

# Entre ciel et terre



Au Mexique, des rites propitiatoires sont célébrés juste avant la saison des pluies. Ici le rite du Volador des indiens totonaques : en se jetant du haut d'un mât, du ciel vers la terre, ces hommes assurent l'équilibre du monde.

À l'heure où les changements climatiques suscitent inquiétude et controverses, les sciences humaines sont à même d'éclairer les relations que les sociétés entretiennent avec le climat, ses aléas et son évolution. En témoignent des études menées en Amérique latine et en Afrique.

© IRD/E. Katz



Dans toutes les sociétés, l'homme observe, calcule, explique, raisonne sur le climat. Grâce à ces connaissances empiriques, les populations peuvent se projeter dans le futur et organiser leurs activités à plus ou moins long terme. Cet intérêt se focalise en général sur les phénomènes météorologiques dont de nombreuses sociétés dépendent pour leur subsistance.

## Peuple de la pluie

Dans les régions tropicales et désertiques, les habitants portent plus d'attention qu'ailleurs à la pluie qui, nécessaire aux cultures vivrières, occupe une place prépondérante dans les savoirs et représentations. L'étude<sup>1</sup> menée par Esther Katz, anthropologue à l'IRD, sur les Mixtèques qui se désignent comme « peuple de la pluie » est éclairante à cet égard. Ces Indiens des montagnes du sud du Mexique vivent sous un climat marqué par l'alternance saison sèche/saison humide ; et, en l'absence d'irrigation, la pluie est essentielle à la culture du maïs, leur principale plante vivrière. Aussi sert-elle d'axe symbolique tant dans les pratiques quotidiennes, telles que l'agriculture ou la cuisine, que dans l'expression des processus vitaux, de

la fertilité et de l'abondance. Afin de contrôler cet élément aléatoire, les Mixtèques ont développé diverses méthodes de prévision du climat, fondées sur l'observation de la nature (astres, étoiles, faune, nuages...). Ils tentent de se concilier par des rites propitiatoires, qui marquent le début de la saison des pluies. Le passage à la saison sèche, qui coïncide avec la Toussaint, est ponctué à son tour par les offrandes des prémices aux esprits des

## Anomalies du ciel

Comme chez les Mixtèques, une place importante est accordée au climat dans les Andes vénézuéliennes où l'alternance régulière des saisons rythme les calendriers agricoles et la sociabilité paysanne. Ainsi que l'a analysé Pascale de Robert<sup>2</sup>, anthropologue à l'IRD, les irrégularités climatiques sont souvent attribuées ici à des êtres surnaturels capables de troubler l'équilibre qui garantit la santé des hommes, des animaux et des plantes cultivées. Certains phénomènes, comme les clises qui désignent aussi bien les éclipses solaires, des anomalies du temps que des maladies des plantes, inquiètent particulièrement les paysans. Plus fréquentes et généralisées qu'autrefois, elles se manifestent désormais en toute saison



Autel domestique de la Toussaint en pays mixtèque (Oaxaca, Mexique). L'abondance est de retour en cette fin de saison des pluies.

sur l'ensemble de leur territoire et sont rapportées à de nouvelles pratiques agricoles (introduction de semences sélectionnées, utilisation d'engrais, raccourcissement de la

jachère, etc.) et sociales (travail salarié, culte des saints négligé...). Tous ces changements sont mis en relation avec un climat qui apparaît plus désordonné et imprévisible que dans le passé : saisons moins marquées, aléas plus nombreux, tendance au réchauffement. Les hommes, par leur conduite, auraient altéré les « contrats » qui les mettent en relation avec les différents maîtres du temps. « Alors que les Anciens savaient – dit-on – négocier avec ces derniers, interpréter les signes de leur courroux et moduler en conséquence leur comportement, les paysans se sentent aujourd'hui souvent victimes de punitions collectives difficiles à gérer mais qui préfigurent peut-être aussi une plus grande intégration à la société globale », conclut Pascale de Robert.

## Contact

Pascale de Robert, pascalederobert@aol.com

- « Rites, représentations et météorologie dans la "Terre de la Pluie" » (Mixteca, Mexique), in *Entre Ciel et Terre*, op. cit., pp. 63-88.
- « Climat, anomalies du ciel et maladies des plantes dans la Sierra Nevada (Andes vénézuéliennes) », op. cit., pp. 433-455. Du même auteur, *Approvoiser la Montagne*, Portrait d'une société paysanne dans les Andes, IRD Éditions, Paris, 2001.

## Sécheresse et mutations sociales au Sahel

Au Sahel, le système social et les techniques agricoles développés par les agriculteurs et les pasteurs ont longtemps témoigné d'une adaptation aux fortes contraintes climatiques et, en particulier, au risque récurrent de sécheresse. Ce n'est plus aujourd'hui, comme le révèle une étude<sup>1</sup> menée à Maradi au Niger par Anne Luxereau, anthropologue au CNRS en accueil à l'IRD (unité de recherche 026 " Patrimoines et territoires "). Les dynamiques sociales et environnementales qui se sont articulées ont souvent contribué à aggraver les effets des sécheresses qui ont touché l'ensemble de la zone soudano-sahélienne à partir de la fin des années 1960. Dans un contexte d'agriculture désacralisée mais demeurée extensive et s'exerçant selon des règles de droit d'accès restées longtemps inchangées, l'augmentation de la population et de ses besoins monétaires ont abouti à une forte pression foncière et à une fragilisation des sols exploités en permanence. Faute de réserves foncières suffisantes, cette agriculture pluviale qui permettaient une régénération des sols et des couverts par la jachère de longue durée, par l'association agriculture-élevage et par la mobilité des installations, est désormais difficile à mettre en œuvre par la majorité des agriculteurs. Les récoltes sont devenues insuffisantes pour une majorité de la population et la région de Maradi est assez régulièrement tributaire d'importations.



Récolte du mil au Niger.

## Contact

Anne Luxereau, luxereau@ird.ne

- « Risque climatique et changement social dans la région de Maradi (Niger) », op. cit., pp. 417-432.

## Pour une anthropologie du climat

Les changements climatiques suscitent depuis plusieurs années un intérêt renouvelé pour l'étude du climat qui s'est récemment ouverte à un plus grand nombre de disciplines : océanographie, hydrologie, géologie, glaciologie... « Mais les sciences sociales restent à l'écart de ce mouvement », souligne Esther Katz, anthropologue à l'IRD. Malgré quelques travaux pionniers très dispersés, rares sont les recherches spécifiquement consacrées au rapport entre le climat et les sociétés. Il faudrait inciter au développement de ce champ de recherche ainsi qu'à des collaborations entre sciences humaines et sciences de la nature. » Un premier pas vient d'être accompli en ce sens avec la publication de *Entre ciel et terre*<sup>1</sup>, ouvrage qui rassemble plus d'une vingtaine de contributions traitant des relations que les sociétés entretiennent avec le climat dans diverses régions du monde (Europe du Nord, Amérique du Nord et latine, Afrique...).

Les différents articles de ce livre montrent que, si la plupart des sociétés restent très tributaires « du temps qu'il fait », la manière de s'y adapter leur est spécifique. Toute société est porteuse de savoirs propres sur le climat, transmis de génération en génération et construits sur des siècles d'observation de la nature. Ces connaissances répondent à l'organisation des activités de subsistance et non à la compréhension des mécanismes physiques et chimiques de l'atmosphère en tant que tels. Rarement prises au sérieux par les scientifiques, elles peuvent cependant donner lieu, dans un microclimat donné, à des prévisions tout aussi performantes que celles de météorologues.

Ces savoirs et représentations du climat s'intègrent dans une vision globale du monde, empreinte de symbolisme. Les phénomènes météorologiques sont ainsi généralement conçus comme l'émanation d'être surnaturels – génies, saints, divinités – qui peuvent être influencés par des actions ritualisées (sacrifices, rites propitiatoires, prières, etc.). Individuels ou collectifs, ces rites sont souvent dirigés par des « spécialistes » du climat (magiciens, chamans, prêtres catholiques, moines bouddhistes...), intermédiaires entre les hommes et le divin. Alors que, sur le temps long, la plupart des sociétés se sont adaptées à leur climat, elles réagissent plus difficilement à son changement ou à l'aggravation des aléas climatiques. Les situations nouvelles tendent à être perçues comme l'expression d'un courroux divin ou d'un dérèglement social. Elles peuvent être également interprétées comme la conséquence du non-respect de pratiques et d'interdits traditionnels, lié à une érosion des savoirs.

Du fait de la transformation des modes de vie et de la mondialisation, les savoirs traditionnels sur le climat n'ont plus cours en certains endroits. Cet héritage culturel, précieux pour la compréhension et la gestion d'un fragile équilibre entre l'homme et la nature, mérite d'être reconsidéré à la lumière des récents changements climatiques. Dessinant les premiers contours d'une anthropologie du climat, *Entre Ciel et terre* révèle qu'une meilleure connaissance de ces savoirs accumulés depuis des siècles constitue une richesse tant d'un point de vue scientifique qu'humain.

## Contact

Esther Katz, Esther.Katz@orleans.ird.fr

- Esther Katz, Annamária Lammel, Marina Golubinoff (éditeurs scientifiques), *Entre ciel et terre, Climat et sociétés*, Ibis Presse/IRD Éditions, 2002.

## La mousson africaine revisitée

Sous les tropiques, le climat est régi par les contrastes de températures et d'humidité entre des masses d'air océanique et continental à l'origine de la mousson, source vitale de pluie dans ces régions. Parmi les trois grands systèmes climatiques de ce type (mousson indienne, africaine et sud-américaine), la mousson africaine est celle qui a subi les plus fortes perturbations au cours du dernier demi-siècle. L'Afrique de l'Ouest a ainsi connu depuis la fin des années 1960 une sécheresse généralisée et continue, avec un déficit pluviométrique pouvant atteindre 50 % dans certaines parties du Sahel. Ce phénomène d'ampleur exceptionnelle appelle plusieurs questions. Est-il irréversible? Est-il lié plutôt à des causes régionales (déforestation, pression anthropique) ou à des facteurs plus globaux (réchauffement de l'océan tropical)? Préfigure-t-il des modifications profondes du système climatique mondial liées en particulier à l'augmentation des rejets des gaz à effet de serre? Pour répondre à ces interrogations essentielles, il importe de mieux appréhender les mécanismes qui régissent la mousson ouest-africaine et sa variabilité.

La mousson ouest-africaine présente des caractéristiques uniques liées à la géographie. L'orientation est-ouest de la côte qui borde le golfe de Guinée entraîne une distribution zonale de la végétation du sud, où elle est abondante et pérenne, au nord où elle est rare et soumise à un fort cycle saisonnier (alternance saison sèche/saison humide). Cette répartition zonale est particulièrement marquée du fait que l'on se trouve aux basses latitudes (faible influence de la force de Coriolis) et que les reliefs, peu importants, n'influencent que marginalement sur la circu-



© IRD/T. Lebel

Ligne de grains au Niger.

lation atmosphérique régionale. Du fait de ces particularités géographiques, la dynamique de la mousson est contrôlée par un fort gradient d'énergie statique humide. Plus ce gradient est fort, plus la mousson est vigoureuse et les pluies abondantes. Le calcul de ce gradient en mars et avril, à partir des informations fournies par les réseaux météorologiques opérationnels, peut permettre de prévoir la quantité de pluie qui tombera en Afrique de l'Ouest au cours des mois suivants. Une meilleure appréhension des mécanismes de la mousson ouest-africaine nécessite de ce fait de mieux comprendre comment la mise en place de ce gradient est influencée par des facteurs à la fois globaux (température de surface des océans, dynamique des autres moussons, notamment la mousson indienne située en amont du point de vue de la circulation atmosphérique tropicale) et locaux, en particulier les modifications de la couverture végétale dans la région, constatées depuis les années 1950. ●

### Contact

Thierry Lebel, thierry.lebel@hmg.inpg.fr

A f r i q u e d e l ' O u e s t

# Capricieuse

Au cours de ce dernier demi-siècle, l'Afrique de l'Ouest a été frappée par une sécheresse sans précédent. À l'origine de cette crise climatique, des perturbations de la mousson, source vitale de pluie dans la région. L'IRD et ses partenaires viennent de lancer le programme AMMA pour tenter de comprendre les raisons de cette variabilité.

## Les paradoxes de la sécheresse



Depuis le début des années 1970, le régime pluviométrique associé à la mousson d'Afrique de l'Ouest a été profondément altéré. La sécheresse des années 1970 et 1980 s'est généralisée en Afrique de l'Ouest, avec un déficit moyen de 200 mm par rapport aux moyennes enregistrées pendant les deux précédentes décennies. Depuis le milieu des années 1990, les conditions climatiques sont redevenues meilleures dans le sud de la région, mais le déficit pluviométrique persiste au Sahel, même s'il y est moins marqué qu'au cours du dernier demi-siècle.

L'impact de cette sécheresse sur les ressources en eau n'est pas la même partout et varie selon la nature du réseau hydrographique et des sols. Sur le bassin du Niger à l'amont de Malanville, le déficit de 200 mm correspond à une baisse de 20 % par rapport à la moyenne enregistrée de 1950 à 1970. La persistance de la sécheresse à partir du début des années 1980 a entraîné une réduction des réserves souterraines alimentant le fleuve et, par conséquent, une diminution de plus de 50 % de son débit moyen annuel, alors même que le déficit pluviométrique tendait à se stabiliser autour de 15 %.

Globalement, on considère que les déficits en valeur relative des débits des grands bassins versants ouest-africains ont été deux fois plus importants que les diminutions de la pluviométrie. Paradoxalement, dans la région de Niamey (Niger occidental), le niveau de la nappe phréatique a augmenté de manière continue depuis les années 1950. Comment expliquer ce phénomène tout à fait surprenant dans un tel contexte climatique? L'évolution importante du milieu naturel (défrichements, érosion, encroûtement des sols) s'est traduite par une augmentation des écoulements atteignant les



Effet de la sécheresse sur le sol au Niger.

© IRD/J.-C. Descomets

mares de bas-fond, principales sources de recharge de l'aquifère; le taux de recharge, estimé à moins de 5 mm/an en 1950 a ainsi été multiplié par 4 à 6 en un demi-siècle. De même, le débit moyen annuel du bassin du Nakambé au Burkina Faso a enregistré une augmentation de 60 % entre 1965 et 1998. Comme au Niger, c'est une conséquence de l'augmentation de la capacité de ruissellement liée aux activités humaines. Ces deux exemples soulignent la nécessité d'apprécier conjointement l'impact des évolutions pluviométriques et environnementales sur la ressource en eau.

La variabilité de la mousson et des pluies qui lui sont associées a évidemment des conséquences sur l'agriculture (pour l'essentiel des cultures pluviales) et l'élevage (pâturages naturels). Ainsi, la production céréalière, excédentaire au Niger avant 1970, subit maintenant un déficit chronique évalué en 2000 à 20 % des besoins. De même, au cours des trente dernières années, du fait des sécheresses ayant affecté le pays, le cheptel bovin a été réduit de moitié, tandis que le cheptel ovin, plus résistant, a presque doublé. Toutefois, des facteurs liés à la pression démographique doivent également être pris en compte dans ces évolutions.

En matière de santé, cette variabilité a un impact direct sur certaines grandes épidémies : la multiplication des mares et l'accroissement de leur durée de mise en eau au Niger a été propice au développement du moustique, vecteur du paludisme; à l'échelle de la zone sahélienne, la dynamique des aérosols en saison sèche a favorisé la dissémination de la méningite. ●

### Contact

Christophe Peugeot, christophe.peugeot@msem.univ-montp2.fr



La sécheresse sans précédent qu'a connu le Sahel au cours du dernier demi-siècle. Paysage sahélien (environ de Karthoum, Soudan).

## Mieux observer pour comprendre



Les interactions entre les différentes composantes qui gouvernent à des échelles diverses la variabilité de la mousson ouest-africaine sont complexes. De surcroît, elles demeurent relativement mal connues, même si plusieurs mécanismes qui peuvent expliquer en partie cette variabilité sont aujourd'hui identifiés. « Cette méconnaissance résulte surtout de nombreux manques dans le réseau opérationnel d'observation et de l'absence d'une surveillance continue de certains paramètres clés. De ce fait, les modèles numériques de prévision reproduisent mal les caractéristiques fondamentales des précipitations en Afrique de l'Ouest et en Atlantique tropicale. Pour progresser dans la compréhension de la mousson ouest-africaine, il apparaît donc nécessaire d'entreprendre des études pluridisciplinaires reposant sur l'observation de ses principales composantes : atmosphère, océan, surfaces continentales (végétation et cycle de l'eau). Nous avons l'ambition avec le programme AMMA (Analyse Multidisciplinaire de la Mousson Africaine) de réaliser de telles observations à différentes échelles d'espace (du local au régional) et de temps (de quelques heures ou quelques jours à la décennie) », souligne Thierry Lebel, hydrologue à l'IRD et l'un des co-pilotes de ce

programme international. Les données seront recueillies en trois phases : un suivi à long terme (2001-2010), une période d'observations renforcées (2004-2006) et une période d'observations intensives (2005) qui mettra à contribution des moyens lourds (avions et navires de recherche). L'ensemble de ces paramètres servira de support au développement de modèles visant à décrire les couplages entre atmosphère, biosphère et cycle de l'eau au sein de la mousson africaine.

Plusieurs organismes français de recherche (Cnes, CNRS, Ifremer, IRD, Météo-France) s'associent à ce programme conduit en collaboration étroite avec des institutions partenaires en Afrique de l'Ouest (voir ci-contre). L'IRD, qui préside le Comité Inter-Organisme Mousson Africaine (CIOMA), est impliqué par le biais de plusieurs de ses unités de recherche<sup>1</sup>. Dans ce cadre, l'Institut pilote notamment le suivi à long terme entrepris dans trois

2.



© IRD/T. Lebel

# mousson



## La pluie sous étroite surveillance

Un site de 12 000 km<sup>2</sup> au Niger (le degré carré de Niamey) et le Haut Bassin de l'Ouémé (14 600 km<sup>2</sup>) au Bénin, le premier sous climat sahélien (plus sec) et le second sous climat soudanien (plus humide), constituent les deux des principaux observatoires du programme AMMA. Ils serviront de base ces dix prochaines années à l'étude des systèmes à l'origine de précipitations et de leur impact sur les ressources en eau, du cycle saisonnier de la végétation ainsi que des évolutions à long terme de l'environnement (déforestation, accroissement des terres cultivées) et des flux hydriques associés.

Observatoire hydrométéorologique exploité par l'IRD et les équipes partenaires nigériennes depuis 1992, le degré carré de Niamey a été le cadre du programme international Hapex-Sahel. Le dispositif est constitué par un réseau de 30 pluviographes, une centaine de piézomètres et 3 bassins versants représentatifs, qui permettent une étude à long terme la variabilité hydrologique. L'effort de recherche déployé sur cet observatoire a été riche en résultats; il a notamment permis de mettre en évidence les mécanismes inattendus de recharge de la nappe phréatique (voir ci-contre). Les données recueillies sont actuellement utilisées pour évaluer, par des outils de modélisation, les différents termes du bilan hydrologique régional (précipitations, ruissellement, recharge des aquifères, évapotranspiration, etc.). Dès 1997, un second observatoire a été mis en place sur le Haut Bassin de l'Ouémé afin d'analyser, de la même manière qu'au Niger mais sous climat soudanien, les composantes du cycle hydrologique et leur variabilité interannuelle. Le bassin versant du Haut Ouémé comprend un réseau de base de 44 pluviographes enregistreurs, localement plus dense (14 appareils, soit un tous les 40 km<sup>2</sup>) sur le bassin de la Donga (600 km<sup>2</sup>). L'activité de l'observatoire est appelée à se développer à partir de 2003, notamment avec l'utilisation d'un radar<sup>1</sup> qui permettra d'étudier à une échelle fine la structure tridimensionnelle des systèmes orageux, source principale de précipitations en région soudano-sahélienne.

Tout comme la pluie, les débits du Haut Bassin de l'Ouémé sont sous étroite surveillance avec un réseau de limnigraphes enregistreurs et une

zone d'observation renforcée. Il s'agit du sous-bassin de la Donga qui, proche de la ville de Djougou, subit une emprise agricole croissante. Cinq limnigraphes contrôlent les débits de plusieurs petits bassins versants dont l'un en culture permanente et l'autre en forêt. Les chercheurs disposeront ainsi d'un jeu de données haute résolution pour étudier les processus hydrologiques en fonction de différents types d'occupation des sols. Le réseau comprend également le suivi de la nappe phréatique à partir de 36 puits villageois et, bientôt, d'une dizaine de forages. Cette nappe représente en effet une ressource en eau essentielle pour les populations de la région, les petits cours d'eau se tarissant à la saison sèche. Une station météorologique automatique implantée à Djougou, complète ce réseau.

### Contact

Sylvie Galle,  
galle@lthe.n11.hmg.inpg.fr

1. radar bande X polarimétrique Doppler.



Kori (cours d'eau) en cours d'assèchement dans le région de Niamey (Niger).

## Le partenariat un objectif stratégique

« Contrairement aux expériences passées, nous souhaitons que les institutions africaines, grâce aux capacités d'expertise qu'elles renferment, occupent une place importante dans la mise en œuvre d'AMMA. En effet, sa faisabilité et sa pérennité passent nécessairement par une implication effective des institutions et des scientifiques africains », souligne Arona Diedhiou, chercheur IRD travaillant au Laboratoire d'études des transferts en hydrologie et environnement et spécialiste de la circulation atmosphérique liée aux régimes de mousson.

Le partenariat s'inscrit en effet au cœur de ce programme international. Dès novembre 2001, un appel à contribution a été lancé auprès de scientifiques africains afin que s'engage une discussion commune sur les principales questions à traiter. C'est ainsi qu'une lettre, à l'initiative de chercheurs africains souhaitant voir la communauté scientifique de ce continent participer effectivement à AMMA, a été envoyée avec la première version du projet à plus de 400 chercheurs et enseignants de différentes institutions africaines. Cette initiative a été à l'origine en février 2002<sup>1</sup> de la création d'un réseau de scientifiques bénéficiant de l'appui des services météorologiques et hydrologiques, des universités et des centres régionaux tels que AGRHYMET (Centre régional agriculture, hydrologie, météorologie) et ACMAD (African center for meteorology applied to development). Baptisé AMMANET, ce réseau compte aujourd'hui plus de 200 participants et dispose d'un site internet. Il organisera une école d'été en 2003 dont l'objectif sera de présenter un état des connaissances actualisé à une cinquantaine de participants et de discuter avec eux des enjeux en termes de recherches et d'applications, tels que perçus par les scientifiques africains.

Ce partenariat devra tendre vers la création d'un véritable pôle africain de compétences sur la variabilité climatique et ses impacts en Afrique. Il contribuera à construire des liens forts entre la recherche et ses applications, un autre objectif important d'AMMA. Les modèles et les bases de données développées pourront être testés et utilisés par les organismes africains comme moyens de développement de stratégies d'adaptation aux changements environnementaux. Le programme fournira également aux décideurs des scénarios actualisés sur les évolutions climatiques et devrait contribuer à une amélioration des capacités de prévision saisonnière, particulièrement indispensables pour anticiper les situations de crise alimentaire.

### Contact

Arona Diedhiou,  
arona.diedhiou@inpg.fr

1. Voir Science au Sud n° 15, p. 10.

**WEB** [www.lthe.hmg.inpg.fr/~diedhiou/ammanet/](http://www.lthe.hmg.inpg.fr/~diedhiou/ammanet/)

est due à des perturbations du régime de la mousson.

sites : le Gourma malien (30 000 km<sup>2</sup>), le degré carré de Niamey (Niger, 12 000 km<sup>2</sup>), le haut bassin de l'Ouémé (Bénin, 14 600 km<sup>2</sup>). Ceux-ci constituent l'Observatoire de recherche sur l'environnement CATCH (Couplage de l'atmosphère tropicale et du cycle hydrologique), soutenu par le ministère de la Recherche, l'Institut des sciences de l'univers et de l'environnement (INSUE) et l'IRD. Un quatrième site s'ajoute à ce dispositif. Il s'agit de la station de Lamto, en Côte d'Ivoire où l'évolution de la végétation est suivie depuis le milieu des années 1980.

### Contact

Thierry Lebel,  
thierry.lebel@hmg.inpg.fr

1. UR12 « Laboratoire d'études des transferts en hydrologie et environnement » (LTHE), UR50 « Hydrosciences », UR55 « Laboratoire d'étude en géophysique et océanographie spatiale » (Legos), Cesbio (Centre d'études spatiales de la biosphère).

**WEB** <http://medias.obs-mip.fr/amma/>

### Campagnes d'observations hydrométéorologiques en zone sahélienne.

1. Mesures de flux à l'interface sol-atmosphère au Niger.
2. Ce C130 de la NASA utilisé pour le programme Hapex-Sahel est équipé de capteurs satellites.
3. Matériel scientifique embarqué à bord du C130.



© IRD/T. Lebel



1.



© IRD/T. Lebel

3.

## Une mousson peut en cacher une autre

Des chercheurs de l'IRD ont récemment mis en lumière que la mousson africaine n'est pas un processus évoluant continuellement du sud vers le nord. Il existe en fait deux dynamiques distinctes dans le temps et dans l'espace – un régime océanique et un régime continental – séparées par « un saut ». La première phase de la mousson correspond à un régime océanique. Elle commence en février sur la côte du golfe de Guinée puis se propage régulièrement vers le nord pour atteindre en mai le Sahel central (13° N, latitude de Niamey). Après une période de stabilisation, il se produit une brutale intensification des précipitations touchant simultanément toute la zone sahélienne. Cette phase continentale présente une forte variabilité interannuelle et c'est son affaiblissement qui a causé la grande sécheresse, notamment au Sahel où 90 % de la pluviométrie lui est associée. La compréhension des causes de cet affaiblissement constitue un enjeu important du programme AMMA.

## Vue du ciel !

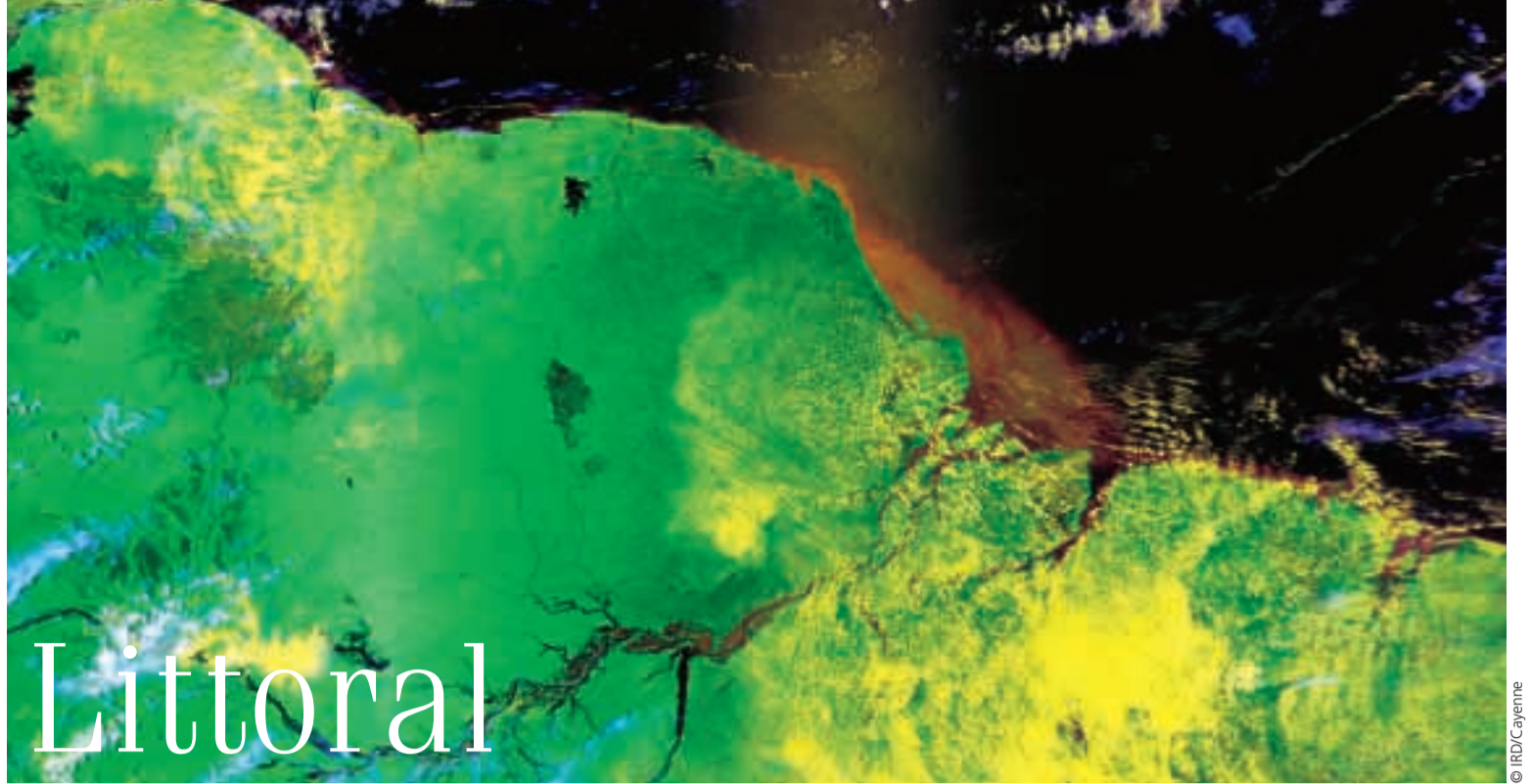
Le laboratoire régional de télédétection du centre IRD de Cayenne est le siège de recherches méthodologiques sur l'imagerie aérienne et satellitale. Elles ont pour objectif d'adapter ces outils au contexte particulier de l'étude du milieu tropical humide, et plus précisément, de la zone côtière amazonienne.

Les mangroves, les forêts denses et les plaines inondées soumises à l'influence de l'Amazone, constituent des milieux complexes qui sont souvent très vastes et extrêmement difficiles d'accès. Les recherches menées dans le cadre d'Ecolab font donc largement appel à la télédétection qui permet d'obtenir une représentation fidèle des données du terrain. Outil indispensable, elle revêt de plus un caractère transversal qui lui permet de s'appliquer à toutes les thématiques du réseau de recherche : écologie du littoral, hydrologie, mais aussi mesure des impacts anthropiques, démographie, urbanisation du littoral... « Sur ce dernier point, un programme qui intéresse les villes de Belém et Macapá est en cours. Il porte sur l'expansion urbaine en milieu tropical humide et se poursuit au laboratoire en relation avec nos collègues brésiliens », explique Laurent Polidori, responsable du laboratoire régional de télédétection de l'IRD de Cayenne.

Lorsque des pays partenaires du programme travaillent sur les mêmes thématiques, la coopération s'exprime via des transferts de technologies et des formations techniques. « Ainsi, l'installation des laboratoires de télédétection de Macapá et de Belém s'est faite avec l'aide du laboratoire IRD de Cayenne » précise Laurent Polidori. Simultanément à la mise en place de l'activité de cartographie du littoral amazonien, première réalisation référencée Ecolab, des formations techniques à la télédétection destinées aux chercheurs brésiliens associés au programme ont été instituées. Afin d'accroître les synergies entre les différents organismes impliqués dans le réseau Ecolab, plusieurs programmes ont vu le jour ou sont en cours de développement. « Nous travaillons à la création d'une antenne virtuelle de l'IRD qui servira à transférer des images des satellites NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) depuis nos installations directement sur les postes informatiques de nos partenaires. Les chercheurs auront ainsi la possibilité de récupérer les images concernant la zone géographique qui les intéressent et de suivre l'évolution de cette zone tout au long de l'année. » Par ailleurs, des solutions simples et efficaces, nécessitant peu de moyens, sont également développées dans le cadre d'Ecolab. « C'est le cas par exemple de la vidéographie aérienne, qui permet de suivre l'évolution du littoral. Mise en place initialement par l'IRD, la technique a été transférée à l'IEPA (Institut d'études et de recherches de l'État de l'Amapá), à Macapá » ajoute Laurent Polidori. ●

## Contact

Laurent Polidori  
polidori@cayenne.ird.fr



# Littoral sous surveillance

Depuis dix ans, le réseau scientifique franco-brésilien Ecolab auquel participe activement l'IRD fédère des recherches sur l'écosystème côtier amazonien. Ce projet fédérateur et pluridisciplinaire fait figure de référence aux yeux des pays du Sud impliqués.

Une vue de la zone d'étude Ecolab du littoral amazonien, prise par le satellite NOAA. Le fleuve Amazone et son embouchure sont bien visibles, ainsi que ses eaux boueuses transportées le long des côtes des Guyanes. Ces images acquises plusieurs fois par jour sont disponibles au Laboratoire Régional de Télédétection pour des études sur l'environnement amazonien.



Le 6<sup>e</sup> congrès du réseau de recherche scientifique Ecolab a eu lieu en septembre dernier à Belém, au Brésil. Créé en 1992, sous l'égide du centre IRD de Cayenne et du Museu Goeldi de Belém, ce réseau coordonne des études sur le littoral amazonien, orientées autour de 3 grandes thématiques : les changements globaux et leur impact sur le littoral amazonien, la biodiversité côtière, la biodiversité du littoral amazonien et les politiques publiques pour le développement. Il contribue ainsi à une meilleure connaissance de cet espace et de son évolution.

## Un écosystème complexe

Long de 6 280 km, le fleuve Amazone rejette chaque année dans l'océan Atlantique près d'un milliard de tonnes de sédiments collectés depuis les Andes à travers son immense bassin versant. Ces matériaux, qui confèrent au fleuve sa couleur brune, sont transportés le long des côtes du nord du Brésil, de la Guyane, du Surinam et jusqu'à l'embouchure de l'Orénoque au Venezuela. Leur dépôt forme des bancs de vase qui se déplacent sous l'action des courants. Le littoral est par conséquent en perpétuelle évolution, modelé suivant l'alternance des zones d'accrétion et la gestion des ressources côtières. « La mangrove est le seul type de végétation capable de se développer sur ces substrats et dans des conditions aussi contraignantes », explique François Fromard, membre d'Ecolab et chercheur CNRS au laboratoire d'Écologie terrestre à l'université Paul Sabatier de Toulouse. « Elle

colonise rapidement les bancs, s'y développe en peuplements denses et disparaît brutalement lorsque ces accumulations de sédiments sont érodées ». Mieux connaître ces milieux et leur fonctionnement est une des problématiques auxquelles tente de répondre Ecolab. Les premiers travaux menés dans ce sens, associant des chercheurs du Surinam, de Guyane et des états nord brésiliens du Pará et de l'Amapá, ont permis de mettre au point une cartographie homogène des écosystèmes côtiers amazoniens. Élaborée entre 1993 et 1997 sur la base de données issues de la télédétection par satellite, elle a été légendée en quatre langues. Depuis, les thématiques abordées dans le cadre d'Ecolab se sont considérablement élargies, même si le développement d'outils de surveillance de l'environnement côtier et la télédétection restent au cœur des activités scientifiques du réseau. « L'étude de la coloration des eaux, révélatrice de la quantité de sédiments rejetés par l'Amazone dans l'océan, figure notamment parmi les projets d'Ecolab. Le Venezuela souhaite d'ailleurs rejoindre le réseau pour participer à ce projet et collaborer aux campagnes océanographiques », révèle Jean-François Ternon, océanographe au laboratoire d'Écologie du littoral de l'IRD de Cayenne.

## Label scientifique

Si géomorphologie et sédimentologie ont rejoint la biologie et l'écologie dans le cortège des disciplines scien-

tifiques représentées dans Ecolab, les membres du réseau<sup>1</sup> et en premier lieu les représentants des pays du Sud partenaires accordent également une grande importance à la composante humaine et sociale des recherches. Plus des deux tiers des habitants de la planète vivent effectivement sur les zones côtières, tropicales en particulier. Les activités

en Amazonie. À travers Ecolab, ils apportent une reconnaissance scientifique à leurs recherches » conclut Jean-François Ternon. Parallèlement, Ecolab apporte aux élus et aux instances politiques locales l'expertise nécessaire à la mise en œuvre des stratégies concertées d'aménagement du littoral et de développement durable. ●



Les mangroves caractérisent le paysage littoral des régions tropicales. Elles sont constituées de palétuviers, espèces ligneuses adaptées à une croissance qui s'effectue le plus souvent dans la vase. La structure de la mangrove et l'architecture même des palétuviers sont fortement dépendantes des contraintes environnementales locales (existence ou non d'une saison sèche, salinité des eaux et des sédiments, contexte sédimentologique).

humaines traditionnelles comme la pêche, l'élevage ou l'agriculture, ou récentes et intensives (aquaculture, riziculture), l'urbanisation, la législation environnementale, etc., trouvent naturellement leur place dans les préoccupations d'Ecolab.

L'originalité de ce réseau tient à ce qu'un large panel de disciplines scientifiques se trouve concentré sur une seule entité géographique, le littoral amazonien. Cette spécificité régionale confère aux recherches menées dans les pays du Sud partenaires toute leur pertinence. Ecolab, qui s'implique également dans le développement de programmes nationaux associés<sup>2</sup>, est généralement perçu comme un véritable « label » par les scientifiques locaux. « Au Brésil, les États du Nord et du Nord-Est sont les parents pauvres de la recherche nationale en regard des États du Sud mobilisés autour des problèmes liés à la déforestation

## Contacts

François Fromard  
Francois.Fromard@cict.fr  
Laurent Polidori  
polidori@cayenne.ird.fr  
Jean-François Ternon  
ternon@cayenne.ird.fr

1. **Partenaires Ecolab** : Pour la participation française, 4 organismes de recherche travaillent de concert : l'IRD (Cayenne, Guyane française), l'IFREMER, le BRGM et le CNRS, auxquels s'ajoutent diverses équipes métropolitaines et universitaires. Partenaires : Museu Paraense Emilio Goeldi (Belém, Brésil), université fédérale du Pará (Brésil), Instituto de pesquisas científicas e tecnológicas do Estado do Amapá (Macapá, Brésil), université fédérale du Maranhão.  
2. **Programmes associés** : le PNEC (programme national d'environnement côtier) en Guyane, l'OPA (programa de oceanografia, pesca e aquacultura) en Amapá et le PEC (programa de estudos costeiros) au Pará... Ecolab reçoit également le soutien de structures et d'organismes d'État, à l'exemple des financements obtenus en Guyane dans le cadre de contrats de plan État-Région.

De l'Amazone au golfe du Mexique, les courants côtiers transportent une masse importante de sédiments d'origine amazonienne. Alors que la majeure partie de ces fines particules se propage en suspension, une certaine quantité se dépose et se déplace sous la forme de vastes bancs de boue (ici à marée basse). Ceux-ci migrent le long de la côte, vers le Nord-Ouest, à une vitesse moyenne de 1 km/an qui varie en fonction des conditions climatiques et hydrodynamiques. Un banc se déplace-t-il avec la même vase ? Un transfert de particules existe-t-il entre le flux de sédiments en suspension et les bancs rattachés au rivage ? La vase érodée est-elle injectée dans ce flux en suspension ou bien déposée sur le banc ? Des recherches sont actuellement menées dans le cadre du PNEC (Programme national d'environnement côtier, programme français) et de l'unité de recherche ELISA (Ecosystèmes littoraux sous influence amazonienne) de l'IRD, parties prenantes du réseau Ecolab, pour tenter de comprendre les mécanismes de migration de ces bancs.