

La tête dans l'espace et les pieds sur Terre...

Les satellites pour observer l'environnement terrestre se succèdent en orbite. Le petit dernier Smos va tourner sur une orbite polaire pour mesurer l'humidité de la couche supérieure des sols et la salinité des océans. Pour autant ces outils pourraient faire oublier l'important dispositif scientifique de terrain dont la tâche consiste à étalonner et valider les équipements embarqués. Sans le maintien au sol d'importantes mesures réparties dans le monde entier, nos satellites seraient bien mal voyants.

ancer des satellites dans l'espace pour observer et comprendre l'environnement peut sembler une idée séduisante, mais encore faut-il savoir ce qu'ils mesurent réellement, comment le faire et, surtout, comment traiter et interpréter les données recueillies. Si ces images de la Terre ramenées de l'espace font rêver, elles n'existent que grâce à une solide connaissance scientifique des milieux naturels qu'elles représentent. « Les observatoires de terrain qui fournissent des observations précises en continu, mais très localisées spatialement et les satellites qui ont une vue beaucoup plus large, mais moins précise et plus échelonnée temporellement sont aujourd'hui complémentaires » fait remarquer Thierry Lebel, Directeur du Laboratoire d'étude des Transferts en Hydrologie et Environnement (LTHE) dont les équipes travaillent sur les procédés de calibration-validation des capteurs qui équipent certains satellites d'observation de l'environnement terrestre. Les sites de l'Observatoire de recherche en environnement (Ore)¹ Amma-Catch participeront à la validation du satellite Smos (voir encadré)² lancé le 2 novembre 2009, et à celle de la mission Mégha-tropiques, dont le lancement est prévu en 2010³. Alors que Smos va cartographier l'humidité des sols et la salinité des océans, Mégha-tropiques balaiera la ceinture intertropicale pour observer les nuages, les pluies, la vapeur d'eau et les flux radiatifs. Ce dernier a pour objectif d'améliorer les connaissances sur les transferts d'énergie qui s'opèrent dans la zone intertropicale pour mieux appréhender les phénomènes climatiques à l'échelle de la planète et de contribuer à améliorer la prévision météorologique à l'échelle régionale pour la zone tropicale.

Validation au sol

Si ces mesures satellitaires et *in situ* se complètent pour aider les spécia-

listes de l'environnement, ces dernières se révèlent aussi indispensables pour la mise au point des instruments satellitaires. « Aucune mission satellite portant sur l'environnement terrestre ne peut exister sans validation au sol », assure Thierry Lebel qui précise « que les capteurs embarqués sur un satellite ne mesurent pas directement les variables géophysiques qui intéressent les scientifiques, mais seulement les émissions électromagnétiques des surfaces observées. Retrouver ces variables à partir de ces observations brutes est une affaire d'algorithmes qu'il faut paramétrer et étalonner ». Après étalonnage, ces instruments d'observation seront ajustés en permanence en confrontant leurs mesures à celles réalisées *in situ*.

Une première étape consiste à réaliser un pré-étalonnage en laboratoire et parfois à l'aide d'observation par avion de sites bien connus. Mais « Les comparaisons avec des mesures au sol ne sont véritablement intéressantes que lorsque le capteur est à poste sur le satellite, lui-même sur son orbite » fait remarquer Thierry Lebel qui précise que « toutes les missions satellitaires ont un programme de "calibration-validation" reposant sur des sites au sol pour valider les capteurs ».

Alors que les sites de Mégha-tropiques se situent en Inde, en Afrique et en Amérique du sud, le satellite Smos s'appuie sur trois sites permanents – une zone sèche en Espagne, une plus humide en Allemagne et l'Observatoire Spatial Régional dans le Sud Ouest de la France – et un ensemble d'autres sites répartis dans le monde entier, allant du désert à la forêt tropicale, en passant par l'Antarctique. « Chacune de ces zones de calibration est choisie pour présenter un paysage différent », explique Yann Kerr responsable scientifique de la mission Smos au Cesbio. Si la notion de « Paysage » est déterminante pour Smos, dont les capteurs mesurent l'humidité de surface des sols, pour Mégha-tropiques c'est plutôt celle « type de convection » qui est un critère discriminant pour décrire différents types de formations hydrologiques atmosphériques. Les sites indiens, seront dédiés aux pluies associées à la mousson, alors que ceux d'Afrique concernent plutôt la convection profonde. Les trois sites d'Afrique de

l'Ouest de l'Ore Amma-Catch servent de sites de validation pour Smos et Megha-tropiques.

Bouée Pirata

Comme les capteurs de Smos vont aussi observer les taux de salinité à la surface des océans, un dispositif maritime est en place pour étalonner et valider ces mesures très spécifiques. « Entre des bouées mouillées (Pirata...) ou dérivantes, des profilers Argo qui réalisent des mesures jusqu'à 1 000 mètres de fond, ou encore des navires de recherche ou marchands qui sillonnent les océans, plus d'une dizaine d'instruments sont utilisés pour mesurer la salinité des océans », explique Thierry Delcroix, Directeur de Recherche au



Bouée Pirata.

Legos et responsable d'un service d'observations *in situ* de salinité. Malgré ces dispositifs, « certaines zones océaniques sont totalement sous échantillonnées en terme de mesures de salinité », précise le chercheur. Les observations Smos devraient multiplier ces relevés par un facteur 100, voire 200. Réaliser des mesures de l'environnement terrestre depuis l'espace est donc une opportunité pour obtenir des données homogènes dans l'espace et répétées dans le temps aux échelles globale et régionale. Par exemple, « si estimer correctement les précipitations sur l'ensemble de l'Afrique de l'Ouest est difficile aujourd'hui, Mégha-tropiques devrait améliorer ces estimations », souligne Thierry Lebel. Ces outils satellites ne dispensent aucunement de maintenir et développer les stations d'observation au sol, le savoir faire *in situ* restant fondamental pour étalonner les satellites et valider les mesures. L'IRD a donc un rôle clé à jouer dans la mise en place de ces missions d'observation par satellite de part la connais-



Satellite SMOS (Soil Moisture Ocean Salinity)

©MIRA-CESBIO

sance du terrain qu'ont ses équipes, leur expertise des milieux naturels tropicaux et leur habitude à gérer des stations d'observation dans les pays du Sud. « L'exploitation, en terme de recherche et de développement, que l'Institut peut faire des données recueillies grâce à ces outils de mesure en orbite est aussi un moyen, pour un établissement comme le Cnes, de valoriser les missions qu'il coordonne et finance en partie », estime Thierry Lebel. Cet investissement de l'Institut dans des opérations de calibration validation permet aussi de valoriser et rentabiliser ses sites

d'observation *in situ* et les équipements parfois onéreux qui y sont déployés.

1. Voir Sciences au Sud n° 45.
2. Smos est coordonné par l'Esa et le Cesbio (sur le plan scientifique) avec une importante contribution du Cnes et de l'Insu-Sic.
3. Mégha-tropiques est un partenariat franco-indien entre le Cnes et l'Indian Space Research Organization.

Contacts

yann.kerr@ird.fr
Thierry.Delcroix@ird.fr
Thierry.Lebel@ird.fr

Mesurer l'humidité des sols depuis l'espace

Il s'appelle Smos (Soil Moisture and Ocean Salinity) et ce satellite va tourner sur une orbite polaire pour mesurer l'humidité de la couche supérieure des sols et la salinité des océans. « C'est la première fois que nous disposerons d'une telle cartographie à l'échelle mondiale » souligne Yann Kerr responsable scientifique de la mission et directeur du Csesbio.

Si le chercheur anticipe sur les nouvelles données d'observation terrestre que le satellite va fournir, le défi technologique est aussi au rendez-vous, puisque Smos est le premier radiomètre mis en orbite capable de détecter l'humidité et la salinité.

Grâce à 69 petites antennes, il capte le rayonnement micro-onde émis par la surface terrestre dans la bande « L » à 1,4 GHz. Cette fréquence, connue pour être sensible aux taux d'humidité des sols ou de salinité de l'eau du fait du comportement électrique du milieu, présente aussi l'avantage de n'être que peu perturbée par la couverture nuageuse ou végétale. En contrepartie elle nécessite une antenne de fort diamètre pour avoir une résolution spatiale adéquate à partir d'une orbite à 750 km.

Le compromis trouvé pour Smos réside dans une antenne formée de trois bras repliables en « Y » de 8 mètres de diamètre pour une résolution d'une quarantaine de kilomètres. À cette échelle, le détecteur devrait montrer une précision de 4 % pour mesurer l'humidité des sols – la quantité d'humidité contenu dans un sol varie de 5 % à 50 % – et de 0,1 à 0,2 grammes pour la salinité des océans – qui varie de 32 à 37 grammes par litre – après agrégation spatiale (100 à 200 km). Les concepteurs de Smos envisagent déjà des améliorations pour le futur : trouver de nouveaux modèles pour extrapoler les informations de surface à la zone racinaire et en déduire l'humidité profonde ou faire évoluer la technologie pour mieux appréhender des surfaces de sable sec, de neige ou de glace. Pour Yann Kerr, l'objectif final serait d'aboutir à un véritable outil de gestion des ressources en eau.

Pour l'instant, Smos se « contentera » d'apporter sa contribution pour améliorer les prévisions météorologiques et celles des événements extrêmes. Il devrait ouvrir sur une meilleure compréhension du cycle de l'eau, de la variabilité du climat, et notamment de la circulation thermohaline.

La salinité des eaux étant un phénomène crucial dans le fonctionnement de ce tapis roulant océanique qui mélange eaux chaudes et eaux froides entre les hémisphères, Smos offre une opportunité pour mieux appréhender ce mécanisme clé du climat planétaire !



◀ Satellite Smos.

Sur la route des migrants

L'importance des flux migratoires dans le contexte géopolitique, économique et environnemental de ce début de XXI^e siècle constitue un champ d'investigation renouvelé pour la recherche en sciences humaines et sociales.

Alors que les grandes tendances passées se prolongeront au sein des grands systèmes migratoires, les déplacements de populations entre pays du Sud augmentent tandis que la croissance économique rapide des pays émergents conduit à de nouvelles réflexions. L'IRD est l'un des acteurs de la recherche internationale à travailler sur ce thème dans une perspective pluridisciplinaire.

Transferts migratoires et aide publique

L'argent envoyé par les migrants internationaux dans leurs pays d'origine est parfois présenté comme une alternative, susceptible de remplacer en partie l'aide publique au développement. L'économiste Flore Gubert¹, qui a récemment mené des travaux sur le sujet avec deux de ses collègues², réfute cette approche. « Ces transferts monétaires ne sauraient se substituer au soutien économique des États riches aux pays pauvres », estime-t-elle. Leur volume, il est vrai, ne dépasse l'aide – pourtant notoirement insuffisante – que pour 36 des 153 pays en développement. Et les connaissances de l'impact respectif de ces deux flux de capitaux sur la réduction de la pauvreté restent très parcellaires. « Pour évaluer leurs effets sur le développement humain, nous avons entrepris de mesurer et comparer leur incidence sur la mortalité infantile et infanto-juvénile », explique-t-elle. En utilisant des données portant sur 109 pays en développement, les scientifiques ont constaté que les transferts migratoires avaient effectivement des répercussions positives pour la santé des enfants, et même sensiblement

plus que l'aide publique. « *Globalement, précise la chercheuse, ils contribuent tous deux à faire reculer le taux de mortalité des nourrissons et des jeunes enfants, mais l'aide est surtout efficace dans les pays les plus pauvres.* »

Néanmoins, au sein même des sociétés concernées, l'appui financier des migrants profite majoritairement aux strates les plus aisées de la population. « *Paradoxalement, note Flore Gubert, le soutien des émigrés qui améliore en moyenne la santé des enfants, accroît le niveau des inégalités de santé.* » Enfin, l'impact des migrations sur la santé ne se limite pas à la seule manne économique qu'elles génèrent : « *La fuite des cerveaux, parmi les personnels de santé, compense en partie les bienfaits des transferts* », remarque-t-elle.

La stagnation de la mortalité des enfants depuis trois décennies dans les pays en développement, alors même que l'aide n'a cessé

d'augmenter, n'implique pas nécessairement son absence d'efficacité. « *Au-delà d'une polémique stérile sur les vertus comparées de l'aide et des transferts, il convient surtout d'explorer les déterminants microéconomiques de la mortalité infantile : c'est la condition pour cerner les causes des faibles performances des pays en développement, africains en particulier, en matière de santé des enfants* », estime-t-elle. ●

1. IRD, UR Développement, institutions et analyses de long terme.

2. Lisa Chauvet et Sandrine Mesplé-Somps.

Contact

Flore.Gubert@ird.fr

▼ Consultation au Sénégal.



Chargement d'un camion de transport de migrant.



L'Europe, via l'externalisation de sa politique de contrôle des migrations, perturbe au Sahara

un système ancien de circulations transfrontalières qui ne la concerne pas ou peu, explique le géographe Julien Brachet¹ dans une récente publication². Elle contribue à pousser des migrants régionaux d'une irrégularité tolérée, vers une clandestinité subie, et encourage indirectement le développement de réseaux frauduleux, au détriment des acteurs économiques traditionnellement impliqués dans la circulation transsaharienne des hommes et des marchandises. » La détermination de certains pays européens à endiguer en amont la venue des migrants clandestins, se traduit en effet, depuis quelques années, par une volonté de contrôle des espaces sahariens. Ces zones, avec les côtes méditerranéennes et atlantiques de l'Afrique, sont dorénavant considérées en Europe comme prioritaires dans la lutte contre l'immigration irrégulière en provenance du sud du

Un système mig

Sahara. « *Mais en réalité, seule une minorité des migrants qui traversent ce désert, a l'Europe pour destination finale* », précise-t-il. En effet, une migration sahélo-maghrébine s'est organisée depuis le milieu du XX^e siècle, pour pourvoir aux besoins algériens et libyens en main d'œuvre peu qualifiée. L'arrivée de ressortissants des pays de la rive sud du Sahara a permis de développer les régions méridionales des deux pays, alors même que les ressources humaines locales et nationales ne pouvaient y suffire. Faisant la prospérité de populations sahéliennes déshéritées et précarisées par les grandes sécheresses des années 1970 et 1980, le Maghreb est apparu comme un véritable eldorado régional, et reste aujourd'hui la principale destination des migrants transsahariens. Mais la focalisation des pouvoirs publics et des médias, tant en Europe qu'en Afrique du nord, sur la

Comptoirs africains en Chine

Les commerçants africains ont créé de véritables comptoirs à Hong Kong et à Guangzhou, comme le faisaient les premiers colons européens ! », remarque la sociologue Sylvie Bredeloup¹, révélant un aspect peu connu des liens migratoires et économiques entre le continent noir et le géant asiatique. Dans une publication consacrée à la

question², la chercheuse montre comment les hommes d'affaires subsahariens ont étendu leurs réseaux transnationaux tissés de longue date, jusqu'à installer des têtes de pont dans les ports chinois. « *Deux logiques, qui se sont progressivement fondues pour ne former qu'un même dispositif, semblent avoir présidé à cette dynamique* ». La première tient aux pierres précieuses africaines. Leur négoce est à l'origine de la constitution d'un réseau marchand entre l'Afrique, l'Europe et l'Asie, dans les années 1990. Il a permis aux commerçants africains, principalement des Maliens, de prendre pied dans les villes asiatiques, et à partir de ces avant-postes de prospecter de nouveaux marchés. Dans le même temps, l'autre logique a conduit les opérateurs commerciaux africains, qui se déplaçaient jusqu'alors vers Dubaï – la plate-forme mondiale de réexportation des produits chinois –, à remonter la filière jusqu'à la source. Ils vont désormais chercher les matériaux de construction, vêtements et autres bijoux qu'ils exportent, directement dans les zones économiques spéciales de République Populaire de Chine. « *Dans cette formule du comptoir africain, l'ancrage des uns, négocié avec la société d'accueil, permet la circula-*

tion des autres » explique-t-elle. Les premiers arrivés, installés à Guangzhou depuis 2000, mettent en place de nouvelles conditions d'hospitalité, déploient des bureaux et des show-rooms, proposent des services de dédouanement et de fret. « *Nombreux sont les Africains impliqués dans cette économie de comptoir, qui s'appuient sur leur compatriotes établis, pour venir acheter en Chine ce qu'ils revendront dans leur pays d'origine. Leurs profils sont très variés, note-t-elle, ce sont aussi bien des hommes que des femmes, célibataires ou mariés, diplômés ou non...* »

La chercheuse s'interroge toutefois sur l'avenir de ce dispositif marchand original. La marge de manœuvre des commerçants africains semble en effet se restreindre, à mesure de l'entrée en compétition de Chinois sur ces mêmes créneaux, de l'accroissement de la pression immobilière locale et du durcissement des politiques migratoires chinoises. ●

1. Laboratoire Population-Environnement-Développement (LPED)

2. dans *Perspectives chinoises*, 2007, et plus récemment, dans *Critique internationale* de juillet-septembre 2009, co-rédigé avec B. Bertonecello et O. Pliez.

Contact

sylvie.bredeloup@ird.fr



Les migrations internationales contribuent-elles au développement des pays d'origine ?

La démographe Véronique Petit¹, qui a coordonné un ouvrage sur les phénomènes migratoires envisagés depuis les régions de départ², apporte des éléments de réponse à cette question. « *Sur le plan matériel, le montant des transferts effectués par les migrants originaires du Sud vers leurs pays – plus de 160 milliards de dollars par an –, représente trois fois plus que l'aide publique au développement, note-t-elle. Pour bon nombre de pays, cette manne est capitale.* » En Turquie, en Égypte ou au Maroc par exemple, elle est supérieure aux revenus du tourisme, un secteur d'activité pourtant très développé. La chercheuse réfute les arguments de certains observateurs, qui considèrent que ce pactole ne profite

Opportunités de

guère à la croissance économique locale, sous prétexte qu'il est fréquemment dilapidé en dépenses somptuaires. « *Outre le fait que l'impact de ces transferts n'est pas toujours facile à mesurer au niveau local, les dépenses ostentatoires entraînent une circulation monétaire, puisque elles suscitent production et consommation. Si les transferts n'alimentent pas toujours des investissements jugés productifs dans le pays, cet argent contribue au développement social des individus et de leurs familles. Il joue le rôle d'assurance maladie, permet d'investir dans la scolarisation des enfants et de se prémunir contre les aléas de la vie, notamment dans le domaine de la santé et de la sécurisation alimentaire : il amortit le risque de paupé-*

Africaine de Chine, au pied du Tianxiu Building dans le quartier Xiaobei à Guangzhou. ▼



© IRD/S. Bredeloup



s et de marchandises au Niger, de retour de Libye.

territoire perturbé

faible proportion de migrants qui tentent de traverser la Méditerranée, est venue tout compliquer. « *La mobilité des ressortissants subsahariens s'est trouvée systématiquement assimilée à des migrations économiques transcontinentales*, ajoute-t-il. *La confusion entre migration transsahariennes et migrations transméditerranéennes, occulte la diversité et la complexité des circulations sahariennes contemporaines.* » Les États de la rive septentrionale du Sahara sont fermement encouragés par les pays européens à contrôler l'accès des ressortissants étrangers à leur territoire, ainsi que leur départ. « *L'Algérie et la Lybie s'accrochent d'autant plus facilement de la volonté de leurs voisins européens, qu'ils utilisent eux-mêmes la pratique des arrestations et des expulsions collectives depuis des décennies pour gérer la présence étrangère sur leur sol.* » Concrètement, les migrants en situa-

développement ?

tion irrégulière, qui entraînent et séjournent naguère dans ces pays au gré de la tolérance ou de la corruptibilité des agents étatiques, sont maintenant contraints à la clandestinité. Pour le géographe, ce durcissement des politiques migratoires européennes et africaines rend plus difficile, risqué et onéreux, la circulation et le séjour des migrants subsahariens au Maghreb, et perturbe tout un système migratoire globalement bénéfique aux pays africains qu'il concerne en priorité.

1. Unité Développement et Sociétés.
2. Le Maghreb à l'épreuve des migrations subsahariennes. Immigration sur émigration. Karthala, Paris, 2009.

Contact
Julien.Brachet@ird.fr

En savoir plus
Migrations transsahariennes. Vers un désert cosmopolite et morcelé (Niger) vient de sortir aux éditions du Croquant.

participation aux processus politiques de démocratisation ou de décentralisation. « *Cependant, prévient-elle, la pleine valorisation du potentiel de ces acteurs dépend de la liberté de circulation dont ils disposent dans l'espace international, des droits que leur accordent les sociétés d'arrivée, et de la reconnaissance qu'ils trouvent dans leurs pays d'origine. Il ne peut y avoir d'enrichissement, donc de développement, que si ce rôle de passeurs est apprécié favorablement et politiquement à sa juste valeur.* »

1. CEPED – centre population et développement.
2. Migrations internationales de retour et pays d'origine. Les Collections du CEPED 2007, pp. 27-45.

Contact
veronique.petit@ceped.org

tion irrégulière, qui entraînent et séjournent naguère dans ces pays au gré de la tolérance ou de la corruptibilité des agents étatiques, sont maintenant contraints à la clandestinité. Pour le géographe, ce durcissement des politiques migratoires européennes et africaines rend plus difficile, risqué et onéreux, la circulation et le séjour des migrants subsahariens au Maghreb, et perturbe tout un système migratoire globalement bénéfique aux pays africains qu'il concerne en priorité.

1. Unité Développement et Sociétés.
2. Le Maghreb à l'épreuve des migrations subsahariennes. Immigration sur émigration. Karthala, Paris, 2009.

Contact

Julien.Brachet@ird.fr

En savoir plus

Migrations transsahariennes. Vers un désert cosmopolite et morcelé (Niger) vient de sortir aux éditions du Croquant.

participation aux processus politiques de démocratisation ou de décentralisation. « *Cependant, prévient-elle, la pleine valorisation du potentiel de ces acteurs dépend de la liberté de circulation dont ils disposent dans l'espace international, des droits que leur accordent les sociétés d'arrivée, et de la reconnaissance qu'ils trouvent dans leurs pays d'origine. Il ne peut y avoir d'enrichissement, donc de développement, que si ce rôle de passeurs est apprécié favorablement et politiquement à sa juste valeur.* »

1. CEPED – centre population et développement.
2. Migrations internationales de retour et pays d'origine. Les Collections du CEPED 2007, pp. 27-45.

Contact

veronique.petit@ceped.org

Vers de nouvelles formes de coopération



a Guyane accueille 60 000 étrangers sur 210 000 habitants que compte ce département

français d'outre-mer. Une configuration d'autant plus singulière que ces immigrants, originaires d'Haïti et des pays frontaliers, le Surinam et le Brésil, seraient 30 000 en situation irrégulière¹. Cette configuration questionne une politique française en matière d'immigration qui s'appuie sur deux piliers. La maîtrise des flux migratoires (contrôle des frontières, quotas, expulsions, ...) d'une part, et d'autre part, le soutien à des projets de migrants ou d'associations de migrants (le co-développement) voire le soutien aux gouvernements dont sont originaires les migrants (le développement solidaire)². L'immigration brésilienne en Guyane constitue un cas singulier au regard de cette politique. « *Celle-ci vise essentiellement les pays les plus pauvres – et d'abord les pays africains – alors que, pour des raisons qui sont autant diplomatiques qu'économiques, il est peu concevable qu'elle puisse s'appliquer aux pays émergents ; au Brésil en particulier* », souligne Luc Cambrezy, géographe à l'IRD³. Lors de la construction de la base spatiale et de la ville de Kourou (fin des années 1960), il a largement été fait appel à une main d'œuvre brésilienne compétente et bon marché ; notamment dans le secteur de la construction. Une partie de cette population s'y est enracinée et, au gré des opportunités de travail, s'est développée une pratique de la circulation migratoire entre la



◀ Intérieur d'un immigré brésilien, entrepreneur en BTP, à Remire-Montjoly en Guyane.

© IRDF-Plantoni

Guyane et le Brésil que, paradoxalement, la politique d'expulsion ou de reconduite à la frontière des migrants en situation irrégulière ne fait sans doute qu'amplifier. De fait, les multiples liens qui existent entre les « Guyanais » (français de naissance ou par acquisition), les migrants en situation régulière et ceux qui ne le sont pas, rendent incertaine la volonté de maîtrise des flux migratoires sur un territoire aux frontières très largement incontrôlables. Il est vrai cependant que l'attractivité de la Guyane est relative. Avec un taux de chômage voisin de 30 %, les aller-retour de ces populations sont de ce fait aussi l'expression d'une forme d'auto-régulation des migrations qui, dans le cas présent, questionne la pertinence de la distinction binaire entre le Nord et le Sud, alors même que celle-ci est au fondement des politiques migratoires. Eu égard au dynamisme du peuplement en Amazonie brésilienne et au développement de ce pays, la problématique migratoire devient ainsi une

question totalement partagée. Elle concerne autant la nature et la forme du développement économique et social de la Guyane que la réduction des inégalités dans les États d'origine des migrants brésiliens. « *Dans ce contexte spécifique, si la politique de co-développement a peu d'avenir, il existe en revanche une opportunité de donner un sens à ce développement solidaire que le gouvernement français entend promouvoir* », suggère Luc Cambrezy. Un vaste chantier, qui pourrait ouvrir la voie à bien des innovations. La construction prochaine d'un pont sur le fleuve Oyapock (frontière entre Brésil et Guyane) pourrait en donner le signal.

1. Sources : autorité préfectorales.
2. <http://www.immigration.gouv.fr>
3. UMR Ceped, coordinateur du projet ANR Dynamiques des circulations migratoires et mobilités transfrontalières entre Guyane, Surinam, Brésil, Guyane et Haïti.

Contact

Luc.cambrezy@ird.fr

Bouleversements latino-américains



ans les deux dernières décennies, les migrations ont été à l'origine de très profondes mutations politiques et sociales en Amérique latine. Ce continent connaît des mouvements de populations, internes et internationaux, d'une ampleur et d'une intensité inédites. « *L'exode rural massif a bouleversé en peu de temps les discours et les pratiques politiques, relève le géographe Hubert Mazurek. Il a suscité la reconnaissance des communautés indigènes, dont la pleine citoyenneté doit désormais être envisagée* ». Les populations autochtones et afro-descendantes, qui vivaient jusqu'à présent dans des territoires excentrés, oubliés et abandonnés par les gouvernements centraux, ont fait irruption dans les villes et dans le paysage politique. Poussées par la pauvreté ou délogées par les troubles politico-militaires qui secouent certaines régions, elles sont venues grossir les faubourgs de toutes les métropoles. « *En sortant des campagnes, ces nouveaux arrivants ont acquis une visibilité qui leur faisait défaut*, souligne ce dernier. *La société a dû admettre leur existence, leurs spécificités, et répondre à leurs revendications.* » La nécessité d'intégrer ces groupes, avec leurs particularismes, dans la gouvernance et l'espace urbain, a ouvert la voie au concept de « multiculturalité ». Il fait aujourd'hui florès de La Paz à Caracas, en passant par Quito. « *En Colombie*, rapporte ainsi le démographe Olivier Barbary¹, *les populations noires de la région du Choco sur la côte Pacifique, délaissées depuis toujours, ont fui les groupes armés des Farc pour se*

réfugier à Cali. Du coup, il est devenu difficile pour les pouvoirs publics d'ignorer leur présence, tant elle est manifeste dans la ville. » Les migrations ont également un impact déterminant sur les territoires de départ. Le volume des déplacements, vers la ville ou vers l'étranger, modifie fortement les équilibres démographiques et pourrait affecter la continuité des modèles traditionnels. « *Certaines provinces se trouvent littéralement vidées de leurs habitants*, explique Hubert Mazurek. *La région de Cuenca en Équateur, par exemple, a vu sa population divisée de moitié en vingt ans par l'émigration vers l'Espagne et les États-Unis !* » Le tableau est le même sur l'Altiplano bolivien, où plus de la moitié des communautés indigènes a rejoint les centres urbains ou l'Argentine. « *Ce sont les jeunes, les actifs qui partent, provoquant un vieillissement prématuré de la population des régions d'origine* », explique le géo-

graphe. Dans le Chiapas, au Mexique, les deux tiers des 50 000 personnes qui prennent la route vers le voisin du nord chaque année, ont moins de 30 ans ! Dans l'immédiat cela pose des problèmes de main d'œuvre, car l'agriculture traditionnelle, telle qu'elle se pratique dans les territoires indigènes, requiert des bras nombreux. Mais à terme, c'est la perte d'identité qui guette : restées seules, les personnes âgées ne perpétueront pas indéfiniment les formes traditionnelles de pouvoir et les valeurs communautaires. « *Les migrations, qui ont élevé l'identité indigène au plan national, pourraient paradoxalement la saper dans leurs territoires d'origine !* » remarque-t-il.

1. UMR151 – Laboratoire Population-Environnement-Développement.

Contacts

Hubert.Mazurek@ird.fr
Olivier.barbary@ird.fr



◀ La migration a pour effet un vieillissement des populations qui remet en cause le fondement même des pratiques traditionnelles des populations indigènes, en particulier de pouvoir.

© IRDF/H. Mazurek

L'épigénétique offre de nouvelles clés pour comprendre le vivant

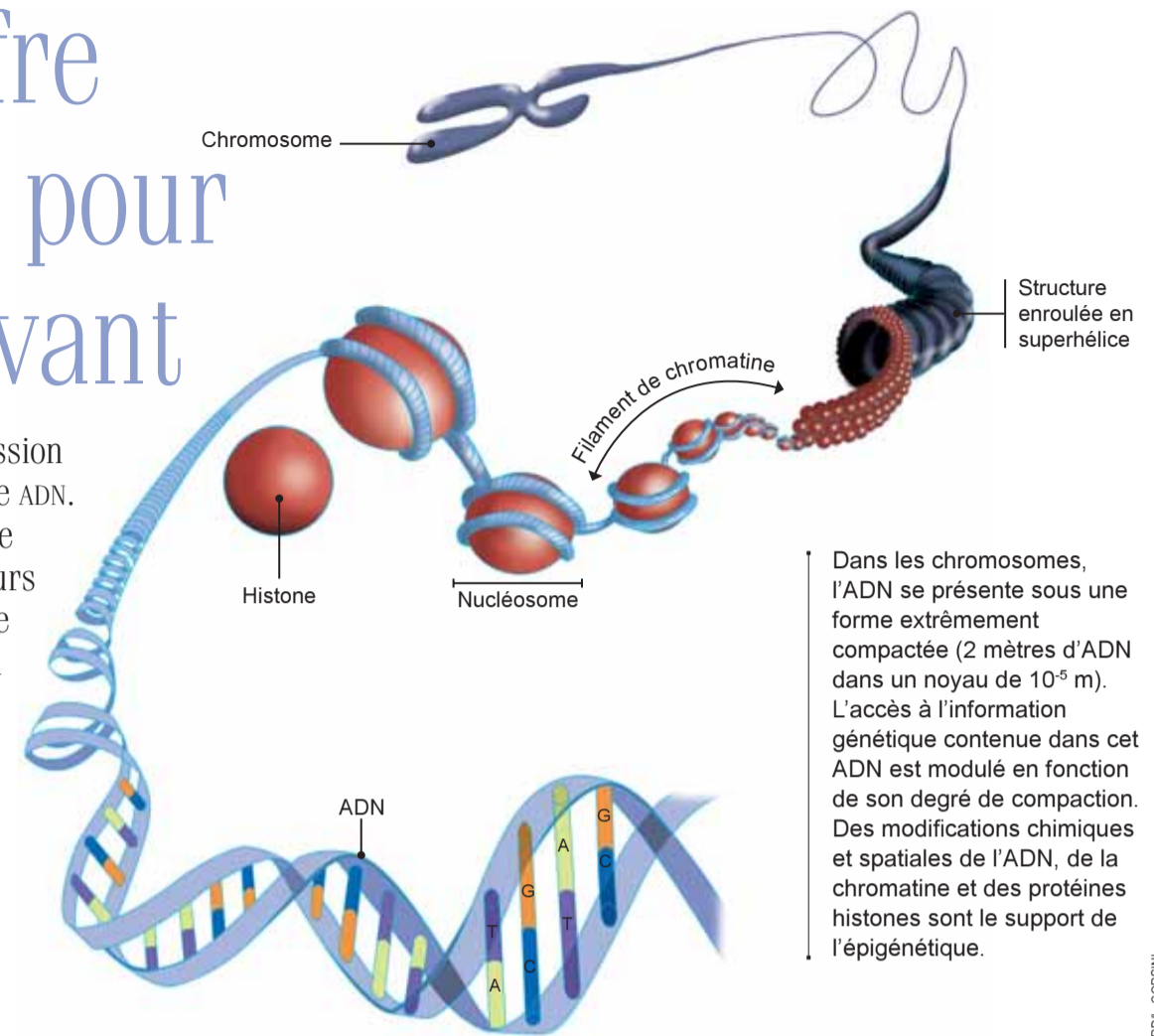
L'épigénétique désigne les changements de l'expression des gènes n'impliquant pas d'altération de la séquence ADN.

L'information portée par le code génétique peut être modulée, sans recours à des mutations, par des facteurs environnementaux. L'étude de ce domaine scientifique apporte des clés pour la compréhension de nombreux phénomènes en biologie animale ou végétale : développement, reproduction, adaptation à l'environnement, relations hôtes / parasites...

Ping pong entre plantes et virus

Dans la guerre « plantes contre pathogènes », tous les coups sont permis. Les plantes comptent sur leur mécanisme de défense anti-viral. Mais les virus parviennent à contourner ce mécanisme en partie sous régulation épigénétique. Une équipe de l'IRD (UMR Laboratoire Génome et Développement des Plantes) a identifié les protéines codées par le virus de la panachure jaune du riz et responsables de la suppression du système de défense de son hôte. Les gènes du riz visés par l'intrus sont

précisément ceux impliqués dans la protection de la plante. Ainsi, le ping-pong entre les défenses des plantes et les attaques virales se joue au niveau de l'expression des gènes. « *Le pathogène agit sur les gènes mis en jeu dans le succès de l'infection en les réprimant ou au contraire en débloquent leur expression. Ses défenses inactivées, l'hôte n'identifie plus la tentative d'intrusion du virus* » précise Christophe Brugidou. Après la phase d'invasion, le pathogène paracheve son contrôle afin de détourner



Dans les chromosomes, l'ADN se présente sous une forme extrêmement compactée (2 mètres d'ADN dans un noyau de 10^{-5} m). L'accès à l'information génétique contenue dans cet ADN est modulé en fonction de son degré de compaction. Des modifications chimiques et spatiales de l'ADN, de la chromatine et des protéines histones sont le support de l'épigénétique.

Organisation de l'information génétique sous forme de chromatine

Le défi de l'apomixie

Quelle est l'obsession de tout agriculteur ? Conserver de génération en génération les caractères avantageux sélectionnés à partir d'une plante mère qui a fait ses preuves. Pour quelques espèces cultivées, le clonage a été mis en place avec plus ou moins d'efficacité. C'est un procédé coûteux et délicat hors de portée de la grande majorité des paysans du Sud.

Une astuce employée par certaines plantes pourrait changer la donne : l'apomixie. Cette particularité génétique permet à une plante de produire des graines sans passer par la reproduction sexuée. Les descendants sont donc des copies parfaites de la mère. Rendre apomictiques les principales espèces cultivées desti-

nées à l'alimentation humaine est tentant mais cette conversion se heurte à des contraintes épigénétiques impliquées soit dans la régulation soit dans la transmission du caractère.

Ce qui paraissait si prometteur s'est donc révélé être un vrai parcours de combattant pour les chercheurs de l'IRD qui ont essayé de transférer l'apomixie au maïs cultivé par hybridation avec un parent proche, sauvage et apomictique, *Tripsacum*. L'équipe Développement de la Graine a montré qu'une seule région chromosomique, probablement régulée épigénétiquement, est responsable de l'apomixie chez *Tripsacum*. L'équipe espère comprendre cette régulation en utilisant le couple

maïs/*Tripsacum* comme modèle et en étudiant la structure de la chromatine chez des plantes sauvages, sexuées et apomictiques, ainsi que chez différents mutants. Les premiers résultats suggèrent qu'une dérégulation de certains gènes impliqués dans le contrôle de la structure de la chromatine pourrait être à l'origine de l'apparition de l'apomixie chez les plantes sexuées.

Si la compréhension de cette propriété reste très fragmentaire, ces travaux permettent d'envisager des stratégies pour la production de variétés de maïs apomictiques et, plus généralement, une utilisation en agriculture.

Contact

olivier.leblanc@ird.fr
UMR Laboratoire Génome et Développement des Plantes.

Lutter contre les parasites

Les parasites savent changer d'apparence pour accomplir leur cycle infectieux au mieux de leurs intérêts. Ces modifications leur sont nécessaires pour coloniser de nouveaux habitats, échapper aux systèmes de défense immunitaire de l'hôte ou s'adapter aux différents environnements rencontrés chez leurs hôtes successifs. On sait depuis peu que ces changements seraient en grande

partie contrôlés au niveau épigénétique. Mais si les scientifiques parvenaient à manipuler à leur tour les parasites, cela pourrait déboucher sur de nouvelles stratégies de lutte contre les maladies qu'ils provoquent. Ainsi le projet Epi-Vir s'intéresse à *Leishmania*, protozoaire parasite responsable de la leishmaniose. Parmi les facteurs épigénétiques impliqués dans ces phénomènes adaptatifs, certaines enzymes chargées de modifier la structure de la chromatine réguleraient spécifiquement le niveau de virulence de parasites pathogènes pour l'homme. L'hypothèse selon laquelle ces mêmes mécanismes seraient conservés chez *Leishmania* pour accomplir son cycle de développement est testée. Les chercheurs

produisent des parasites modifiés génétiquement qui vont sur- ou sous-exprimer ces enzymes agissant sur la structure de la chromatine chez le parasite. Il est pour l'instant acquis que l'inactivation partielle de l'une d'elles bloque la multiplication du parasite chez l'hôte vertébré (homme, chiens). Les chercheurs ont ensuite analysé l'expression des gènes de ces parasites génétiquement modifiés pour révéler lesquels sont sous contrôle épigénétique. Parmi ceux identifiés, certains sont connus pour être impliqués dans la virulence et donc les interactions hôte/parasites. Reste à confirmer ces résultats et à évaluer leur importance en conditions naturelles.

Contact

baptiste.vergnes@ird.fr
UR Caractérisation et contrôle des populations de vecteurs.

Améliorer la production de palmier



Trois fruits de palmier à huile en coupe. À gauche : fruit anormal grave. Au milieu : fruit anormal léger. À droite : fruit normal.

Comment produire en quantités industrielles les plants de palmier à huile nécessaires à une production accrue ? Via la multiplication clonale *in vitro*. Déjà largement utilisé, le processus engendre malheureusement quelques pourcents de palmiers à la floraison anormale, donc improductifs. Contre toute attente, ces dysfonctionnements ne sont pas dus à des mutations mais à des variations épigénétiques. Ce début d'explication a été découvert par l'équipe Biologie du Développement des Palmiers qui cherchait des indices fiables leur permettant d'identifier le plus tôt possible les clones non conformes afin de les éliminer avant leur plantation au champ. Leur quête a débouché sur la sélection d'une vingtaine de marqueurs épigénétiques précoces. Ceux-ci sont tous des malformations touchant le développement des fleurs et donc la production ultérieure de fruits. Ces marqueurs sont en cours de validation par des tests sur du matériel végétal de différentes ori-

modèle pour d'autres couples plantes/virus.

Contact

christophe.brugidou@ird.fr
UMR Laboratoire Génome et Développement des Plantes.

gines (palmiers d'Afrique, d'Amérique et d'Asie). Pour aller plus loin dans la compréhension des mécanismes moléculaires, les scientifiques se sont attaqués à l'étude des variations épigénétiques affectant la structure de la chromatine et la méthylation de l'ADN ainsi qu'à l'analyse de leur implication dans l'expression des marqueurs potentiels. L'équipe étudie depuis peu les relations entre la conformation de la chromatine et les petits ARN*. « Ces ARN découverts il y a une dizaine d'années sont trop courts pour être codants mais ils ont un rôle prépondérant dans la régulation des phénomènes épigénétiques » explique Alain Rival, chercheur dans l'équipe.

* LARN, de structure similaire à l'ADN, est le messager de l'information génétique entre l'ADN et les structures cellulaires chargées de la production des protéines.

Contact

alain.rival@ird.fr
UMR Diversité et adaptation des plantes cultivées.



Leishmanie. En rouge l'ADN du parasite.