l'acuité dans le domaine de l'alimentation et de l'environnement.

Cours E. Le Climat et ses Variations

d'après le cours de K. Laval

H. Chepfer : chepfer@lmd.polytechnique.fr

Ce cours vise à expliquer ce qu'est le climat de la Terre et comment il varie. Nous commencerons par définir ce qui caractérise le climat de la Terre : les échelles de temps et d'espace, les variables (température, précipitation, etc.). Puis, nous décrirons quelques modes de variabilité naturelle du climat et nous expliquerons les mécanismes mis en jeu : les cycles de Milankovitch (théorie astronomique du climat), l'oscillation Nord-Atlantique, les phénomènes El-Nino / La Nina, les grandes éruptions volcaniques. Nous expliquerons, ensuite, ce qu'est l'effet de serre atmosphérique et comment l'effet de serre naturel module la température de la Terre. Nous retracerons rapidement l'histoire de la découverte de l'effet de serre.

Nous décrirons alors comment les activités humaines perturbent le climat en contribuant à augmenter l'effet de serre naturel. Nous préciserons ce qui est connu et où sont les incertitudes. Nous écrirons un modèle simple du bilan radiatif de la Terre, et introduirons la notion de « sensibilité climatique » ou comment la température de la Terre se modifie en réponse à une perturbation extérieure (ie. modification du rayonnement solaire).

Plan de cours :

1. Le ou les climats : climat/météorologie
2. Les variations naturelles du climat
 - La théorie astronomique du climat
 - Les éruptions volcaniques
 - L'Oscillation Nord Atlantique
 - El Nino et La Nina
3. L'effet de serre naturel : mécanisme physique et découverte
4. Les variations climatiques d'origine anthropique : évolution des gaz à effet de serre et réchauffement global
5. Modèle simple du bilan radiatif de la Terre et sensibilité climatique

Bibliographie

Climat d'hier et d'aujourd'hui (1999) S. Joussaume. CNRS Edition

Is the temperature rising ? (1998) S. G. Philander. Princeton Univ Press

Comprendre le changement climatique (2007) Editeurs J.L. Fellous et C. Gautier. O. Jacob

Panorama de la Physique (2007) Edition Belin

Sur les origines de l'effet de serre et du changement climatique (2010), S. Arrhenius, T. C. Chamberlin, J. Croll, J. Fourier, C. Pouillet, J. Tyn, Edition La Ville Brûle

Incertitudes sur le climat (2013), K. Laval et G. Laval. Edition Belin

Cours F. Planétologie : atmosphère, surface, habitabilité

Aymeric Spiga

aymeric.spiga@upmc.fr

<http://www.lmd.jussieu.fr/~aslmd>

L'idée de ce cours est de proposer une ouverture aux problématiques de planétologie et leur lien avec les disciplines qui font les sciences de l'environnement. Ce cours est ouvert aux étudiants de tout profil.

L'objectif du cours et plus généralement de la planétologie, est de mettre en perspective les connaissances accumulées sur un seul système planétaire (notre Terre) avec de nouvelles connaissances obtenues sur les environnements planétaires, pour tendre à une compréhension la plus universelle possible du fonctionnement d'une atmosphère et des variations de son climat ; de l'histoire d'une surface, qu'elle soit faite de roche ou de glace ; de la question de la vie et de l'habitabilité. La planétologie élargit les questions d'environnement posées par l'étude de la Terre.

Le premier cours consiste en une exploration du système solaire, une histoire de sa formation et l'inventaire des objets qui le composent. Nous tenterons de comprendre pourquoi certains objets intéressent plus particulièrement météorologues, géologues, exobiologistes, etc. Nous commencerons à percevoir en quoi l'étude des planètes est passée du pur domaine de l'astrophysique au domaine de la géophysique.

Le second cours entend donner quelques mécanismes clé du fonctionnement des atmosphères planétaires. Quelles sont les grandes différences observées dans la météorologie et la climatologie de ces planètes ? Comment peut-on les expliquer par quelques grands principes ? La caractérisation des propriétés des objets possédant une atmosphère (notamment les corps telluriques) permet d'améliorer nos connaissances sur les processus physiques et chimiques régissant le fonctionnement actuel de notre atmosphère.

Le troisième cours opère une synthèse en proposant de faire apparaître la dimension temporelle et de nous intéresser à l'évolution des environnements planétaires, notamment leur composition, leur climat et les interactions surface-atmosphère. L'étude des planètes nous renseigne sur la formation et l'évolution de l'atmosphère de la Terre. Nous aborderons alors les questions d'habitabilité (y compris celle de la Terre par le passé) et donnerons quelques éléments sur les problématiques examinées par l'exobiologie, notamment la question de l'apparition de la vie dans un environnement planétaire donné.

Ce cours n'a aucune prétention à l'exhaustivité, mais entend donner quelques idées maîtresses pour penser l'environnement et la planétologie avec quelques exemples édifiants. L'évaluation consiste en un contrôle des connaissances par écrit.

Cours G.Plantes OGM et pesticides : quels avenir ?

**Arnould Savouré arnould.savoure@upmc.fr
et Matthieu Dacher matthieu.dacher@upmc.fr**

L'utilisation de plantes génétiquement modifiées a suscité de nombreux et virulents débats et profondément divisé notre société. Actuellement, ces plantes sont utilisées dans plus de 28 pays sur plus de 180 millions d'hectares, à l'exception notoire de l'Europe où un moratoire en interdit leur utilisation agronomique. Ce cours a pour objectif de donner des bases scientifiques solides afin de mieux comprendre les débats et les enjeux liés à l'utilisation de ces plantes et d'être un acteur éclairé dans ces débats. A cette fin, nous prendrons notamment comme exemple l'utilisation des pesticides de synthèse en agriculture dans le contexte d'une réduction de 50% de leur emploi à l'horizon 2018 et de leur impact dans le déclin des pollinisateurs. Il sera notamment abordé une réflexion sur l'utilisation de plantes OGM synthétisant elles-mêmes ces molécules qui pourrait peut-être permettre de limiter voire de supprimer totalement l'usage de pesticides.

L'impact des insecticides sur les pollinisateurs et les principes généraux de pharmacologie du comportement et d'écotoxicologie seront présentés, ainsi que le mode d'action de quelques insecticides et toxines de plantes et la façon dont les insectes peuvent s'y adapter. Le déclin des populations de pollinisateurs sera ensuite étudié en prenant l'abeille, comme exemple : on abordera notamment le rôle des insecticides dans ce phénomène. L'infection des insectes par la bactérie *Bacillus thuringiensis* (qui produit la toxine Bt) sera également traitée.

Après un rappel sur les principales méthodes permettant l'obtention et l'utilisation de plantes génétiquement modifiées, les différents types d'OGM pouvant être produits seront présentés, ainsi que leur emploi en agronomie. Une plus grande attention sera portée à la synthèse de toxines par ces plantes afin de limiter l'utilisation et la diffusion de pesticides dans l'environnement et donc limiter les pollutions associées à ces molécules toxiques.

Projet Océan et Environnements marins

Responsable : Céline Ridame (celine.ridame@locean-ipsl.upmc.fr)

L'objectif du projet est de réaliser un travail de synthèse, autour d'un thème scientifique lié à l'« Océan et les environnements marins », choisi par les étudiants dans la liste ci-dessous. Les étudiants travaillent en binôme et doivent effectuer une recherche bibliographique (2-3 articles/étudiant). Une synthèse écrite illustrée par un résumé de 2 pages incluant une figure significative et la liste des références bibliographiques sera à rendre mi-novembre. Puis, les étudiants présenteront à l'oral devant un jury scientifique, la synthèse réalisée sur le thème choisi (15 mn par binôme). Cette présentation orale s'appuiera sur une présentation PowerPoint et l'exposé sera suivi de questions. Vous devrez fournir la liste de toutes les références bibliographiques utilisées, et écrites selon les normes imposées. Les oraux auront lieu début décembre.

Réponses de l'océan aux changements climatiques

1. Impact du réchauffement climatique sur la circulation océanique
2. Réponses des organismes calcifiants à l'acidification des océans
3. Quel est l'impact de l'acidification des océans sur le phytoplancton non calcifiant ?
4. Vers une désoxygénation de l'océan ?
5. Evolution temporelle des zones de minimum d'oxygène
6. L'océan est-il une source de gaz à effet de serre (CH₄, N₂O)?
7. Impact des changements climatiques sur les coraux

Pollution des océans

8. Pollution chimique des récifs coralliens et conséquences
9. Invasion des étoiles de mer épineuses : conséquences sur les récifs coralliens
10. Eutrophisation des zones côtières
11. Prolifération de micro-algues toxiques
12. Les micro-plastiques

L'océan : un puits de CO₂

13. Fertilisation artificielle en fer de l'océan Austral et conséquences sur le puits de CO₂
14. Fertilisation artificielle des océans : une solution de la géo-ingénierie au réchauffement climatique ?
15. Impact des apports atmosphériques de poussières sahariennes sur l'activité phytoplanctonique
16. Les volcans peuvent-ils fertiliser l'océan ?
17. Pourquoi l'océan Austral est-il un puits de CO₂ ?

Les écosystèmes profonds

18. Les sources hydrothermales : une source de micro-nutriments ?
19. Les suintements froids : une source de méthane ?

Projet Paléoclimatologie et archéologie (ARCHEO)

Responsable : Sylvain Huon (sylvain.huon@upmc.fr)

L'objectif du projet est d'essayer de relier "l'homme et ses activités" avec les changements climatiques passés en réunissant à la fois, les résultats des recherches menées sur le climat ces dernières années et les informations fournies par les études historiques et/ou archéologiques. Le travail s'effectuera en binômes à partir d'une recherche bibliographique personnelle et d'articles fondamentaux proposés au départ. Les binômes devront synthétiser (approche critique) l'information donnée, présenter oralement les principaux faits et leurs interprétations oralement sous forme de présentation Powerpoint (15 mn par binôme, références bibliographiques placées à la fin du diaporama) et fournir un résumé de 2 pages incluant une figure significative soit réalisée pour le sujet choisi soit extraite de la bibliographie.

Les sujets proposés concernent essentiellement des environnements quaternaires récents et cherchent à intégrer les connaissances sur le fonctionnement de la "machine climatique" (couplages océan, glace, végétation, atmosphère, sol) et son impact sur les sociétés humaines du passé (sédentarisation, migration, adaptation, disparition). Ils sont compatibles avec plusieurs cours proposés dans l'UE (Le Climat et ses variations, Cycle de l'eau : enjeux globaux, Océan et cycle du carbone). En retour, on cherchera à utiliser l'information que peut nous apporter l'étude des sociétés humaines sur la connaissance des climats du passé et l'on prendra en considération « la possible » influence de l'homme sur son milieu (voire même sur le climat) avant la révolution industrielle.

Exemples de sujets proposés :

1. Les chasseurs-cueilleurs du paléolithique Supérieur (70000-10000 ans BP) ont-ils dû s'adapter à des changements climatiques rapides ?
2. Peut-on connecter les changements culturels en Chine à l'Holocène avec l'intensité de la mousson à partir de l'analyse de concrétions calcaires de grottes ?
3. Le déclin de la civilisation maya avant la colonisation espagnole est-il dû à une aridification du climat ou une mauvaise gestion des sols ?
4. Les événements de type El Niño existaient-ils au Néolithique ou sont-ils une conséquence du réchauffement climatique actuel ?
5. Les pratiques agricoles liées à la néolithisation ont-elles modifié le climat il y a 8000-5000 ans BP ?
6. Les grandes pandémies sont-elles liées aux changements climatiques ou au développement des activités humaines ?
7. A quand faire débiter l'Anthropocène, une nouvelle ère « géologique » définie à partir des activités humaines et de leur impact sur l'environnement ?
8. Les événements qui ont conduit à la révolution française sont-ils dus à de mauvaises récoltes induites par un épisode climatique particulier ?
9. Pourquoi les populations ont-elles pu coloniser le Sahara il y a 8000-6000 ans BP pendant l'optimum climatique Holocène ?
10. Comment la colonisation du Groenland par les Viking a-t-elle pu s'effectuer au X^{ème} siècle de notre ère ?
11. Les concrétions calcaires d'aqueducs romains enregistrent-elles les variations climatiques et/ou la gestion des ressources en eau ?

Cette liste n'est pas exhaustive et peut être étendue si les propositions faites sont conformes à l'esprit du projet. Les différents sujets proposés ne demandent pas de prérequis particuliers.

Projet Sciences de l'Océan, de l'Atmosphère et du Climat (MOCIS-BA)

Responsable : Solène Turquety (solene.turquety@sorbonne-universite.fr)

Deux types de projets sont proposés : la modélisation numérique du bilan énergétique global et du climat ou l'étude bibliographique de synthèse autour d'un thème choisi. L'un et l'autre sont réalisés en binôme. Le projet modélisation fait l'objet d'un rapport (environ 15 pages et programmes en annexe) à rendre mi-novembre. Pour le projet bibliographique, les modalités d'évaluation sont les mêmes que pour les autres projets GQE : rapport synthétique (environ 800 mots) avec une figure de synthèse à réaliser et la liste de références, ainsi qu'une présentation orale (15mn par binôme).

Travaux Pratiques de modélisation numérique idéalisée du climat

Prérequis : Bases en physique et notions de programmation (matlab, python, ...)

Ces projets ont pour objet la modélisation du bilan énergétique global de la Terre à l'aide de formulations mathématiques simples et d'outils informatiques.

Dans un premier temps, tous les étudiant(e)s définissent un modèle climatique simple simulant le bilan énergétique de la Terre à l'équilibre. La température moyenne actuelle de la Terre et sa sensibilité à une variation du rayonnement solaire sont déduites de ce modèle.

Dans un deuxième temps, les étudiant(e)s sont invité(e)s à choisir entre 2 TPs:

1. Le modèle de Milankovitch simplifié : Ce projet permet d'étudier les variations de la température de la Terre en fonction de son orbite. Nous retrouvons ainsi les grands cycles des climats passés.
2. Calotte polaire et transport de chaleur : Ce projet permet d'étudier l'influence de l'extension de la calotte polaire et du transport de chaleur horizontal (équateur-pôles), sur la température de la Terre.

Les formulations simplifiées de l'équilibre énergétique de la Terre utilisées dans ces travaux pratiques ont été proposées par M. L. Budyko en 1969. Elles donnent des ordres de grandeur des variables climatiques (éclairage solaire, albédo planétaire, transport de chaleur, etc.) jouant un rôle clé dans l'équilibre énergétique de la Terre. Elles permettent ainsi d'estimer la sensibilité de la température de la Terre à des modifications naturelles de certaines variables climatiques telles que le rayonnement solaire ou l'extension de la calotte polaire par exemple. Les modèles utilisés actuellement sont beaucoup plus complexes et intègrent les interactions entre océan, atmosphère et surface continentale. Cependant, la notion de « sensibilité climatique » introduite à l'époque est toujours d'actualité pour comprendre le climat actuel et prévoir le climat futur.

Les séances de projets se déroulent :

1. Dans la salle 229 à l'Atrium
2. Les mardi 8h30-10h30 ou 10h45-12h45 : 5 séances, selon la disponibilité des étudiant(e)s.

Contact : Myrto Valari (myrto.valari@lmd.polytechnique.fr)

NB : ces projets sont issus des travaux de K. Laval et M-A. Filiberti

Projets bibliographiques :

Les projets proposés sont à la fois axés sur les sciences de l'atmosphères et sur leurs interactions avec la surface (dont plusieurs projets bidisciplinaires).

L'observation spatiale de la Terre s'est fortement développée au cours des 2 dernières décennies. Plusieurs projets SOAC ont été définis dans le but de découvrir à la fois une thématique de recherche forte autour de l'océan, l'atmosphère et le climat, mais aussi les techniques utilisées pour leur observation depuis l'espace avec l'exemple d'une mission satellitaire.

Trois rendez-vous obligatoires par binôme sont fixés avec l'enseignant :

1. Point des notions clés, affinement du sujet, pistes pour aller plus loin
2. Discussion menée par les étudiants sur les résultats des recherches bibliographiques, questions éventuelles
3. Discussion et préparation de l'oral

Proposition de projets :

Lien direct avec les missions spatiales :

1. Observer les nuages et les précipitations avec le laser CALIPSO et le radar CloudSat (missions CNES/NASA)
2. Comprendre et suivre les cyclones tropicaux (mission ESA Meteosat)
3. Quantifier le bilan radiatif de la Terre (mission CNES/ISRO Mégha-Tropique/ScaRaB)
4. Ozone stratosphérique et trou d'ozone : où en est-on ? (mission CNES/EUMETSAT IASI)
5. Observation des gaz à effet de serre et lien avec les sources d'émission
6. Quantifier la fonte des glaces (mission NASA/CNES GRACE)
7. Evolution de la hauteur de océans (missions NASA/CNES Topex-Poséidon et JASON)
8. Observation de la végétation depuis l'espace : quels paramètres peut-on quantifier ?
9. Suivi des panaches volcaniques (mission CNES/EUMETSAT IASI)

Autres projets disciplinaires :

10. Extrêmes météorologiques et changement climatique
11. Particules fines dans l'atmosphère : quel impact sur le climat ?
12. Qualité de l'air : enjeux et liens avec le changement climatique

Projets bidisciplinaires :

13. Eruptions volcaniques, quel impact sur le climat ?
14. Pollution atmosphérique, changement climatique et productivité agricole
15. Feux de forêt : impact et évolution avec le changement climatique

Contact : Solène Turquety (solene.turquety@sorbonne-universite.fr),

Hélène Chepfer (helene.chepfer@upmc.fr)

Projet Planétologie

Responsable : Aymeric Spiga (aymeric.spiga@upmc.fr)

Les projets de Planétologie se proposent de découvrir l'une des nombreuses problématiques de recherche relatives à l'étude des planètes du système solaire ou des exoplanètes.

En prenant comme point de départ un article récent paru dans *Science* ou *Nature*, faisant état d'une découverte surprenante, d'une mesure quantitative importante et d'une réflexion théorique nouvelle, les étudiants doivent présenter le **contexte scientifique** entourant la parution de l'article, comprendre les **méthodes de mesure** associées et proposer une **analyse critique** des résultats de l'article.

Tous les projets PL se basent sur des disciplines également présentes en Géosciences :

1. Météorologie (ex : nuages de méthane sur Titan)
2. Géologie (ex : preuves de la présence passée d'eau liquide sur Mars)
3. Mécanique des fluides (ex : dynamique des disques protoplanétaires)
4. Spectroscopie (ex : composition de l'atmosphère des exoplanètes)
5. Biologie (ex : apparition de la vie sur la paléo-Terre)

La connaissance des planètes n'est donc qu'une facette un peu exotique de la connaissance du système Terre.

Différents articles sont proposés au choix en début de module, et les binômes présentent leur recherche sous deux formes : un **résumé écrit** au format « blog d'actualité scientifique » et une **présentation orale détaillée** décrivant rigoureusement les méthodes, résultats et implications de l'article. Il s'agit d'un module de découverte ne demandant pas de prérequis particulier.

Projets Systématique, Evolution et Paléontologie Ecologie, Biodiversité, Evolution

Responsable : Jean-Christophe Lata (jean-christophe.lata@upmc.fr)

Les projets SEP/ECIRE/EEF sont des projets d'études bibliographiques, sur des sujets d'écologie environnementale « brûlants » et polémiques, avec une volonté d'intégrer une dimension sociétale (globale, économique, politique) et d'exercer un certain esprit critique.

Ci-dessous, des exemples de sujets sont proposés, sachant que les étudiant(e)s ont le droit de proposer d'autres sujets si la thématique leur est chère. Les articles cités pour les thématiques sont là à titre d'exemple et de guide, étant considérés comme des articles « références ».

6 sujets bi-disciplinaires :

- A. Les Aires Marines Protégées (avec A Tuzet)
- B. Impact des changements climatiques sur les microorganismes du sol (avec H Chepfer)
- C. Les OGM face à la crise alimentaire du 21^{ème} siècle ? (Environmental biosafety and transgenic potato in a centre of diversity for this crop. Celis et al., 2004. Nature 432, 222-225) (avec A Savouré/A Dacher)
- D. L'agriculture biologique peut-elle remplacer l'agriculture intensive ? (Sustainability of three apple production systems. Reganold et al., 2001. Nature 410, 926-930) (avec A Savouré/A Dacher)
- E. Comment les changements globaux (principalement le réchauffement) vont influencer sur les aires de répartition des espèces ? (Spatial patterns in species distributions reveal biodiversity change. Wilson et al., 2004. Nature 432, 393-396) (avec H Chepfer)
- F. Importance des interactions plantes pollinisateurs. (Crop pollinisation from native bees at risk from agricultural intensification. Kremen et al., 2002. PNAS 99(26), 16812-16816) (avec H Chepfer)

11 sujets mono-disciplinaires :

1. La crise de biodiversité actuelle est-elle surévaluée ? (Have we overstated the tropical biodiversity crisis? Laurance, 2006. TREE 22(2), 65-70)
2. L'ingénierie écologique face aux enjeux du 21^{ème} siècle. (Ecological engineering : A field whose time has come. Mitsch & Jorgensen, 2003. Ecological Engineering 20, 363-377)
3. Les services écosystémiques et le consentement à payer. (The value of the world's ecosystem services and natural capital. Costanza et al., 1997. Nature 387, 253-260)
4. Le stockage du C dans les sols, réelle solution ou utopie ? (Ecosystem carbon storage in arctic tundra reduced by long-term nutrient fertilization. Mack et al., 2004. Nature 431, 440-443.)
5. Les espèces invasives et les conséquences sur le fonctionnement d'un écosystème ? (Mechanisms underlying the impacts of exotic plant invasions. Levine et al., 2003. Proc R Soc Lond B 270, 775-781)
- 5-1 Impact des corridors de dispersion dans la dissémination des espèces invasives. (The Role of Roadsides in Plant Invasions: a Demographic Approach. Christen & Matlack, 2006. Conservation Biology Vol.20, 385-391) et/ou Road verges as invasion corridors? A spatial hierarchical test in an arid ecosystem. Kalwij et al., 2008. Landscape Ecology 23, 439-451 et/ou The influence of disturbance and habitat on the presence of non-native plant species along transport corridors. Hansen et al., 2005. Biological Conservation 125, 249-259)
- 5-2 Espèces invasives: L'éradication, une solution ? (Eradication revisited: dealing with exotic species. Myers et al., 2000. TREE vol. 15(8), 316-320)

5-3 Impact des espèces invasives sur les espèces locales : compétition. (Review of negative effects of introduced rodents on small mammals on islands. Harris 2009. *Biological Invasions* 11, 1611–1630)

6-1. La structure du réseau plantes-pollinisateurs interactions généraliste VS spécialistes. (Long-term observation of a pollination network: fluctuation in species and interactions, relative invariance of network structure and implications for estimates of specialization. Petanidou et al., 2008. *Ecology Letters* 11, 564-575) et/ou Architecture of Mutualistic and Trophic Networks. Thébault & Fontaine, 2010. *Science* 329, 853-855)

6-2. Importance des relations plantes-pollinisateurs: un service écosystémique. (Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. Gallai et al., 2009. *Ecological economics* 68, 810-821) et/ou Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. Klein et al., 2007. *Proc. R. Soc. B* 274, 303–313)

6-3. Impact de la structure du paysage et des usages sur la structure des communautés d'insectes pollinisateurs. (Pollination and other ecosystem services produced by mobile organisms: a conceptual framework for the effects of land-use change. Kremen et al., 2007. *Ecology letters* 10, 299-314) et/ou Mass flowering crops enhance pollinator densities at a landscape scale. Westphal et al., 2003. *Ecology letter* 6, 961-965)

1. Mesurer la biodiversité. (Getting the measure of biodiversity. Purvis & Hector, 2000. *Nature* 405, 212-219)

8. Impact de la disparition des supers prédateurs

9. La lutte contre la désertification

10. Stockage du carbone dans les sols : réelle solution ou utopie ?

11. Impact des plastiques dans l'environnement : pistes, solutions et culs-de-sacs environnementaux

Projet Ecologie Marine et Terrestre

Responsables : Philippe Koubbi (philippe.koubbi@upmc.fr) et Dominique Lamy (dominique.lamy@upmc.fr)

Des contacts par email et des jours de rendez-vous directement ou par Skype seront proposés, chaque mois, jusqu'à la remise du rapport et la soutenance. Parmi les semaines à cibler la première dizaine d'octobre et le mois de novembre.

Les modalités d'évaluation des projets sont communes à tous les projets GQE. Ci-dessous des propositions de projets :

1. Biodiversité globale : Quelles sont les raisons de la sixième extinction ?
2. Biodiversité globale : Quelles sont les conséquences pour la biodiversité des risques nucléaires ?
3. Biodiversité globale : La fragmentation des habitats terrestres.
4. Océan Mondial : Comment définir des Aires Marines Protégées de haute mer en intégrant les changements climatiques ?
5. Océan Mondial : Quelles sont les conséquences de l'exploitation et du braconnage des requins dans l'océan Mondial ?
6. Océan Mondial : Comment la biogéographie marine pélagique de l'océan Mondial va se modifier en fonction des changements climatiques ?
7. Océan Mondial : Espèces invasives liées aux transports maritimes. Quel est le rôle des changements climatiques, quelles solutions à apporter ?
8. Océan Mondial : statut et avenir des écosystèmes profonds ?
9. Océan Mondial : l'océan devient-il « gélatineux » ?
10. Antarctique : Quelles sont les conséquences pour les prédateurs supérieurs de l'exploitation du krill antarctique face aux changements climatiques ?
11. Antarctique : Quelles sont les conséquences des changements climatiques sur les écosystèmes marins et les oiseaux de la Péninsule Antarctique ?
12. Antarctique : Quelles sont les conséquences de l'élévation des radiations d'UVB sur l'écosystème marin ?
13. Océanie : Comment expliquer l'extinction au cours des siècles de certaines espèces d'oiseaux de Nouvelle Zélande ?
14. Arctique : la fonte du pergélisol, conséquences écologiques et sociétales.
15. Arctique : Statut et avenir de l'ours blanc ?
16. Arctique : quelles sont les conséquences des changements climatiques sur les populations d'herbivores terrestres et des populations humaines qui en dépendent ?
17. Arctique : le passage du Nord-Ouest.

Projet Ecophysiologie et Ecotoxicologie

Responsable : Arnould Savoure (arnould.savoure@upmc.fr)

Arnould Savoure (Responsable projets)

Laboratoire iEES, APCE bât. 44-34, Case 237, 75252 Paris cedex 05.

Tél. : 01 44 27 26 72

Email : arnould.savoure@upmc.fr

Fabien Joux

Laboratoire d'Océanographie Microbienne, LOMIC UMR 7621 CNRS-UPMC

Observatoire Océanologique de Banyuls

F-66650 Banyuls-sur-Mer, France

Tél. : 04 6888 7342 / mobile: 06 46 27 51 22

Email: joux@obs-banyuls.fr

Projets bi-disciplinaires :

1. Réchauffement climatique, oligotrophisation des océans et adaptations des microorganismes (FJ)

Physique-biologie : comment le réchauffement climatique renforce la stratification thermique de la colonne d'eau, limite les échanges verticaux, contribue à l'oligotrophisation des eaux de surface ? Quelles sont les adaptations/sélections des microorganismes (bactéries phytoplancton) à ces environnements oligotrophes ?

Behrenfeld., M., O'Malley, R., Siegel, D., McClain, C., Sarmiento, J., Feldman, G., Milligan, A., Falkowski, P., Letelier, R., and Boss, E. (2006). Climate-driven trends in contemporary ocean productivity. *Nature*, 444, 752-755.

2. Conséquences du changement climatique sur les espèces invasives végétales (AS)

Physique-biologie : comment le réchauffement climatique favorise le développement de certaines espèces au détriment des espèces endémiques/locales ? L'accent sera mis sur les espèces invasives végétales.

Global threats from invasive alien species in the twenty-first century and national response capacities (2016). *Nature Comm.* DOI: 10.1038/ncomms12485

3. Les mangroves vont-elles disparaître suite au changement climatique (AS)

Physique-biologie : Actions du changement climatique sur le niveau des océans et ses conséquences sur les mangroves.

The vulnerability of Indo-Pacific mangrove forests to sea-level rise. *Nature*. 2015 Oct. 22;526(7574):559-63. doi: 10.1038/nature15538.

4. Quelles perspectives pour les biodiesels de 3^{ème} génération ? (FJ)

Chimie-Biologie : Quelles sont les différents composés d'intérêts et les différentes stratégies de production ?

Behera et al. (2014) Scope of algae as third generation biofuels. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology* 2:90.

5. Bactéries biominéralisantes : processus chimique et biologique, applications biotechnologiques (FJ)

Chimie-Biologie : quelles sont les différentes formes de minéraux qui sont formées par les bactéries en fonction de la composition chimique du milieu, mais aussi en fonction du pH, et de la température ?

Dhami et al. (2013) Biomineralization of calcium carbonates and their engineered applications: a review. *Front. Microbiol.* 4:314

6. Augmentation du CO₂ atmosphérique : effets bénéfiques ou délétères sur les plantes ? (AS)

Chimie-Biologie : Quelle sera la conséquence de l'augmentation du CO₂ atmosphérique sur les plantes ? Est-ce que toutes les espèces végétales seront favorisées ? Cela se traduira-t-il par une augmentation des rendements agricoles.

Franks et al. (2013). Sensitivity of plants to changing atmospheric CO₂ concentration: from the geological past to the next century. *New Phytol.* 197(4):1077-94.

Projets mono-disciplinaires :

7. Les bactéries fixées aux microplastiques : sont-elles là seulement pour faire joli ?

Oberbeckmann S., Kreikemeyer B., Labrenz M. (2018) Environmental Factors Support the Formation of Specific Bacterial Assemblages on Microplastics. *Front. Microbiol.* 8:2709. doi: 10.3389/fmicb.2017.02709

6. Impact du réchauffement climatique sur les pergélisols et les microorganismes associés (FJ)

Jansson JK, Tas N (2015) The microbial ecology of permafrost. *Nature Rev.* 12:414-425.

7. La fertilisation de l'océan comme technique de géo-ingénierie (FJ)

Lampitt et al. (2016) Ocean fertilization: a potential means of geoengineering? *Philosophical transactions of the Royal Society A* 366 :3919-3945.

8. Les bactéries des nuages : peuvent-elles faire la pluie et le beau temps ? (FJ)

Morry C. E. et al. (2014) Bioprecipitation: a feedback cycle linking Earth history, ecosystem dynamics and land use through biological ice nucleators in the atmosphere 20:341–351, doi: 10.1111/gcb.12447.

9. Les cyanobactéries seront-elles les gagnantes du changement climatique ? (FJ)

Ullah H, Nagelkerken I, Goldenberg SU, Fordham DA (2018) Climate change could drive marine food web collapse through altered trophic flows and cyanobacterial proliferation. *PLoS Biol*16(1):e2003446.

10. Les plantes sont-elles adaptées à une augmentation des températures ? (AS)

Nievola et al. (2017) Rapid responses of plants to temperature changes, *Temperature*, 4:4, 371-405, DOI: 10.1080/23328940.2017.1377812.

11. Les biostimulants sont-ils la solution pour limiter les intrants en agriculture (AS)

Xu L and Geelen D (2018) Developing Biostimulants From Agro-Food and Industrial By-Products. *Front. Plant Sci.* 9:1567. doi: 10.3389/fpls.2018.01567

12. Gestion des cultures de plantes transgéniques Bt et résistance des insectes à ces toxines (AS)

Carrière, Y., Fabrick, J. A., & Tabashnik, B. E. (2016). Can pyramids and seed mixtures delay resistance to Bt crops? *Trends in biotechnology*, 34(4), 291-302.

13. Impacts des températures sur les interactions plantes-champignons (AS)

Yang, R., Cai, X., Li, X., Christie, P., Zhang, J. and Gai, J. (2017), Temperature-mediated local adaptation alters the symbiotic function in arbuscular mycorrhiza. *Environmental Microbiology*. doi:10.1111/1462-2920.13737

14. Conséquences du changement climatique sur les forêts (AS)

Fei, S., Desprez, J. M., Potter, K. M., Jo, I., Knott, J. A., & Oswald, C. M. (2017). Divergence of species responses to climate change. *Science Advances*, 3(5), e1603055

15. Les mangroves jouent-elles un rôle important dans le cycle du carbone ? (AS)

Alongi, DM. (2014) Carbon cycling and storage in mangrove forests. *Ann Rev Mar Sci.* 6:195-219. doi: 10.1146/annurev-marine-010213-135020.

16. Microalgues en milieu polaire et réchauffement climatique. A quelles modifications peut-on s'attendre ? (FJ)

Hoppe CJM, Flintrop CM, Rost B. (2018) The Arctic picoeukaryote *Micromonas pusilla* benefits synergistically from warming and ocean acidification. *Biogeosciences* 15:4353–65.

Projet Géosciences (GEO) « La machine Terre »

Responsable : Hélène Balcone Boissard (helene.balcone_boissard@upmc.fr)

Les projets « *La machine Terre* » permettront d'appréhender la dynamique, les interactions et les couplages entre les différents compartiments de notre planète.

Ces projets sont basés sur des articles parus récemment (*Elements*, *Nature* et tous ses dérivés, *Geochroniques*, *Geosciences*...) : Lors du premier entretien, vous affinerez avec votre tuteur/tutrice l'article phare de votre projet GQE ainsi que la bibliographie en vous aidant du document à rendre aux bibliothécaires.

Les étudiants devront présenter une analyse critique de l'article en le replaçant dans le cadre des avancées scientifiques actuelles sur le sujet. Les étudiants travaillent en binôme et doivent effectuer une recherche bibliographique (1 à 3 articles/étudiant). Une synthèse écrite illustrée par un résumé de 3 pages incluant maximum deux figures significatives et la liste des références bibliographiques sera à rendre mi-novembre. Puis, les étudiants présenteront à l'oral devant un jury scientifique, la synthèse réalisée sur le thème choisi (15 mn par binôme, sous PowerPoint). L'exposé sera suivi de questions. Les oraux auront lieu début décembre.

Les projets encadrés par E. D'Acremont, H. Balcone-Boissard, E. Martin et M. Chassé

Quelques thèmes abordés:

- Tectonique et aléas/risques
- Géodynamique et climat
- Tectonique et échanges faunistiques

- Volcans et climat
- Les "chambres magmatiques"
- Durée et vitesse des processus magmatiques
- Les gaz volcaniques (soufre, halogènes)

- Volcanisme et système solaire

- Oxygénation de l'atmosphère
- Carbone des sols et climat
- Altération et climat
- Anthropocène, l'homme une force géologique ?

Annexe : exemple corrigé de carnet de bord

Les organismes génétiques modifiés : perception, applications et limites

Carnet de bord

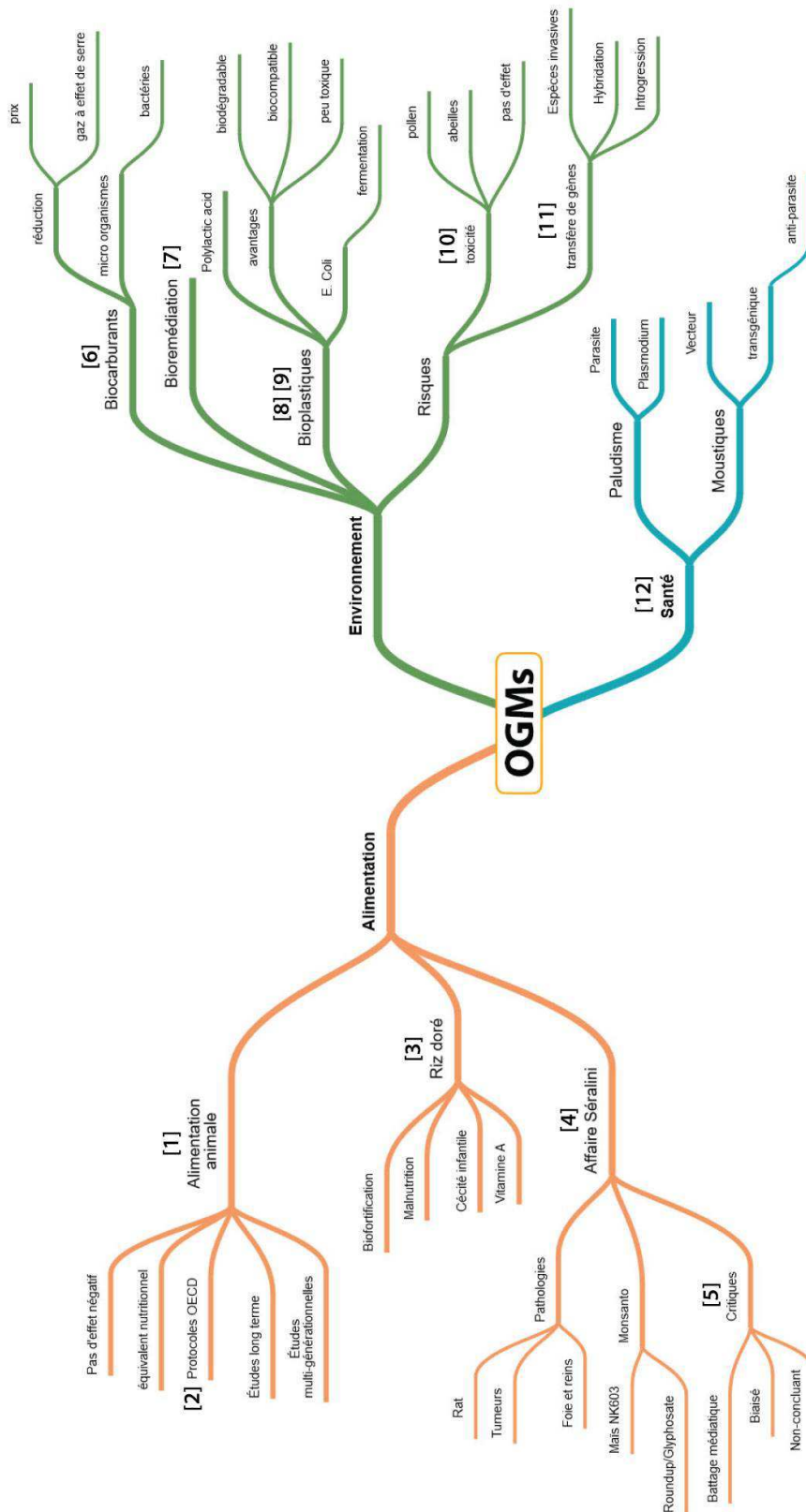
Adrien DEMILLY
Julien PROST

Introduction

Les organismes génétiquement modifiés (OGMs) sont la plupart du temps des espèces animales, végétales, fongiques ou bactériennes dont le génome a été modifié par l'humain pour leur apporter des propriétés absentes de leurs variétés sauvages. Ils sont utilisés dans de nombreux domaines d'application, de la recherche scientifique fondamentale à l'industrie agroalimentaire et font l'objet de nombreux débats, qui opposent régulièrement lobbyistes et associations écologistes.

Notre projet de recherche documentaire vise à répertorier les grands domaines d'utilisation des OGMs et à en détailler quelques exemples précis, mais également à discuter les questions et les craintes qui leurs sont associées, notamment dans les secteurs de l'écologie, de l'alimentation et de la santé humaine. Nous comparerons ainsi des documents grands publics et des textes réglementaires reflétant la perception des OGMs dans la société, ainsi que des articles académiques décrivant l'état des connaissances scientifiques dans le domaine.

Mots clés retenus



Descriptif de la recherche documentaire

Nous avons commencé par une recherche web très générale en utilisant le mot clé « OGM ». En parcourant une partie des résultats obtenus nous nous avons obtenus de nouveaux mots clés et distingué trois grandes thématiques : « Environnement », « Santé » et « Alimentation », que nous avons développées à l'aide des outils documentaires de Sorbonne Université. Le sujet des OGMs s'étendant au-delà de la sphère scientifique et prenant une dimension sociétale, nous avons cherché des articles de presse généraliste ou de vulgarisation scientifique en utilisant le méta moteur SUPER et la base de données Europresse. En suivant cette approche, nous avons notamment été interpellés par l'affaire Séralini, dont le traitement médiatique a provoqué une grande controverse et la rétraction de l'article, et avons récoltés plusieurs exemples précis dans nos trois thématiques : lutte contre le paludisme (santé), bioplastiques et biocarburants (environnement) ou encore riz doré (alimentation). Enfin, afin d'approfondir les aspects les plus scientifiques de notre sujet, nous avons utilisé la base de données Pubmed, qui nous a permis d'accéder d'une part à des review sur les sujets les plus larges (évaluation de la toxicité des OGM dans l'alimentation et pour l'environnement), et d'autre part à des articles expérimentaux pour certains exemples précis (riz doré et paludisme notamment).

Bibliographie Intermédiaire

- ANON., [sans date]. Test No. 408: Repeated Dose 90-Day Oral Toxicity Study in Rodents. In : [en ligne]. [Consulté le 11 juin 2019]. Disponible à l'adresse : https://www.oecd-ilibrary.org/environment/test-no-408-repeated-dose-90-day-oral-toxicity-study-in-rodents_9789264070707-en.
- FOUCART, Stéphane, 2018. OGM : six ans après l'« affaire Séralini », une étude conclut à l'absence de toxicité sur les rats. In : Le monde [en ligne]. 13 décembre 2018. [Consulté le 6 juin 2019]. Disponible à l'adresse : https://www.lemonde.fr/planete/article/2018/12/13/toxicite-des-mais-transgeniques-une-etude-d-ampleur-conclut-a-l-absence-d-effets-sur-les-rats_5396681_3244.html.
- ITO, Junitsu, GHOSH, Anil, MOREIRA, Luciano A., WIMMER, Ernst A. et JACOBS-LORENA, Marcelo, 2002. Transgenic anopheline mosquitoes impaired in transmission of a malaria parasite. In : Nature. mai 2002. Vol. 417, n° 6887, p. 452-455. DOI 10.1038/417452a.
- JUNG, Yu Kyung, KIM, Tae Yong, PARK, Si Jae et LEE, Sang Yup, 2010. Metabolic engineering of Escherichia coli for the production of polylactic acid and its copolymers. In : Biotechnology and Bioengineering. 1 janvier 2010. Vol. 105, n° 1, p. 161-171. DOI 10.1002/bit.22548.
- LE HIR, Pierre, 2010. Des bactéries transgéniques pour les biocarburants. In : Le monde [en ligne]. 3 décembre 2010. [Consulté le 11 juin 2019]. Disponible à l'adresse : https://www.lemonde.fr/planete/article/2010/12/03/des-bacteries-transgeniques-pour-les-biocarburants_1448486_3244.html.
- LU, Bao-Rong et YANG, Chao, 2009. Gene flow from genetically modified rice to its wild relatives: Assessing potential ecological consequences. In : Biotechnology Advances. novembre 2009. Vol. 27, n° 6, p. 1083-1091. DOI 10.1016/j.biotechadv.2009.05.018.
- ROSE, Robyn, DIVELY, Galen P. et PETTIS, Jeff, 2007. Effects of Bt corn pollen on honey bees: emphasis on protocol development. In : Apidologie. juillet 2007. Vol. 38, n° 4, p. 368-377. DOI 10.1051/apido:2007022.
- SACCO, Laurent, 2009. Du bioplastique moins cher grâce à Escherichia coli ? In : Futura Sciences [en ligne]. 26 novembre 2009. [Consulté le 11 juin 2019]. Disponible à l'adresse : <https://www.futura-sciences.com/sciences/actualites/chimie-bioplastique-moins-cher-grace-escherichia-coli-21579/>.
- SÉRALINI, Gilles-Eric, CLAIR, Emilie, MESNAGE, Robin, GRESS, Steve, DEFARGE, Nicolas, MALATESTA, Manuela, HENNEQUIN, Didier et DE VENDÔMOIS, Joël Spiroux, 2012. RETRACTED: Long term toxicity of a Roundup herbicide and a Roundup-tolerant genetically modified maize. In : Food and Chemical Toxicology. 1 novembre 2012. Vol. 50, n° 11, p. 4221-4231. DOI 10.1016/j.fct.2012.08.005.

SNELL, Chelsea, BERNHEIM, Aude, BERGÉ, Jean-Baptiste, KUNTZ, Marcel, PASCAL, Gérard, PARIS, Alain et RICROCH, Agnès E., 2012. Assessment of the health impact of GM plant diets in long-term and multigenerational animal feeding trials: A literature review. In : Food and Chemical Toxicology. mars 2012. Vol. 50, n° 3-4, p. 1134-1148. DOI 10.1016/j.fct.2011.11.048.

YE, X., 2000. Engineering the Provitamin A (Carotene) Biosynthetic Pathway into (Carotenoid-Free) Rice Endosperm. In : Science. 14 janvier 2000. Vol. 287, n° 5451, p. 303-305. DOI 10.1126/science.287.5451.303.

Évaluation des sources

SNELL, Chelsea, BERNHEIM, Aude, BERGÉ, Jean-Baptiste, KUNTZ, Marcel, PASCAL, Gérard, PARIS, Alain et RICROCH, Agnès E., 2012. Assessment of the health impact of GM plant diets in long-term and multigenerational animal feeding trials: A literature review. In : Food and Chemical Toxicology. mars 2012. Vol. 50, n° 3-4, p. 1134-1148. DOI 10.1016/j.fct.2011.11.048.

Il s'agit, comme son titre le stipule, d'une revue de littérature, ou review. C'est un exercice scientifique de synthèse de l'état de la recherche sur un sujet donné, analysant une longue liste de références. Elle est publiée dans la revue Food and Chemical Toxicology, éditée par Elsevier, revue scientifique américaine à comité de lecture qui publie des articles de toxicologie depuis 1963. Les auteurs, travaillent pour des institutions reconnues (University of Nottingham, AgroParisTech, Laboratoire de Physiologie Végétale – CNRS, INRA) et ont publié plusieurs articles dans le domaine de la biochimie, de la génétique ou de la biologie moléculaire). C'est une source académique de référence.

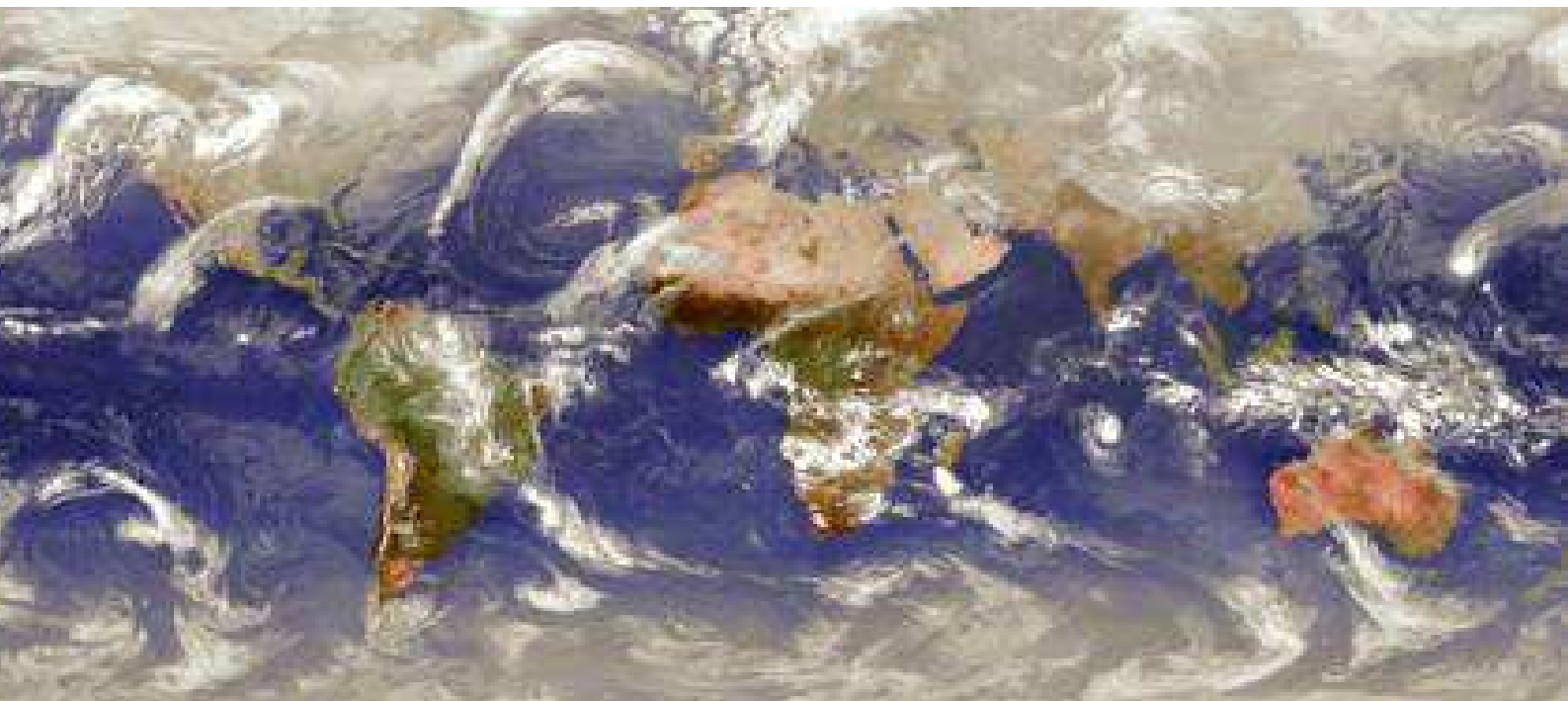
SACCO, Laurent, 2009. Du bioplastique moins cher grâce à Escherichia coli ? In : Futura Sciences [en ligne]. 26 novembre 2009. [Consulté le 11 juin 2019]. Disponible à l'adresse : <https://www.futura-sciences.com/sciences/actualites/chimie-bioplastique-moins-cher-grace-escherichia-coli-21579/>.

Article de presse spécialisée, hébergé sur le portail Futura, qui fait état d'une découverte de chercheurs coréens. L'article cite les sources des références académiques qu'il vulgarise, et se place dans le contexte du débat autour des OGMs comme défenseurs du progrès technique. Laurent Sacco est un journaliste de formation scientifique qui publie régulièrement depuis plus de dix ans dans Futura.

SÉRALINI, Gilles-Eric, CLAIR, Emilie, MESNAGE, Robin, GRESS, Steeve, DEFARGE, Nicolas, MALATESTA, Manuela, HENNEQUIN, Didier et DE VENDÔMOIS, Joël Spiroux, 2012. RETRACTED: Long term toxicity of a Roundup herbicide and a Roundup-tolerant genetically modified maize. In : Food and Chemical Toxicology. 1 novembre 2012. Vol. 50, n° 11, p. 4221-4231. DOI 10.1016/j.fct.2012.08.005.

L'article à l'origine de « L'affaire Séralini » a été publié dans la revue Food and Chemical Toxicology, revue scientifique à comité de lecture en 2012. Il porte la mention « Retracted » suite à la notice de rétraction publiée par l'éditeur en janvier 2014. Cette rétraction vient à la suite d'échanges avec la communauté scientifique à propos de la nature peu concluante (inconclusiveness en anglais) des résultats publiés, mais il n'est pas question de fraude (« no evidence of fraud or intentional misrepresentation of the data »). L'article original est donc surmonté de cette notice et des références aux différentes lettres adressées à la rédaction de la revue par de nombreux chercheurs. Si nous n'utilisons pas cette source pour son contenu scientifique, elle présente néanmoins une valeur intéressante pour son importance dans le débat scientifique et sociétal qui entoure les OGM.

NOTES



Sorbonne Université
Faculté des Sciences et Ingénierie
Département de MASTER SDUEE
Tour 46
Couloir 46/00
1er étage - Bureaux 105 à 107
boîte courrier 210
4, Place Jussieu
75252 PARIS Cedex 05