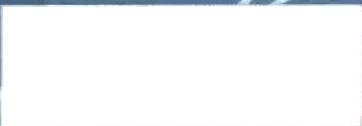




Recherches de

L'IRD

au **Brésil**
depuis 1998



IRD

Institut de recherche
pour le développement



Recherches de
L'IRD
au **Brésil**
depuis 1998





Conception graphique
Fernando Brandão

Impression et reliure
Charbel Gráfica e Editora



Cet ouvrage a été conçu et élaboré sous la coordination de **Pierre Sabaté**, Représentant de l'IRD au Brésil. Il se veut à la fois un bilan sommaire des programmes de recherche menés au cours des huit dernières années, conjointement avec les partenaires brésiliens, ainsi qu'une présentation simple et dynamique du rôle et de l'implantation de l'IRD au Brésil.

L'essentiel du travail d'organisation, de rédaction, d'édition et de révision a été réalisé par **Constance Boutrolle**, attachée de communication auprès du Représentant. Il a pu être mené à bien grâce à la précieuse collaboration des responsables de projets dont les noms figurent aux chapitres respectifs.



S O M M A I R E

INTRODUCTION

L'IRD	7
L'IRD dans le monde	9
Six thèmes prioritaires pour le développement	10
L'IRD au Brésil	13

CHAPITRE 1 : Milieux physiques continentaux et influences océaniques 15

Géodynamique du Craton de São Francisco – ressources minérales – Système informatique géoréférencé	17
Processus d'altération et d'érosion en milieu tropical humide : dynamique des latérites du Bassin amazonien	22
Les paléoclimats du Brésil	29
Etude des systèmes convectifs et de leurs relations avec le climat en Amérique Latine et Atlantique	33
Le rôle de l'océan atlantique dans le climat	37
Hydrologie du Bassin amazonien – Hybam	40
Réseau de recherche sur les écosystèmes côtiers amazoniens : le réseau ECOLAB	47

CHAPITRE 2 : Gestion des ressources naturelles et de l'environnement 51

La conversion des paysages naturels en systèmes cultivés d'Amazonie et des <i>Cerrados</i> : biodiversité et fonctionnement du sol	53
La séquestration du carbone	62
Gestion de la diversité agricole en Amazonie	66
Caractérisation de la dynamique des interactions prédateur-proie dans un agrosystème et évaluation de l'impact de l'introduction de nouveaux agents de lutte biologique	73
Lutte intégrée contre les ravageurs du cotonnier	76
Amélioration de la résistance aux parasites et ravageurs du caféier (<i>Coffea arabica</i> L.)	80
Les biotechnologies	83
Âge et croissance des poissons tropicaux marins	87



CHAPITRE 3 : Santé et environnement	91
Les candidats vecteurs de la maladie de Chagas	93
Environnement et risques épidémiologiques de la maladie de Chagas	98
Arboviroses émergentes au Brésil	102
Santé indigène dans le haut Rio Negro	105
CHAPITRE 4 : Identités, Territoires et Développement en Amazonie	109
Analyse des formats d'occupation territoriale et de leurs impacts sur les écosystèmes amazoniens	111
L'Amazonie et le « développement durable »	116
Linguistique et langues indigènes	125
CHAPITRE 5 : Société, ville et économie	129
Société et territoire au Brésil : 20 ans de recherche en coopération	131
Identités, mondialisation et religions : comparaison Afrique-Brésil	139
São Paulo, recompositions sociales et recompositions urbaines : quelles interactions ?	141
Environnement urbain	146
Le développement socio-économique local au Brésil : une thématique montante portant sur des défis contemporains	150
CONCLUSION	155
LISTE DES ABRÉVIATIONS	157



L'IRD, un Institut de recherche au service du développement

Créé en 1944, l'Institut de recherche pour le développement est un établissement public français à caractère scientifique et technologique, placé sous la double tutelle des ministères chargés de la Recherche et de la Coopération.

Présent dans l'ensemble de la zone intertropicale, l'IRD remplit trois missions fondamentales : la recherche, l'expertise et la formation.

La recherche : un axe stratégique du développement

Les programmes de recherche sont centrés sur la relation entre l'homme et son environnement dans les pays du Sud. Les travaux effectués par les chercheurs de l'IRD sont coordonnés par trois départements scientifiques : DME (Milieux et Environnement), DRV (Ressources vivantes) et DSS (Sociétés et santé).

Milieux et Environnement (DME) : Les recherches visent à comprendre les phénomènes naturels (géologiques, océaniques, hydrologiques, climatiques, etc...) et à mettre en évidence leurs mécanismes et leurs interactions.

Ressources Vivantes (DRV) : Les travaux portent sur les ressources et écosystèmes des milieux naturels terrestres et des milieux aquatiques, continentaux et marins, dans une optique de développement et de gestion durables. Certaines unités de recherche se consacrent à l'amélioration des productions végétales et tropicales, d'autres à la défenses des cultures contre les parasites et les prédateurs. Enfin, de nombreuses recherches portent sur l'écologie aquatique et les sciences de la pêche.

Sociétés et Santé (DSS) : Les études menées couvrent deux domaines, les sciences sociales et la santé ainsi que leur interface dans un large spectre de disciplines. Elles concernent les grandes endémies (dengue, paludisme, sida...), le développement urbain, la pauvreté et ses déterminants et plus récemment les questions relatives aux interactions société/risques environnementaux telles que la migration ou les conflits par exemples.

Expertise et Valorisation : les connaissances au service des populations

Le transfert des résultats et la valorisation des savoir-faire est une des clés du développement. Pour favoriser la mise en valeur des connaissances, l'IRD s'appuie sur des instruments tels que le dépôt de brevets, la mise en place de contrats de valorisation et de consultance, l'aide à des créations d'entreprise...

Des expertises collégiales permettent aux décideurs de disposer d'une analyse scientifique de l'état des connaissances sur une question constituant un enjeu pour le développement.



Soutien et Formation : pérenniser les compétences

L'IRD souhaite accompagner ses partenaires dans leur développement et favoriser leur autonomie, dans l'objectif de participer au renforcement, à long terme, des capacités de recherche du Sud. La réalisation de cet objectif passe notamment par la consolidation de l'environnement scientifique et social des équipes et la responsabilisation des partenaires. Ces actions se traduisent par la définition de trois grands secteurs d'intervention : le soutien individuel, le soutien aux équipes et le soutien institutionnel. Ces aides peuvent être de nature différente : financière, technique et scientifique.

Il s'agit de dépasser la logique de transfert des connaissances pour s'intégrer dans une logique d'acquisition des compétences.

Une politique de partenariat très développée

Aucune des activités de recherche de l'IRD ne peut se réaliser sans un partenariat fort. L'IRD développe un solide réseau de partenaires dans les pays du Sud, dans l'outre-mer tropical français, en France métropolitaine et en Europe. Cette priorité se traduit notamment par la mise en place de projets mixtes, associant des équipes de chercheurs de l'IRD, des équipes locales, mais aussi d'autres institutions de recherche, des établissements universitaires d'enseignement supérieur... Il s'agit d'une véritable coopération avec l'ensemble de l'appareil scientifique et technique dont les activités de recherche concernent la problématique du développement.

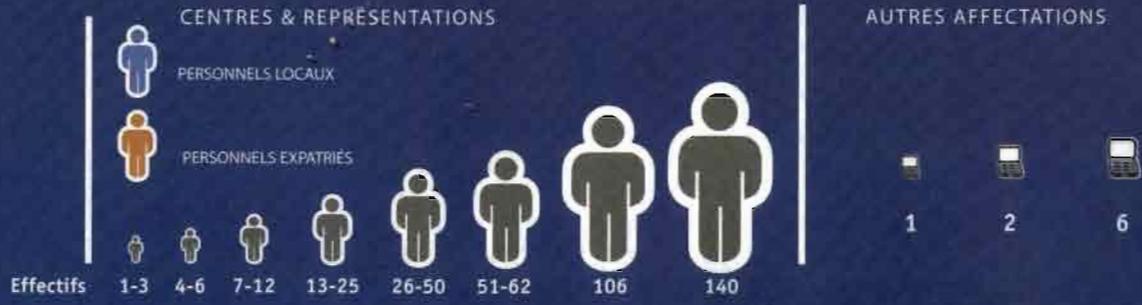
Un dispositif de recherche en France et dans le Monde

L'IRD mène des recherches en partenariat avec les acteurs scientifiques, sociaux et politiques des pays du Sud, d'où l'importance d'une représentation physique à l'étranger. Implanté en Afrique, en Asie, dans l'Océan Indien, en Amérique latine et dans le Pacifique, il dispose de 35 centres et représentations dans le monde, dont :

- 5 centres en France métropolitaine : Paris, Bondy, Montpellier, Brest et Orléans,
- 5 centres dans les DOM-TOM : Guyane, Martinique, Nouvelle-Calédonie, Polynésie française et La Réunion,
- 25 représentations situées essentiellement dans la zone intertropicale.

Les chercheurs de l'IRD interviennent dans une cinquantaine de pays

L'IRD DANS LE MONDE





SIX THÈMES PRIORITAIRES POUR LE DÉVELOPPEMENT

THÈME 1

Aléas environnementaux et sécurité des populations du Sud

Les pays du Sud se caractérisent par une exposition à des risques et à une très grande vulnérabilité vis-à-vis des séismes, des écoulements gravitaires, des éruptions volcaniques, des cyclones, des crues et des épidémies.

Afin d'évaluer et de prévenir les risques, les recherches se concentrent sur les forts séismes, la dynamique éruptive des volcans proches des grandes villes, les impacts potentiels des changements climatiques et les mécanismes de désertification.

Pour les équipes concernées, l'outil spatial permet, à partir de cas localisés, une approche globale des phénomènes qui menacent les populations et de la sécurité de l'environnement.

THÈME 2

Gestion durable des écosystèmes du Sud

Les pays du Sud abritent la plupart des zones cruciales pour la biodiversité mondiale et présentent une très grande variété d'écosystèmes, allant du désert à la forêt humide, des grands fleuves aux océans et des savanes aux montagnes.

Ces pays sont confrontés à une croissance démographique spectaculaire, à des transferts de populations importants et sont soumis aux changements climatiques globaux. Ces phénomènes se traduisent par la surexploitation des écosystèmes traditionnellement utilisés, la déforestation à des fins commerciales, agricoles ou d'urbanisation et la mise en culture de zones marginales très fragiles.

La biodiversité et la dynamique des écosystèmes continentaux et marins doivent donc être inventoriées et décrites dans toute leur complexité et leurs interactions. Il est donc nécessaire de comprendre, par l'analyse physique, chimique et pédologique, le fonctionnement de ces écosystèmes afin d'en assurer une gestion durable. Ces questions interpellent les politiques publiques d'environnement et les pratiques locales confrontées au défi du développement durable.

L'étude des interactions océan-atmosphère offre des perspectives de prévision de la mousson africaine dans la zone sahélienne.



THÈME 3

Ressources et usages des eaux continentales

La ressource en eau pose un grave problème d'accès à de nombreux pays du Sud. La mise en évidence de réserves, leurs conditions d'accessibilité et les problèmes de leur gestion sont l'une des clés du développement.

La qualité des eaux constitue un paramètre important tant pour la santé des populations que pour les ressources halieutiques.

L'augmentation des populations humaines dans les pays du Sud s'accompagne de migrations importantes vers les zones littorales, côtières et vers les rives fluviales ou lacustres.

La pression de l'exploitation par la pêche et l'aquaculture et l'impact de l'homme sur ces environnements s'accroissent de manière dramatique.

Il convient, dans un souci de préservation de ces écosystèmes et de leurs ressources, d'inventorier ces dernières et de prévoir leur capacité à supporter cette anthropisation croissante.

THÈME 4

Sécurité alimentaire dans le Sud

La sécurité alimentaire est l'une des dimensions essentielles de la lutte contre la pauvreté. Elle passe par l'amélioration des méthodes de transformation des produits et par l'apprentissage d'une alimentation saine et équilibrée, afin d'éviter la malnutrition.

C'est par l'agriculture, sa production et sa qualité nutritionnelle que l'essentiel des besoins alimentaires, en forte croissance, pourra être satisfait. L'intensification des mécanismes génétiques et les connaissances biologiques et physiologiques permettront d'accélérer la sélection variétale des plantes cultivées.

Accroître les rendements dans des conditions durables en maintenant la fertilité des sols, en minimisant l'érosion et en diminuant les intrants doit permettre une "écologie agronomique". Cela exige en particulier de mieux connaître la structure des sols, l'activité de la macrofaune et les symbioses végétales assimilatrices d'azote.

Améliorer la productivité implique aussi de protéger les cultures et de lutter contre les phytopathogènes, les parasites et les prédateurs, notamment grâce aux progrès de la lutte biologique.



THÈME 5

Santé au Sud : épidémies, maladies endémiques et émergentes, systèmes de santé

Dans les pays du Sud, les problèmes de santé publique, les pathologies infectieuses, les maladies émergentes et les grandes endémies restent des freins majeurs au développement.

Les recherches portent essentiellement sur les maladies liées à la pauvreté (paludisme, tuberculose et VIH/SIDA), les maladies dites négligées (trypanosomoses et leishmaniose principalement) et les maladies virales émergentes (Dengue, Ébola, West Nile).

La structure et la diversité génétique des pathogènes, la caractérisation des vecteurs, les phénomènes de résistance et les molécules bioactives à partir de substances naturelles terrestres et marines, sont ainsi étudiés.

Une place importante est accordée à la dimension socio-anthropologique de la santé par des travaux portant sur la qualité des soins, l'observance des traitements, les comportements de prévention, l'organisation des services de santé et la représentation de la maladie. Dans ce domaine, l'approche multidisciplinaire est privilégiée, impliquant des médecins, des biologistes, des épidémiologistes ainsi que des chercheurs en sciences sociales.

THÈME 6

Enjeux économiques, sociaux, identitaires et dynamiques spatiales au Sud

Les dimensions humaines et sociales des défis du développement s'expriment en particulier dans les politiques de lutte contre la pauvreté et les inégalités, les effets de la mondialisation et l'impact des évolutions technologiques.

Les dynamiques démographiques, les migrations et l'urbanisation constituent des champs privilégiés pour l'étude des changements sociaux.

L'analyse de l'évolution des savoirs, des politiques éducatives, de la diversité linguistique, des reconstructions identitaires, des diasporas, permet de mieux comprendre et anticiper les mutations sociétales.

Les recherches dans le domaine de l'archéologie, tout en améliorant les connaissances des passés des sociétés du Sud, montrent les processus d'adaptation des modèles culturels et technologiques aux contraintes naturelles.



L'IRD AU BRÉSIL

Le Brésil est le plus grand Etat d'Amérique du Sud. Avec ses 8,5 millions de km², il couvre près de la moitié de la superficie du continent sud-américain. Pays des extrêmes, le Brésil est une terre de contrastes : de l'Amazone aux colossales chutes d'Iguaçu, du Sertão région de forte sécheresse au bassin marécageux du Pantanal... Avec ses 184 millions d'habitants, ses bassins hydrographiques, ses 6 zones climatiques (équatoriale, tropicale, tropicale d'altitude, tropicale atlantique, semi aride, subtropicale), le Brésil offre une grande variété de climats, de sols, de végétations et de populations. Et c'est cette diversité qui fait du Brésil, le terrain privilégié de recherches scientifiques.

La recherche scientifique au Brésil est aujourd'hui largement développée. La création en 1985 du Ministère des sciences et technologies est la preuve concrète et formelle de l'importance de la recherche scientifique, donnée par le gouvernement brésilien au développement du pays. Cependant, dès 1951, avec la création du CNPq (Conseil National du Développement Scientifique et Technique), notre principal partenaire, et avec la mise en place de l'ABC (Agence Brésilienne de Coopération), instrument du Ministère des Relations Extérieures, les réseaux de recherche et d'échanges internationaux se sont structurés. Aujourd'hui, afin de développer la coopération technique internationale, et notamment la coopération française, le Brésil compte sur ses institutions de recherche, de nombreuses universités, ses agences de financement (ex : FINEP), ses fondations d'états (ex : FAPESP, FAPERJ, FAPESB) et des accords nombreux dont CAPES-COFEUCUB.

Implanté depuis près de cinquante ans au Brésil, l'IRD est le partenaire scientifique français privilégié des Institutions brésiliennes. Sur les cinq dernières années, l'IRD représente un effectif moyen de près de 35 agents expatriés et conduit annuellement de 20 à 30 projets conjoints sur des thèmes divers.

Bien que l'IRD n'ait créé un poste effectif de Délégué pour l'Amérique Latine qu'en 1979, localisé à Brasília, les travaux en coopération n'ont pas attendu cette date pour se développer. Ainsi, dès 1958 une première expérience de recherche en partenariat est menée à Belém avec la mise en place d'une mission de physiopathologistes de l'ORSTOM à l'Institut Agronomique (IA) de Belém. Puis, la signature de l'accord général de coopération technique et scientifique entre la France et le Brésil, le 16 janvier 1967 permet le développement de conventions de recherche avec des organismes et Institutions brésiliens comme la *Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste* (SUDENE - Surintendance de développement du Nord-Est brésilien) ou les universités comme celles de Salvador (UFBa, 1971), de São Paulo (USP, 1972), etc... Nonobstant, la mise en place de ces conventions reste ponctuelle et résulte pour la plupart d'affinités intellectuelles entre chercheurs français et chercheurs brésiliens.

Les premières recherches au sein des universités ont concerné essentiellement les sols agricoles et les aspects agronomiques. Elles se sont déroulées en collaboration avec l'EMBRAPA (Entreprise brésilienne de recherche agropastorale). Il faudra cependant attendre 1980 pour que le premier Accord cadre de coopération soit signé entre l'EMBRAPA et l'ORSTOM, le 8 octobre 1980 et renouvelé le 2 octobre 2002. Il sera suivi par la signature d'un accord de même nature avec le CNPq le 2 janvier 1981, renouvelé le 19 décembre 1996. Ces deux conventions, point de départ de l'officialisation de la coopération franco-brésilienne en matière de recherche scientifique, sont signées sous la forme d'un arrangement complémentaire à l'Accord Général de 1967.



Aujourd'hui, et outre ces accords cadres, plusieurs accords particuliers concernent des projets conjoints avec divers établissements, sous couvert de l'*Agência Brasileira de Cooperação* du Ministère brésilien des Relations Extérieures (ABC-MRE), comme par exemple :

- Accords IRD/PUC-Rio, signés le 23 octobre 2003
- Accords IRD/UNICAMP, signés le 4 juin 2004
- Accords IRD/FIOCRUZ, signés en septembre 2003.

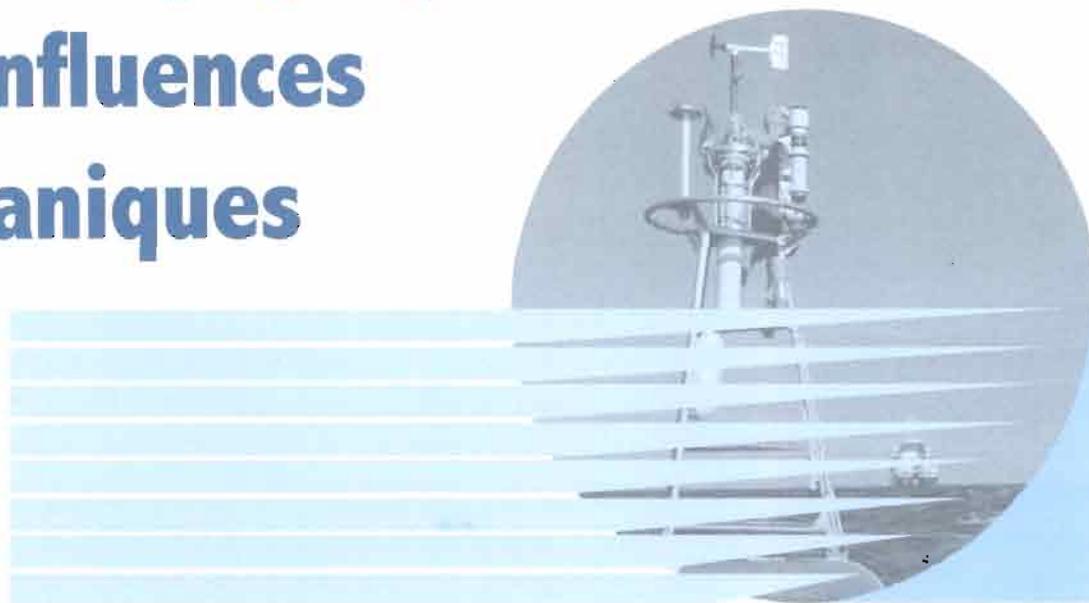
On rappellera que tous les projets de recherche menés par l'IRD s'accompagnent de programmes de formation, à niveau de Master et Doctorat voire même technique, au sein des institutions partenaires locales et des structures universitaires françaises auxquelles l'IRD est étroitement associé.

Cet ouvrage a pour objectif de donner aux partenaires officiels ainsi qu'à toute personne intéressée, un aperçu des activités principales menées par l'IRD en coopération avec ses partenaires brésiliens, depuis 1998.

On constatera que les recherches couvrent l'ensemble des grands domaines définis par l'IRD. Nous commencerons par la présentation des projets concernant les milieux physiques continentaux et les influences océaniques. Ensuite, lumière sera faite sur les recherches relatives à la gestion des ressources naturelles et de l'environnement. En effet, le développement passe, avant tout, par la préservation des milieux naturels, qu'il s'agisse des sols, de la flore et de la faune terrestre ou aquatique. Puis seront présentés les programmes à l'interface environnement-santé. Les problèmes de santé publique, qu'il s'agisse des pathologies infectieuses, des maladies émergentes ou des grandes endémies, prennent des dimensions nouvelles en raison des dynamiques récentes d'occupation des territoires, notamment en Amazonie. De nombreux programmes en collaboration France-Brésil s'attachent donc à mieux connaître cette région, sa population et sa culture. Enfin, nous aborderons les questions de société et de politiques publiques liées au développement, thématiques qui ne peuvent être envisagées sans en comprendre le contexte économique.

Les projets ont été réalisés avec le support financier de l'IRD et d'organismes partenaires français (BRG, CIRAD, CNRS et Universités, etc.) et brésiliens (CNPq, EMBRAPA, ANA/ANEEL, CBPM, CPRM, INPE, SME-Ba, Universités, etc.). Plusieurs ont élargés à des financements internationaux (Banque Mondiale - PADCT, Banque Interaméricaine de développement - BID, OMS, etc.) ou européens (INCO-DEV, etc.) et des soutiens à de nombreux projets ont été consentis par l'Ambassade de France (MAE).

Milieux physiques continentaux et influences océaniques



Les recherches menées sur les milieux physiques qui constituent notre environnement ont concerné autant la lithosphère continentale, l'hydrosphère que l'atmosphère. Les remarquables qualités d'exposition des terrains constituant une croûte continentale parmi les plus anciennes du globe, le craton du São Francisco en l'occurrence, permettaient de trouver des réponses aux questions relatives à la dynamique des processus profonds, à la genèse des roches anciennes, à la formation des terrains continentaux et des concentrations minérales d'intérêt économique dont les vieux boucliers sont souvent riches, particulièrement au Brésil.

Les formations superficielles de ces substrats rocheux ont suscité l'intérêt des équipes franco-brésiliennes depuis les premiers moments de notre coopération. Les conditions particulièrement favorables du bassin amazonien pouvaient fournir des témoins à la fois des processus d'altération-érosion et de leurs relations avec les processus biochimiques en climat tropical humide où l'eau de surface et les nappes de superficie jouent un rôle prépondérant.

La région amazonienne constitue également un laboratoire naturel idéal pour étudier le climat et sa variabilité. Un programme sur les systèmes convectifs en domaine continental visait à comprendre les processus physiques des convections, vecteurs des précipitations tropicales, et leur rôle dans la variabilité diurne et saisonnière du climat. Les mécanismes étant interdépendants à l'échelle globale, il fallait les corrélérer avec les paramètres météo-océaniques de l'atlantique tropical dont le rôle s'avère déterminant sur le climat amazonien. Le projet mené à l'interface hydrosphère-atmosphère dans le cadre du programme PIRATA (*Pilot Research moored Array in the Tropical Atlantic*) a permis de mesurer l'impact du couplage océan-atmosphère et du dipôle atlantique sur le régime hydroclimatique du continent adjacent.

La variabilité climatique remontant au passé plus lointain, c'est-à-dire à l'échelle des paléoclimats, trouve elle aussi en Amazonie et sur sa bordure, des terrains propices à fournir des réponses permettant de replacer les variations actuelles sur des périodes plus amples. Il s'agit de reconstituer les climats des siècles passés, d'en déchiffrer les cycles et de replacer les climats actuels et récents dans ce contexte où l'activité anthropique représenterait un facteur modificateur, pour en évaluer la réalité et l'impact. Les approches concernent à la fois les sédiments lacustres, les coraux et les spéléothèmes.

Parallèlement, et en interdépendance, s'est développé un autre programme de longue haleine concernant l'hydrologie du bassin amazonien. Il s'agissait de comprendre les mécanismes qui contrôlent le bilan de transfert d'eau et de matière dans le réseau hydrographique des bassins. Une étape considérable a été franchie avec la mise en place d'un réseau dense de stations de mesures et la constitution d'une base de données rassemblant un capital initial de vingt cinq années de mesures hydrométriques fiables et permettant d'envisager le développement de modèles hydrodynamiques utiles à la gestion de l'ensemble des fleuves amazoniens.

Enfin, toujours en région amazonienne, le réseau tissé entre les équipes de l'IRD de la Guyane française et les équipes brésiliennes de Macapá, Belém, São Luis principalement, travaillant sur le littoral Nord brésilien, aborde les problématiques des écosystèmes côtiers, de leur connaissance, de leur fonctionnement, en vue de leur gestion.

GÉODYNAMIQUE DU CRATON DU SÃO FRANCISCO – RESSOURCES MINÉRALES – SYSTÈME D'INFORMATION GÉORÉFÉRENCÉ (SIG-BAHIA)

Convention CNPq/IRD

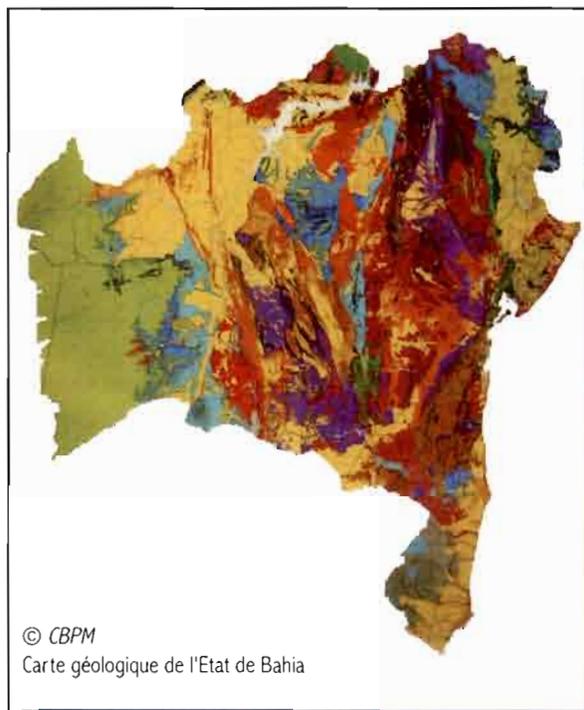
IRD/UR104 – Pierre Sabaté

IGEO-UFBA – Jöhildo S. Barbosa

IRD : Gérard Cochonneau

IGEO-UFBA : Herbet Conceição, Manoel-Jerônimo M. Cruz, Ângela B.M. Leal, Moacyr M. Marinho, Hosanira S. do Nascimento

Autres partenaires : Hervé Martin (Univ. Blaise Pascal), Jean-Jacques Peucat, Renaud Caby (CNRS), Jean-Pierre Milési, Patrick Ledru (BRGM), Jean-Luc Bouchez (UPS), José-Carlos Cunha (CBPM), Léo R. Teixeira, Roberto C. de Melo (SGB/CPRM)



Accrétion de la croûte continentale de 3,4 à 1,9 Ga et ressources minérales

Le craton du São Francisco est l'une des principales portions de croûte continentale, stable depuis près de 2 milliards d'années (2,0 Ga), formant l'ossature du bouclier brésilien. Ce craton constitue sans doute le

meilleur témoin de l'histoire géologique la plus précoce du continent sud-américain. Il est distribué dans deux aires géographiques. La plus importante occupe la presque totalité de l'Etat de Bahia au nord et un noyau beaucoup plus restreint apparaît dans l'Etat du Minas Gerais au sud. Les travaux réalisés par l'IRD et ses partenaires au Brésil (CNPq-UFBA, CBPM, CPRM) et en France (CNRS, Université, BRGM), au cours de la dernière décennie, concernent la partie nord du Craton. Ils ont permis de dresser la carte géologique de l'Etat de Bahia (figure ci-contre) avec les soutiens et la collaboration étroite de la Companhia Bahiana de Pesquisa Mineral (CBPM), ainsi que de précieuses collaborations des équipes du service géologique du Brésil (SGB/CPRM). Notre objectif a été de reconstituer avec précision, l'évolution géodynamique ayant abouti à la mosaïque des terrains de la carte structurée (Figure 1 – Sabaté et Cunha, 1998). La structure s'articule sur le linéament Contendas-Jacobina. Il s'agit d'un système complexe d'imbrications tectoniques, étiré sur plus de 600 km selon la direction nord-sud, où s'affrontent deux segments continentaux majeurs : le bloc du Gavião à l'ouest et le bloc de Jéquié à l'est. Cette structure représente les racines d'une chaîne de collision d'âge précambrien dont les suprastructures ont pu, à leur échelle, être équivalentes à celles des chaînes de collision modernes comme l'Himalaya.



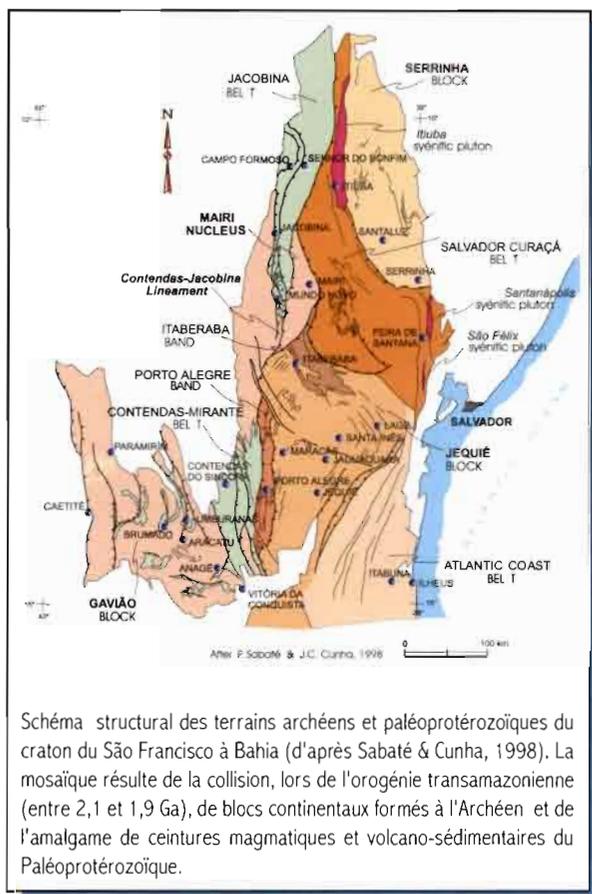


Schéma structural des terrains archéens et paléoprotérozoïques du craton du São Francisco à Bahia (d'après Sabatê & Cunha, 1998). La mosaïque résulte de la collision, lors de l'orogénie transamazonienne (entre 2,1 et 1,9 Ga), de blocs continentaux formés à l'Archéen et de l'amalgame de ceintures magmatiques et volcano-sédimentaires du Paléoprotérozoïque.

Le bloc occidental, le plus ancien, est composite. Il a été construit par une succession d'événements d'accrétion magmatique, bien identifiés et datés de 3,4 Ga à 2,6 Ga (milliards d'année). Il est constitué de gneiss-gris (association de roches plutoniques, à composition de tonalite, trondhjémite et granodiorite = TTG) et de terrains "granite-greenstone" (ceintures de roches vertes communes des temps archéens). La large distribution géographique des TTG, avec des âges de 3,4 Ga à 3,1 Ga, suggère que ces terrains les plus anciens constituaient un véritable proto-continent.

Le second (bloc de Jequié) a été édifié en plusieurs étapes, entre 2,9 Ga et 2,6 Ga et forme, lui aussi, un assez large segment continental, plus jeune et distinct du premier quant à la genèse de ses roches. Il est principalement formé de charnockites/enderbites, ainsi que de termes supracrustaux (sédiments et volcanites), recristallisés dans le faciès granulite. Les assemblages minéraux de toutes les roches indiquent un équilibre dans des conditions profondes $P \cong 5-6$ kbars, $T \cong 800-850$ °C. Ce métamorphisme de haut degré est daté de 2,09 Ga.

La convergence des deux proto-continents est responsable :

1. du remplissage des bassins d'avant-chaîne contemporains des processus de collision. Ils constituent maintenant les ceintures orogéniques de Jacobina et Contendas-Mirante. Des âges Ar-Ar d'excellente définition montrent que les incréments de la tectonique de collision sont diachroniques et progressent d'est en ouest de 2,09 Ga à 1,92 Ga, au fur et à mesure de l'évolution du bassin d'avant-chaîne.
2. de la génération de la suite plutonique juvénile Salvador-Curaçá, syn-cinématiques, mise en place à 2,1 Ga dans un environnement du faciès granulite;
3. de l'intrusion, autour de 2,0 Ga, de puissants massifs de syénites, d'origine mantellique, mis en place à la faveur de mécanismes de «pull-apart» le long d'un décrochement sénestre de plus de 800 km de long.
4. de la mise en place à 1,9 Ga de nombreuses intrusions de granites peralumineux, le long du chevauchement Contendas-Jacobina. Ces granites cachètent l'histoire géodynamique de l'orogénie transamazonienne.

Avec le modèle de bassin d'avant-chaîne, s'expliquent de manière plus cohérente les mécanismes de concentration d'or de la ceinture de Jacobina, rendant obsolète le modèle de paléo-placer qui guidait jusqu'alors les prospections et l'exploitation. Plusieurs étapes d'activité hydrothermale extensive, accompagnent et imprègnent les discontinuités tectoniques qui se développent au cours des incréments successifs du processus de collision. Les concentrations



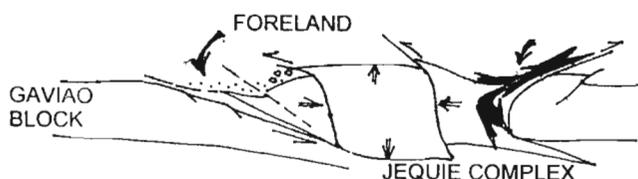
Plagues d'or natif dans une veine de quartz recouverts par les formations de quartzites de la ceinture de Jacobina (région de Saude).

économiques ne se limitent pas aux horizons conglomératiques mais suivent les différentes structures de cisaillement et peuvent se retrouver dans toutes autres formations volcano-sédimentaires de la ceinture. Après fermeture des mines de Jacobina en 1998, l'exploitation a repris récemment et prend en considération ce nouveau modèle métallurgique.

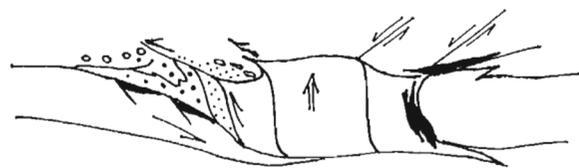
Les études menées fournissent des informations déterminantes sur la genèse des premiers continents du globe et sur les régimes tectoniques responsable de l'amalgamation crustale. L'édification de la croûte continentale de 3,4 à 1,9 Ga est due, pour la plus grande part à de l'accrétion plutonique. Celle-ci s'avère soit juvénile, soit palyngénétique, par recyclage de la croûte déjà formée. Il a été possible de modéliser avec précision la pétrogenèse de plusieurs ensembles plutoniques de ce plus ancien segment du craton du São Francisco. On propose que la production magmatique juvénile à l'Archéen est à rapporter à des mécanismes de subduction et collision, analogues aux mécanismes modernes mais, à l'Archéen, dans un environnement à gradient géothermique élevé qui induit une proportion élevée de fusion partielle directe de protolithes tholéiitiques subductés. Au Paléoprotérozoïque, les termes juvéniles sont proportionnellement moins représentatifs et, pour la plupart, correspondent à des granites calco-alcalins qui paraissent être exclusivement en relation avec des mécanismes transpressifs et/ou transtensifs (*pull-apart*). Pour chaque période, bien qu'en proportion moindre à l'Archéen ancien, les plutons

résultent du recyclage de protolithes antérieurs. Il s'agit de tholéiites et de TTG pour l'Archéen. Pour le Paléoprotérozoïque, si l'on rencontre des TTG parmi les sources, les autres termes crustaux, parmi lesquels les séries volcano-sédimentaires supracrustales prennent une place de plus en plus importante. C'est donc une histoire géologique, d'une des époques les plus lointaines de la formation des continents sur la terre, qui est reconstituée avec la précision des techniques de pointe de mesure des âges isotopiques réalisée à Rennes (CNRS), Clermont-Ferrand (Université-CNRS), à l'USP, ainsi que dans les laboratoires de Canberra (Australie) et du CNRS de Montpellier pour des datations particulières (SHRIMP sur zircon et $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ sur micas respectivement). Elle est étayée par des travaux de géochimie et de modélisation des processus pétrogénétiques. La reconstitution des structures et les hypothèses d'évolution géodynamique reposent sur des analyses structurales fines et généralisées. Ainsi que des analyses patientes des marqueurs cinématiques de la déformation, notamment dans les terrains granitiques, eux-même excellents marqueurs géométriques et chronologiques des événements tectoniques.

Coupes schématiques (W-E) montrant les trois principales étapes du modèle d'évolution tectonique du craton du São Francisco dans l'état de Bahia lors de l'orogénie transamazonienne

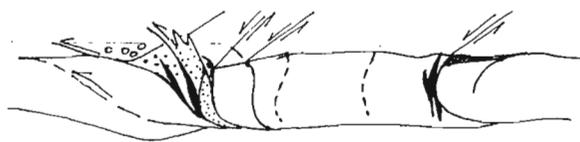


2,1 à 2,08 Ga :
Début des processus de collision;
Développement des bassins d'avant-chaine (ex. bassin de Jacobina);
Épaississement crustal



2,08 à 2,0 Ga :
Propagation vers l'ouest des bassins d'avant-chaine, contemporaine du chevauchement vers l'ouest;
Extension dans la zone de flambage de la plaque continentale subductée (bloc du Gavião) et production du magmatisme mafique (source probable de l'or);
Intrusion syn-cinématique de granites et soulèvement de la croûte continentale du bloc de Jequié.

2,0 à 1,9 Ga :
Fin des processus de collision;
Intrusion des granites peralumineux;
Chevauchement associé à des décrochements sénestres.
Circulations hydrothermales, migration et concentration de l'or dans les zones tectonisées;



D'après Ledru *et al.* 1994, Ledru 1995

Système informatique géoréférencé

La dernière étape de ce projet visait à combler le retard en terme de numérisation des informations géologiques et géophysiques. En effet, outre la perte d'informations que cela implique à plus ou moins court terme, l'absence de base de données pertinemment organisée empêche toute interprétation intégrée et limite considérablement l'usage de ces connaissances pour les futurs utilisateurs. Or, l'accessibilité rationnelle à de telles informations constitue le support des prises de décisions pour la prospection et pour la définition des stratégies de gestion des territoires concernés. Elle représente une des principales clés de leur développement dans le domaine des ressources minérales. L'IRD et son partenaire de l'UFBA, de la CBPM et du SGB/CPRM, se sont attachés à mettre en place un Système Informatique Géoréférencé (SIG), en vue, à terme, de la modélisation géodynamique 3D du Précambrien du craton du São Francisco, dans l'état de Bahia. Celui-ci a pour but, en premier lieu, de constituer une base de données hiérarchisant la totalité des données géologiques et géophysiques acquises par l'équipe franco-brésilienne, au cours des programmes antérieurs, ainsi que par les institutions associées ayant apporté leur collaboration sur diverses cibles du Précambrien de Bahia.

Le nombre de données sur lesquelles se base notre synthèse géodynamique est extrêmement élevé. Les cibles de la dernière étape du programme, à elles seules, rassemblent plus de 9000 points d'affleurements répertoriés avec au moins autant de descriptions pétrographiques, des centaines de déterminations chimiques et minéralogiques et des dizaines d'analyses isotopiques.

L'implantation d'une base exhaustive pluridimensionnelle, et représentative de l'ensemble de ces données, est devenue incontournable pour leur pérennisation et leur exploitation au moyen des divers outils existant ou à créer (modélisations géodynamique, pétrogénétique, analyse automatique d'images, traitements graphiques, etc.). Il s'agissait, dans le SIG, de mettre en place une méthode d'organisation des données et de l'organisation du traitement de leur ensemble, en terme géoréférencés, de manière à pouvoir les utiliser avec les outils informatiques de modélisation.

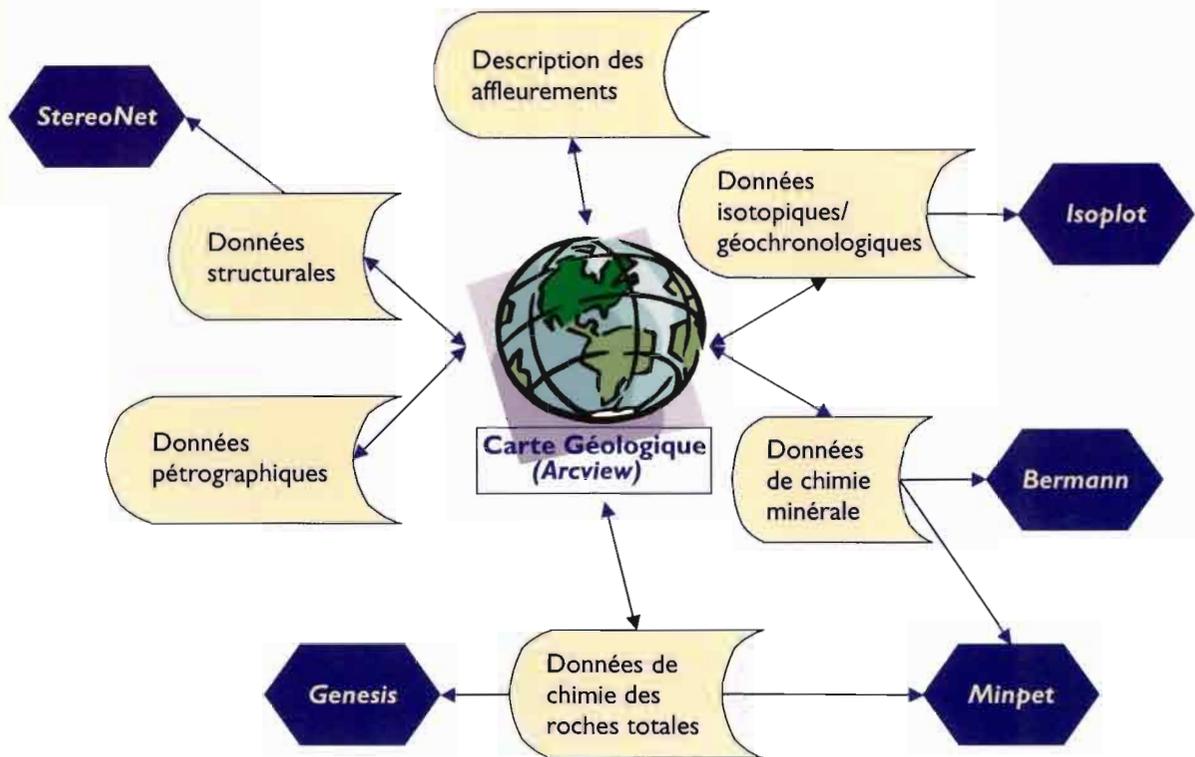
Ces informations géoréférencées serviront de support pour le diagnostic et la vérification du fonctionnement des systèmes étudiés. Elles permettront de contrôler la distribution spatiale des objets, ou l'application des processus, ainsi que d'établir les relations entre les composants et les variables des systèmes (Ex. relation entre mécanismes structuraux, processus hydrothermaux et minéralisations).

À cet effet, le support topographique à 1/100.000 a été numérisé et vectorisé en grande partie (rappelons que les régions étudiées représentent plus de la moitié de la surface de la France). Les autres informations qualitatives et quantitatives seront enregistrées avec indication de leurs sources. Ce sont, par exemple, les données :

- Lithologiques et structurales, globales, aux échelles des levés géologiques et des interprétations d'images et de détail, aux échelles spécifiques (1/50.000 à 1/10.000) des objets géologiques considérés (ex. structures internes des corps plutoniques) ;
- Cinématiques, pour la reconstitution tridimensionnelle des processus évolutifs ;
- Géophysiques (gravimétrie, magnétométrie, etc.) ;
- Géochronologiques (âges isotopiques des sources, des protolithes...) de chronologie relative et paramètres associatifs ;
- Pétrologiques (géochimie, minéralochimie...) ;
- Métamorphiques (thermodynamique...) ;
- Sédimentologiques (environnement de dépôts, critères géodynamiques) ;
- Métallogéniques (aux diverses échelles de prospect : mines, gisements, garimpos, indices minéralisés, distributions de teneurs en métaux dans les sols, les alluvions, etc.) ;
- La liste n'est pas limitative et pourra s'ouvrir aux autres besoins (ex. hydrologie, pédologie, etc.).

Le SIG est structuré de telle manière que les données peuvent être immédiatement traitées de l'échelle de l'échantillon à celle des massifs rocheux, à l'aide des outils informatiques usuels de géochimie, pétrologie, structurologie et de modélisation pétrogénétique. A cet effet, l'équipe a mis au point un logiciel de modélisation pétrogénétique (GENESIS), dont la dernière version (IV) sera disponible en 2006.

STRUCTURE GÉNÉRALE DU SIG-BAHIA



les logiciels classiques de traitement spécifiques des données géologiques et géochimiques sont indiqués sur fond bleu et sont accessible dans le commerce de *softwares* ou gratuitement pour certains (ex. *Bermann*, *Isoplot*) – Le logiciel *GENESIS* est un produit conçu et réalisé par ce programme de recherche IRD/CNPq, L.R. Teixeira, thèse doct. 1998

POUR EN SAVOIR PLUS

Sabaté, P. & Barbosa, J.S.F., 2000. The northern São Francisco craton. In W. Teixeira *et al.* (org.) *Archean and Paleoproterozoic tectonic evolution of the São Francisco craton: Spec.Vol.* U.G.Cordani *et al.*(ed.) *Tectonic Evolution of South America*. 31st International Geological Congress, Rio de Janeiro, p. 101-137.

Barbosa J.S.F. & Sabaté, P., 2001. Geological features and the Paleoproterozoic collision of four Archean crustal segments of the São Francisco craton, Bahia, Brazil : A synthesis. *Annals Brazilian Academy of Sciences*. 74 (2) : 343-374.

Milesi, J. P., Ledru, P., Marcoux, E., Mougéot, R., Johan, V., Lerouge, C., Sabaté, P., Bailly, L., Respaut, J. P. and Skipwith, 2001. The Jacobina paleoproterozoic gold-bearing conglomerates, Bahia, Brazil: a "hydrothermal shear-reservoir model". *Ore Geology Reviews*, 19 : 95-136.

Nascimento, H.S. do, Bouchez, J-L., Nédélec, A., Sabaté, P., Evidence of an early N-S magmatic event in the Paleoproterozoic Teofilândia granitoids (Sao Francisco craton, Brazil): a combined microstructural and magnetic fabric study : *Precambrian Research* 134 : 41-59.

Barbosa J.S.F. & Sabaté, P., 2004. Archean and Paleoproterozoic crust of the São Francisco Craton, Bahia, Brazil :Geodynamic features. *Precambrian Research* 133 : 1-27.

PROCESSUS D'ALTÉRATION ET D'ÉROSION EN MILIEU TROPICAL HUMIDE : DYNAMIQUE DES LATÉRITES DU BASSIN AMAZONIEN (DYLAT AMAZONIE)

Convention CNPq/IRD

IRD/UR058 – E. Fritsch

IAG/NUPEGEL-USP – A. J. Melfi

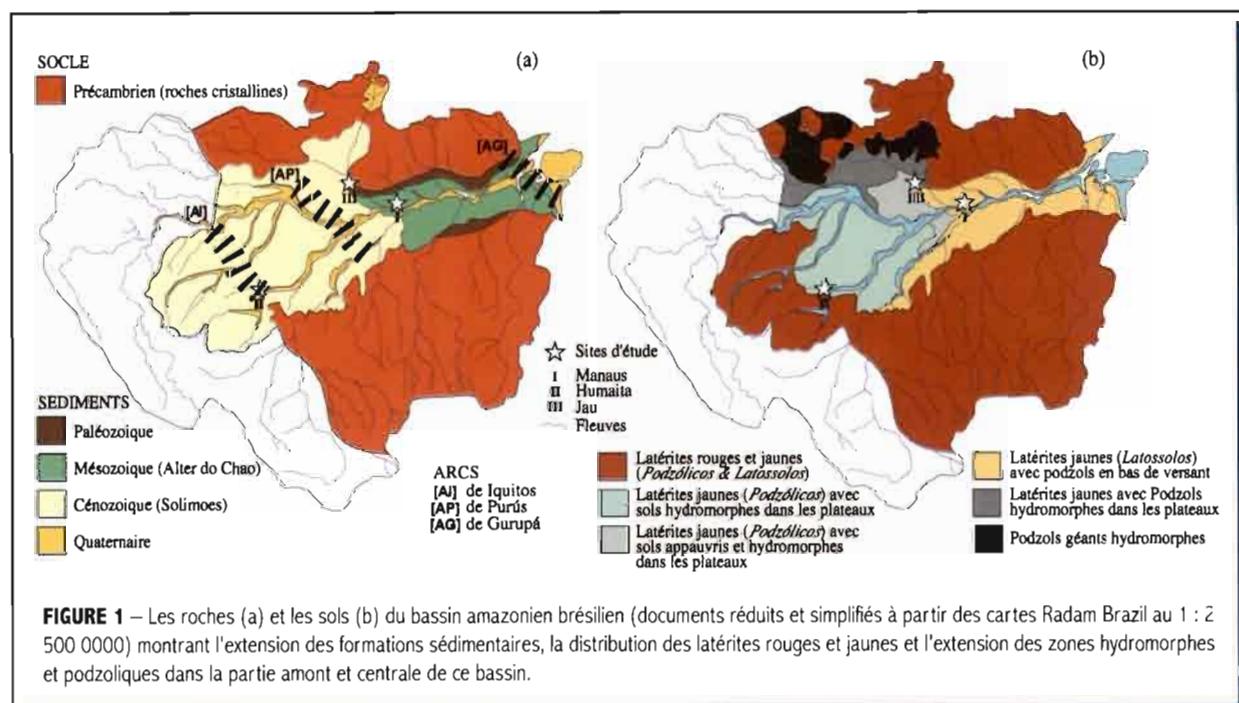
IRD : E. Balan, P. Magat.

IG/NUPEGEL-USP : C. R. Montes-Lauar

Autres partenaires : A.J. Herbillon, S. Stemmler (CNRS), N. R. Nascimento (UNESP), G. Taitson Bueno (PUC).

Le bassin amazonien a focalisé et continue à focaliser l'attention de la communauté scientifique brésilienne et internationale par la diversité des processus hydro-biogéochimiques mis en jeu et des facteurs qui ont pu contrôler leur dynamique. Ces facteurs sont étroitement associés à la géodynamique de la plaque sud américaine et les processus à l'altération, l'érosion et la déformation (flexure et fracture) de cette plaque. La formation du graben amazonien a, entre autres, été propice à l'érosion des socles brésilien et guyanais et à une sédimentation massive dans la partie centrale et amont du bassin (Figure 1a). La subduction de la plaque de Nazca a

amorcé au Tertiaire, la formation de la chaîne montagneuse des Andes sur la bordure Ouest du bassin et progressivement obturé les écoulements vers l'océan Pacifique. La surrection de cette chaîne, toujours actuelle, a joué un rôle déterminant sur le climat, l'érosion, la sédimentation et changé de façon irréversible le sens des écoulements des eaux dans le bassin. Ces changements expliquent la présence d'immenses pénéplaines à faible gradient topographique, de chenaux fossiles et de vastes étendues ennoyées dans la partie amont du bassin, dans une région qui reste soumise à de forts gradients pluviométriques (1,5 à 6 m/an).



Le bassin amazonien couvre une superficie de $7 \cdot 10^6$ km². Son maintien dans la zone tropicale humide au cours des temps géologiques explique la présence de formations meubles, très altérées, souvent épaisses et anciennes (les latérites) qui supportent l'une des plus grandes réserves forestières de la planète. Son histoire a assuré le stockage d'immenses réserves d'eau douce dans sa partie sédimentaire amont et centrale, et son fleuve principal, l'Amazone, continue à exporter des quantités considérables d'eau (209 000 m³/s) et de matières (13,5 t/sec) à l'océan Atlantique. Si les matières exportées par l'Amazone à l'océan sont essentiellement attribuées à la surrection et érosion des Andes, nos études tendent à montrer que d'importantes quantités de matières ont pu également être remobilisées au sein des formations latéritiques de ce bassin et être exportées par érosion par le réseau hydrographique. La nature des processus mis en jeu et l'importance de cette érosion sont attribuées à des environnements hydriques et géochimiques contrastés entre milieu bien drainé et milieu engorgé, et plus particulièrement en milieu engorgé à la recharge et à la vidange des nappes. Ces environnements agissent sur les cycles des éléments majeurs (Si, Al, Fe) et en traces. Ils contrôlent de ce fait les exportations de matières dans les fleuves et les transformations minéralogiques et structurales dans les sols.

Les prospections entreprises dans le cadre du projet Radambrasil (1978) ont montré qu'il existait une distribution ordonnée des sols à l'échelle des paysages et également une distribution ordonnée de ces paysages à l'échelle du bassin amazonien (Figure 1b). Ces distributions et les connaissances plus ponctuelles que nous avons pu acquérir sur les structures et le fonctionnement de ces sols, plus particulièrement dans trois sites pilotes (Manaus, Humaita et Iau) de ce bassin (étoiles dans Figure 1b), nous ont permis de mieux caractériser les processus hydro-biogéochimiques majeurs de la zone tropicale humide : (i) la latéritisation, (ii) l'oxydo-réduction et (iii) la podzolisation. Ces études nous ont également amené à proposer un modèle géochimique global qui retrace, à l'échelle du bassin, les stades successifs de la formation puis de la transformation des formations latéritiques dans un environnement tropical où les apports pluviométriques et les excès d'eau dans les sols et les sédiments sont devenus localement très importants.

Les travaux ont fait appel à des approches pétrographiques, minéralogiques et géochimiques

permettant d'appréhender la nature et la distribution relative des composantes des couvertures d'altération depuis l'échelle d'unités de paysages représentatives des surfaces continentales de ce bassin jusqu'à celle de leurs constituants élémentaires. Sur certains sites, des études hydro-biogéochimiques ont été calées sur ces études structurales. L'originalité des travaux engagés réside de ce fait dans la complémentarité des démarches utilisées, elles mêmes adaptées à un emboîtement naturel de structures.

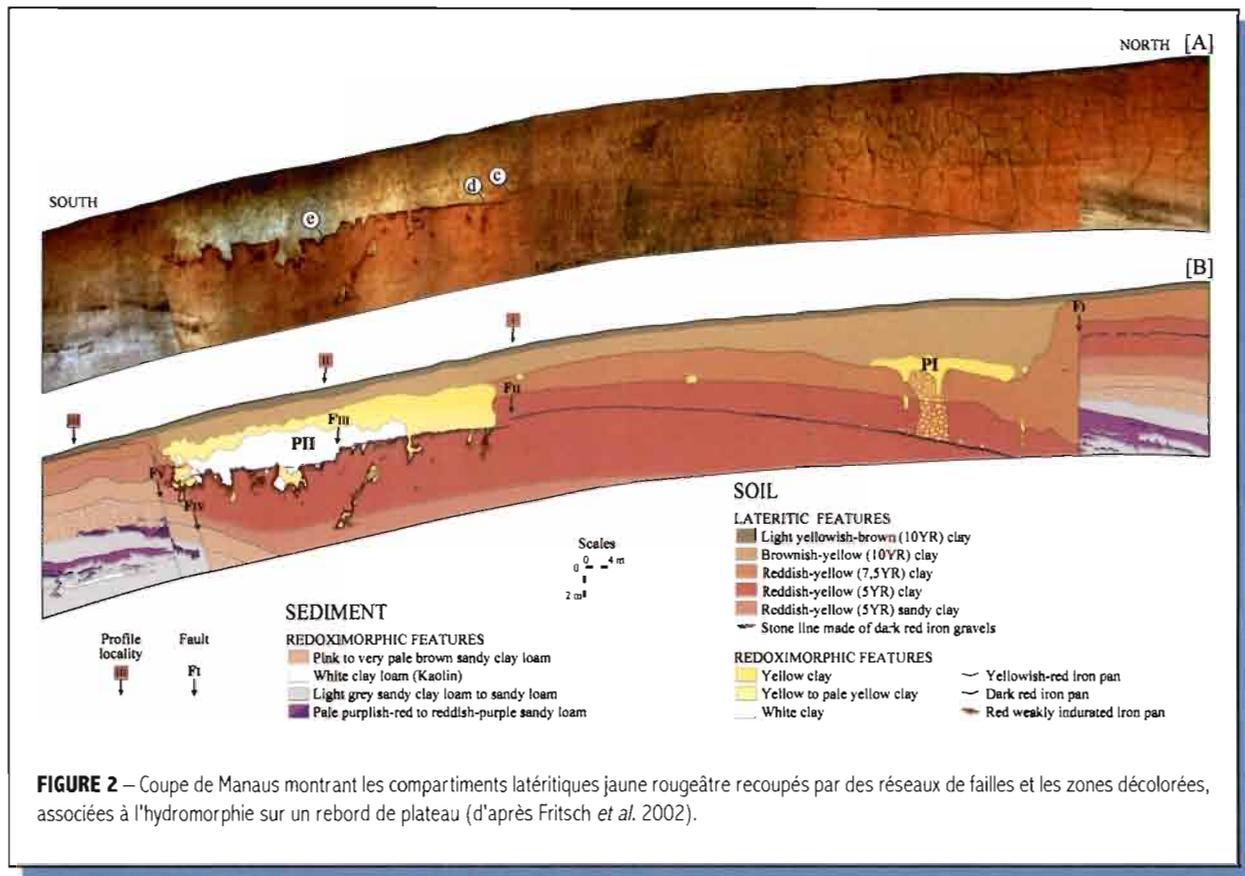
Les travaux ont été initiés en 1996 dans le cadre d'un accord de coopération CNPq/ORSTOM associant le *Núcleo de Pesquisa em Geoquímica e Geofísica da Litosfera* de l'Université de São Paulo et l'Unité de Recherche 12 «Géoscience de l'Environnement Tropical» du Département TOA de l'ORSTOM sur un projet de recherche intitulé "Organisation et fonctionnement hydro-biogéochimique des couvertures latéritiques d'Amazonie" (Dylat Amazonie). Ces travaux ont été soutenus financièrement par un projet thématique FAPESP (96) puis un programme PRONEX (97) d'appui à la création de centres d'excellence. Les travaux de terrain, interrompus en 2000, ont été suivis au Laboratoire de Minéralogie Cristallographie de Paris (LMCP) dans le cadre de la création de l'UR058 Géotrope de l'IRD (Processus d'altération et de pédogenèse et bilans de transferts dans la géosphère tropicale). A la lumière des résultats obtenus, des thématiques et travaux de terrain nouveaux ont été programmés en 2004 dans le cadre d'un accord CAPES-COFECUB s'appuyant sur un projet de recherche portant sur la "Podzolisation des latérites du haut bassin amazonien : Etudes des mécanismes et facteurs contrôlant la dynamique évolutive des podzols et les exportations de matières dans les têtes de rivières du bassin versant du Rio Negro". Ces thématiques ont été financées par un projet FAPESP et un programme ECCO.

Latéritisation

Ce processus est propice à une altération intense des minéraux des formations géologiques en climat chaud et humide. Il assure l'exportation quasi totale des bases (Ca, Mg, Na, K), partielle de la silice et une accumulation résiduelle du fer et de l'aluminium. Il agit essentiellement dans les positions hautes et bien

drainées des paysages. Nos travaux entrepris dans la région de Manaus (Figure 2) ont montré que ces accumulations résiduelles étaient associées à une dissolution ménagée des quartz et à des mécanismes de dissolution - recristallisation affectant les

principales phases minérales secondaires de ces latérites: la kaolinite et les oxydes de fer (sl). Ces transformations minéralogiques sont appréhendées sur le terrain par des variations progressives de texture et de couleur.



Les variations texturales traduisent une diminution progressive de la taille des particules de kaolinite de la base vers le sommet des profils latéritiques. Elles sont particulièrement marquées en profondeur à la transition entre le niveau d'altération et le sol. Des études spectroscopiques (IRTF, REP) ont relié la diminution de la taille de ces particules à un accroissement du désordre cristallin des populations de kaolinite. Le désordre cristallin a été attribué à des fautes d'empilement des feuillets de kaolinite (Balan *et al.* 1999). Les variations texturales observées résultent de ce fait de mécanismes de dissolution/recristallisation propices au remplacement d'anciennes populations de kaolinite de grande taille et dépourvu de fautes d'empilement par de nouvelles populations de kaolinite plus petites et fortement désordonnées.

Les variations colorimétriques traduisent un jaunissement progressif des profils latéritiques rouges. Elles apparaissent particulièrement marquées dans la partie supérieure de ces profils qui s'appauvrissent également en éléments fins. Ces changements se font sans perte des teneurs en fer. Ils ont été attribués à la dissolution d'oxydes de fer faiblement substitués en aluminium (hematite et goethite) suivie par la recristallisation de goethites fortement alumineuses (Fritsch *et al.* 2005). Lorsque l'accumulation d'aluminium dans les structures des goethites est achevée (maximum de 33%), des hydroxydes d'aluminium (gibbsite) sont alors produits. Ces transformations témoignent d'une activité en aluminium et en eau plus élevée dans la partie supérieure de ces profils et, à l'opposé, d'une activité en silice plus faible. Ces conditions d'altération qui

restent propices à la dissolution des kaolinites ne sont par contre plus favorables à leur recristallisation. Elles favorisent à l'opposé le transfert de l'aluminium et de la silice en profondeur et le piégeage de l'aluminium dans des phases minérales plus hydroxylées (goethite alumineuse puis gibbsite). Ces transformations minérales témoignent d'un début de mobilité de l'aluminium dans les profils latéritiques et marquent de ce fait le stade ultime de cette évolution géochimique en milieu aérobie.

De la base vers le sommet des profils latéritiques, les transformations minéralogiques affectant les kaolinites et les oxydes de fer apparaissent décalées dans l'espace, ce qui suggère des évolutions et des cinétiques de transformations différentes pour ces deux grands types de constituants. Ce décalage permet la ferrallitisation (accumulation simultanée du fer et de l'aluminium) puis l'allitisation (accumulation préférentielle d'aluminium) des profils latéritiques. La datation des populations de kaolinite (Balan *et al.* 2005) sont conformes avec nos interprétations minéralogiques dans la mesure où ces profils se rajeunissent de la profondeur vers la surface (de 35 à 5 MA) et où les dernières générations de kaolinite en sommet des latérites (5 MA) marqueraient le début de l'allitisation de ces sols. Ces évolutions géochimiques et minéralogiques présentent certaines analogies avec celles qui ont été établies en Afrique de l'Ouest dans les différentes surfaces d'aplanissement de ce continent (étalement de bauxites très anciennes puis de cuirasses ferrugineuses plus récentes). Contrairement à ces dernières, ces évolutions seraient continues dans le temps et toujours actuelles en Amazonie car affectant des matériaux meubles.

Oxydo-réduction

Ce processus assure une remobilisation massive du fer en milieu engorgé et réducteur. Il agit de ce fait dans des réservoirs de nappes soit en positions hautes (systèmes fermés) ou basses (systèmes ouverts au réseau hydrographique) des paysages. Dans ce type d'environnement, la dissolution des oxydes de fer devient alors prépondérante par rapport à leur recristallisation. La dissolution sélective des oxydes de fer les moins substitués en aluminium (essentiellement hématite) assure le jaunissement et l'éclaircissement des formations latéritiques puis la déstabilisation des goethites alumineuses les plus réfractaires à l'altération assure leur blanchiment. Le fer mobilisé par les nappes

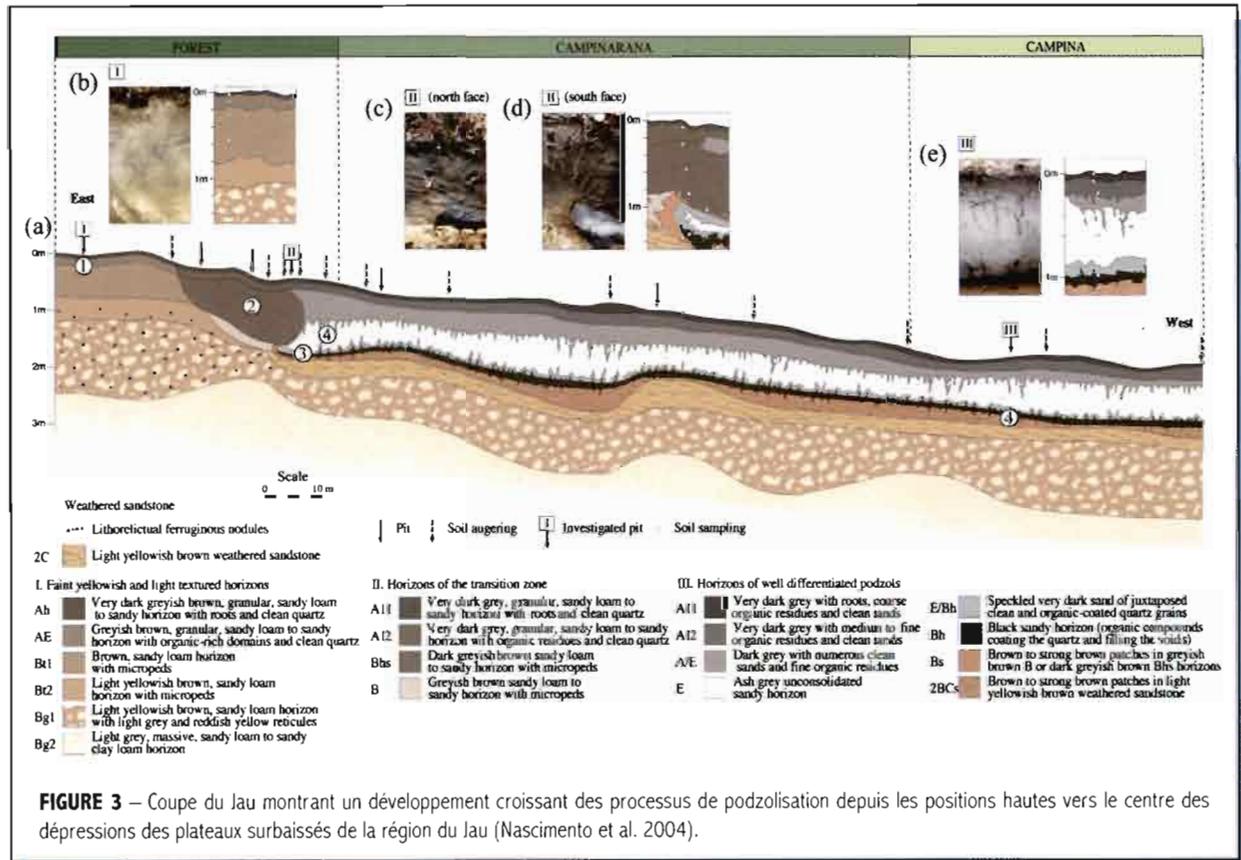
peut soit être exporté au réseau hydrographique soit encore reprécipiter dans les sols (systèmes partiellement ou complètement confinés) au voisinage de la surface dans les franges capillaires des nappes (Humaita) ou plus en profondeur sous forme de fines bandes ferrugineuses (Manaus). Ces mobilisations et exportations de matières favorisent de ce fait l'expansion des formations hydromorphes dans les formations latéritiques. Erosion et oxydo-réduction apparaissent étroitement couplées puisque la mise en place et l'expansion des réseaux hydrographiques dans les paysages peuvent être reliées au développement simultané de réservoirs de nappe.

Les mécanismes mis en jeu sont étroitement liés à l'activité bactérienne qui utilise en environnement anaérobie les composés organiques du sol comme source d'énergie et certains de leurs constituants minéraux (essentiellement nitrates et oxydes de fer) comme accepteurs d'électrons. En croisant expérimentations de terrain (hydro-géochimie des nappes) et de laboratoire (tests d'incubation d'échantillons de sol) sur le site d'Humaita, nous avons pu montrer que la mobilité du fer, sous le contrôle de l'activité bactérienne, était toujours actuelle et particulièrement active dans les fronts d'altération délimitant les formations latéritiques *sensu stricto* des formations hydromorphes. Elle est contrôlée par la nature et l'abondance des composés organiques et minéraux susceptibles d'être oxydés ou réduits et par la dynamique des nappes. Cette libération du fer est sporadique au niveau de ces fronts et n'a lieu qu'en saison pluvieuse lors du rabattement de ces nappes. La réduction des nitrates puis des oxydes de fer est couplée (i) à une production de carbone organique dissout (COD) susceptible de complexer les métaux (Fe et Al), (ii) à une minéralisation des composés organiques facilement biodégradables (COD) et humifiées, (iii) à la transformation d'oxydes bien cristallisés (essentiellement goethite alumineuse) en nano oxydes mal cristallisés (ferrihydrite). Cette dynamique évolutive a été localement perturbée par la tectonique récente, plus particulièrement dans la région de Manaus. Dans cette région proche de l'arc de Purus (Figure 2a), nous avons pu démontrer (Fritsch *et al.* 2005) que le blanchiment des sédiments, lui-même intimement associé à la formation des gisements de kaolin du bassin, était antérieur à la réactivation des failles du graben amazonien et que le blanchiment des sols était, à l'inverse, postérieur à cette tectonique et toujours actuel.

Podzolisation

La podzolisation assure la production massive de composés organiques acides dans les sols, la dissolution de leurs constituants argileux (oxydes de fer, d'aluminium et kaolinite) et la formation de complexes organo-métalliques (essentiellement Fe et Al). Ce processus, qui agit dans des formations

latéritiques préalablement appauvries en éléments fins, relaye l'oxydo-réduction II a été attribuée au développement de conditions réductrices et acides dans les systèmes de nappe. Nous l'avons étudié dans les plateaux surbaissés du parc national du Jau (Figure 3) (Nascimento *et al.* 2004), situé à la périphérie des zones fortement podzolisées du haut bassin amazonien (Figure 1b).



Les travaux réalisés ont permis de distinguer deux grandes étapes lors de la podzolisation des latérites. La première étape forme en milieu réducteur des podzols humifères très épais, faiblement argileux et fortement enrichis en complexes organométalliques (horizon Bhs). Cette étape est propice (i) à l'accumulation de matières organiques dans la partie supérieure des profils latéritiques préalablement éclaircis et appauvris en argile, (ii) à la migration verticale de composés organiques acides et de petite taille, et (iii) au couplage des mécanismes de dissolution des constituants argileux et de formations de complexes organométalliques. La dissolution sélective des constituants argileux (oxydes

de fer, d'aluminium puis kaolinite) permet d'abord la formation de complexes à base fer puis à base d'aluminium. La seconde étape assure la perte quasi totale en éléments fins et l'accumulation résiduelle de sables quartzeux. Cette étape est associée à la mise en place d'une nappe perchée acide (pH 3,5) dans des podzols à très forte différenciation verticale. Ces podzols comprennent alors des horizons supérieurs sableux très poreux (horizons organiques A et cendreaux E) et des horizons inférieurs d'accumulation de matières organiques moins perméables (horizons noirs Bh et brun foncé Bs). Les horizons sableux se forment au détriment de l'horizon Bhs amont riche en complexes organo-

métalliques. Ces complexes et ceux nouvellement formés (essentiellement alumineux) peuvent migrer en profondeur et s'accumuler lors de la vidange de la nappe dans des matériaux encaissants moins perméables (formation d'un horizon Bs). Le développement de conditions acides dans les eaux de la nappe permet la désorption progressive des métaux associés aux composés organiques. Enfin, le développement d'une macroporosité dans les horizons sableux des podzols permet (i) la migration verticale puis l'accumulation à la base de ces horizons de composés organiques noirs de plus grande taille et à plus faible charge métallique (formation d'un horizon Bh) et (ii) l'exportation de ces composés par la nappe (apparition et développement vertical d'un horizon cendreuse E). Les exportations par la nappe de matière dissoute, colloïdale et particulaire au réseau hydrographique, toujours actuelle (eaux noires), assure l'expansion latérale des podzols et la réduction des aires latéritiques dans les plateaux.

Le bassin amazonien : un exemple d'érosion géochimique en climat tropical humide

Les travaux entrepris dans le bassin amazonien nous amènent à proposer un modèle géochimique global qui retrace les stades successifs de la formation puis de la transformation des formations latéritiques dans un environnement tropical où les apports pluviométriques et les excès d'eau dans les sols et les sédiments sont localement très importants. Le modèle oppose un milieu bien drainé (formations latéritiques *sensu stricto*) prédominant à la périphérie de ce bassin à un milieu moins bien drainé, périodiquement ou constamment engorgé (formations hydromorphes) qui devient majoritaire dans la partie centrale et surtout amont et plus pluvieuse de ce bassin (Figure 1b).

Le modèle attribue la mise en place et l'épaississement des profils latéritiques au développement séquentiel de deux processus majeurs : la ferrallitisation et l'allitisation. A la base de ces profils, la ferrallitisation assurent l'accumulation résiduelle du fer, de l'aluminium et d'une partie de la silice dans des phases minérales métastables, très largement représentatives des environnements tropicaux (kaolinite et oxydes de fer). Si la mobilité du fer et de l'aluminium reste très limitée dans cette partie des profils

d'altération, des mécanismes de dissolution et de recristallisation agissent très lentement aux rythmes des saisons et des temps géologiques. Ces mécanismes diminuent la taille et accroissent la réactivité de surface des minéraux en augmentant le désordre cristallin des kaolinites et les taux de substitution des oxydes de fer (formation de matériaux à texture de sol). En l'absence d'érosion mécanique, l'allitisation de la partie supérieure de ces profils favorise la cristallisation de goethite alumineuse puis de gibbsite, et non plus de kaolinite. Ces transformations minérales entraînent alors un jaunissement et un appauvrissement des profils d'altération.

Le modèle relie enfin la dégradation naturelle des formations latéritiques du bassin amazonien à l'expansion dans l'espace et dans le temps des formations hydromorphes et des systèmes de nappe qui leur sont associés. L'apparition de conditions réductrices puis acides dans les systèmes de nappe ont permis le développement séquentiel de deux processus majeurs pour la zone tropicale humide : l'oxydoréduction et la podzolisation. Ces processus assurent la remobilisation massive du fer et de l'aluminium préalablement accumulés dans les formations latéritiques, couplée à une accumulation et redistribution des matières organiques. Ces redistributions de matières dans les sols puis exportations par les fleuves se font essentiellement sous forme dissoute (oxydoréduction) ou complexée à des substances organiques (podzolisation). Elles contribuent de ce fait à une véritable fonte géochimique des couvertures d'altération et à l'accumulation d'un résidu quartzueux dans un environnement qui s'acidifie et devient pratiquement stérile et inerte aux activités biologiques.

Les processus inventoriés dans le bassin amazonien caractérisent de ce fait des environnements très contrastés par la nature des écoulements qui leur sont généralement attribués (non saturé *versus* saturé) et par les conditions redox qui y règnent ou y ont régné et qui contrôlent en grande partie le cycle du carbone et du fer. Les problèmes environnementaux associés à la dégradation des latérites et à l'exportation de matières au réseau hydrographique sont majeurs au regard des superficies concernées. Cette dégradation joue un rôle essentiel dans le stockage du carbone organique et le piégeage transitoire des métaux. Elle fournit enfin dans les environnements podzoliques des conditions peu propices au développement de la vie.

POUR EN SAVOIR PLUS

Balan, E., Allard, T., Boizot, B., Morin, G., Muller, J.P. 1999. Structural Fe³⁺ in natural kaolinites: New insights from electron paramagnetic resonance spectra fitting at X and Q-band frequencies. *Clays and Clay Minerals*, 47, 605-616.

Fritsch E., Montes-Lauar C.R., Boulet R., Melfi A.J., Balan E., Magat Ph. 2002. Lateritic and redoximorphic features in a faulted landscape near Manaus, Brazil. *European Journal of Soil Science*, 53, 2, 203-218.

Nascimento (do) N.R., Bueno G. T., Fritsch E., Herbillon A.J., Allard Th., Melfi A.J., Astolfo R., Boucher H., Y. Li. 2004. Podzolisation as a deferrallitization process. A study of an Acrisol-Podzol sequence derived from Paleozoic sandstones in the northern upper Amazon Basin. *European Journal of Soil Science*, 55, 523-538.

Fritsch E., Morin G., Bedidi A., Bonnin D., Balan E., Caquineau S., Calas G. 2005. Transformation of haematite and Al-poor goethite to Al-rich goethite and associated yellowing in a ferrallitic clay soil profile of the middle Amazon basin (Manaus, Brazil). *European Journal of Soil Science*, (10.1111/j.1365-2389.2005.00693.x).

Balan E., Allard T., Fritsch E., Sélo M., Falguères C., Chabaux F., Pierret M.-C., Calas G. 2005. Formation and evolution of lateritic profiles in the middle Amazon basin: Insights from radiation-induced defects in kaolinite. *Geochimica et Cosmochimica Acta* (in press).

Stemmler S.J., Fritsch E., Herbillon A.J., Nascimento (do) N.R., Trollard F., Bourrie G., Grimaldi M., Berthelin J. 200X. Laboratory and field experiments on microbial-induced weathering of Fe-oxides from tropical profiles of the low elevated plateaux of the upper Amazon Basin. *Soil Science Society of America Journal* (submitted).

LES PALEOCLIMATS DU BRÉSIL

Convention CNPq/IRD

IRD/UR055 – Bruno Turcq

UFF – Jorge Abrão

IRD : J. Bertaux, M.P. Ledru, L. Martin, J.L. Melice, A. Sifeddine, F. Sondag, F. Soubiès,
UFF : A.L.S. Albuquerque, A.P.A. Anjos, C. Barbosa, A. Cardoso, R.C. Cordeiro, M. Gurgel, B.
 Knoppers, L.D. Lacerda, L.R. Nascimento, S.R. Patchineelam, F.F.L. Simoes Filho, W. Zamboni de Mello
UnB : M. Barbieri, G. Boaventura, M.L. Salgado Labouriau, R. Santos, K. Vincentini

Autres partenaires : M. Boussafir, J.R. Disnar, J. Jacob, E. Lallier Verges (**ISTO**), P. Braconnot, C. Causse, D.
 Genty, O. Marti (**LSCE**), J.M. Jouanneau, O. Weber (**U. Bordeaux I**), F. Poitrasson (**LMTG**), F. Frohlich (**MNHN**),
 D. Jezequiel, G. Sarazin (**U. Paris 7**), C. Pierre (**U. Paris 6**), P.C. Boggiani, G. Cecantini, P.L.S. Dias., M.A.S.
 Dias, P.C.F. Giannini, L.C. Pessenda, C. Riccomini, K. Suguio (**USP**), M.L. Absy, A. Carneiro (**INPA**), L.
 Torgan, C. Volkmer Ribeiro (**FZB/RS**), J.M.L. Dominguez, A. Bittencour (**UFBA**), J.M. Flexor (**O.N**),
 M.A. Morraye, O. Rocha (**UFSCar**), S.S. Hirooka (**UFMT**).

De nombreuses caractéristiques des environnements continentaux actuels, les paysages, la biodiversité des écosystèmes, les stocks de nombreux éléments chimiques, tel que le carbone sont en grande partie héritées du passé. Un passé qui, à l'échelle géologique, a connu d'importants changements du climat, des périodes extrêmement chaudes, au Crétacé notamment, il y a environ 100 millions d'années ou très froides, lors des glaciations du Quaternaire qui ont dominé le dernier million d'années, imposant au genre humain en pleine évolution, la dure loi du climat. C'est à la lumière du passé récent, que l'on essaye de comprendre les mécanismes des changements climatiques ayant eu lieu au 20^{ème} siècle et faire la part entre le changement naturel du climat et le réchauffement, aujourd'hui avéré, de la planète sous l'effet de la libération par les activités humaines de gaz à effet de serre tel que le dioxyde de carbone ou le méthane. Pour prédire le climat du futur, il nous faut comprendre celui du passé ainsi que toutes les interactions complexes entre l'atmosphère, l'océan et les surfaces continentales. Seuls des modèles globaux, représentant les processus physiques, chimiques et biologiques contrôlant le fonctionnement du système climatique sont à même de réaliser de telles prévisions. Ces modèles qui requièrent les énormes capacités de calcul des plus gros ordinateurs, en sont encore à leur balbutiement. Toutefois, ils intègrent déjà, pour l'ensemble du globe, les interactions entre l'atmosphère et l'océan et même entre l'atmosphère et les végétations continentales. Les climats du futur, décrits par les modèles existants, sont néanmoins très disparates et une bonne manière de tester la capacité d'un modèle à décrire les changements du climat est de lui

demander de reconstituer les climats du passé. On peut ainsi comparer les résultats du modèle avec les connaissances acquises par les géologues sur le climat du passé plus lointain ou paléoclimat. Cet exercice est réalisé pour la période d'il y a 6000 ans (Holocène Moyen), qui correspond à un optimum de température en Europe et la période d'il y a 21.000 ans qui correspond au maximum de la dernière glaciation quaternaire : « Dernier Maximum Glaciaire ».

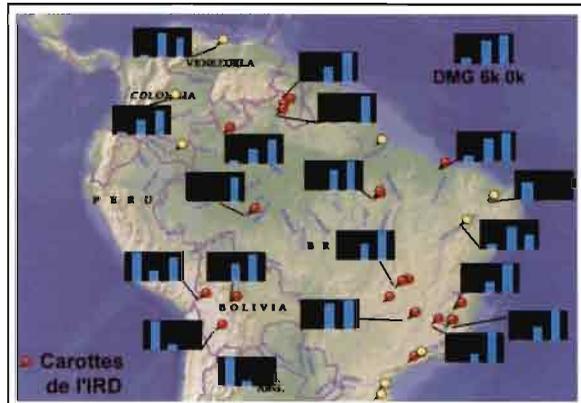
Les tropiques jouent un rôle essentiel dans la variabilité du climat. On connaît le phénomène El Niño, provenant de l'Océan Pacifique tropical, qui crée des anomalies climatiques dans de nombreuses régions tropicales et tempérées. Le rôle des tropiques dans le climat global s'explique par le fait que cette région reçoit le maximum de l'énergie solaire et que le système climatique doit répartir cette énergie issue de l'insolation entre les basses et les hautes latitudes. Malheureusement, c'est aussi sous les tropiques que les données paléoclimatiques sont les plus rares ce qui rend plus difficile la compréhension du climat global. Pour cette raison, depuis de nombreuses années, l'ORSTOM, puis l'IRD s'est attaché à recueillir des données paléoclimatiques dans les régions tropicales.

Les projets que l'IRD a développés en coopération avec le CNPq et les Universités Brésiliennes entrent dans cette droite ligne d'action. Il s'agissait de réunir le plus d'informations possible sur le climat des 30.000 dernières années au Brésil, une des régions de la planète où les données paléoclimatiques étaient les plus rares. Il a fallu, dans un premier temps, rechercher les marqueurs du paléoclimat.



Analyse intégrée des marqueurs paléoclimatiques des environnements continentaux et côtiers tropicaux

Ce projet a montré que les sédiments des lacs brésiliens étaient d'excellents enregistreurs des climats du passé. Ils renferment de grandes quantités de pollen dont la détermination permet de reconstituer les couvertures végétales anciennes, indicatrices de paramètres climatiques. Ils permettent également de décrire les variations du niveau des lacs qui sont directement liées au bilan précipitation/évaporation. De plus les sédiments lacustres renferment une quantité de matière organique suffisante pour pouvoir être datée par la méthode du carbone 14. Ce projet a fourni de nombreuses données paléoclimatiques dans les régions brésiliennes du Sudeste et du Centre ainsi qu'en Amazonie.



Les changements du niveau des lacs depuis 21.000 ans en Amérique du Sud tropicale. Les barres verticales représentent le niveau des lacs, secs lorsqu'il n'y a pas de barre et transbordant lorsque la barre atteint le sommet du diagramme. La barre de gauche correspond au dernier maximum glaciaire (21.000 ans), celle du milieu à l'Holocène moyen (6000 ans) et celle de droite à la situation actuelle.

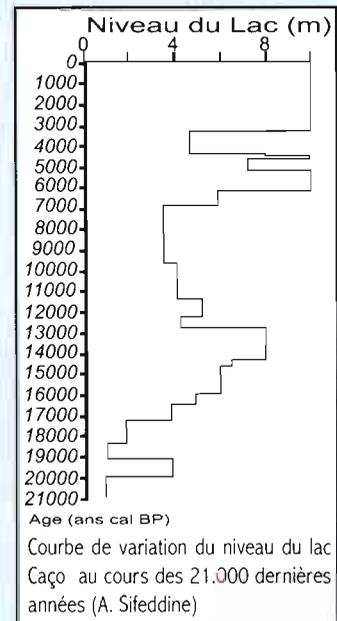
Le lac Caço : laboratoire d'étude de l'enregistrement lacustre des paléoclimats



Vue aérienne du lac Caço, Maranhao, Brésil.

Le lac Caço a fait l'objet de recherches détaillées auxquelles ont participé de nombreuses universités brésiliennes. Les lacs présentent en général une zonation d'écosystèmes de leur marge vers leur centre. Les études réalisées sur le lac Caço ont montré que cette zonation, indicateur direct de l'épaisseur de la tranche d'eau, pouvait être mise en évidence par différents marqueurs sédimentologiques et micro-paléontologiques : l'aspect microscopique de la matière organique, les teneurs en carbone et azote et

leurs isotopes stables (^{13}C , ^{15}N), les teneurs en hydrogène et oxygène de la matière organique, les marqueurs moléculaires organiques, la teneur en fer du sédiment, les associations de diatomées et de spicules d'éponges. Ces paramètres ont été étudiés à la fois dans les sédiments superficiels du lac et dans les carottes perforant toute la colonne sédimentaire et atteignant l'âge de 20.000 ans. Les marqueurs, aussi appelés « proxy » parce que ce sont des données « approchées » du climat, permettent de tracer la courbe de variation du niveau lacustre du Lac Caço, reflet des changements climatiques de cette région.



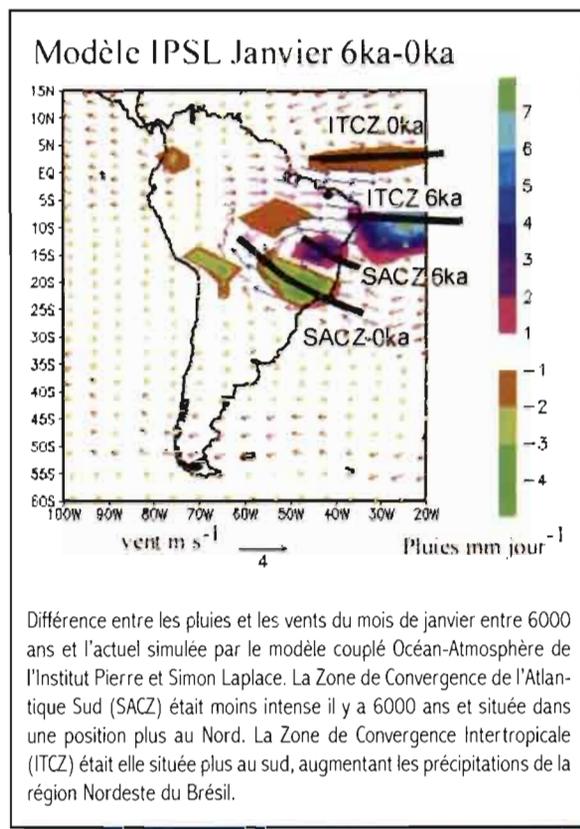
Paléoenvironnements tropicaux et Variabilité climatique

Par ce projet, nous avons voulu, tout en continuant les travaux en cours, concentrer nos efforts sur un seul système lacustre afin de mieux comprendre tous les mécanismes contrôlant la sédimentation et d'obtenir ainsi des interprétations plus réalistes des environnements passés. Cela a été réalisé dans un lac du nord de la région Nord-Est du Brésil : le lac Caço, dans l'état du Maranhão. Ce projet a également mis à jour un nouveau marqueur des paléoclimats : les stalagmites. L'étude des stalagmites de la grotte de Perolas, dans l'Etat du Mato Grosso, a montré que leurs fines laminations internes, d'une épaisseur de quelques dizaines de microns, suivaient un rythme annuel et que l'épaisseur des lamines dépendait des précipitations annuelles. Ces stalagmites permettent donc d'étudier la variabilité inter-annuelle du climat et ce pour des durées allant jusqu'à 7000 ans. Finalement, c'est lors de ce dernier projet que nous avons réalisé les premières comparaisons entre les données paléoclimatiques obtenues et les simulations du climat passé produites par les modèles climatiques globaux.



Les résultats que nous avons obtenus montrent qu'une grande partie des lacs brésiliens était asséchée durant le maximum glaciaire. La végétation était également plus ouverte, la savane précédant la forêt tropicale dans la région Sud-Est du Brésil ainsi que dans l'Est de l'Amazonie. Les végétations actuelles ne commencent à se développer qu'à partir de 12000 ans et, dans la région Sud-Est la forêt tropicale Atlantique actuelle n'apparaît qu'au cours du dernier millénaire.

Dans la plupart des régions brésiliennes le niveau des lacs est encore assez bas à l'Holocène moyen, les niveaux actuels ont seulement été atteints il y a moins de 4000 ans. La région Nord-Est semble avoir un comportement différent et présente des indices de climat plus humide que l'actuel durant le dernier maximum glaciaire et à l'Holocène inférieur et moyen (12000-5000 ans).



Le modèle climatique global couplé océan-atmosphère de l'Institut Pierre et Simon Laplace simule le climat d'il y a 6000 ans. Il montre qu'en effet les régions Sud-Est et Centre du Brésil était plus sèche à cause d'un affaiblissement de la Zone de Convergence de l'Atlantique Sud et du transfert d'humidité de l'Océan Atlantique vers le continent en été austral. A l'Holocène inférieur et moyen, la terre se trouvait plus loin du soleil de juin à août, ce qui amoindrissait les pluies d'été au Brésil. Dans la région Nord-Est le modèle montre que la Zone de Convergence Intertropicale, qui contrôle les pluies de cette région, était située plus au sud, ce qui explique que cette région était plus humide à l'Holocène inférieur et moyen.

Une stalagmite du Sud-Ouest de l'Amazonie présente des laminations annuelles qui ont révélé la présence d'un cycle climatique de l'ordre de 50 ans tout au long de l'Holocène. Ce cycle serait lié à l'influence de l'Océan Atlantique sur les précipitations brésiliennes. Le modèle de l'IPSL montre que cette influence de l'Atlantique sur la variabilité du climat brésilien est renforcée à l'Holocène moyen alors que celle du Pacifique et du phénomène El Niño est amoindrie.

Les paléo-incendies des forêts tropicales

Dès les années 80, des fragments de charbons de bois ont été retrouvés dans les sols Amazoniens. Soumis à l'analyse du Carbone 14, ces charbons dataient de l'Holocène Moyen (8000 – 3000 ans). Des micro-fragments de charbons de bois sont aussi observés dans les carottes lacustres d'Amazonie (lac de la Serra Norte de Carajas et lac Caracaranã) et de la région de la forêt tropicale atlantique (lac Dom Helvecio). Deux pics sont observés vers 10.000 ans et entre 8000 et 5000 ans. Le



Carottes de sédiments lacustres

premier est interprété comme un remaniement de fragments de charbons provenant des sols du bassin lacustre et amenés dans le lac lors d'une phase d'érosion des versants. Le deuxième, à l'Holocène moyen, indique une période où les feux de forêt étaient fréquents de 8000 à 5000 ans avant nos jours. Ces charbons montrent l'existence d'une phase climatique plus sèche, ou, plus probablement d'une succession d'anomalies climatiques sèches. Les incendies d'Amazonie et de la forêt atlantique ont pu contribuer à l'augmentation du CO₂ atmosphérique observée à la même époque dans la carotte de glace du Taylor Dome en Antarctique. La diminution des teneurs en isotope ¹³C de l'atmosphère correspondrait bien à une libération de carbone de la végétation continentale vers l'atmosphère car la végétation est appauvrie en ¹³C par rapport au CO₂ atmosphérique.

POUR EN SAVOIR PLUS

Ledru, M.-P., Cordeiro, R.C., Dominguez, J.M.L., Martin, L., Mourguiart, P., Sifeddine, A. & Turcq, B., 2001. Late-Glacial Cooling in Amazonia Inferred from Pollen at Lagoa do Caco, Northern Brazil. *Quaternary Research*, 55(1): 47-56.

Sifeddine, A., Martin, L., Turcq, B., Volkmer-Ribeiro, C., Soubies, F., Cordeiro, R.C. & Suguio, K., 2001. Variations of the Amazonian rainforest environment: a sedimentological record covering 30,000 years. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 168(3-4): 221-235.

Turcq, B., Sifeddine, A., Martin, L., Absy, M.L., Soubies, F., Suguio, K., Volkmer-Ribeiro, C., 1998. Amazonia rainforest fires: a lacustrine record of 7000 years. *Ambio*. 27 : 139-142.

Turcq, B., Cordeiro, R.C., Sifeddine, A. Simões Filho, F.F. Abrão, J.J., Oliveira, F.B.O., Silva, A.O.; Capitaneo, J.L., Lima, F.A K. 2002. Carbon storage in Amazonia during the LGM: data and uncertainties. *Chemosphere*, 49 : 821-835.

ETUDE DES SYSTEMES CONVECTIFS ET DE LEURS RELATIONS AVEC LE CLIMAT EN AMERIQUE LATINE ET ATLANTIQUE

Convention CNPq/IRD

IRD/UR012 – Henri Laurent

CPTEC – Luiz Augusto Toledo Machado

IRD : Nadine Dessay, Arona Diedhiou, Bruno Durand, Laurent Durieux, Thierry Lebel
CPTEC : Nelson Arai, Juan Ceballos, Dirceu Herdies, Suzana Macedo, Daniel Vila

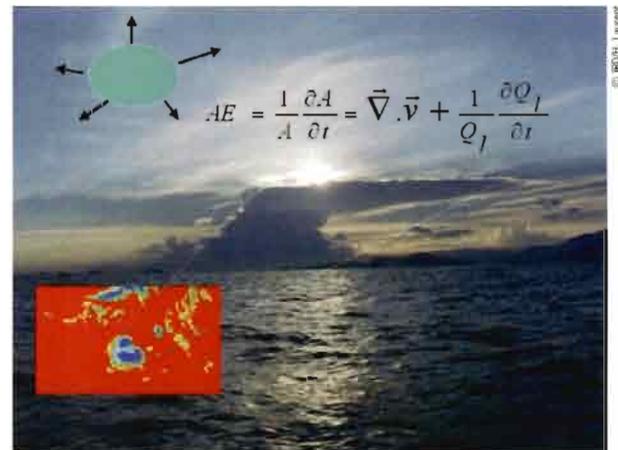
Autres partenaires : Yosio E. Shimabukuro, Egidio Arai (INPE/Sensoriamento Remoto), Profa Assunção F. Silva Dias, Carlos A. Morales, Marcus Longo (USP/IAG), Meiry S. Sakamoto, Antonio Geraldo Ferreira (FUNCEME)

Le climat tropical est essentiellement dicté par les régimes de précipitations. Or les précipitations y sont d'origine convective. L'objectif central du projet ESCALA est l'étude de la variabilité spatiale et temporelle de la couverture nuageuse et de l'organisation des mécanismes de la convection, à travers son élément clé qui est le système convectif de méso-échelle. Les relations entre la convection et la surface ont été étudiées, ainsi que les processus thermodynamiques et les bilans d'énergie associés aux systèmes convectifs. On a cherché à comprendre les processus physiques qui contrôlent la convection en analysant :

- Comment les flux à la surface agissent dans la formation et la maintenance des systèmes convectifs,
- Quelle est l'importance des systèmes convectifs dans la variabilité climatique,
- Quel est le rôle de cette variabilité sur les conditions de surface et sur le bilan d'énergie.

Systèmes convectifs

Une méthodologie de suivi des systèmes convectifs a été développée et appliquée sur l'Amérique du Sud en utilisant les données du satellite géostationnaire GOES. Nous nous sommes focalisés sur l'Amazonie et sur deux périodes de deux mois correspondant à deux campagnes du projet LBA (*Large-scale Biosphere Atmosphere experiment in Amazonia*). L'objectif était d'étudier le



Un système convectif vu de la surface ou par satellite. À partir de l'expansion du système (AE) on peut déduire des informations sur son évolution probable, cf. Machado and Laurent (2004).

comportement de la convection durant une période clé de la mousson en Amazonie du sud-est, en exploitant l'information apportée par le suivi des systèmes convectifs, conjuguée aux autres observations de la campagne, soit principalement radiosondages, pluviographes et radars.

Nous avons également développé une version adaptée aux images de radar météorologique de l'algorithme de suivi des systèmes convectifs. Cela a permis de comparer le déplacement des masses nuageuses, observées par satellite, avec les zones de précipitations observées par radar.

Durant l'expérimentation WETAMC/LBA les observations du vent ont montré une alternance de



périodes de vents de nord-ouest et de vents de nord-est dans la basse et la moyenne troposphère. Ainsi ont été définis des « régimes » d'ouest et d'est associés à des caractéristiques différentes de la convection. Différentes études ont montré que la convection en Amazonie durant le régime d'ouest produit des pluies moins intenses mais plus durables, en d'autre terme les systèmes convectifs sont plus étendus. A l'inverse, en régime d'est la convection est plus explosive, avec d'avantages d'éclairs, ce qui résulte probablement d'une inhibition préalable de la convection. La propagation des systèmes convectifs est également différente : bien marquée et généralement associée avec le vent vers 700 hPa pendant le régime d'est, la propagation des systèmes convectifs de méso échelle et surtout celle des cellules de pluie est plus erratique durant le régime d'ouest.

L'étude du cycle diurne de la couverture de nuages, de la précipitation et des paramètres thermodynamiques pendant la campagne WETAMC/LBA montre que le maximum de précipitation se produit au moment de croissance maximum des systèmes convectifs, environ deux heures après leur naissance, et à peu près au moment du minimum de couverture de nuage. Ce paradoxe apparent (maximum de pluie pendant le minimum de couverture nuageuse) montre l'efficacité des précipitations et l'importance du flux de radiation solaire à la surface dans l'établissement de la convection. Ces études ont contribué à comprendre le fonctionnement de la convection dans cette région.

Sur le site principal de l'expérimentation WETAMC/LBA où nous disposons de nombreuses observations in-situ (radiosondages, précipitations, radar) en complément des observations satellitaires, nous avons mené une analyse détaillée des relations entre la divergence en altitude, les systèmes convectifs et la précipitation. Dans ce cas particulier, on observe d'une part un bon accord entre la divergence dérivée des vents «vapeur d'eau» et celle calculée à partir d'un réseau de radiosondages, et d'autre part une correspondance entre le maximum de divergence et le maximum d'activité convective.

La relation entre les systèmes convectifs et la divergence dans la haute troposphère a été étudiée pour savoir si on pouvait relier simplement la divergence du vent induite au sommet d'un système convectif avec son taux d'expansion. Les résultats montrent qu'une telle simplification n'est pas valable : il faut tenir compte également du taux d'expansion du système dû à la condensation de l'eau.

Influence de la topographie

Nous avons analysé l'influence du relief sur l'initiation des systèmes convectifs durant l'expérience WETAMC/LBA. Les résultats ont montré que les systèmes convectifs s'initient préférentiellement dans les zones relativement élevées (mais pas au sommet des montagnes) et dont l'escarpement est également relativement fort. En analysant l'initiation des systèmes en fonction du vent près de la surface, il apparaît que les conditions favorables sont situées sur les pentes du relief du coté au vent. Il n'a pas été mis en évidence de différence notable pour le déclenchement des systèmes convectifs entre régime d'est et régime d'ouest. Dans cette étude nous avons également tenté d'analyser l'influence éventuelle du type de végétation sur le déclenchement de la convection, sans résultat significatif. Cette absence de résultat est en partie attribuée au fait que l'étude portait sur la saison humide en Amazonie. En effet, nous avons montré que les différences dans la structure de la couche limite atmosphérique entre forêt et pâturages apparaissent de manière marquante en saison sèche ou en saison de transition et non en saison humide.

Nous nous sommes également intéressés aux effets d'un changement de végétation sur la convection, et plus particulièrement aux conséquences de la déforestation en Amazonie. Le but de cette étude était d'évaluer si le



Préparation du lancement d'une radiosonde pendant la campagne LBA au Rondonia en septembre-octobre 2002. (de G à D : Luiz Fernando Sapucci et Henri Laurent).

changement climatique prédit par les simulations numériques en cas de déforestation majeure était déjà perceptible. Les résultats ne montrent pas de changement significatif de la couverture nuageuse attribuable à la déforestation à l'échelle interannuelle. Ceci est dû au fort impact du phénomène El Niño sur les variations interannuelles. En revanche un changement est décelable sur les distributions saisonnières et diurnes de la couverture nuageuse. Au total, les résultats de cette étude montrent que le remplacement de la forêt primaire par des pâturages entraîne les tendances suivantes : pendant la saison sèche les zones déforestées présentent une augmentation des nuages bas en début d'après-midi et une diminution de la convection la nuit ; en saison humide la convection est augmentée en début de nuit sur les zones déforestées. Ainsi la déforestation tendrait à accentuer les différences entre les saisons.

Comme mentionné ci-dessus le phénomène El Niño a un fort impact sur la variabilité interannuelle du climat en Amérique du Sud. Cet impact est bien sûr différent selon les régions. En étudiant l'effet des deux principaux El Niño du siècle passé (1983-1983 et 1997-1998) sur les différents types de végétation du Brésil, nous avons montré que l'impact en un lieu donné peut être radicalement différent. Cette étude suggère plusieurs pistes pour expliquer ces différences. Tout d'abord il convient de quantifier la part des problèmes qui peuvent découler d'une homogénéité insuffisante des données d'observation satellitale, ce qui dans le cas considéré ne peut expliquer à lui seul les différences d'impacts observées entre les deux épisodes El Niño. Une première explication physique serait une sensibilité de la végétation aux conditions climatiques qui ont précédé l'événement El Niño. D'autre part les températures de surface de l'Atlantique peuvent moduler les effets dans l'atmosphère des anomalies de températures de surface du Pacifique propres au phénomène El Niño.

Afin d'étudier le rôle de l'océan Atlantique sur le climat du Brésil nous avons analysé les corrélations entre les flux de chaleur latente sur l'Atlantique tropical et la convection sur le continent. Une première étude s'intéressant plus particulièrement à la couverture de nuages convectifs sur la région du *Nordeste* montre comment la saison des pluies pourrait être mieux prévue à partir de données d'observations de flux de surface en mer.

Variabilité climatique

Dans une étude sur la variabilité saisonnière et le cycle diurne de la convection dans la région amazonienne, nous avons tenté d'analyser les différences entre des régions ayant différents types de végétation. Précisons que même pendant la saison dite « sèche » il y a une activité convective non négligeable dans ces régions. Il apparaît que les zones déforestées et les régions de savane réagissent de façon similaire. Les différences entre régions de forêt dense et régions de savane ou déforestées sont bien plus marquées durant la saison sèche que pendant la saison humide. Un résultat intéressant est que les sites de forêt dense équatoriale présentent un cycle saisonnier assez important pour les précipitations et la couverture nuageuse, alors que l'énergie disponible pour la convection (CAPE) varie peu. Ceci montre que de faibles changements dans les paramètres énergétiques qui régissent la convection peuvent avoir un fort impact sur la précipitation. Par conséquent l'atmosphère tropicale en Amazonie apparaît sensible à un changement climatique à travers sa sensibilité aux paramètres régissant la convection. Un autre résultat suggéré par cette étude est que les sites de forêt équatoriale montrent la capacité de stocker de l'énergie latente dans le complexe atmosphère-biosphère pendant la saison sèche, ce qui n'est pas le cas pour les régions de savane ou de déforestation (pâturages).

Nos travaux ont également porté sur l'analyse de la variabilité climatique de la couverture nuageuse, particulièrement celle associée à la convection. On a cherché quels en sont les modes de variabilité, sur l'Amazonie d'une part, sur le continent et l'océan d'autre



Les français du projet devant l'entrée de l'IAE au CTA. De G à D : Bruno Durand, Henri Laurent, Nadine Dessay, Laurent Durieux, Arona Diedhiou en mission.

part. L'étude de la variabilité interdiurne de la convection a permis de montrer l'influence des systèmes associés aux fronts froids dans la couverture convective. Il a été mis en évidence trois types principaux d'interactions des fronts froids extra-tropicaux avec la convection sur le sud-est du Brésil et parfois sur l'Amazonie.

Une climatologie des ondes d'est, qui naissent en Afrique et traversent l'océan jusqu'en Amérique du Sud, a été établie.

Applications de la recherche

Les systèmes convectifs sont le vecteur principal des pluies en région tropicale. Mais ces amas de nuages orageux peuvent être extrêmement violents et causer des dégâts considérables soit par les rafales de vent associées soit par les pluies violentes qu'ils provoquent. C'est ainsi qu'une meilleure connaissance de leurs évolutions est requise non seulement pour améliorer la compréhension et la modélisation du climat, mais également comme aide à la prévision immédiate (*nowcasting*). A titre d'exemple, nous avons été sollicités par une société gérant la distribution d'énergie pour développer une application de nos recherches permettant de mieux anticiper les trajectoires des systèmes convectifs qui causent d'importants dommages aux lignes électriques.

L'identification de paramètres prédictifs pour l'évolution d'un système convectif aurait des applications importantes pour un système d'aide à la prévision immédiate. C'est pourquoi nous avons approfondi l'étude des relations entre le développement d'un système convectif et son évolution au cours de son cycle de vie, montrant que la vigueur du développement initial d'un système, mesurée par son taux d'expansion, donne une indication sur sa durée de vie et sa taille. Ces idées nous ont amenés à développer une version opérationnelle de l'algorithme de suivi des systèmes convectifs appelée FORTRACC (*Forecast and tracking of active convective cells*) basée sur le travail de Machado and Laurent (2004). Ce produit fonctionne maintenant en opérationnel au Centre de prévision du temps et d'études climatiques (CPTEC) de l'institut de recherches spatiales du Brésil (INPE). Il permet de voir les systèmes convectifs à l'instant présent sur l'Amérique du Sud, leur évolution passée et leur évolution probable dans les 2 h à venir.

Par ailleurs nous avons contribué à installer dans le contexte opérationnel du CPTEC des algorithmes de mesure du vent dans l'atmosphère à partir d'images satellitales. Ces observations sont fondamentales pour alimenter le modèle de prévision météorologique.

Il existe un parallèle et des interactions entre les programmes développés, dans le cadre des grands programmes internationaux préconisés par l'Organisation Météorologique Mondiale, au Brésil (LBA) et en Afrique (AMMA). Ces deux expérimentations ont des objectifs assez voisins d'étude de la mousson et du cycle de l'eau en région tropicale. Entre 2005 et 2009 les membres IRD de notre projet s'intéresseront prioritairement à l'expérimentation en Afrique de l'Ouest dont la phase d'observations intensives aura lieu en 2006. Nous prévoyons d'organiser une participation brésilienne aux observations de terrain, et aux travaux de recherche qui porteront sur la comparaison de la convection entre l'Amazonie et l'Afrique.

POUR EN SAVOIR PLUS

Machado, L. A. T. and Laurent, H. 2004. The convective system area expansion over Amazonia and its relationships with convective system life duration and high-level wind divergence. *Monthly Weather Review*, 132, 714-725.

Dessay, N., Laurent, H., Machado, L. A. T., Shimabukuro, Y. E., Batista, G. T., Diedhiou, A., Ronchail, J. 2004. Comparative study of 1982-1983 and 1997-1998 El Niño events over different types of vegetation in South America. *International Journal of Remote Sensing*, 25, 4063-4077.

Diedhiou, A., Machado, L. A. T. and Laurent, H. 2004. Climatology of African easterly disturbances over the tropical Atlantic ocean. Submitted to *J. Climate*.

Machado, L. A. T., Laurent, H., Dessay, N. and Miranda, I. 2004. Seasonal and diurnal variability of convection over the Amazonia : A comparison of different vegetation types and large scale forcing. *Theoretical and Applied Climatology*. V. 78, n. 1-3, p. 61-78.

LE RÔLE DE L'OcéAN ATLANTIQUE DANS LE CLIMAT

Convention CNPq/IRD

IRD/UR065/UR182 – Jacques Servain

USP – Ilana Wainer

IRD : Chantal Andrié, Nadine Dessay, Alain Dessier, Bruno Durand, Jacques Grelet, Henri Laurent, Alban Lazar, Jean-Luc Mélice, Fabrice Vauclair, Jacques Servain

USP : Elisabete Braga, Gabriel Clauzet, Rosane Ito, Amauri de Oliveira, Jacyra Soares, Ilana Wainer

Autres partenaires : Augusto Luiz Machado (CTA), Abderrahim Bentamy, Ludos-Hervé Ayina (Ifremer), João Lorenzetti, Marcio Vianna (INPE), Julian McCreary (Univ. Havaii), Hervé Roquet (Météo-France), Shawn Smith (FSU)

Ce projet traite principalement des études sur la variabilité climatique (liaison océan-atmosphère) de la région de l'Atlantique tropical et de ses impacts sur les régimes de précipitation sur le Nordeste du Brésil. Cependant d'autres études plus spécifiques, bien que traitant de la même thématique de la variabilité climatique de l'Atlantique tropical, ont aussi été abordées. Le Programme PIRATA, et en particulier sa coordination franco-brésilienne, a joué un rôle majeur dans ce Projet IRD-CNPq, à la fois par les responsabilités des deux principaux animateurs dans la maintenance et l'extension du réseau PIRATA, mais aussi par l'utilisation et la valorisation de ses données.

L'objectif scientifique est de mieux comprendre certains aspects de la dynamique océanique et du couplage océan-atmosphère de la région de l'océan Atlantique tropical à diverses échelles de temps. On a cherché à déterminer, en particulier, le rôle de l'océan dans certains processus en relation avec les changements climatiques globaux et régionaux à une échelle de temps saisonnier et inter-annuel. D'autres échelles de temps plus courtes (du semi-diurne à quelques semaines), ont aussi été abordées de manière spécifique et ciblée.

On peut identifier deux types d'activité dans le cadre direct du Projet IRD-CNPq 2001-2003 :

- Observations océaniques et de météorologie marine sur l'Atlantique tropical
- Etudes diagnostiques et numériques du couplage océan-atmosphère sur l'Atlantique

Observations océaniques et de météorologie marine sur l'Atlantique tropical

► *La gestion franco-brésilienne du programme PIRATA et de ses données -*

PIRATA (*Pilot Research moored Array in the Tropical Atlantic*) est un programme scientifique Brésil/France/États-Unis qui se propose de mesurer en certains sites critiques de l'Atlantique tropical (actuellement 10 sites) l'évolution de la structure thermique de l'océan supérieur, celle des flux de quantité de mouvement, et des flux de chaleur et d'eau douce entre l'océan et l'atmosphère.

Une page Web PIRATA, avec le traitement en routine de plusieurs centaines de graphiques originaux, a été spécialement créée sur le site de la FUNCEME (www.funceme.br).



Manutention d'une bouée ATLAS durant une campagne PIRATA



► Le réseau « VOS » de SST et tension du vent sur l'Atlantique tropical

Les navires marchands qui font partie du « *Volunteer Observing Ship (VOS) network* » collectent des données de surface marine formant un ensemble synoptique d'observations dont nous pouvons extraire les données de SST et de vent.

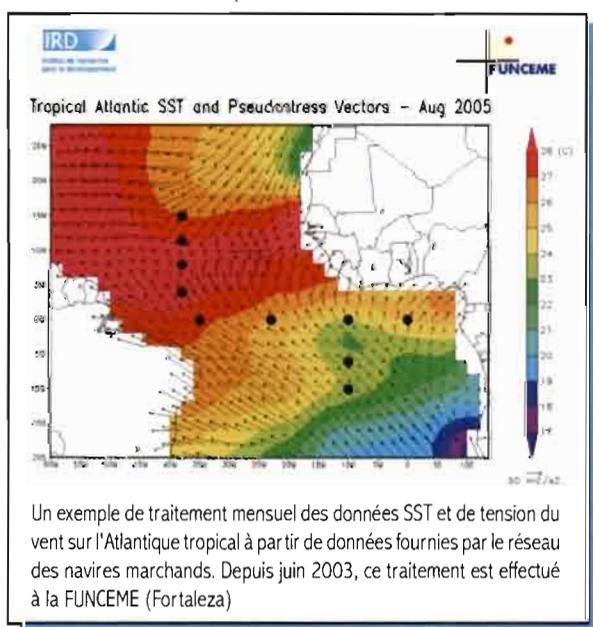
Etudes diagnostiques et numériques du couplage océan-atmosphère sur l'Atlantique tropical

► Analyses de paramètres météo-océaniques de l'Atlantique tropical à partir des premières données PIRATA

A partir des premières séries temporelles des observations météo-océaniques mesurées sur les bouées ATLAS du réseau PIRATA (SST, vent, température de l'air, température océanique à différents niveaux, ...) nous avons procédé à de nombreuses analyses diagnostiques et statistiques qui ont conduit notamment à la soutenance d'une thèse de « *mestrado* » (G. Clauzet, USP, 2001) et de divers articles et communications (ex. Servain *et al.*, 2003, Wainer *et al.*, 2003, Clauzet *et al.*, 2005).

► Travaux diagnostiques et statistiques relatifs à l'étude de la variabilité climatique des conditions de surface de l'Atlantique tropical (TAV)

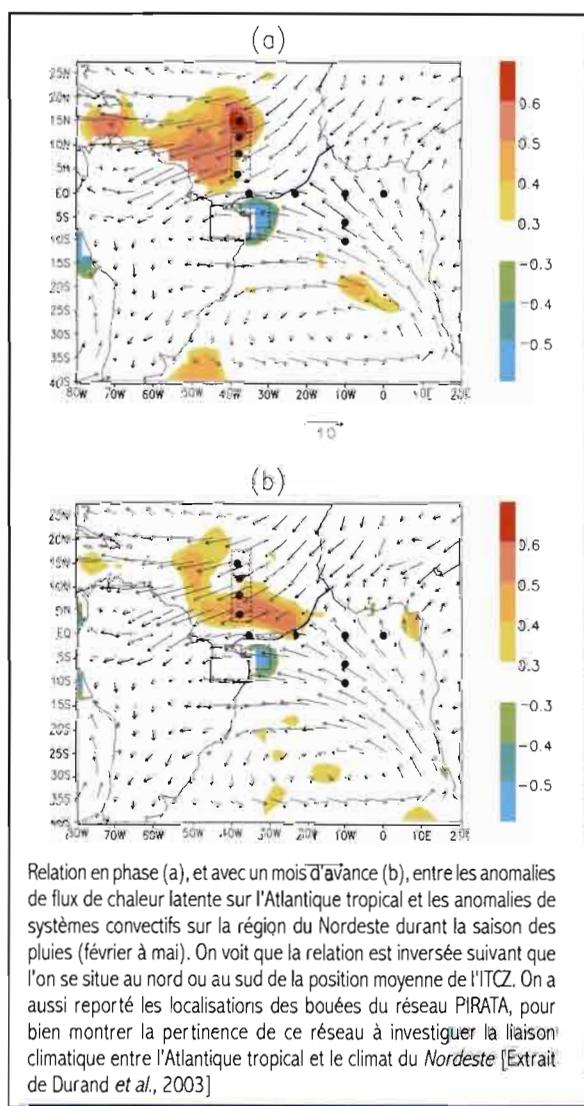
Divers travaux ont été menés de manière plus ou moins indépendantes par les deux équipes française et brésilienne,



tous avec le même souci de mieux comprendre les raisons de la TAV (« Tropical Atlantic Variability », Garzoli and Servain, 2003 ; Vera *et al.*, 2003), de mesurer son impact sur les régimes hydro-climatiques des régions continentales adjacentes (ex. Durand *et al.*, 2005), et d'estimer sa relation avec d'autres indexes climatiques (ENSO, NAO, ...) (ex. Mélice and Servain, 2003).

► Travaux numériques, diagnostiques et statistiques relatifs à l'étude de la variabilité climatique de la circulation océanique de la couche chaude (de la surface à l'isotherme 20°C) dans l'Atlantique tropical, et des transferts de masse et de chaleur associés

Citons ici un seul exemple : des situations extrêmes froides et chaudes de l'Atlantique tropical ont été analysées (Goes and Wainer, 2003), avec leurs conséquences sur la variation dynamique de la circulation océanique.



Les travaux réalisés ont contribué à une meilleure connaissance de la variabilité climatique du couple océan-atmosphère dans la région de l'Atlantique tropical. C'est ainsi que parmi les toutes premières analyses des données du réseau PIRATA on peut citer :

- Confirmation de la liaison entre les deux principaux modes de variabilité climatique de l'Atlantique tropical (ex. Servain et al., 2003).
- Mise en évidence de structures, de la périodicité diurne à des périodicités de quelques semaines, liées à des phénomènes physiques impliquant le couplage entre l'océan superficiel et le forçage atmosphérique (Wainer et al., 2003).

Le Programme PIRATA est resté au cœur de ce programme, que ce soit dans sa problématique de maintenance année après année du réseau original (en particulier la juxtaposition des efforts français et brésiliens en terme de moyens à la mer), de la problématique de son extension vers l'ouest à partir de ce réseau original, et des diverses utilisations de ses données.

Un élément intéressant dans sa réalisation fut la liaison privilégiée entre ce Projet et un autre de même type sous la responsabilité de Henri Laurent (côté IRD) et de Luis Machado (CTA, côté brésilien). Ceci a permis de mener des analyses ayant pour objectif de montrer l'importance de la variabilité climatique de l'Atlantique tropical (ex. Flux de chaleur latente à l'interface air-mer) sur l'établissement des systèmes atmosphériques (ex. systèmes convectifs) intéressant les régimes de précipitations sur le Brésil, notamment le Nordeste et l'Amazonie (Durand et al., 2002, 2005). Ce travail se poursuit à l'heure actuelle à Fortaleza (FUNCEME).

Les thématiques océaniques et atmosphériques se redéploient à partir de 2005, sous la forme d'un nouveau projet IRD-CNPq intitulé « Climat de l'Atlantique Tropical et Impacts sur le Nordeste » (CATIN) où, parallèlement à l'étude de l'interaction océan-atmosphère sur l'Atlantique tropical, sont abordées d'autres thématiques plus proches des activités liées aux impacts climatiques sur le Nordeste : « Climat-Ressources Hydriques », « Climat-Agriculture » et « Climat-Santé ».

POUR EN SAVOIR PLUS

Servain J., Clauzet G., and Wainer I., 2003 : Modes of tropical Atlantic variability observed by PIRATA. *Geophys. Res. Lett.*, Vol. 30, N°5, 8003, CLI 3, 1-4.

Wainer I., G. Clauzet, and Servain J., and Soares J., 2003 : Time scales of upper ocean temperature variability inferred from the PIRATA data (1997-2000). *Geophys. Res. Lett.*, Vol. 30, N°5, 8004, doi:10.1029/2002GL015147, 13-1, 13-4.

Durand B., Servain J., Laurent H., and Machado L. A., 2005 : Tropical Atlantic moisture flux, Convection over Northeastern Brazil, and pertinence of the PIRATA network. *J. Climate*, Vol. 18, N°12, 2093-2101.

Clauzet G., Wainer I. and Servain J., 2005 : Time-scales of variability from the high frequency PIRATA data revealed by wavelet analysis. Sous Presse dans *Brazilian Journal of Meteorology Revista Brasileira de Meteorologia*.

HYDROLOGIE DU BASSIN AMAZONIEN - HYBAM

Convention CNPq/IRD

IRD/UR069/UMR154 – Jean-loup Guyot

ANA-ANEEL – Eurides de Oliveira

IRD : Marie Paule Bonnet, Jacques Callède, Gérard Cochonneau, Pascal Fraizy, Pascal Kosuth, Benoît Leguennec, Jean-Michel Martinez, Laurence Maurice Bourgoïn, Michel Molinier, Frédérique Seyler, Patrick Seyler, Francis Sondag, Patricia Moreira Turcq, Jérôme Viers

ANA-ANEEL : Naziano Filizola, Valdemar Guimarães, Eurides de Oliveira, Mauro Rodrigues

Autres Partenaires : Geraldo Boaventura, Nabil Eid (UnB), Rui Vieira, Suzana Vinzon (UFRJ), Marcelo Bernardes (UFF)

La problématique générale du programme HYBAM, tant au Brésil que dans l'ensemble des pays du Bassin Amazonien, est la quantification des transferts d'eau et de matières par les fleuves amazoniens, depuis les Andes jusqu'à l'Atlantique, ainsi que la compréhension des mécanismes qui contrôlent ces transferts. Le rôle des várzeas, zones d'inondation connexes aux fleuves, sera particulièrement étudié, tant pour l'évaluation du stockage hydrique et sédimentaire, que pour l'analyse des transformations bio-géochimiques ayant lieu dans ces milieux à forte productivité. La géométrie du réseau de drainage amazonien (pente des cours d'eau, méandres, extension et localisation des inondations) sera analysée en regard de l'histoire géologique (mouvements verticaux actuels) et climatique (variation du niveau marin) récente. Les effets de l'impact de l'homme, qu'il s'agisse du changement climatique global ou des conséquences de la déforestation, seront recherchés sur les cycles hydrologiques, sédimentaires et géochimiques actuels. Enfin, les techniques spatiales seront largement utilisées, aussi bien pour la connaissance du fonctionnement hydrologique (variation saisonnière des niveaux d'eau, extension des inondations), que pour l'évaluation des flux sédimentaires transitant par les fleuves et dans les várzeas.

Au Brésil, les principaux objectifs du programme de recherche HYBAM se déclinent selon plusieurs axes thématiques spécifiques, dont les buts sont :

- i. améliorer les techniques de l'hydrométrie et de l'échantillonnage classique pour les adapter à la dimension des fleuves amazoniens, afin de créer une banque fiable de données permettant de :
- ii. quantifier précisément les flux hydriques, sédimentaires et géochimiques, étudier leur dynamique saisonnière et inter annuelle, afin de :
- iii. évaluer l'impact de la variabilité climatique (forçage climatique type ENSO) sur ces flux dans les principaux fleuves amazoniens,
- iv. évaluer l'impact de l'activité anthropique (déforestation, contamination...) sur ces flux,
- v. établir des bilans de matière (dissous et particulaire) dans la plaine amazonienne, afin d'apprécier le rôle des zones d'inondation (várzeas) sur ces transferts (processus d'érosion ou de sédimentation ?, transformations bio-géochimiques ?),
- vi. caractériser finement la géométrie du réseau de drainage (pente et sections des fleuves navigables) par des campagnes de terrain (profils en travers ADCP, profils en long DGPS) couplées aux techniques spatiales (altimétrie radar), ainsi que la variabilité saisonnière des inondations (imagerie spatiale), afin d'être en mesure de :
- vii. développer un modèle hydrodynamique de l'ensemble des fleuves amazoniens tenant compte du rôle des zones inondées. Ce modèle permettra de prévoir en tout point du réseau de drainage et à tout moment : la hauteur d'eau, le débit et le flux de sédiments transportés.

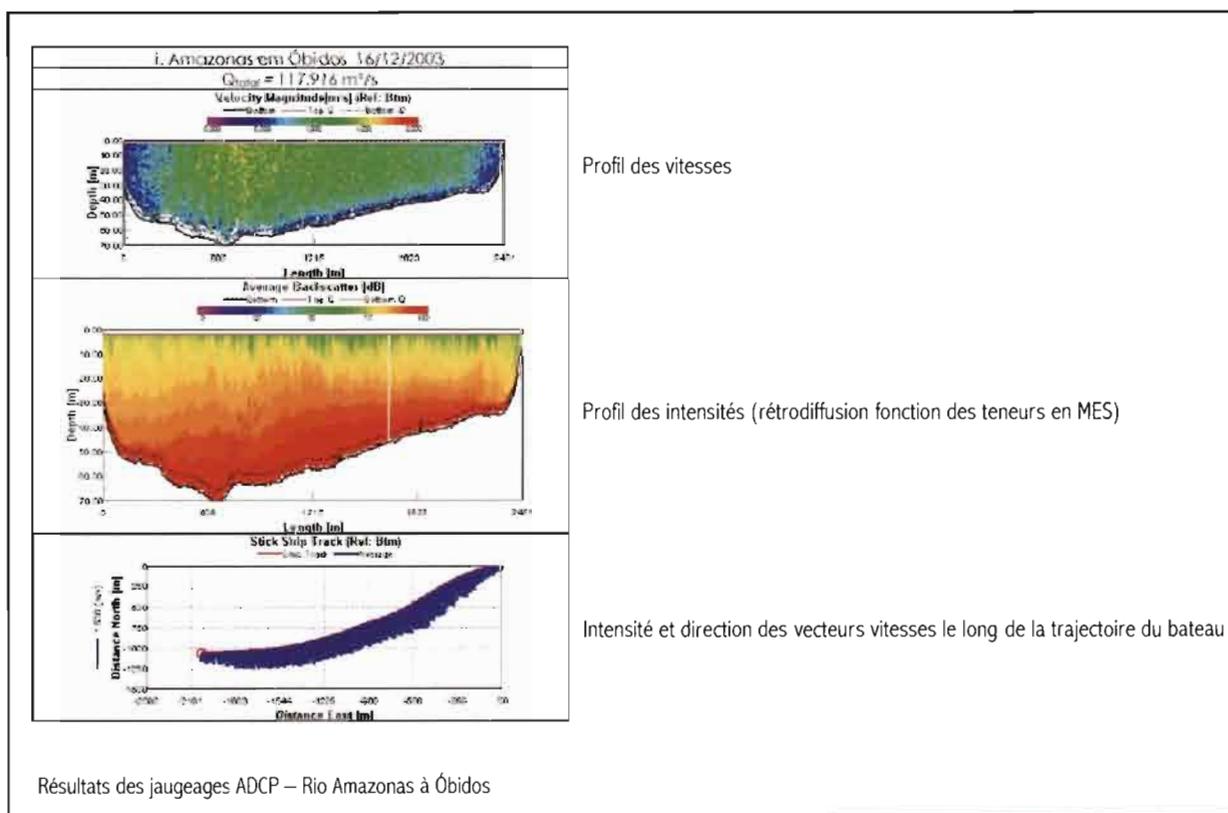


Les techniques hydrométriques, l'échantillonnage et la banque de données

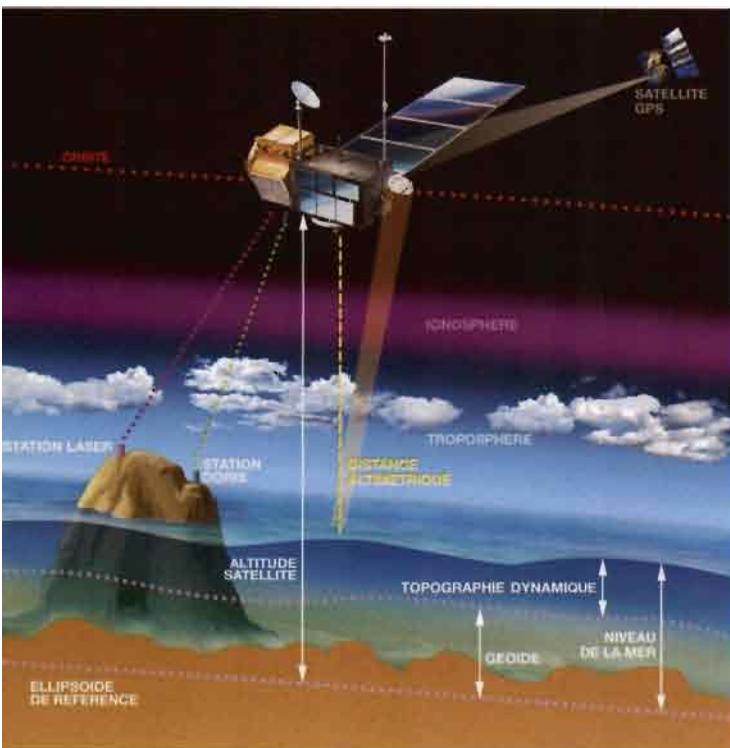
L'ensemble des données hydrologiques de base au Brésil provient du réseau des stations de l'ANA. Après les études pionnières de Oltman (1968), puis de Jacon (1987), l'acquisition d'un courantmètre à effet Doppler (ADCP) par le projet HYBAM, a permis d'améliorer singulièrement l'étalonnage des principales stations hydrologiques, dont la fameuse station de Óbidos, la plus grande station hydrologique terrestre. A cette station, malgré une section jaugée considérable (2500 m de large pour 70 m de profondeur), les vitesses observées en crue dépassent fréquemment 2 m/s. L'ADCP, en offrant la possibilité d'effectuer des jaugeages dans les grands fleuves amazoniens en quelques dizaines de minutes, a permis également d'étudier l'impact de la marée océanique sur les débits de l'Amazone à l'aval de la station de Óbidos. Enfin, les études de la variabilité saisonnière du champ des vitesses dans une section, comme des phénomènes de mélange aux confluences, ont pu être réalisées grâce à l'emploi de l'ADCP.



Equipement ADCP pour jaugeage par effet Doppler, Rio Negro.



Les données de l'altimétrie spatiale sont venues compléter les observations des stations hydrologiques, en créant des informations nouvelles de hauteur d'eau sur des « stations fictives ». Après une première phase de calibration avec les données TOPEX-POSEIDON, la technique a été améliorée, puis adaptée à d'autres capteurs radar, comme ERS et ENVISAT. Les très bons résultats obtenus ouvrent la voie, par le projet CASH, à l'évaluation prochaine des débits des grands fleuves amazoniens à partir des mesures spatiales.



Le satellite TOPEX/POSEIDON mesure le niveau d'eau des océans et des grands fleuves et lacs de l'Amazonie

Pour l'évaluation des flux sédimentaires et géochimiques, un échantillonnage régulier (décadaire pour les MES et mensuel pour la chimie) a été mis en place sur 15 stations hydrologiques, dont 9 au Brésil. Ce dispositif a été validé en 2003 comme un Observatoire de Recherche pour l'Environnement (ORE) par le Ministère français de la Recherche. L'échantillonnage de tels fleuves, pour être représentatif, a été réalisé en routine sur trois verticales, avec des prélèvements ponctuels de grand volume à différentes profondeurs. Les résultats obtenus sur l'ensemble de la section ont ensuite été corrélés aux échantillons réalisés en surface par les observateurs. L'utilisation du signal de rétro-diffusion

de l'ADCP pour l'exploration de la distribution des MES dans la section a été explorée, avec des résultats variables selon les fleuves et les saisons.



Vue de l'échantillonneur CLD-2 pour le prélèvement d'eau et de matières en suspension.

Les données spatiales (satellites MODIS et MERIS) ont également été utilisées avec succès pour l'estimation des MES de surface des grands fleuves et des lacs de l'Amazonie, avec des pas de temps journaliers. Cette méthode permet de multiplier les mesures en tout point du réseau de drainage, et surtout dans les zones d'inondations, ouvrant de nouvelles perspectives pour une modélisation réaliste des flux sédimentaires dans le bassin de l'Amazonie.

L'ensemble des informations et données obtenues par le programme HYBAM est géré dans la banque de données WHYBAM, accessible « en ligne » sur le site : www.mpl.ird.fr/hybam.

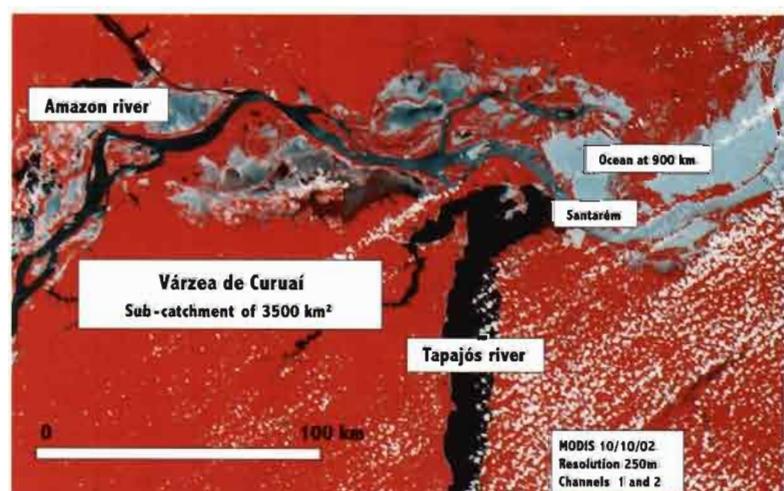


Image MODIS de l'Amazonie centrale avec discrimination des différents types d'eau [Martinez *et al.*, 2004]

La quantification des flux hydriques, sédimentaires et géochimiques

Grâce aux progrès de l'hydrométrie et à la fiabilité des nouveaux étalonnages, des séries temporelles de débit ont été générées, permettant une meilleure analyse des régimes hydrologiques en Amazonie brésilienne.

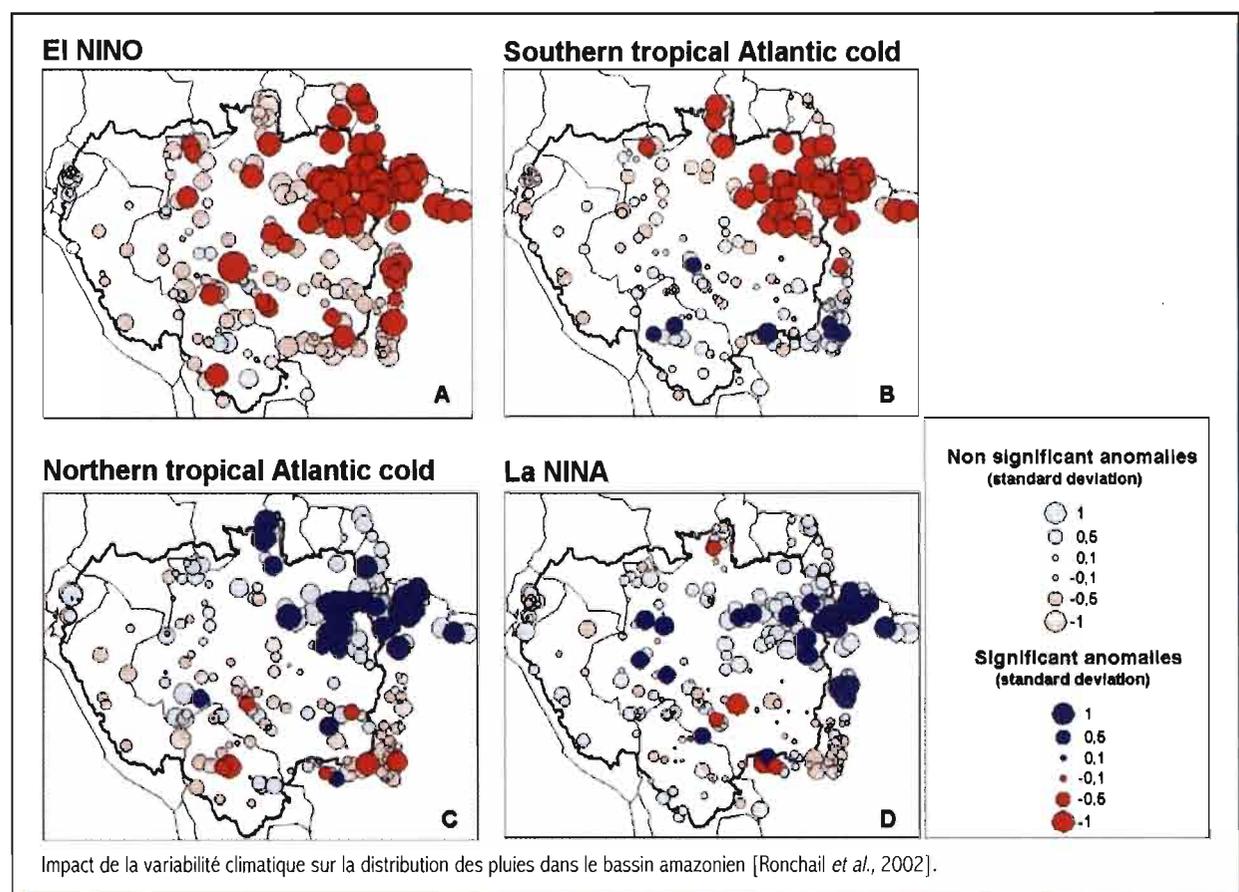
De la même manière, après les travaux pionniers de Gibbs (1967), Meade *et al.* (1985) et Bordas *et al.* (1988), les flux sédimentaires ont pu être précisés, en utilisant les données du réseau de l'ANA, ainsi que les données des stations de l'observatoire HYBAM. Ces deux sources de données convergent vers une valeur d'exportation moyenne annuelle de l'ordre de $800 \cdot 10^6$ t/an. Par ailleurs, l'étude de la propagation des dunes au fond de l'Amazone montre que le transport de fond serait de l'ordre de $5 \cdot 10^6$ t/an, soit moins de 1% du flux de MES.

Concernant la géochimie des eaux, les flux de métaux traces transportés par les fleuves amazoniens ont pu être quantifiés avec précision, mettant ainsi en évidence une variabilité saisonnière complexe selon les éléments considérés, certains d'entre eux provenant des hauts-bassins andins, d'autres des zones d'inondation. De nombreuses recherches

ont porté sur la nature et l'origine de la matière organique dans les fleuves amazoniens, mais aussi sur le rôle de cette matière organique sur les flux de métaux. Le rôle des zones de mélange aux confluences des grands fleuves, sur les flux géochimiques a été également étudié, tout comme les différences observées sur les flux géochimiques suivant les différentes tranches de profondeur.

L'impact de la variabilité climatique sur ces flux

La variabilité climatique globale (de type ENSO ou non) affecte le régime des précipitations dans le bassin amazonien, de manière différente selon les régions. En utilisant les séries de débit du programme HYBAM, l'analyse a ensuite porté sur l'impact de cette variabilité climatique sur les débits des grands fleuves, montrant généralement un déficit hydrique en période de type « El Niño » et un excédant en époque « La Niña ». Des liens avec les conditions de surface de l'Atlantique tropical et extratropical ont également été mis en évidence. Enfin, la reconstitution d'une série historique centennale des débits à Óbidos a montré une rupture du comportement hydrologique dans les années 1970.

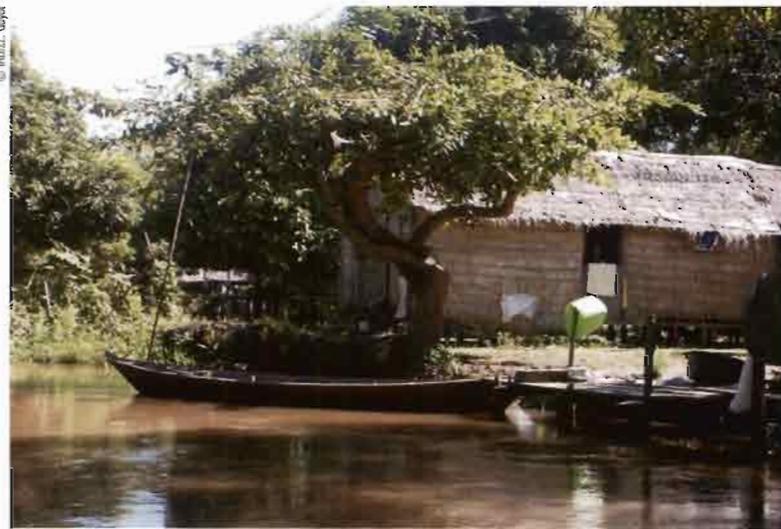


L'impact de l'activité anthropique sur ces flux

Hormis le rôle de l'homme dans le changement climatique actuel, l'étude des impacts de l'activité anthropique s'est principalement focalisée sur les problèmes de déforestation et de contamination des eaux et des sédiments par les éléments traces métalliques, notamment par le mercure. Enfin, la dispersion de la contamination en mercure dans les zones d'inondation a été suivie sur la várzea de Curuaí.

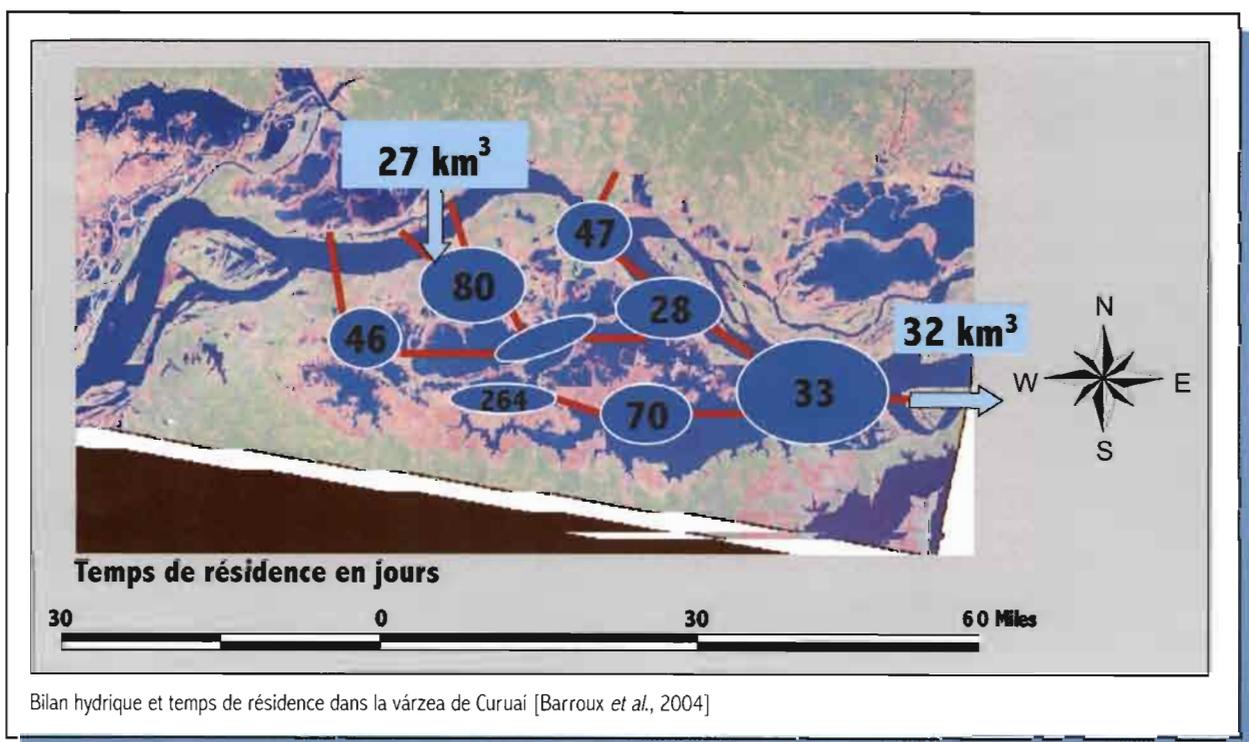
Le rôle des várzeas sur les transferts hydriques, sédimentaires et géochimiques

Les zones d'inondation en Amazonie brésilienne – les várzeas, jouent un rôle déterminant, tant pour l'hydrologie (amortissement des crues et des étiages, piège sédimentaire), que pour la biologie (zones à forte production primaire, riche en nutriments) et l'économie locale (pêche et agriculture). Paradoxalement, malgré de nombreuses études qualitatives, il manquait des données quantitatives sur le fonctionnement hydrologique, sédimentaire et géochimique de ces lacs connectés aux fleuves amazoniens. Afin d'y remédier, le programme HYBAM a installé un réseau de mesure et d'échantillonnage sur la várzea de « Lago Grande de



Várzea de Curuaí

Curuaí », située à proximité de la station hydrologique de Óbidos. Les données obtenues tant sur les chenaux d'entrée et de sortie de la várzea que sur les différents lacs, ont permis de comprendre le fonctionnement hydrologique de la várzea, en fonction des niveaux du Rio Amazonas à Óbidos. Les résultats obtenus confirment les premières hypothèses sur le rôle hydrologique des zones d'inondation, ainsi que sur le stockage sédimentaire en Amazonie centrale. Enfin, les isotopes stables de l'eau ont été utilisés pour le traçage des différents apports hydriques dans ce système complexe.



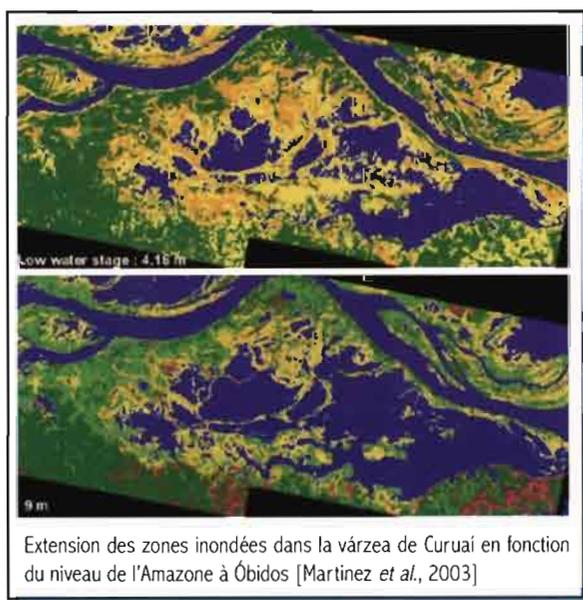
Les études biogéochimiques menées dans la várzea de Curuaí ont également montré l'importance de la végétation et en particulier du phytoplancton sur les flux des éléments traces, et leurs impacts sur la géochimie des fleuves amazoniens. De même, les bilans en carbone organique de la várzea indiquent que cette dernière fonctionne comme un « puits à carbone » en stockant avec le matériel sédimentaire de grandes quantités de matière organique.

Un sondage profond a été réalisé en 2004 sur la várzea de Curuaí afin d'en connaître son fonctionnement sur de plus longues échelles de temps. Ce carottage a été accompagné de mesures géophysiques destinées à mieux apprécier la paléo-morphologie de ce milieu sédimentaire.

La caractérisation de la géométrie du réseau de drainage et des inondations

La mise à disposition de nouvelles données spatiales a permis récemment de mesurer avec précision de nombreux paramètres simples, mais fondamentaux pour le développement de modèles numériques, comme :

- la délimitation des bassins versants et l'analyse du relief, par l'emploi de modèles numériques de terrain de plus en plus précis,
- la détermination de l'humidité des sols par imagerie Landsat,
- la pente des grands fleuves amazoniens par altimétrie spatiale, radar ou laser,
- l'extension et le volume des zones inondées en Amazonie centrale, par l'analyse des images visible et radar.



Carottage de la várzea de Curuaí.

Enfin, lors de campagnes de terrain, des profils en long et en travers ont été réalisés, ainsi que l'analyse des structures de fond (dunes) des principaux fleuves.

La modélisation hydrodynamique des fleuves amazoniens

Grâce aux nouvelles données créées par le programme HYBAM sur les grands fleuves amazoniens, comme la pente des cours d'eau, leur géométrie (sinuosité, profils en travers), l'activité de modélisation hydrodynamique a pu réellement être initiée. Enfin, le calage de ce modèle hydrodynamique permet d'estimer la capacité de transport des flux sédimentaires.

La grande quantité de mesures et d'analyses effectuées sur la várzea du « Lago Grande de Curuaí » à partir de 2000, fait de cet écosystème aquatique l'un des milieux les mieux étudiés du bassin de l'Amazone. La quantification des flux entrants et sortants, les bilan d'eau, d'énergie et de matières réalisés dans ce système de lacs, ont permis de construire un modèle de fonctionnement hydrodynamique 2D d'une várzea, modèle applicable aux autres várzeas du bassin, et constituant une pièce importante de la plateforme de

modélisation du bassin amazonien, en cours d'élaboration par le programme HYBAM.

Aujourd'hui, dans la lignée du programme HYBAM au Brésil, trois projets complémentaires sont déployés :

- la poursuite de l'activité de l'ORE et le développement des techniques spatiales en Amazonie (par un nouvel accord IRD-CPRM, couvert par l'ABC, associant, l'ANA, l'UnB et l'Université de Manaus),

- la continuation de l'étude biogéochimique détaillée du rôle des zones d'inondation, en instrumentant une nouvelle várzea connectée au Rio Solimões, et un Igapo en bordure du Rio Negro (accord IRD-CNPq, associant l'UFF et l'UnB),
- le développement d'une plateforme de modélisation du bassin amazonien (accord IRD-CNPq, associant l'UFRI, l'UPS et le CEMAGREF)

La mise en place des stations de référence et l'observatoire ORE HYBAM

La mise en place des stations de l'observatoire HYBAM en 2003, au Brésil comme dans les autres pays du bassin, est une étape clé car il s'agit là du premier dispositif de suivi des flux sédimentaires et géochimiques des fleuves amazoniens, dispositif appelé à durer une dizaine d'années. Les données fournies par cet observatoire (www.ore-hybam.org) permettront d'estimer pour la première fois la variabilité temporelle des flux de matière sur une période longue, et ainsi être en mesure d'apprécier l'impact climatique et/ou anthropique sur ces flux.

Les débuts de l'hydrologie spatiale

L'hydrologie spatiale est une discipline nouvelle, appliquant les techniques de l'espace aux mesures de l'hydrologie continentale. Les premières applications de l'hydrologie spatiale, pour d'évidents problèmes de taille d'objets, ont concernés les fleuves et les bassins de l'Amazonie brésilienne, dès 2000. Aujourd'hui, les techniques spatiales sont utilisées en routine par le programme HYBAM, qu'il s'agisse de la prévision des débits par altimétrie spatiale (projet CASH), du suivi des inondations, de l'analyse du relief, ou encore de l'estimation des flux sédimentaire dans les fleuves et les lacs de l'Amazonie.

POUR EN SAVOIR PLUS

Bonnet M.P., Barroux G., Seyler P., Pecky O., Moreira-Turcq P., Lagane C., Cochonneau G., Viers J., Seyler F., Guyot J.L., 2005. Seasonal links between the Amazon corridor and its floodplain - The case of the várzea of Curuai (near Obidos). *Dynamics and Biogeochemistry of River Corridors and Wetlands*, IAHS Publ. 294.

Callède J., Guyot J.L., Ronchail J., Molinier M., de Oliveira E. 2002. L'Amazone à Obidos (Brésil). Etude statistique des débits et bilan hydrologique. *Hydrological Sciences Journal*, 47(2) : 321-333.

Filizola N., Guyot J.L. 2004. The use of Doppler technology for suspended sediment discharge determinations in the River Amazon. *Hydrological Sciences Journal*, 49(1) 143-153.

Guyot J.L., Filizola N., Laraque A. 2005. Régime et bilan du flux sédimentaire de l'Amazone à Óbidos (Pará, Brésil), de 1995 à 2003. *Sediment budgets*, IAHS Publ. 291, p. 347-356.

Martinez J.M., Maurice-Bourgoin L., Moreira-Turcq P., Guyot J.L. 2004. Use of MODIS and MERIS data for the monitoring of the water quality of the Amazonian rivers and floodplain lakes. III LBA Scientific Conference : Terra / Aqua MODIS data and products for LBA Science : current results and opportunities for data integration and synthesis, Brasilia, July 2004.

Maurice-Bourgoin L., Martinez J.M., Grelaud J., Boaventura G., Filizola N. 2005. The role of floodplains in the hydrology and sediment dynamics of the Amazon River, Brazil. *Sediment budgets*, IAHS Publ. 291, p. 310-322.

Moreira-Turcq P., Jouanneau J.M., Turcq B., Seyler P., Weber O., Guyot J.L. 2004. Carbon sedimentation at Lago Grande de Curuai, a floodplain lake in the low Amazon region: insights into sedimentation rates. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 214(1-2) : 27-40.

Ronchail J., Cochonneau G., Molinier M., Guyot J.L., Goretti de Miranda Chaves A., Guimaraes V., de Oliveira E. 2002. Rainfall variability in the Amazon Basin and SSTs in the tropical Pacific and Atlantic. *International Journal of Climatology*, 22 : 1663-1686.

Seyler F., Calmant S., Braun A., Filizola N., Bonnet M.P., de Oliveira A.M. 2004. Hydraulic slope of the Negro and Solimões rivers from satellite altimetry : relationship with the distribution of erosion / sedimentation areas - Poster. III LBA Scientific Conference : Surface hydrology and water chemistry, Brasilia, July 2004.

Seyler P., Boaventura G. 2001 Trace Elements in the Mainstem Amazon River. Chapter 16, *The Biogeochemistry of the Amazon basin and its Role in a Changing World*, McClain M., Victoria R.L. & Richey J.E. (eds.), Oxford Univ. Press 534p.

RÉSEAU DE RECHERCHE SUR LES ÉCOSYSTÈMES CÔTIERS AMAZONIENS : LE RÉSEAU ECOLAB

Projet hors convention

IRD/US140 – Laurent Polidori

IEPA – Odete Machado da Silveira

Autres partenaires : Maria Thereza Prost, Amilcar Mendes (**Museu Goeldi**), Luis Takiyama (**IEPA**), Pedro Walfir, Edna Castro (**UFPA**), Flavia Mochel (**UFMA**), Catherine Prost (**UFBA**), Alberto Figueiredo, Valdenira Santos (**UFF**)

ECOLAB est un réseau scientifique, créé en 1992, destiné à coordonner les efforts de recherche en matière d'environnement littoral amazonien entre chercheurs français (Guyane, hexagone) et ceux des Etats voisins (Brésil, Surinam...). D'abord consacré à la cartographie des mangroves, le réseau ECOLAB a rapidement élargi son champs thématique (ressources vivantes, impact des activités humaines, législation environnementale, ...). Il a donné lieu à des transferts de technologies et à la mise au point de méthodes de surveillance (télédétection) devenant ainsi un programme de recherche de référence pour les autorités politiques de ces régions.

Le fleuve Amazone, le premier au monde par l'apport d'eau douce et de sédiments à l'océan, a des impacts écologiques et sociaux considérables sur plusieurs milliers de kilomètres de littoral (d'ouest en est : Venezuela, Guyana, Surinam, Guyane, et trois états brésiliens : Amapá, Pará, Maranhão). Les recherches du réseau Ecolab portent aussi bien sur le milieu physique (sédimentologie, hydrodynamique côtière), biologique (écologie des mangroves et des zones humides littorales, ressources naturelles), et social (communautés du littoral, croissance urbaine, épidémiologie). L'originalité de ces travaux tient au fait que les recherches sont explicitement guidées par la demande sociale : les sciences sociales y jouent un rôle décisif, les partenaires politiques, associatifs et représentants de communautés sont associés à toutes les manifestations, les résultats sont disponibles pour une aide à la définition de politiques publiques et de programmes d'éducation en matière d'environnement.

Apports de la télédétection

Compte tenu de la complexité des paysages amazoniens et des difficultés d'accès qui les caractérisent (réseau de communication rudimentaire, végétation dense, grandes étendues vaseuses...), la télédétection

offre un moyen unique d'étudier les paysages de la région. Depuis ses débuts, le réseau ECOLAB a accordé une place importante à la télédétection aérienne et spatiale dans ses travaux, d'abord comme une source d'information sur les écosystèmes, puis également comme un objet de recherche méthodologique. Plusieurs objectifs ont été visés :

► fournir une connaissance actualisée du terrain

Des cartographies des écosystèmes ont été réalisées régulièrement par traitement d'images de satellites d'observation de la Terre, afin de fournir une connaissance actualisée du terrain à la communauté scientifiques pour l'étude du fonctionnement des écosystèmes côtiers. Ces produits ont donné lieu à des études visant à quantifier l'instabilité naturelle de ces milieux et leur sensibilité ou leur vulnérabilité, permettant de répondre aux interrogations des gestionnaires de l'environnement.

► accroître l'accès aux données

- mise en place d'une solution légère d'observation aérienne par vidéographie (acquisitions sur les côte de la Guyane, de l'Amapá et du Pará)
- mise en place d'un station de réception d'images NOAA et SeaWiFS (acquisition quotidienne d'images à résolution kilométrique sur l'ensemble de la région Amazonie-Caraïbes)

► adapter les modèles pour l'exploitation des images

Les modèles qui relient les caractéristiques environnementales aux mesures fournies par les capteurs sont basés sur des considérations théoriques mais sont ajustés par des mesures de terrain. Plusieurs objets ou phénomènes sont étudiés :



- la turbidité des eaux côtières et estuariennes, qui peut être estimée par des mesures optiques, indique la tendance à l'envasement et constitue un traceur des courants et autres phénomènes hydrodynamiques dans l'estuaire de l'Amazone
- la structure de la mangrove peut être étudiée par des mesures radar (estimation de biomasse) et optiques.
- la densité de population qui peut être estimée indirectement par des calculs statistiques dans les images de satellites SPOT ou LANDSAT.

Cartographie des littoraux amazoniens

Grâce à l'utilisation de l'imagerie satellitaire, une carte régionale de la répartition des mangroves a été réalisée à partir des connaissances des experts du Brésil, du Surinam et de Guyane. Une typologie des milieux côtiers en plusieurs langues a été établie. Il est aujourd'hui possible de réaliser des cartographies des unités de paysage chaque année et donc de pouvoir évaluer l'évolution de la zone côtière en s'appuyant sur une expertise scientifique capitalisant les connaissances à l'échelle régionale. Les cartes ont été réalisées à partir d'images du satellite Landsat traitées par classification, à une échelle et avec un niveau de détail compatibles avec un résultat à 1/250.000.

Téledétection à large champ

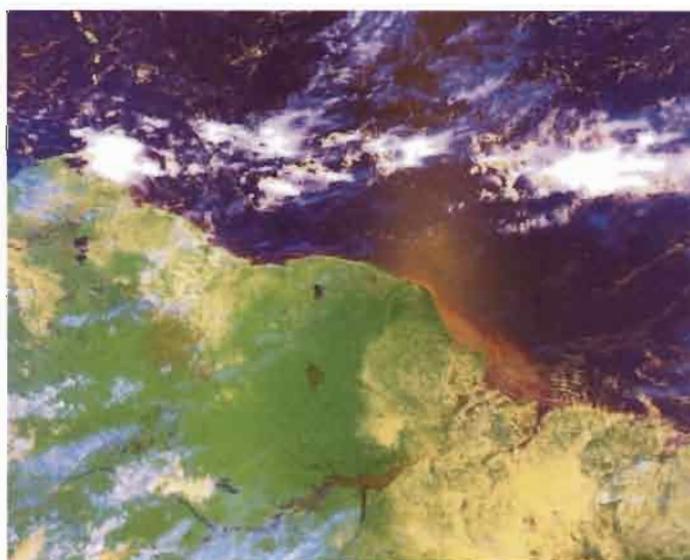
Une station de réception des images des satellites NOAA a été installée à Cayenne en 1998, financée par le XIème CPER. Les images reçues par cette station couvrent toute la région Amazonie-Caraïbe, dont la région côtière amazonienne.

En novembre 1998, un séminaire organisé à Cayenne a réuni des chercheurs français et brésiliens, pour une formation collective sur l'utilisation des données NOAA.

Dans le cadre du XIIème CPER, des études complémentaires ont été financées sur le volet Coopération Régionale, visant à accroître le potentiel de cette infrastructure pour la surveillance des zones côtières en partenariat.

Vidéographie aérienne

Un système de surveillance de l'environnement par vidéographie aérienne a été mis en place à Cayenne, au Laboratoire Régional de Télédétection de l'IRD, à partir de 1997. De nombreuses acquisitions ont été effectuées en 1997-98 sur le littoral, les zones rurales, les agglomérations. A partir de 1998, des zones côtières du Brésil ont également été survolées. Afin de pérenniser l'outil en vue d'un usage dans toute la région, le IEPA (Macapá) a financé le séjour d'un ingénieur français, Loïc Galisson, chargé de transférer la méthode.



Extrait d'une image du capteur NOAA-AVHRR sur le bassin amazonien (pixel environ 1 km, fausses couleurs). On y reconnaît le cours inférieur de l'Amazone, les effluves turbides du fleuve le long du littoral des Guyanes, les petites antilles.

Bathymétrie

L'étude de la dynamique côtière et estuarienne s'appuie généralement, entre autres données, sur les levés bathymétriques. Pourtant, le littoral amazonien présente des caractéristiques qui limitent la possibilité d'obtenir des levés de précision : de fortes marées, des eaux très turbides et une morphologie de fond très instable. Des levés réalisés récemment par deux méthodes différentes (télétection multibande à Kourou, Guyane française ; échosondeur à Marapanim, nord du



Des ingénieurs français et brésiliens installent le système de surveillance vidéo sur un avion CESSNA mis à disposition par le gouverneur de l'Amapá.

Pará) ont été confrontés dans un souci d'évaluation des précisions attendues, initiant une réflexion sur l'adaptation de techniques de bathymétrie en présence de fonds vaseux et instables.

La viabilité du réseau ECOLAB repose sur l'organisation régulière de colloques internationaux. Les scientifiques du réseau ECOLAB se réunissent

régulièrement pour faire le point sur leurs travaux (missions, réunions de travail etc.). Tous les 2-3 ans, un congrès est programmé.

Entre les congrès biennaux, des réunions intermédiaires ont lieu pour faire le point sur les travaux scientifiques et les ressources, et prendre des décisions collectives concernant le congrès suivant.

Perspectives

- Poursuite des recherches méthodologiques en télétection (un projet en cours de soumission au programme Amazonie du CNRS associe plusieurs scientifiques brésiliens du groupe ECOLAB). La station de réception SPOT/ENVISAT qui sera prochainement en service à l'IRD en Guyane doit permettre de consolider ces travaux en fournissant davantage de données sur le littoral amazonien encore mal connu. Des chercheurs des institutions nord-brésiliennes mais aussi de l'INPE souhaitent participer aux recherches méthodologiques visant à développer des applications scientifiques utilisant les données SPOT à haute résolution et ENVISAT.
- Poursuite de l'étude du fonctionnement des écosystèmes côtiers amazoniens en confrontant les paysages côtiers de la Guyane (presqu'entièrement intacts) et du Pará (peuplés et exploités), mise en place de protocole de mesure de terrain et de traitement des images permettant d'homogénéiser l'exploitation des données sur les différents sites (un projet en cours de soumission au programme interreg-caribéen, visant à la cartographie des littoraux amazoniens et de leur vulnérabilité, associe l'IRD Guyane, l'Université Antilles-Guyane et plusieurs institutions du nord du Brésil).
- Etude de l'évolution du littoral amazonien, confrontant la cartographie historique, les observations de terrain et l'analyse de «traces» de nature géomorphologique ou végétale dans les images de télétection. Des études antérieures ont été menées séparément en Guyane et au Brésil, et un premier travail est réalisé en coopération sur l'estuaire de l'Araguari dans le cadre d'un doctorat co-dirigé par l'UFF (Niteroi), l'IEPA (Macapá) et l'IRD (Cayenne, US ESPACE).

Charron C., Panechou K., Huynh F. & Gardel A., 2001 - La gestion du milieu côtier: approche spatiale et multidisciplinaire de l'environnement littoral amazonien. In Prost M.T. & Mendes A.C. (Ed.) *Ecosystemas costeiros : impactos e gestão ambiental*, Museu Paraense Emilio Goeldi, Belém, Brésil, pp. 15-28.

Timouk F., Charron C., Panechou K., Huynh F., Prost M.T. & Faure J. F., 2001 - Videografia digital para gestão ambiental e aplicação cartográfica ilha de Mutucal (NE do Pará). In Prost M.T. & Mendes A.C. (Ed.) *Ecosystemas costeiros : impactos e gestão ambiental*, Museu Paraense Emilio Goeldi, Belém, Brésil, pp. 65-74.

Polidori L., Machado O. & Prost M. T., 2002 - A virtual receiving station for remote-sensing users in the Caribbean-Amazonian area. *ISPRS Commission VI mid-term Symposium on New Approaches for Education and Communication*, São José dos Campos, Brésil, 16-18 sept. 2002 (CD-ROM).

Ferreira dos Santos V., Figueiredo A., Machado O. & Polidori L., 2003 - Changing processes in Amazonian coastal environments cattle activities, Amapá, Brazil. *3rd Latin American Congress of Sedimentology*, Belém, Brésil, 8-11 juin 2003 (CD-ROM).

Machado da Silveira O., Polidori L., À paraître - *Ecosystemas costeiros amazônicos : da pesquisa à gestão*

Gestion des ressources naturelles et de l'environnement



Sous ce large titre concernant la gestion des ressources naturelles et leur environnement, les approches menées par les équipes de l'IRD et leurs partenaires sont multiples. Elles portent sur la biodiversité et l'agrobiodiversité, les écosystèmes continentaux et aquatiques, la transformation des écosystèmes naturels en agrosystèmes et l'évolution de ceux-ci. Les études ont pour but de connaître pleinement les milieux et de comprendre leur fonctionnement et les mécanismes de leur transformation afin de proposer des modes de gestion agricole appropriés, susceptibles d'assurer la durabilité de leur exploitation.

Les travaux sur la biodiversité des sols et leur fonctionnement ont pour objectif d'établir les relations entre les associations végétales et la faune des sols d'un côté, avec les paramètres chimiques et biologiques qui contrôlent leur fonctionnement de l'autre. Deux cibles ont été choisies, l'une dans un paysage péri-amazonien du *Cerrado* dont l'exploitation agricole a débuté à la fin de la décennie soixante dix, l'autre sur un front pionnier actuel de l'Est amazonien. L'objectif est de promouvoir des modes de gestion qui conservent la diversité biologique, considérée comme un facteur principal de la durabilité des agrosystèmes.

C'est dans le même esprit que des études sur les bilans de mise en culture de millions d'hectares gagnés sur la forêt s'attachent à comprendre et à quantifier les mécanismes de conservation de la matière organique dans les sols et des émissions de gaz à effet de serre. Il s'agit d'identifier les déterminants du stockage de carbone en fonction du mode d'exploitation (ex : plantations de cannes à sucre et pâturages amazoniens) et, à terme, de mettre en œuvre des pratiques visant à augmenter la séquestration du carbone pour réduire les émissions de gaz carbonique (CO_2), de méthane (CH_4) et d'oxyde nitreux (N_2O).

En amont, des recherches sur les agrosystèmes traditionnels d'Amazonie visent à comparer les modes de gestion de plantes vivrières, le manioc par exemple, le maintien ou l'érosion de leur diversité génétique. Elles font appel aux savoirs traditionnels des populations concernées et associent donc des approches biologiques et des approches sur le rôle des pratiques humaines, leurs dimensions identitaire, culturelle et sociale.

Dans un autre registre, en amont de la production, sont étudiés les moyens de lutte contre divers ravageurs de plantations (ex : manioc, cotonniers, caféiers...). On met en jeu des approches biologiques (interaction prédateur-proie) et génétiques (amélioration de la résistance des plantes).

En aval de la production, les biotechnologies dont l'importance est en forte croissance au Brésil, interviennent pour le traitement et le recyclage des déchets agronomiques ou la production, ou l'amélioration, des molécules à haute valeur ajoutée. De nombreuses autres perspectives sont ouvertes (utilisation biomédicale, dépollution,...).

Enfin, l'étude biologique (âge, croissance, génétique) des populations de poissons s'avère primordiale pour la gestion durable des stocks. Elle concerne pour l'instant la côte *Nordeste* du Brésil, mais devrait rapidement concerner aussi les poissons amazoniens notamment ceux dont le comportement est migratoire.

LA CONVERSION DES PAYSAGES NATURELS EN SYSTÈMES CULTIVÉS D'AMAZONIE ET DES CERRADOS : BIODIVERSITÉ ET FONCTIONNEMENT DU SOL

Conventions CNPq, EMBRAPA-ABC / IRD

IRD/UR064/UMR137
T. Becquer et T. Desjardins

EMBRAPA Cerrados (2002-2008)
E de S. Martins

UFRA (2001-2006)
P. F. S. Martins

IRD : M. Brossard, D. Brunet, M. Grimaldi, D. Mitja, M. Sarrazin
EMBRAPA Cerrados (1997-2002) : A. de O. Barcellos

Autres partenaires : A. Bruand (ISTO Orléans), E. Blanchart, L. Chapuis-Lardy, A. Chauvel (IRD), M. Dosso (CNEARC), G. Echevarria (ENSAIA Nancy), C. Grimaldi (INRA), P. Lavelle (Univ. Paris VI), C. Quantin (Univ. Paris XI), L. C. Balbino (UFG), M. Cooper (ESALQ, USP), A. F. Fernandes (UFRA), M. P. F. Fontes (UFV), M. de F. Guimarães, C. C. Medina, A. Pasini, O. R. Brito (UEL), F. Luizão, R. Luizão (INPA), M. Martins, I. C. Viera (MPEG), I. Miranda (UFRA), T. Muraoka (CENA-USP), L. Vilela (EMBRAPA Cerrados),

Dès 1995 les agents de l'ORSTOM structuraient dans le cadre de deux projets CNPq, le premier avec l'INPA (Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia) et le second avec l'UnB (Universidade de Brasília) un contrat de programme «Déterminants biologiques du sol et de la végétation dans le fonctionnement d'agrosystèmes au Brésil (Amazonie, Cerrados)» avec le département Milieux et activités agricoles de l'ORSTOM. En 1997, pour la partie Cerrados le partenaire coordonnateur devient le centre EMBRAPA Cerrados, alors qu'à l'INPA le projet se poursuivra à partir de 1998 dans une nouvelle convention. Cette petite équipe va s'attacher à travailler selon les axes majeurs suivants : 1) Identifier les acteurs du fonctionnement biologique du système sol-plante, et en réaliser la mesure appropriée ; 2) tenter de comprendre et modéliser le fonctionnement, au moins conceptuellement, pour fournir des arguments pour une gestion raisonnée ; 3) comparer les traits de fonctionnement Amazonie-Cerrados. Le modèle de la transformation des végétations natives en pâturages est au centre des préoccupations. Les échelles spatiales et temporelles étaient prises en compte dans l'étude i) de la dynamique de la végétation secondaire ; ii) des facteurs biologiques de l'organisation des

constituants du sol et leurs conséquences sur la porosité et l'hydrodynamique ; iii) des facteurs biologiques dans la distribution, les formes et la stabilité des éléments nutritifs présents dans le sol et les conséquences sur la biodisponibilité (en particulier du phosphore).

Le projet répond à une double nécessité : promouvoir des modes de gestion agricole plus durables et conserver une diversité biologique élevée. Il aborde ces deux grands enjeux avec la conviction qu'ils sont liés et ne peuvent être atteints indépendamment. Il se fonde en effet sur l'hypothèse que le maintien d'une activité biologique diverse et intense dans le sol est un facteur de durabilité des agrosystèmes.

L'objectif scientifique général du projet est de mieux comprendre les relations entre la biodiversité épigée (végétation principalement), la biodiversité endogée (faune et microflore), et les composantes physiques, chimiques et biologiques du fonctionnement du sol.

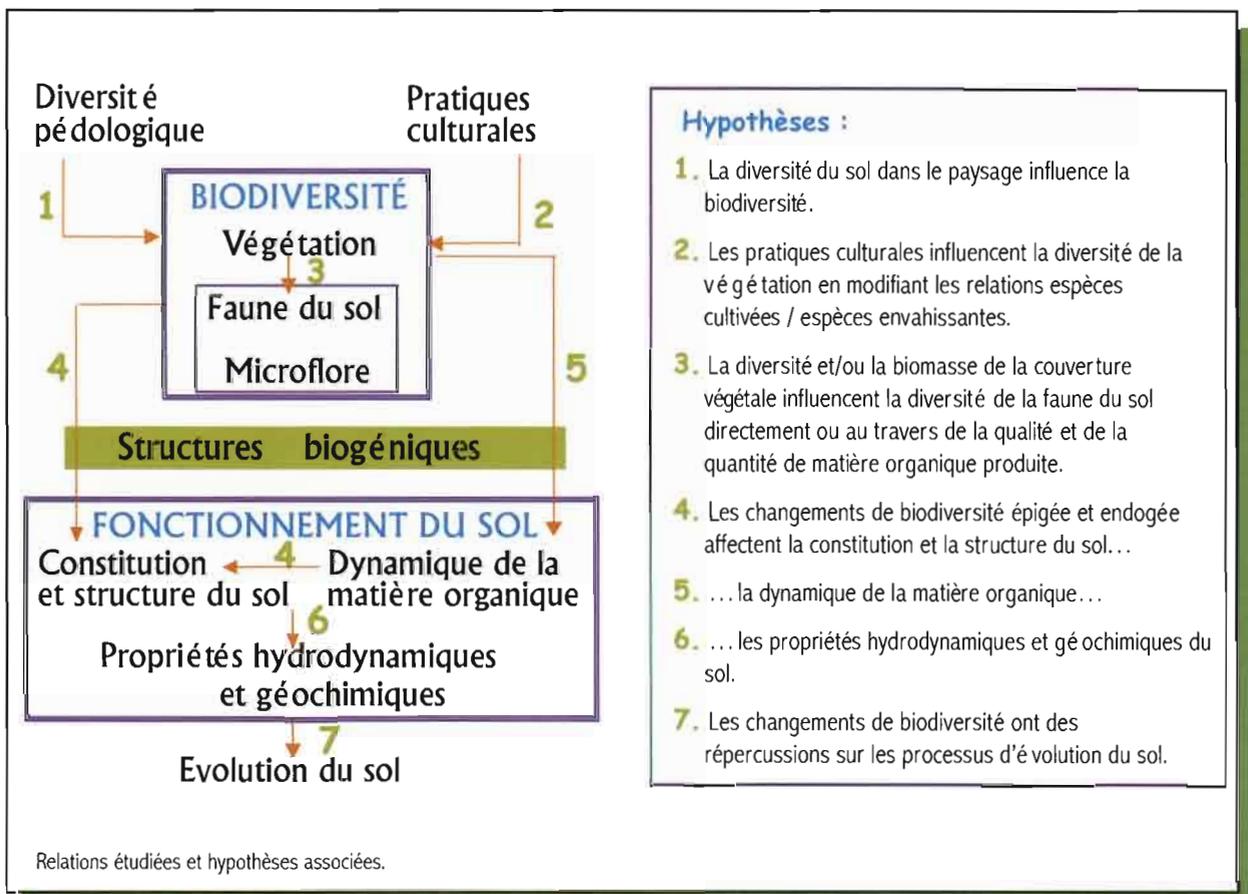


Deux terrains d'études ont été choisis, la région du Cerrado et les fronts pionniers amazoniens. Il s'agit d'abord d'identifier les processus d'évolution de la biodiversité, en prenant en compte la variation du sol dans le paysage (1) et, parmi les pratiques culturales, celles qui agissent sur la nature et la diversité de la végétation (2). On s'attend à ce que la diversité du sol et de la végétation déterminent la diversité et l'abondance des organismes du sol, en particulier des vers de terre, termites et fourmis (3). Ces invertébrés influencent fortement la constitution et la structure du sol (4), par la production de structures biogéniques (nids, déjections, galeries, etc.). Ils agissent en conséquence sur la dynamique de la matière organique (5), la dynamique de l'eau et la biodisponibilité des éléments nutritifs ou toxiques (6). On cherche donc à évaluer les conséquences des changements de biodiversité sur différents composants du fonctionnement du sol, et en définitive sur ses processus d'évolution (7).

Les objectifs scientifiques spécifiques du projet sont les suivants :

- Connaître la diversité du sol héritée de la pédogénèse (facteurs environnementaux de la biodiversité) et celle des pratiques des agriculteurs (facteurs anthropiques de la biodiversité).
- Comprendre la dynamique de la végétation secondaire dans les agrosystèmes.
- Comprendre la dynamique de la faune du sol, en considérant la diversité des plantes cultivées et adventices.
- Caractériser les changements d'état et de propriétés physiques et chimiques du sol consécutifs aux changements de biodiversité.
- Évaluer les conséquences des changements d'organisation et de fonctionnement du sol sur sa dynamique à plus long terme (intensité et/ou nature des processus de pédogénèse)

La finalité de la recherche est de contribuer à définir des pratiques de gestion des milieux tropicaux adaptées à leurs contraintes et potentialités.



Le Cerrado, un modèle de transformations récentes du milieu

Le Cerrado (entre 2° et 23° S et entre 45° et 63° O) recouvre environ $2,1 \cdot 10^6$ km², ce qui représente un peu plus de 24 % du territoire brésilien, soit en surface le deuxième biome après la forêt amazonienne. Cela concerne 1027 communes réparties dans 12 états. Au XX^{ème} siècle, plus précisément à la fin des années 30, la politique gouvernementale d'intégration nationale favorise une occupation lente mais régulière de la région qui culmine avec la construction de Brasília en 1960. Cet intérêt porté au Cerrado est à son maximum entre les années 60 et 80 avec le développement de grands projets. Les surfaces transformées pour l'agriculture et l'élevage sont estimées à $49,5 \cdot 10^6$ ha de pâturages cultivés, $13,4 \cdot 10^6$ ha de cultures annuelles, $2 \cdot 10^6$ ha de cultures pérennes et $4,6 \cdot 10^6$ ha sont déclarées comme réserves.



Pâturages installés après défrichement d'un *Cerradão*, lors d'une exploitation de type extensif, la plante fourragère, ici *Brachiaria brizantha*, est en concurrence avec de nombreux rejets de ligneux originaires de la végétation initiale.

Les fronts pionniers amazoniens, l'exemple de la région de Marabá

L'Amazonie brésilienne ($4,2 \cdot 10^6$ km²) est soumise à des dynamiques de peuplements humains et d'occupation des terres très variables selon les régions. Depuis la fin des années 70, la conversion de la forêt amazonienne en pâturages s'est poursuivie à un rythme rapide. Aujourd'hui, le rythme de déforestation est encore de l'ordre de 20.000 km²/an. Plus de 90 % de ces surfaces ont servi à l'installation de pâturages dont la moitié environ est actuellement utilisée. L'autre moitié est constituée de pâturages abandonnés, dans des états de



Le front pionnier de la région de Marabá (état du Pará), au premier plan des pâturages de *Brachiaria brizantha* et *Panicum maximum*, et en arrière plan la forêt tropicale humide.

dégradation variables. Dans la région de Marabá, 60.000 familles en quête de terres, surtout originaires de la région Nordeste du Brésil, se sont installées depuis les années 1970, profitant de l'ouverture de grands axes routiers (Brasília – Belém, Transamazonienne). Ces petits agriculteurs ont tendance à reproduire ou développer leur exploitation par des déplacements successifs sur les terres les plus neuves de la frontière, après avoir vendu les terres qu'ils ont défrichées et transformées en pâturages peu productifs à de grandes exploitations d'élevage extensif. L'émergence d'une agriculture familiale territorialement stable est une condition nécessaire au ralentissement de la déforestation et à la conservation de la biodiversité. La recherche est interpellée pour évaluer le mode d'exploitation actuel et proposer des alternatives.

Conversion du Cerrado en pâturages cultivés et fonctionnement des Ferralsols

Les grands traits de modifications induites dans les sols

Les agronomes brésiliens des années 1970 se demandaient s'il fallait « convertir les savanes en terres de cultures ou les aménager en pâturages améliorés ». Les deux options ont été conduites à terme et le paysage végétal du *Cerrado* a été profondément transformé. L'observation de profils de sols en diverses situations sous pâturages cultivés et végétation naturelle dans le *Cerrado* a déterminé le choix des travaux. Ils ont porté sur les Ferralsols qui représentent environ 46 % de la surface du biome où les pâturages mis en culture sont principalement localisés. Avec le développement agricole, la modification de la biomasse végétale est la première transformation qui a concerné le *Cerrado*. Ce biome présente une productivité primaire parmi une des plus élevées des savanes, sa transformation en pâturages extensifs et peu productifs a un premier impact : la réduction observée des contenus de carbone relevés dans les analyses de routine des horizons de surface des sols. Cette décroissance a des implications sur l'offre en cations échangeables, car une partie des propriétés d'échange de ces sols est dépendante de leur teneur en matières organiques (MOS). Ainsi, le fonctionnement biogéochimique est la clé des transformations. Dans ces pâturages, les études ont montré que la plante, associée au volume de sol strictement sous-jacent, est le volume fonctionnel du système.

Le second impact concerne les mécanismes biologiques. L'activité biologique est intense dans ces sols, tant sous la végétation de *Cerrado* que sous pâturages. Mais elle a été modifiée tout d'abord à l'échelle macroscopique avec l'altération de la faune d'invertébrés (paramètres de distribution des communautés, caractéristiques des populations, c'est-à-dire abondance et biomasse) suite à la modification des quantités et de la nature de la MOS entrant dans le système et ensuite, à l'échelle des particules élémentaires du sol, puisque l'on voit que les caractéristiques du fonctionnement enzymatique (vu ici avec les phosphatases acides libres qui hydrolysent le phosphore organique) sont sensibles aux transformations du sol. Les processus physiques et leurs variations sont concomitants des autres changements et concernent les mécanismes de l'évolution de la structure (organisation et agencement des mottes, vides, racines) de la porosité (organisation du réseau de vides, pores permettant la circulation de l'air et

de l'eau) et, par voie de conséquence, des caractéristiques hydrodynamiques. Les diminutions porales et du volume microagrégé (micro organisation des particules et des pores les plus fins ainsi que des ensembles argileux du sol) sont la résultante d'impacts mécaniques sur le sol et de changements biologiques. En revanche, le spectre microporal des sols est globalement conservé, alors que ce n'est pas le cas après la déforestation sur les sols amazoniens. De même, les variations observées de la porosité concernent également les possibles fluctuations des teneurs en MOS. Les mécanismes de régulation des structures et de la macroporosité par la faune d'invertébrés du sol sont modifiés. On n'observe pas, en effet, dans les pâturages de faible potentiel productif, de récupération des traits observés sous *Cerrado*, alors que sous des systèmes intensifs et productifs la structure devient à nouveau favorable aux enracinements. Les processus hydrodynamiques à la surface sont de fait régulés par la couverture végétale. Ainsi, nous confirmons que ruissellement (portion de l'eau de pluie ne s'infiltrant pas et circulant en surface du sol) et détachabilité (mécanisme mécanique conduisant à détacher les particules en surface du sol suite à l'énergie de la pluie, mécanismes initiateur de l'érosion) doivent être considérés comme peu intenses, avec quelques nuances selon le type de situation considéré (couple type de sol/pente, couverture végétale en densité et biomasse, piétinement du troupeau...). La conductivité hydraulique a peu varié, mais ce résultat doit être confirmé.

Transformations observées et déclin des pâturages

Les points abordés peuvent s'inscrire dans le « cycle vicieux » de la faible productivité des pâturages qui considère une exploitation peu intensive, pas de restitutions minérales sous forme d'engrais, périodes de surpâturage, attaques de maladies et ravageurs, faits qui à terme conduisent à diminuer fortement le potentiel de production bovin du pâturage cultivé. Toutefois, aucune expérimentation n'a été réalisée au champ pour juger de l'effet direct des modifications physiques ou biologiques (faune) du sol sur la productivité. La faune du sol n'est pas un facteur de déclin ; tout au plus, il y a conjonction temporelle entre l'âge du pâturage et l'adaptation du cortège faunistique à l'offre trophique du milieu (ressource alimentaire). La réduction de la porosité en surface du sol est partiellement contraignante pour le développement

homogène des racines dans tout le volume du sol, mais ce facteur s'ajoute aux facteurs de gestion du troupeau. En revanche, nous avons montré que ces sols restent très susceptibles aux alternances pluviométriques : la réserve d'eau disponible s'amenuise rapidement,

d'autant plus que la porosité fine a été réduite. Mais le facteur de déclin est ici lié à l'occurrence des petites saisons sèches, car le volume du réservoir d'eau utile pour la plante est relativement peu important dans ces sols.

Le contexte des sols sous pâturages cultivés dans le Cerrado

Prenant une large diversité de textures de sols, les observations conduites ont montré l'importance de contraintes physiques qui se développent suite à la mise en place de ces systèmes pérennes. L'observation de la distribution des enracinements et de la distribution saisonnière des pluies a montré la nécessité d'analyser le régime hydrique des sols. De plus, il est apparu dans le contexte de l'étude que la connaissance de l'évolution structurale des sols brésiliens suite à leur mise en culture était mal connue. Les observations de profils culturaux ont mis en évidence les effets de la macrofaune d'invertébrés sur les structures du sol. Leurs rôles pédologiques et écologiques sont connus. En revanche, ce projet a montré que dans les sols du *Cerrado*, la contribution des insectes sociaux en densité et biomasse est remarquable. Dans ce biome, les termites et fourmis sont des ravageurs en sylviculture, et il convient de noter que les éleveurs considèrent que les termites sont un des facteurs du déclin de leurs pâtures, voire le principal. Le phosphore des sols de cette région est considéré comme un des éléments limitant la production végétale, l'offre quantitative en ions phosphate étant très peu élevée dans la solution du sol du fait des propriétés particulières de la phase minérale de ces sols. Le projet a apporté des données nouvelles sur les quantités et la nature du phosphore de ces sols ainsi que sur sa dynamique potentielle.

Le sol sous pâturage cultivé de faible productivité

L'état d'un Ferralsol sous un pâturage âgé, de faible productivité, se caractérise par des teneurs en matière organique (MOS) moyennes à basses. Les concentrations en ions phosphate disponibles pour les plantes sont très faibles. La structure du sol est modifiée avec une perte de la porosité de surface jusqu'à des épaisseurs de 0,5 m, l'apparition de volumes compacts, voire d'encroûtements superficiels, ces structures limitant le volume disponible pour les racines. Toutefois, il semble que les propriétés hydrauliques ne soient pas complètement altérées, et le ruissellement et l'érosion restent sous ces pâturages des phénomènes localisés. La diversité et les biomasses de la macrofaune du sol sont diminuées. Toutefois, les comportements physiques et biogéochimiques enregistrés indiquent que des retours à des propriétés favorables à la croissance des plantes se mettent en place lors de changements de modes de gestion des systèmes pâturés. Il a été possible d'intégrer, pour des ensembles minéralogiques homogènes, les connaissances sur la porosité de ces Ferralsols, ce qui permet actuellement de régionaliser les propriétés hydriques de ces sols du *Cerrado*.

Evolution de la végétation adventice¹ et de la macrofaune dans les systèmes d'intégration agriculture-élevage développés dans la région des Cerrados brésiliens : conséquences sur le fonctionnement du sol

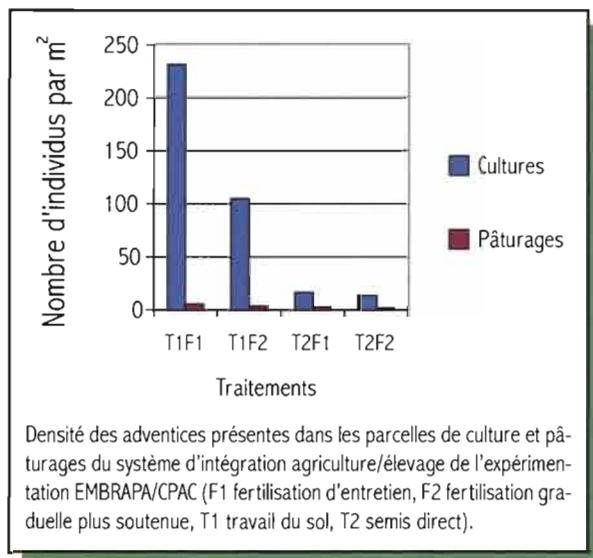
Dans la région des Cerrados où les sols sont acides et pauvres en nutriments, la pratique de cultures continues comme celle de pâturages permanents se traduit par une baisse de production au bout de quelques années d'utilisation des terres. En revanche, ces pâturages présentent une faible



Expérimentation d'intégration agriculture/élevage de l'EMBRAPA/Cerrados, au premier plan parcelle de soja, au second plan pâturage et au fond réserve de cerrado.

¹ Herbes et rejets d'arbres et d'arbustes qui existent dans les parcelles cultivées et qui concurrencent la plante cultivée.

densité d'adventices. Les cultures, au contraire, sont toujours fertilisées et, en général, envahies par les adventices. Le système intégrant des cultures et des pâturages dans une rotation permet d'interrompre le cycle de dégradation en améliorant périodiquement les propriétés physiques (par le pâturage) et chimiques (par les cultures) des sols et en contrôlant l'invasion par les adventices. Des interrelations fortes existent donc entre pratiques culturales, production de l'espèce cultivée, végétation adventice, macrofaune du sol et fonctionnement du sol. Ces interrelations sont étudiées depuis 2004 au sein d'une expérimentation installée depuis 1991 sur le site de l'EMBRAPA Cerrados. La rotation entre pâturages et cultures est réalisée chaque 4 ans. Deux niveaux de fertilisation (F1 fertilisation d'entretien et F2 fertilisation graduelle plus soutenue) et 2 types de préparation du sol (T1 travail du sol et T2 semis direct) sont comparés.



Des résultats préliminaires ont été obtenus en 2004 lors d'une première campagne d'acquisition de données de physique du sol, végétation adventice et macrofaune, avant la rotation des parcelles d'intégration agriculture/élevage. La densité d'individus d'adventices est globalement plus élevée dans les cultures tous traitements confondus que dans les pâturages du système d'intégration agriculture/élevage. Le travail du sol a un effet considérable sur les adventices, la densité d'individus d'adventices dans les cultures sous semis direct est 10 fois plus faible que dans les systèmes où le labour est pratiqué. En revanche la densité d'individus de la macrofaune du sol diminue nettement dans le cas de plantation après labour (plus de deux fois moins dans le cas de l'intégration agriculture/élevage). Les parcelles ayant reçu des doses plus fortes de fertilisant présentent des densités plus faibles d'adventices (la moitié pour les parcelles sous culture du système d'intégration agriculture/élevage).

Biodiversité et fonctionnement du sol dans le contexte de l'agriculture familiale en Amazonie

Organisation des couvertures pédologiques

L'organisation des couvertures pédologiques et la diversité des sols dans le paysage ont été caractérisées à partir de la description de toposéquences représentatives, et de l'identification des caractéristiques morphologiques et de l'extension des différents horizons. Nous sommes en présence de systèmes de transformation de ferralsols en cambisols et en gleysols et de latossols en gleysols, définis par une organisation bidimensionnelle de la couverture pédologique et par des relations fonctionnelles entre les sols d'un même versant. Cette transformation, déjà mise en évidence sur le bouclier guyanais est due à deux processus : (1) une érosion diffuse (mécanique et chimique) provoquant l'amincissement des ferralsols ; (2) des modifications minéralogiques et structurales, en conditions de saturation en eau. La relation entre les mesures hydrodynamiques et géochimiques a permis de montrer que ces processus agissent dans les conditions climatiques actuelles.

Concernant les aptitudes culturales des sols, la profondeur et le degré d'hydromorphie sont deux critères qui déterminent les conditions d'exploitation des sols par les racines, de drainage de l'eau excédentaire et de la rétention de l'eau utile pour les plantes.

Caractérisation des modes de gestion du sol et des pratiques culturales

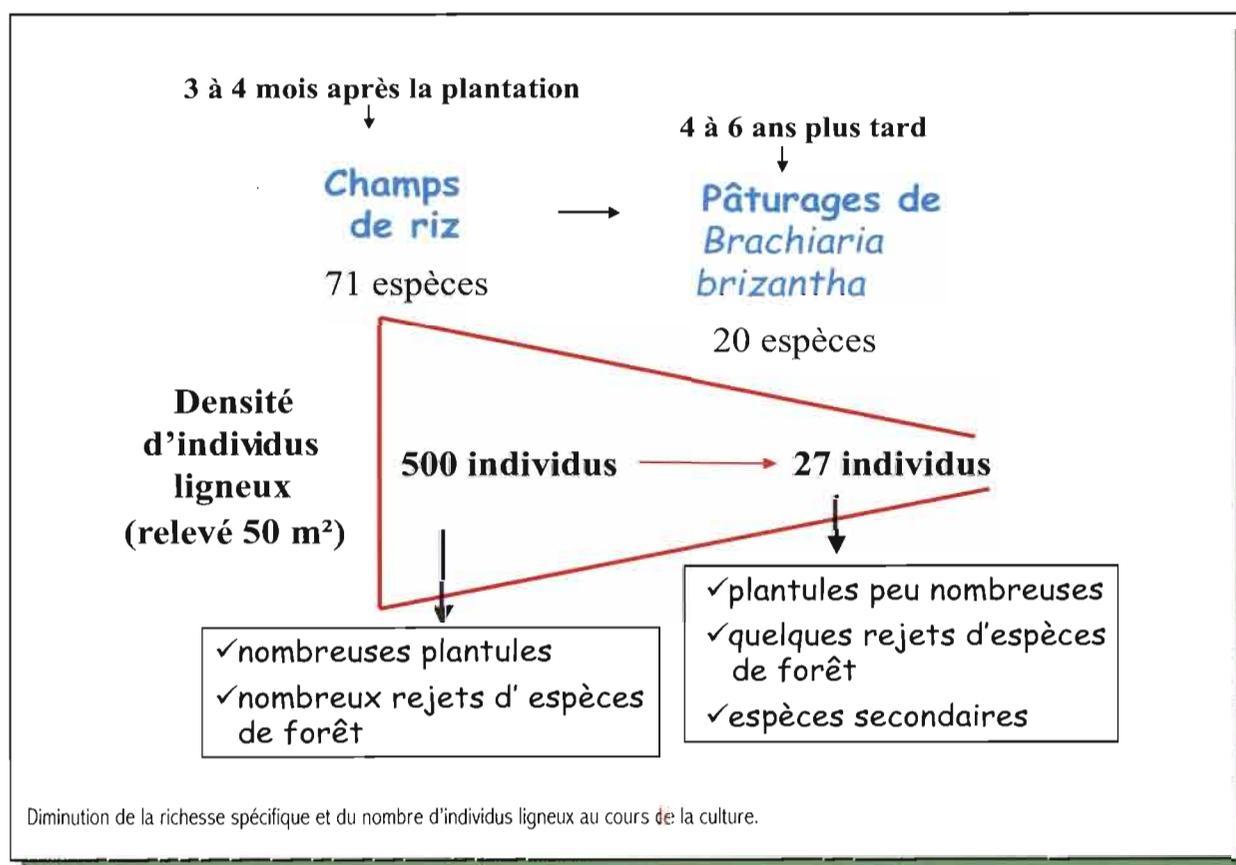
Les pratiques des agriculteurs dans la gestion des pâturages indiquent une diversité élevée des savoirs qui influencent la gestion et la durabilité des terres colonisées. Cette diversité semble liée à l'histoire de la formation de la communauté, ainsi qu'à l'origine géographique et aux expériences antérieures des agriculteurs. En d'autres termes, les pratiques dépendent des connaissances techniques des agriculteurs, même si elles sont aussi influencées par leur situation socioéconomique et leur trajectoire de vie. La diversité des savoirs et des pratiques a des répercussions sur les

modes de gestion de la couverture végétale. Cette diversité doit être prise en compte lors de l'analyse de la durabilité des activités agricoles. Les connaissances techniques conditionnent les projets des agriculteurs et la manière dont ils perçoivent leur identité socio-professionnelle. Ceci met en évidence la distinction entre les agriculteurs qui revendiquent un projet d'élevage dès leur installation et ceux qui développent cette activité en fonction des opportunités qui apparaissent et de leurs nécessités.

Biodiversité de la végétation

La richesse floristique des forêts est élevée, au total 155 espèces ont été observées alors que 110 espèces sont répertoriées dans les jachères. Aucune relation nette n'est observée entre la diversité de cette végétation et le type de sol (ferralsol ou cambisol) pour les strates arborées et arbustives, alors que l'on observe une similarité entre les relevés de la strate herbacée des forêts et des jachères situées sur un même type de sol.

Lors du défrichement et du brûlis qui précèdent l'installation des cultures de riz, se produit une forte diminution de la richesse floristique. Cependant dans les champs de riz le nombre d'espèces est encore relativement élevé (en moyenne 71). Il s'agit d'une part de rejets et plantules d'arbres, d'arbustes et d'herbes de forêt qui ont réussi à résister alors que les espèces secondaires sont encore rares. Cette diversité sera ou non contrôlée par le pâturage qui va succéder au riz. En effet la graminée fourragère *Brachiaria brizantha* concurrence les herbes et les rejets d'arbres et arbustes alors que *Panicum maximum* est fortement envahi². Dans les pâturages de *B. brizantha* de 4 à 6 ans, le nombre d'espèces passe à 20 en moyenne. Cependant l'espèce cultivée n'est pas le seul facteur déterminant l'évolution de la diversité de la végétation spontanée, elle dépend également de l'implantation initiale du pâturage et de la gestion du troupeau au cours du temps. Dans les systèmes cultivés, alors que le type de sol (ferralsol ou cambisol) n'influence pas la richesse floristique des ligneux, la diversité des herbacées est plus faible sur les latossols.



² Les graminées Africaines *Brachiaria brizantha* et *Panicum maximum* sont largement cultivées dans la région.

Biodiversité et activité de la macrofaune du sol

Quatre types d'occupation du sol ont été étudiés dans 23 parcelles (270 points de collecte) : 6 parcelles de forêt, 7 de pâturages, 5 de jachères et 5 de champs de riz. Un total de 10728 animaux ont été collectés et 340 morphotypes adultes (espèces séparées selon des critères taxonomiques simples) ont été séparés. Au niveau du paysage, il n'existe pas un modèle clair d'organisation spatiale de la communauté de la faune du sol. La composition de la communauté est plus influencée par le type d'occupation du sol que par la faune des parcelles voisines. Les milieux fermés (forêt et jachère) sont, pour la majorité des groupes faunistiques beaucoup plus riches que les milieux ouverts, sans strates arbustives (pâturage, champs de riz). Cette tendance est très forte pour les espèces de litière, comme les araignées, les chilopodes, les diplopodes³. Une forte chute de la richesse spécifique est observée dès la première culture de riz, après la coupe et le brûlis, alors que les pâturages et surtout les jachères paraissent favorables à la recolonisation par la faune du sol. Dans les pâturages étudiés, un effet significatif du type de sol est observé, aussi bien sur la richesse spécifique que sur la quantité des invertébrés du sol.

Les ingénieurs du sol (lombrics, fourmis, termites) influencent, par la production de structures biogéniques et leur dégradation, certains paramètres physico-chimiques du sol. Les analyses effectuées mettent en évidence la grande quantité de déjections de vers de terre produites à la surface du sol sous forêt, reflet de l'importance de l'activité des lombrics dans la bioturbation du sol. La déforestation provoque une très forte diminution de la quantité de turricules produits (-90% dans les pâturages), et dans le même temps, une forte augmentation de la quantité de termitières. Dans les pâturages, la distribution des turricules est très hétérogène et liée à la distribution des touffes de graminées et des troncs brûlés.

Evolution des propriétés physiques, chimiques et du fonctionnement hydrodynamique du sol

La transformation de la forêt en pâturage par l'agriculture familiale provoque une évolution des propriétés physiques et chimiques des sols. Les réserves organiques se maintiennent relativement constantes

après l'installation des pâturages. Les caractéristiques chimiques des sols, qui sont améliorées à la suite du brûlis, se maintiennent ensuite constantes durant de nombreuses années, indépendamment de l'état de dégradation de la culture qui le recouvre. En contrepartie, une détérioration des caractéristiques physiques de la couche superficielle du sol intervient rapidement pendant et après la déforestation alors que la fertilité chimique semble évoluer favorablement. On observe une compaction des sols, d'une intensité variable selon les pâturages, principalement en fonction des pratiques culturales. La compaction de la couche superficielle du sol ne paraît pas empêcher une reconstitution des réserves hydriques pendant la saison des pluies. En saison sèche, les réserves hydriques des sols s'épuisent rapidement, à la profondeur exploitée par les racines, ce qui constitue un facteur limitant pour les pâturages jeunes. Les modifications de la structure de la couche superficielle de sol semblent liées à la dynamique du système (couverture végétale, rotation du troupeau, populations de macro-invertébrés du sol).

Les résultats présentés ne sont pas nécessairement représentatifs de l'ensemble du bassin amazonien car sous l'apparente uniformité de cette région, il existe une grande variété de formations géologiques, pédologiques et végétales. Cependant, ils peuvent aider à comprendre les processus affectant la végétation, le sol et les organismes qui y vivent, à la suite de la déforestation et de l'installation de pâturages. Ces résultats partiels soulignent la grande diversité biologique de la région étudiée. Cette richesse biologique ne se distribue pas au hasard dans le paysage et est en partie liée à la variabilité des sols et en partie à l'utilisation qui en est faite. L'impact des activités agricoles sur la diversité biologique est intense et se maintient même lorsqu'elles cessent. Cet impact varie en fonction du type de culture, et pour un même type de culture en fonction des espèces utilisées.

La place du *cerrado* dans l'agriculture brésilienne et dans sa production de viande n'est pas négligeable. Le déclin constaté des pâturages cultivés est purement conjoncturel et lié à une vision extractiviste de l'activité d'élevage extensif. L'appréciation de la ressource « sol » ne peut rester statique, homogène, confinée à un type de pratique. Elle doit considérer cette ressource comme un élément dynamique qui réagit aux demandes de l'homme face à des besoins. L'analyse des sites de pâturages renouvelés et des rotations pâtures/cultures le montre bien. La gestion présente et future des sols

³ Chilopodes et Diplopodes appartiennent à la classe des Myriapodes (mille pattes)

de ces types de biomes doit fournir des éléments de discussion pour un débat plus large concernant d'autres contrées tropicales. Actuellement, le débat général porte sur deux approches antinomiques : d'un côté, on cherche l'amélioration et l'intensification des systèmes de production, en particulier dans la zone intertropicale et, à l'opposé, se développe un débat sur l'extensification

des systèmes pâturés dans certaines zones tempérées et subtropicales face aux contraintes environnementales. De plus, il a été montré que dans de nombreux systèmes cultivés tropicaux, la décroissance des rendements des cultures est exponentiellement liée aux pertes cumulées en sol. Ceci conduira à une réflexion sur les choix de production et leurs modes de gestion.

POUR EN SAVOIR PLUS

Synthèses

Brossard M., Barcellos A. De O. 2005 – Conversion du Cerrado en pâturages cultivés et fonctionnement des ferralsols. *Cahier Agricultures*, vol. 14 n°1, 64-69.

Desjardins T., Lavelle P., Barros E., Brossard M., Chapuis-Lardy L., Chauvel A., Grimaldi M., Guimarães F., Martins P., Mitja D., Müller M., Sarrazin M., Tavares Filho J., Topall O., 2000. Dégradation des pâturages amazoniens. Description d'un syndrome et de ses déterminants. *Etude et gestion des sols*, 7(4): 353-378.

Physique et porosité des sols

Balbino L.C., Bruand A., Brossard M., Grimaldi M., Hajnos M., Guimarães M.F., 2002. Changes in porosity and microaggregation in clayey Ferralsols of the Brazilian Cerrado. *European Journal of Soil Science*, 53: 219-230.

Muller M.M.L., Guimarães M.F., Desjardins T., Mitja D., 2004. Relation between pasture degradation and soil properties: a case study in Brazilian Amazonia. *Agriculture Ecosystem and Environment*, 103, 2, 279-288.

Géochimie du phosphore

Chapuis L., Brossard M., Lopes Assad M. L., Laurent J. Y., 2002. Carbon and phosphorus stocks in clayey ferralsols (Cerrados, Brazil). *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 92: 147-158.

Corazza E. J., Brossard M., Muraoka T., Coelho Filho M. A. 2003 – Spatial variability of soil phosphorus of a low productivity *Brachiaria brizantha* pasture. *Scientia Agricola*, 60, 559-564.

Dynamique de la MO

Brossard M., Lopes Assad M.L., Chapuis L. & Barcellos A. de O. 1997 - Estoques de carbono em solos sob diferentes fitofisionomias de Cerrados. *In* Contribuição ao conhecimento ecológico do Cerrado, Ed. L.L. Leite & C.H. Saito. *Trabalhos selecionados do 3º Congresso de Ecologia do Brasil*. Univ. de Brasília, Dept. Ecologia, 272-277.

Desjardins T., Barros E., Sarrazin M., Girardin C., Mariotti A., 2004. - Effects of forest conversion to pasture on soil carbon content and dynamics in Brazilian Amazonia. *Agriculture, Agrosystems and Environment*, 103 : 365-373.

Biodiversité végétale et faunique

Barcellos A. De O., Mitja D. & Vilela L., 2003.- Banco de sementes em pastagem pura e consorciada depois de queimada. *In* 40ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 21 a 24 de julho, Santa Maria- RS, 6p.

Mathieu J., Rossi J.P., Grimaldi M., Mora P., Lavelle P., Rouland C., 2004. A multi-scale study of soil macrofauna biodiversity in Amazonian pastures. *Biology and Fertility of Soils*, 40: 300-305.

LA SÉQUESTRATION DU CARBONE

Convention CNPq/IRD

IRD/UR041/UR179 – Martial Bernoux

CENA-USP – Carlos Clemente Cerri

IRD : Vincent Eschenbrenner, Christian Feller, ainsi que tous les chercheurs IRD de l'UR lors de missions,
CENA-USP : Marisa de Cassia Piccolo, Brigitte Joséphine Feigl, Carlos Eduardo Pelegrino Cerri

Autres partenaires : Jean Marie-Douzet (CIRAD-CA), Eric Scopel (CIRAD-CA), Alexandre Cardoso (Embrapa-CPAC), Jean Paul Laclau (CIRAD-Foret)

En position d'interface dans l'environnement, les sols jouent un rôle de premier plan dans les grands cycles biogéochimiques. En stockant ou en libérant des éléments, ils influent sur les composantes de la fertilité et sur divers aspects environnementaux tels que la qualité de l'air (rôle des sols en tant que puits ou source de carbone atmosphérique, lieu de dénitrification) et des eaux (nitrates, phosphates, pesticides). La matière organique des sols étant un des déterminants essentiels de nombreuses propriétés édaphiques, son étude, en termes de qualité, dynamique et stockage selon le mode de gestion des terres, est très importante. Aussi, l'évolution à moyen et long termes des stocks organiques des sols est un indicateur à prendre en compte dans le jugement sur la durabilité des agro-écosystèmes et la protection de l'environnement.

Les stocks des éléments dans les sols, et en particulier ceux de carbone, sont en constante évolution sous l'effet de facteurs naturels (climat, végétation, effets de l'altération, et plus généralement de l'ensemble des processus pédogénétiques) et anthropiques (impacts locaux des utilisations des sols, effets diffus d'apports hydriques et atmosphériques). Ainsi, en ce qui concerne les modifications anthropiques, selon la FAO, la conversion des forêts en terres agricoles et/ou pâturages a concerné 200 millions d'hectares entre 1980 et 1995, principalement dans les régions tropicales et subtropicales. Mais, même pour les systèmes agricoles à l'équilibre, toute modification de l'itinéraire technique peut induire des variations du stockage de carbone dans les sols. Or, pour différentes raisons, en particulier la recherche de la durabilité des systèmes de culture et l'augmentation des teneurs en CO₂ atmosphérique, de nombreuses alternatives basées sur une gestion plus

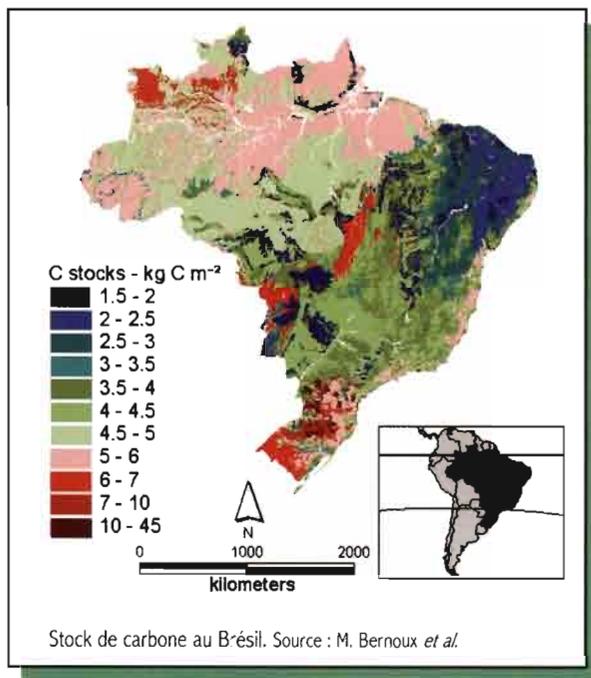
organique et biologique du sol sont actuellement testées en régions intertropicales, et ce avec la préoccupation de favoriser le stockage du Carbone dans les sols.

Avec 753 Millions d'hectares de terres agricoles et 1752 Millions d'hectares de forêts, l'Amérique Latine est le terrain privilégié d'études sur la séquestration du carbone dans les sols. En effet, la déforestation et la mise en culture contribuent fortement à l'émission de gaz à effet de serre (principalement le CO₂, le méthane : CH₄ et l'oxyde nitreux : N₂O). On estime que l'une des voies importantes de limitation de l'effet de serre passe par la recherche de modes de gestion des terres qui favoriseraient le stockage du carbone dans les sols et limiteraient les émissions de gaz qui contribuent au réchauffement global de l'atmosphère.

Deux approches complémentaires sont effectuées :

- une approche au niveau de la parcelle pour comprendre et quantifier les processus de séquestration du C dans les sols et d'émission des GES:
 - facteurs climatiques, par intercomparaisons de situations,
 - facteurs édaphiques tels que minéralogie, texture, structure, activités biologiques,
 - facteurs anthropiques, liés aux modes d'occupation des terres et aux itinéraires techniques,





- une approche au niveau régional des stocks de carbone et de leurs variations sous l'effet des changements d'usage et de gestion des terres pour :
 - mieux préciser le rôle de la matière organique dans les propriétés des sols,
 - quantifier le stockage de carbone dans le système sol-plante et la qualité des émissions de gaz à effet de serre (GES), en particulier CO₂, CH₄ et N₂O sous différentes conditions de climat, de sol et d'utilisation des terres,
 - atteindre des estimations régionales et la prédiction de la variation des stocks organiques et des émissions de GES.

Les principaux objectifs de recherche sont organisés suivant deux grands axes:

- Analyse des déterminants, processus et dynamique de la séquestration du C dans les sols et composition des flux de GES à la surface du sol (échelle parcelle). Études de cas sur l'effet de différentes alternatives de gestion;
- Constitution de banques régionales de données géoréférencées sur les stocks de C. Application à la spatialisation et à la prévision de leurs évolutions (échelles exploitation, bassin versant élémentaire, bassin-versant, et région).

Les recherches se sont regroupées autour de 5 agro-éco-systèmes : canne à sucre, pâturages dégradés, pâturages, cultures annuelles en semis directs et plantation forestière

Pâturages

► Etat de São Paulo

Ces travaux concernaient la spatialisation par télédétection des stocks de carbone de sol sableux de l'Etat de São Paulo, selon le type et le niveau de dégradation des pâturages. Les résultats ont permis d'établir une relation relativement forte entre les stocks de carbone du sol et l'état de dégradation (niveau productivité végétale) du pâturage, et ceci en milieu paysan. Ce résultat est extrêmement important car il permet de montrer que les pratiques paysannes de bonne gestion peuvent faire des systèmes pâturés des systèmes fortement séquestrants.



Pâturage Itatinga – São Paulo

► Amazonie

L'objectif général de ce programme était l'étude des déterminants du stockage de carbone sous pâturages amazoniens et des effets de la restauration des pâturages sur la séquestration du carbone. L'UR a participé principalement à la sélection de la localisation de l'expérimentation et à des travaux de spatialisation et de modélisation des dynamiques du carbone organique dans le cas d'une succession forêt – pâturages. Ces travaux de modélisation et de spatialisation ont été intensifiés depuis



2002 et appliqués à l'ensemble de l'Amazonie brésilienne dans le cadre d'un projet de recherche financé par le Fond Mondial pour l'Environnement des Nations Unies (GEF-UNEP) : « *Assessment of soil organic carbon stocks and change at national scale* ». L'objectif principal de ce projet est de développer et utiliser des outils (SIG couplé aux modèles mécaniste RothC et Century) pour quantifier l'impact de changements d'usage et de gestion des terres sur les stocks de carbone dans les sols de l'Inde, de la Jordanie, du Kenya et de l'Amazonie brésilienne.

Canne à sucre

Ce sous-programme vise à étudier l'effet du non-brûlis de la canne à sucre avant la récolte sur le stockage du carbone dans le sol et les flux de gaz à effet de serre, principalement le méthane (CH_4) et l'oxyde nitreux (N_2O).

Les premiers résultats concernant les déterminants montrent que l'adoption du non-brûlis de la canne à sucre s'accompagne d'un stockage accru du Carbone dans des sols argileux et sableux et d'une limitation de l'émission d'oxyde nitreux (N_2O).

Eviter le brûlis présente d'autres avantages, parmi lesquels une augmentation de l'activité et de la biodiversité de la faune du sol, une limitation des pertes en nutriments et une diminution des risques d'érosion. Ce changement, qui implique de passer à une récolte mécanisée, peut poser cependant d'autres problèmes en termes socio-économiques qui nécessiteraient d'être étudiés.

Cultures annuelles en "Semis Direct"

Le Brésil, avec 18 millions d'hectares de terres cultivées selon des pratiques de "Semis Direct" (non labour et semis direct à travers une couverture végétale morte ou vivante) est le pays au monde où cette alternative au système conventionnel, impliquant des labours, est appliquée en grande culture. Si l'on connaît déjà relativement bien les effets positifs de cette pratique – lutte contre l'érosion, valorisation de l'eau, lutte contre les adventices, économie des temps de travaux – on ne dispose pas de nombreuses données quantifiées sur la séquestration de Carbone pour de tels systèmes, et encore moins pour les flux de GES qui pourraient exercer un effet négatif sur le bilan global.



Mesure de GES dans une situation de "Semis Direct"

L'objectif principal est donc l'étude des potentialités de stockage du carbone dans les sols sous cultures annuelles en semis direct. Outre le CENA, ces travaux sont menés en coopération avec l'Embrapa « Cerrados » (Planaltina), l'Embrapa « Arroz-Feijão » et le CIRAD et concerne plusieurs terrains d'étude : États du Paraná, du Goiás et du Mato Grosso.

Les résultats des recherches confirment les effets bénéfiques de ce type de culture puisqu'ils montrent que cette technique a un potentiel non négligeable de séquestration du carbone. Néanmoins, d'autres travaux sont en cours afin de vérifier si l'effet positif observé sur la séquestration du carbone ne risque pas d'être annulé par des émissions plus importantes de CH_4 et N_2O .

Plantations forestières

Le secteur des plantations forestières a un impact économique important au Brésil (2 millions d'emplois directs et indirects, 4% du PIB). Ces plantations sont essentiellement constituées d'eucalyptus (3 millions d'hectares) et de pins (2 millions d'hectares). Une gestion raisonnée de la matière organique est nécessaire pour le maintien de la fertilité des sols dans le cas des plantations forestières, généralement installées sur des sols pauvres peu propices à d'autres spéculations agricoles, et dans lesquelles les apports de fertilisants sont limités. L'objectif des recherches est donc d'apporter une meilleure compréhension de

l'influence du boisement (état de São Paulo) et des différents modes de gestion sur les caractéristiques biochimiques des matières organiques. Les premiers résultats montrent que les stocks de carbone augmentent de 40% dans deux situations étudiées d'eucalyptus (par rapport au cerrado d'origine). Il n'y a pas d'influence significative de la longueur des rotations sur le stockage de carbone et azote.



Parcelle d'Eucalyptus, Itatinga – São Paulo

Le Brésil n'est plus un des chantiers prioritaires de l'Unité de Recherche 179, ce qui explique une diminution des activités de recherche depuis 2004, bien que le projet continue jusqu'en 2006 dans le cadre d'un accord avec le CNPq. Pour la suite, il est envisagé un fonctionnement sur un mode de coopération hors CNPq basé sur des projets financés, entre autres, par le GEF, la Fapesp, et l'USP.

Néanmoins, récemment a été créé le réseau LASCANet, *Latin American Soil Carbon Network*, qui réunit l'ensemble de la communauté scientifique internationale, travaillant sur la séquestration du carbone dans le sol en Amérique Latine. Créé à la suite d'un Workshop international, co-organisé par l'IRD en juin 2004, le LASCANet a pour missions principales de faciliter les échanges entre chercheurs, de collecter et de divulguer l'information scientifique, de favoriser une prise de conscience des grands propriétaires et des politiques sur l'importance de la séquestration du carbone dans le sol pour la gestion durable des ressources naturelles. Outre l'IRD ce réseau est animé par le *Centro de Energia Nuclear na Agricultura* (CENA) de l'Université de São Paulo et le *Carbon Management and Sequestration Center* de l'Ohio State University.

Véritable plate-forme d'échanges scientifiques, le LASCANet permettra d'identifier les méthodes adéquates pour minimiser les pertes de carbone et augmenter la séquestration du carbone dans le sol, réduisant ainsi l'effet des émissions de gaz à effet de serre sur les changements climatique et la qualité de l'environnement.

POUR EN SAVOIR PLUS

Bernoux M., Carvalho M.C.S., Volkoff B., Cerri C.C., 2001. CO₂ emission from mineral soils following land cover change in Brazil. *Global Change Biology* 7 : 779-787.

Bernoux M., Carvalho M.C.S., Volkoff B., Cerri C.C., 2002a. Brazil's soil carbon stocks. *Soil Science Society of America Journal* 66 : 888-896.

Cerri C.C., Bernoux M., Cerri C.E.P., Feller C. 2004. Carbon cycling and sequestration opportunities in South America: The case of Brazil. *Soil Use and Management*, 20, 248-254

Cerri C.E.P., Paustian K., Bernoux M., Victoria R.L., Mellilo J.M., Cerri C.C., 2004. Modelling changes in soil organic matter in Amazon forest to pasture conversion, using the Century model. *Global Change Biology*. 10, 1-8, 815-832.

GESTION DE LA DIVERSITÉ AGRICOLE EN AMAZONIE

Convention CNPq/IRD

La diversité variétale du manioc (1998-2000)

Populations traditionnelles, agrobiodiversité et connaissances associées (2005-2008)

IRD/UR004/UR169 – Laure Empeaire

ISA – Geraldo Andreello

UNICAMP – Mauro de Almeida

IRD/Univ. de Paris X : F. Pinton

MPEG : M. Meira, L. van Velthem

MNHN : S. Desmoulière

IAC : G. Santos Mühlen

E. Katz, F. Pinton (IRD), P. Silveira, A.

Postigo, R. Galdini (UNICAMP), F. Mathias, G.

Andreello, J. Santilli, L. Eloy, C. Dias (ISA), P.

Cristofoli (EHESS), C. Hoare (MNHN), G. Santos

Mühlen (UFRd), L. van Velthem (Museu Goeldi),

M. Carneiro da Cunha (Université de Chicago),

M. Pantoja (UFAC), R. Oliveira (MPEG-

UnB), E. Costa (UEBa)

Le Brésil, reconnu comme pays méga-divers pour sa biodiversité naturelle, l'est aussi pour ses ressources phytogénétiques mais celles-ci demeurent en grande part mal connues. Face aux recherches menées sur la biodiversité spontanée, l'agrobiodiversité ne suscite que peu d'intérêt et les documents de base sont les rapports nationaux élaborés lors de la conférence de Leipzig (FAO, 1995)¹ ou la synthèse sur l'état de la biodiversité publiée par le Ministère de l'Environnement (Brasil, 1998)². Dans un cas comme dans l'autre, ce sont davantage les données sur les accessions conservées dans les banques de germoplasme qui servent de base aux discussions et non la diversité réellement cultivée en champ. Or, l'éventail des cultigènes sélectionnés et cultivés par les populations traditionnelles, amérindiennes ou non, est immense. En témoignent les systèmes agricoles des Kaiabi où plus de 140 variétés appartenant à une trentaine d'espèces sont cultivées dans les abattis (Silva, 2002), des Yanomami, avec 49 cultigènes (Milliken, Albert, 1999) ou encore, des *seringueiros* du Haut Juruá, où les trois principales espèces cultivées, manioc, banane et haricots se déclinent respectivement en 17, 14 et 9 variétés (Pantoja *et al.*, 2002)³. De manière paradoxale,

les connaissances sur l'agrobiodiversité amazonienne sont, en proportions relatives, plus réduites que celles dont on dispose sur la forêt alors que les dynamiques d'occupation territoriale, l'urbanisation croissante, le développement d'une agriculture industrielle, avec leurs implications écologiques et socioculturelles mènent rapidement, et massivement, sinon à une érosion génétique, du moins à une reconfiguration de l'éventail des plantes cultivées. Dans ce contexte, il est essentiel de comprendre quels sont les systèmes de gestion de ces plantes cultivées, avec leurs déterminants bio-écologiques et socioculturels et quelle est l'importance de cette agrobiodiversité traditionnelle à l'échelle locale et nationale. Pour cela nous avons réalisé une première recherche comparative sur la gestion traditionnelle du manioc, principale plante alimentaire cultivée en Amazonie, et sommes en train d'initier un programme plus ample visant à identifier les fondements écologiques et socioculturels de l'agrobiodiversité dans deux régions d'Amazonie, le Rio Negro (Amazonas) et le Juruá (Acre).

¹ Fao, 1995, *Brazil : Country report to the FAO International Technical Conference on Plant Genetic Resources* (Leipzig, 1996)

² Brasil, Ministério do Meio Ambiente, 1998, *Relatório para a Convenção sobre Diversidade Biológica*, Brasília, MMA, 282 p.

³ Pantoja, M. *et al.*, 2002, Botar roçados, *In, Enciclopédia da floresta*, São Paulo, Companhia das Letras : 249-283.

Silva, G.M., 2002, Uso e conservação da agrobiodiversidade pelos índios Kaiabi do Xingu, *In Bensusan, N., Seria melhor mandar ladrihar? Biodiversidade como, para que, por quê.*, São Paulo, ISA: 175-188.

Milliken, W., Albert, B., 1999, *Yanomami, a forest people*, Kew, Royal Botanical Garden, 169 p.



Lavage des tubercules dans le fleuve (Rio Negro-Amazonas).

©IRD Indago, L. Empeaire



La diversité variétale du manioc

Le manioc (*Manihot esculenta* Crantz), plante d'origine néotropicale, constitue un modèle de choix pour la compréhension des systèmes de gestion des ressources phytogénétiques. D'une part il s'agit d'une plante cultivée tant par les populations amérindiennes que par les populations métisses; destinée à l'autoconsommation ou au commerce, on la retrouve dans de multiples contextes socioculturels et écologiques, des zones inondables dites de *várzea*, aux régions de terre ferme. D'autre part, le manioc est caractérisé par une diversité variétale importante ce qui permet une approche fine de sa gestion.

Le programme manioc, qui faisait suite à celui sur l'extractivisme en Amazonie centrale mené en coopération avec l'INPA à Manaus entre 1989 et 1995, a été construit en partenariat avec l'Institut Socioambiental (ISA), l'une des principales ONG brésiliennes travaillant dans le domaine de l'environnement et de la reconnaissance des droits des populations traditionnelles. Outre ce partenariat, le projet a compté avec l'appui d'associations locales, la Fédération des Organisations Indigènes du Haut Rio Negro, le Conseil Général de la Tribu Sateré-Mawé et l'Association des Seringueiros et Agriculteurs de la Réserve Extractiviste du Haut Juruá.

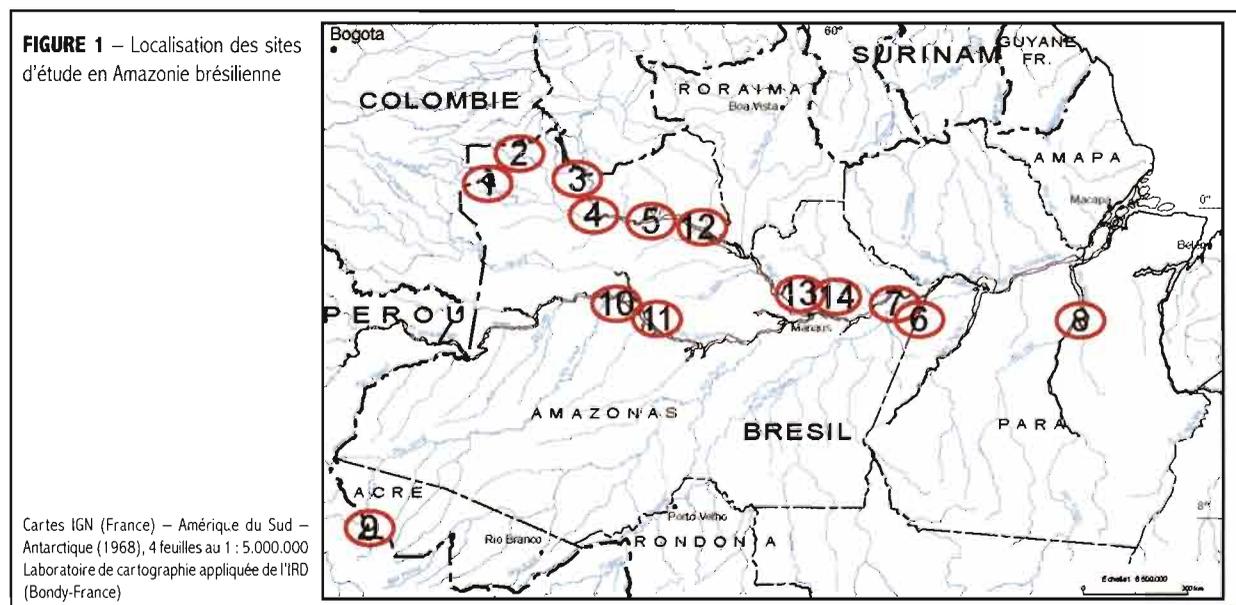
Plusieurs compétences disciplinaires ont été mobilisées en ethnobotanique, sociologie, ethnologie et génétique. Les travaux se sont articulés avec ceux menés par l'équipe du CEFECNRS au Guyana et par le Laboratoire d'Ethnobiologie-Biogéographie du Muséum National d'Histoire Naturelle en Guyane française ce qui a permis de consolider nos résultats dans différents contextes agricoles qui avaient pour dénominateur commun, la pratique de l'agriculture sur brûlis.

Le projet a bénéficié des financements de l'IRD, du CNPq, du Bureau des Ressources Génétiques et du Programme Environnement et Sociétés du CNRS.

Les objectifs de cette recherche étaient de comprendre comment une même ressource biologique, en l'occurrence le manioc, était gérée par différents groupes culturels dans différentes conditions écologiques, d'identifier quelles étaient les pratiques et représentations associées à un certain état de la diversité et d'évaluer leurs implications sur le plan biologique.

Pour cela nous avons travaillé selon une approche comparative sur quatorze sites d'Amazonie brésilienne. Ils se distribuent schématiquement selon un gradient est-ouest d'insertion des populations dans le marché, de l'ancien front de colonisation de la Transamazonienne dans la région d'Altamira en Amazonie orientale (8), dans la région de Manaus (13-14), dans celle du moyen Amazonas (6-7), le long du Solimões (10-11), dans le nord-ouest amazonien (1 à 5, 12) et enfin dans la région péri-andine du haut Juruá (9).

La recherche a donc concerné des groupes de colons, des populations amérindiennes (Tukano oriental, Baré et Baniwa), des populations d'agriculteurs métisses dits *caboclos*, et des saigneurs d'hévéa, ou *seringueiros*, descendants de populations originaires de la région Nordeste (fig. n°1).



Les questions spécifiques abordées ont porté sur la notion locale de variété et sa caractérisation morphologique et génétique, l'état de la diversité en Amazonie et sa structuration spatiale, les pratiques paysannes et savoirs à l'origine d'une diversité élevée et leurs conséquences en termes de flux géniques et enfin sur la dimension culturelle de la diversité. Une réflexion initiale sur les instruments juridiques et économiques de protection et de valorisation de cette diversité biologique et des savoirs associés a également été menée.

La notion de variété

Selon les acteurs, la notion de variété peut prendre plusieurs sens et recouvrir des niveaux d'homogénéité biologique différents : une variété est un ensemble d'individus perçu comme suffisamment homogène et suffisamment différent d'autres groupes d'individus pour recevoir un nom en propre et être l'objet d'un ensemble particulier de pratiques et de savoirs. Il s'agit de l'unité minimale de perception et de gestion de la diversité agricole. Cette définition met l'accent sur la dimension culturelle de la diversité. En effet, du citadin au généticien, chacun définira ses propres repères dans la diversité biologique. La différence se limitera probablement à la catégorisation manioc doux ou amers⁴ pour la ménagère, et elle ira jusqu'aux clones pour le généticien. Dans le premier cas il s'agit d'une propriété biochimique qui est à la base de l'identification de la variété, dans l'autre c'est une homogénéité définie par des caractères génétiques qui est à la base de la variété.

Dans le cas des agriculteurs amazoniens, l'analyse morphologique de 304 pieds de manioc appartenant à

⁴ La teneur des tubercules en glucosides cyanogéniques est à la base de la différenciation des maniocs doux et amers. Cette teneur varie de 20 à 30 ppm de poids frais de tubercule à plus de 500 ppm. Les variétés à teneur supérieure à 80-100 ppm doivent subir un processus complexe de détoxification. Elles sont en général employées pour la fabrication de *farinhas* (semoule de manioc), *beijus* (gallettes de féculé) ou de *cachiris* (bières de manioc). Les variétés à teneur inférieure à 80-100 ppm sont considérées comme non toxiques et, bien qu'elles puissent donner lieu aux mêmes préparations que les variétés amères, elles sont en général consommées simplement cuites.

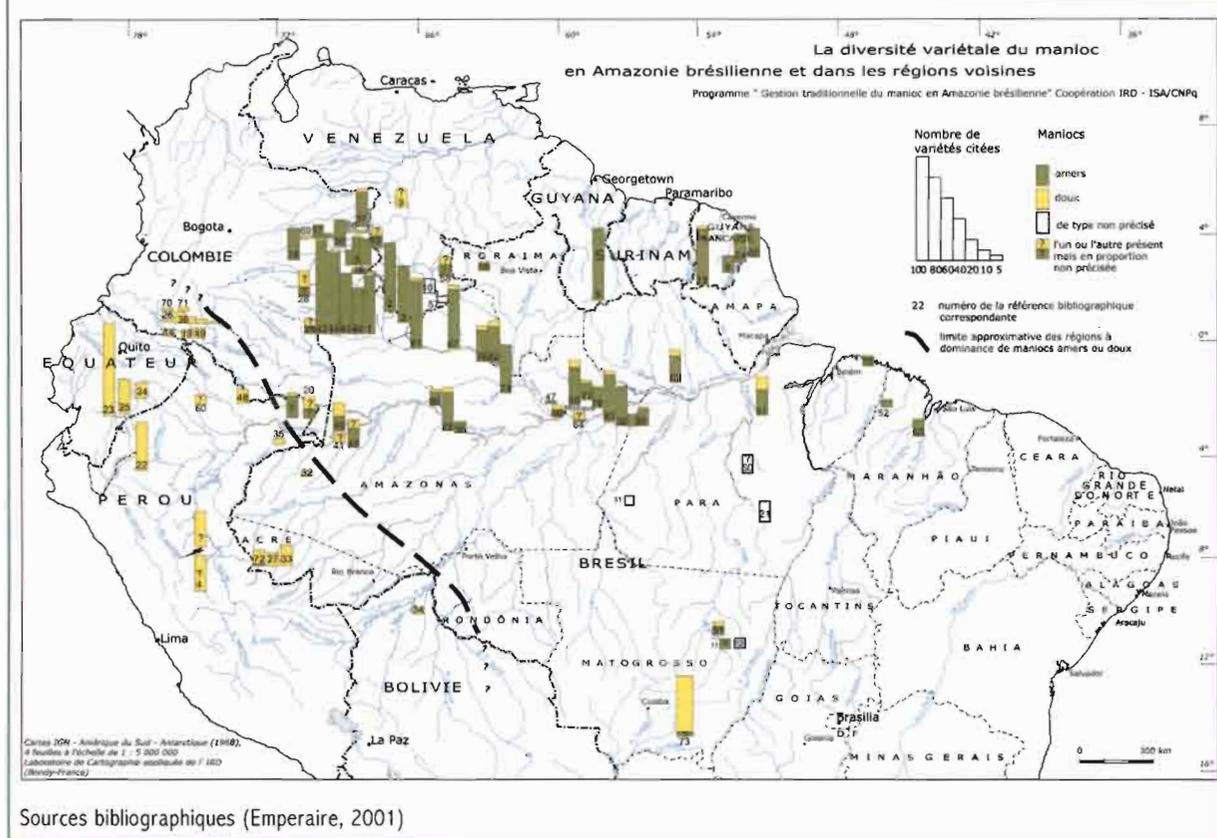
diverses variétés reconnues localement a permis d'affiner cette notion de variété. Elle montre que la caractéristique majeure sur laquelle repose la reconnaissance d'une variété est le port de la plante, soit un ensemble de traits architecturaux. En deuxième lieu, c'est la couleur du pétiole qui permet d'identifier une variété. Enfin ce sont des caractéristiques du tubercule qui interviennent (Emperaire *et al.*, 2003). Cette hiérarchisation de critères de reconnaissance se reflète dans le système de dénomination locale des maniocs du haut Rio Negro, région de forte diversité. En effet, c'est la partie épigée de la plante, celle qui reçoit les soins, de la mise en terre de la bouture aux différents sarclages, qui fait sens en terme de diversité. C'est elle qui reçoit un nom et non l'ensemble de la plante, tubercule inclus.

L'état de la diversité

Une recension des sources bibliographiques faisant état de la diversité variétale du manioc a permis d'établir une carte de l'amplitude de la diversité (fig. n°2). Malgré des différences de profondeur historique et d'échelle de travail lors du recueil des données par les différents auteurs, cette carte met en évidence deux foyers de diversité (dans le haut Rio Negro et en Amazonie péruvienne) ainsi qu'une nette partition de l'Amazonie entre zone péri-andine, celle des maniocs doux et zone centrale, celle des maniocs amers (ceux qui nécessitent une détoxification avant consommation) ce qui se reflète également dans la structuration génétique des maniocs (*cf. infra*).

A l'échelle locale, les relevés de terrain effectués durant ce programme indiquent des différences notables dans l'amplitude de la diversité avec une moyenne de 3 à 26 variétés cultivées par agriculteur de chaque région (et des valeurs extrêmes individuelles de 1 à 48). Les profils cumulés soulignent cette différence (fig. n°3) avec un profil de forte diversité associé aux populations amérindiennes du haut Rio Negro et un autre de diversité plus faible, avec seulement des différences de gradient, pour les populations des autres régions d'étude. Cette amplitude décroît de manière schématique d'ouest en est, en parallèle avec une insertion croissante dans une économie de marché.

DISTRIBUTION DE LA DIVERSITÉ VARIÉTALE DES MANIOCS EN AMAZONIE



La diversité génétique des maniocs

La diversité génétique de 446 individus (57 du Guyana, 351 du Brésil et 38 de la collection de référence du CIAT) a été analysée par marqueurs microsatellites afin de préciser d'une part les relations entre maniocs doux et amers et de l'autre la structuration spatiale des maniocs amers à l'échelle du bassin amazonien.

Il apparaît que la variation du taux de glucosides cyanogéniques dans les tubercules, caractère qui détermine en partie leur mode de préparation, est corrélée à la variation des marqueurs microsatellites. Nos données (Empeaire *et al.*, 2003) et celles de Mühlen⁵ indiquent que la séparation des deux groupes est relativement ancienne et refléterait deux origines géographiques distinctes. La question de savoir s'il s'agit de deux événements indépendants de domestication ou d'une différenciation post-domestication, demeure néanmoins ouverte.

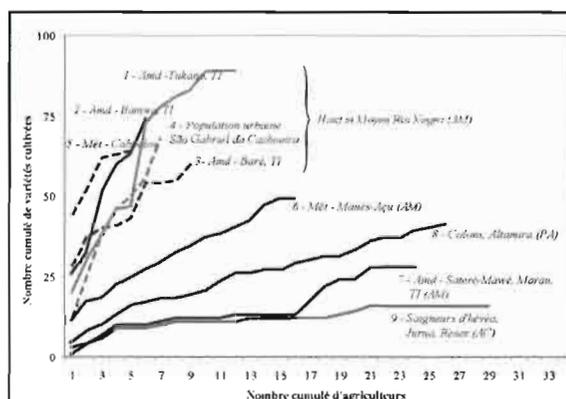


FIGURE 3 – Courbe cumulée du nombre de variétés cultivées par agriculteur selon les zones d'étude

Population Amd : amérindienne Mét : métisse All : allochtone
Territoire TI : Terre Indigène Resex : Réserve extractiviste
Etats AC : Acre AM : Amazonas PA : Pará
Les numéros renvoient à la figure n°1

⁵ Mühlen G. S., *Avaliação da Diversidade Genética de Etnovarietades de Mandioca (Manihot esculenta Crantz) com Marcadores de DNA: RAPD, AFLP e Microsatélites*, Piracicaba, thèse de doctorat en Agronomie, ESALQ, 1999.

La diversité génétique des maniocs amers du haut Rio Negro apparaît globalement supérieure à celles des pools de variétés de chacune des autres régions étudiées. A l'échelle intra-régionale, on n'observe pas,

dans la région du Rio Negro, de différenciation génétique entre les pools de variétés cultivées par les différentes ethnies locales. Les mécanismes de circulation des variétés (*cf. infra*) expliquent aisément cette absence de différenciation.

Pratiques paysannes et implications biologiques

Nous avons mis en évidence que le maintien d'une haute diversité variétale était associé à deux ensembles de pratiques, l'un résultant de normes sociales – soit les échanges de germoplasme –, l'autre de phénomènes biologiques plus ou moins contrôlés par les agriculteurs – la gestion de la multiplication sexuée.

Les échanges sont intenses, actifs et reposent sur des normes de constitution de lignages ou de clans dans le haut Rio Negro. De plus, ils sont sous-tendus par un intérêt constant des populations pour la nouveauté et l'expérimentation. Les variétés circulent dans un rayon de plusieurs centaines de kilomètres entre le Brésil, la Colombie et le Venezuela. Dans les autres populations étudiées, les échanges sont relativement limités, occasionnels et fréquemment liés à la nécessité d'obtenir du matériel de propagation ; ils se limitent au voisinage.

Le manioc, multiplié habituellement par boutures, a conservé sa capacité à fructifier et à produire des graines viables qui, accidentellement incorporées dans la banque

de graines du sol, germeront lors de la mise en place d'un nouvel abattis. Tous les agriculteurs connaissent le phénomène mais le traitement réservé aux nouveaux morphotypes varie. Dans les régions de basse diversité, les agriculteurs considèrent le plus souvent qu'ils interfèrent avec une diversité déjà construite et les arrachent. En Amazonie du nord-ouest (Rio Negro), ils sont perçus comme une source de diversité. Évalués, ils sont incorporés ou non, dans le stock de variétés. Ainsi, toute nouvelle combinaison génétique entre rapidement dans le réseau de circulation des variétés et est maintenue en raison de la multiplication, par la suite clonale, du manioc. Cette diffusion rapide des morphotypes « *a pour corollaire la limitation des possibilités d'une adaptation très locale des variétés, conduisant à une organisation particulière de la diversité avec une diversité intra-site élevée et inter-site plus faible...* » (McKey *et al.*, 2001).

La sélection humaine agit de forme diversifiante et ne se centre pas sur le seul critère d'usage (productivité, teneur en féculé, etc.). Des critères morphologiques, esthétiques, patrimoniaux, de nouveauté, entrent en ligne de compte, menant à un large éventail de variétés.

Cette approche associant biologie de la conservation, génétique, ethnobotanique et socio-anthropologie du manioc démontre que la définition d'unités ou de réseaux de conservation *in situ* doit prendre en compte les unités évolutives significatives de l'espèce considérée, ici la population, et qu'elle a une dimension régionale.

Dimension culturelle et identitaire du manioc

Les liens entre cette plante et son univers socioculturel s'expriment dans les pratiques qui entourent sa plantation, dans les mythes recueillis qui entourent son apparition et dans les noms qui lui sont attribués. L'attitude vis-à-vis du manioc se reflète dans le discours sur la façon de traiter le végétal : une variété est élevée (*criada*) et non seulement cultivée. Dans le cas du Rio Negro, les variétés ont une dimension humanisée qui est en toile de fond des processus de gestion de la diversité variétale.

En conclusion, l'approche comparative menée à propos du manioc indique clairement que la diversité est liée au fonctionnement global de chaque société et à celui de l'agroécosystème qu'elle produit et que les objets biologiques que sont les espèces et variétés cultivées répondent à des critères culturels de production, de dénomination, de circulation, eux-mêmes en constante interaction avec les sociétés et les individus qui les



©IRD-IndigoL. Empreinte

Le Haut Rio Negro est un foyer de diversité des maniocs. Qu'ils soient à chair blanche ou jaune plusieurs dizaines de variétés y sont cultivées (Rio Negro-Amazonas).

produisent et les modèlent. Ce sont des objets dont l'existence s'insère dans un temps et un espace définis par leurs caractéristiques biologiques mais qui sont vécus au quotidien et sans cesse ajustés à un contexte écologique, économique et socioculturel.

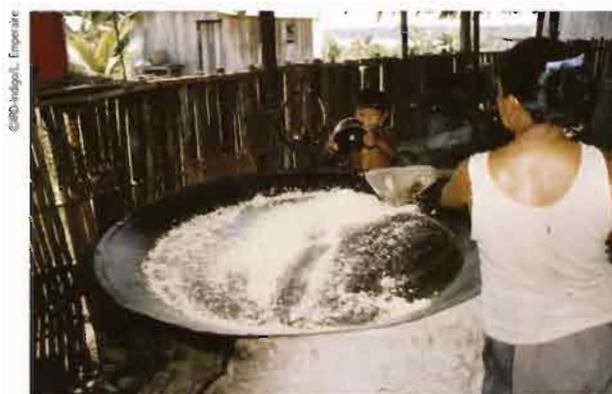
Populations traditionnelles, agrobiodiversité et connaissances traditionnelles associées en Amazonie brésilienne

La réflexion entreprise avec le programme manioc se poursuit en s'intéressant non plus à une ressource phytogénétique mais à l'ensemble des plantes cultivées en un lieu par une communauté. Cette nouvelle étape de la recherche est menée en partenariat entre l'IRD (UR n° 169) et l'Unicamp (projet approuvée par le CNPq en juin 2005, programme PACTA - *Populações locais, agrobiodiversidade e conhecimentos tradicionais associados*). Elle bénéficie de l'appui financier du Bureau des Ressources Génétiques (appel d'offres 2005-2006). Les équipes partenaires associent des compétences en anthropologie, ethnobiologie et droit.

L'enjeu de la recherche est de comprendre comment l'agrobiodiversité⁶, unité de gestion et de production, résulte d'une construction à la fois biologique et socioculturelle et, en conséquence, de réfléchir sur de nouvelles formes de conservation et valorisation qui prennent en compte ces dimensions. En effet, avec l'ouverture des routes, le développement d'une agriculture périurbaine, l'insertion croissante dans une économie de marché, ... les populations locales sont soumises à de fortes pressions qui occasionnent de profonds changements dans le mode de gestion, d'usage et de perception des ressources végétales. Ceux-ci se traduisent le plus souvent par une perte tant de diversité génétique que des savoirs associés à cette diversité.

Notre hypothèse de base, soutenue par les travaux sur le manioc, est que l'éventail des plantes cultivées présentes en un lieu dépend étroitement du groupe culturel concerné et de la valeur patrimoniale accordée à la diversité. Cette notion de patrimoine peut être construite autour d'un individu ou être plus fortement ancrée dans

⁶ Il faut préciser que l'agrobiodiversité, concept qui a fait l'objet de nombreuses définitions, sera ici envisagée essentiellement à l'échelle spécifique et infra-spécifique.



La préparation des dérivés du manioc comprend plusieurs étapes de détoxication. Ici, torréfaction de la fécula de manioc sur une platine en fer pour l'obtention de la *tapioca* (Rio Negro-Amazonas).

une collectivité et, selon les contextes, écologique, économique ou socioculturel, elle sera plus ou moins prégnante.

La proposition de recherche comporte deux questions, l'une sur les logiques locales à l'œuvre dans la construction, biologique et sociale, de l'agrobiodiversité, l'autre sur l'identification des instruments juridiques ou économiques susceptibles de promouvoir la conservation et la valorisation de cette diversité.

Les constructions locales de l'agrobiodiversité

Ce volet vise à approfondir la question de la perception locale des ressources cultivées ce qui implique une meilleure compréhension :

- du matériel biologique en jeu avec l'identification des unités biologiques et sociales de gestion de l'agrobiodiversité. A quels concepts locaux répond la notion de variété, en quoi cette notion dépend-elle de l'espèce à laquelle elle s'applique ? Quels sont les processus de création variétale ? Cette identification mènera aussi à caractériser les systèmes de dénomination et de classification des ressources cultivées ;
- des savoirs associés : les savoirs sont souvent présentés comme étant des « produits finis ». Or, ce qui est traditionnel n'est pas leur contenu mais les conditions de leur production. Nous analyserons quels sont les processus en œuvre dans cette production (apprentissage, invention, découverte, transmission, expression linguistique, circulation). Leur dimension, individuelle ou collective, sera mise en évidence ;

- de la circulation du matériel biologique et des savoirs associés : les travaux antérieurs sur le manioc ont montré que sa haute diversité était attachée, entre autres éléments, à la circulation de matériel génétique et que celle-ci opérait selon différentes normes en fonction des contextes socioculturels. L'identification de ces réseaux de circulation permettra de préciser quelles sont ses dimensions sociales (individu, groupe domestique, villages, ethnies, ...), ses bases (alliance, parenté, intérêts économiques, ...) et la nature des échanges à prendre en compte dans la reconnaissance d'une titularité sur une ressource biologique ;
- de la dimension patrimoniale de la diversité. Elle s'exprime dans les éléments déjà cités mais aussi dans les mythes, les formes de gestion de la diversité (pratiques, techniques, etc.).

Quels instruments de conservation et valorisation ?

Cette analyse permettra :

- de mettre en perspective les logiques locales de gestion avec les instruments juridiques existants

afin d'identifier les éléments clés de cette interface, comme la titularité sur une ressource, la création d'une variété, le lien entre savoir et ressource, la circulation de ce matériel et des savoirs entre communautés ou ethnies ;

- de préciser la perception locale des normes juridiques ; analyser le consensus ou les divergences, à propos de l'application des normes juridiques, à l'intérieur du groupe ou entre groupes ;
- d'identifier les types d'instruments susceptibles de prendre en compte les spécificités locales, de réduire l'asymétrie de la relation entre acteurs locaux et extérieurs, une importance majeure sera accordée aux instruments de type indications géographiques.

Les deux régions étudiées seront celles du Rio Negro (Amazonas) et du Juruá (Acre) avec chacune plusieurs sites d'études situés en zone rurale et péri-urbaine. Elles ont été choisies en fonction de l'expérience antérieure de travail de l'équipe et des liens étroits construits avec les organisations locales qui seront fortement impliquées dans la réalisation de cette recherche. Elle est financée par le BRG, l'ANR, l'IFB ainsi que l'Ambassade de France.

POUR EN SAVOIR PLUS

Empeaire L, Pinton F, Second G., 1998 - Gestion de la diversité variétale du manioc en Amazonie du nord-ouest, Brésil. *Natures, Sciences et Sociétés*, 6 (2): 27-42.

Empeaire L, Mühlen G, Fleury M, Robert T, McKey D, Pujol B, Elias M., 2003 - Approche comparative de la diversité génétique et de la diversité morphologique des maniocs en Amazonie (Brésil et Guyanes). *Les Actes du BRG*, 4: 247 - 268.

McKey D, Empeaire L, Elias M, Pinton F, Robert T, Desmoulière S, Rival L., 2001 - Gestions locales et dynamiques régionales de la diversité variétale du manioc en Amazonie. *Genetics Selection Evolution*, 33 (supl.1): S465-S490.

Pinton F, Empeaire L., 2001 - Le manioc en Amazonie brésilienne, diversité et marché. *Genetics Selection Evolution*, 33 (supl.1): S491-S512.

CARACTÉRISATION DE LA DYNAMIQUE DES INTERACTIONS PRÉDATEUR-PROIE DANS UN AGROSYSTÈME ET ÉVALUATION DE L'IMPACT DE L'INTRODUCTION DE NOUVEAUX AGENTS DE LUTTE BIOLOGIQUE

Convention CNPq/IRD

IRD/UR022 – Olivier Bonato

EMBRAPA CNPMA – L. A. Nogueira de Sa

EMBRAPA – CNPMA : Fernando Tambasco, Franco Lucchini
ESALQ : Gilberto de Moraes

Le thème de recherche abordé concernait d'une part, la caractérisation de la dynamique des interactions prédateur-proie dans un agroécosystème et d'autre part, l'évaluation de l'impact de l'introduction de nouveaux agents de lutte biologique. Pour la réalisation de ce projet, le choix s'est porté sur l'agroécosystème manioc composé de l'acarien vert (ravageur) et de deux de ses prédateurs, l'un originaire du Brésil et l'autre de Colombie.

La majorité des projets de lutte biologique qui ont été menés avec succès se réfèrent à l'introduction d'ennemis naturels exotiques pour contrôler des ravageurs qui eux aussi ont été introduits. Au niveau mondial, il existe actuellement une préoccupation grandissante quant à la possibilité que l'introduction d'un agent de lutte puisse, soit interférer dans l'équilibre naturel des autres organismes appartenant au même écosystème que celui du ravageur, soit, interférer avec l'équilibre d'autres écosystèmes voisins. Cette préoccupation a conduit tout naturellement à la recherche de méthodologies qui permettent une évaluation plus efficace des possibles interactions entre les organismes candidats à une introduction et les organismes natifs.

La modélisation des interactions entre un ravageur, ses ennemis naturels natifs établis, et ses ennemis naturels exotiques candidats à une introduction, peut apporter des informations importantes et nécessaires pour la sécurité dans les processus d'évaluation des organismes que l'on désire introduire. La simulation de différents scénari pour une évaluation «a priori» de l'impact des ennemis naturels (natifs et exotiques) et de leurs interactions, s'inscrit dans le cadre de la contribution à la caractérisation de la pertinence d'une introduction en terme d'augmentation d'efficacité du contrôle biologique au champ.

L'objectif principal des recherches menées de 1998 à 2000 était de tenter d'améliorer le système d'analyse de risque utilisé par le laboratoire national de quarantaine «Costa Lima» de l'EMBRAPA-CNPMA (Jaguariuna, SP), en incluant une étude en conditions simulées des interactions entre agents de lutte biologique prometteurs, candidats à une introduction, et agents déjà établis dans le but de déterminer les possibles effets indésirables qui pourraient résulter d'une telle introduction.



Male et femelle, oeufs de l'acarien vert du manioc *Mononychellus progressivus* (tanajoa)





Dégâts de l'acarien vert *Mononychellus progresivus* (tanajoa) sur manioc



Femelle de l'acarien vert du manioc *Mononychellus progresivus* (tanajoa)

L'objectif spécifique était de caractériser et de modéliser dans l'agrosystème manioc les relations naturelles existantes entre deux acariens prédateurs (phytoséiides) *Typhlodromalus aripo* et *T. tenuiscutus* et un acarien ravageur *Mononychellus progresivus* (ou acarien vert du manioc) pour prévoir les possibles interactions entre le prédateur natif établi *T. aripo* et le prédateur exotique *T. tenuiscutus* (candidat à une introduction) d'une part et d'autre part, d'évaluer la pertinence de l'introduction pour permettre une gestion adéquate des prédateurs déjà établis.

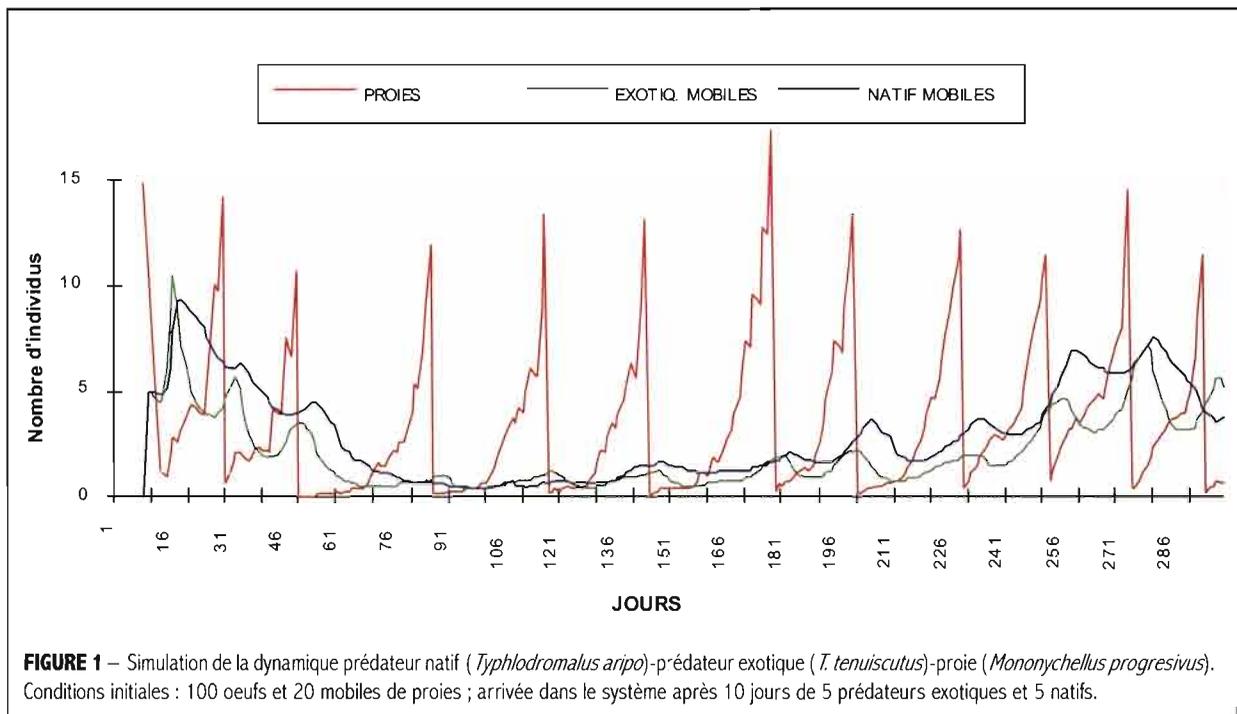
L'hypothèse scientifique, base du développement du travail, était que l'introduction de prédateurs exotiques n'affecte pas l'efficacité des prédateurs natifs si les premiers ont été sélectionnés de manière à ne pas occuper la même niche ou une même partie de la niche écologique des derniers.

Pour élaborer un modèle de simulation, il est indispensable d'avoir à disposition un nombre considérable d'informations relatives au système étudié. Dans le cas d'un modèle d'interactions entre prédateur et proie, les données relatives au comportement et à la biologie du développement se révèlent d'une extrême importance. En effet, ces informations servent de bases théoriques lors de la conception du modèle puisqu'elles sont utilisées pour représenter, aussi bien de manière qualitative que quantitative, les relations existantes entre chaque niveau trophique. Une série d'expérimentation en conditions contrôlées relatives au comportement et à la biologie du développement des prédateurs a donc été menée. Sur la base des informations obtenues, un modèle prédateurs-proie dans lequel les deux prédateurs *T. aripo* et *T. tenuiscutus* co-existent simultanément a été élaboré.

La figure 1 est une représentation schématique des principales composantes du système étudié (prédateur exotique-prédateur natif-proie) et de leurs interactions telles qu'elles sont considérées dans le modèle.

Les populations de proies et de prédateurs sont composées de la somme des individus des différents stades et leur dynamique est une fonction de la natalité, du développement et de la mortalité. La répartition spatiale n'est pas prise en considération et l'émigration ne concerne que les prédateurs. Trois stades fonctionnels ont été définis pour la proie et les prédateurs. ($j=1$) pour les œufs, ($j=2$) pour les immatures et ($j=3$) pour les adultes de *M. progresivus* et ($j=1$) pour les œufs et larves, ($j=2$) pour les immatures et ($j=3$) pour les adultes de *T. aripo* et *T. tenuiscutus*. Le développement des œufs et des immatures et le vieillissement des adultes se déroulent au rythme des degrés-jours propre à chaque stade selon le processus de développement décrit plus haut. Parallèlement, on se réfère dans le modèle au temps chronologique pour un pointage quotidien des variables d'états afin de connaître la structure des populations (âge et densité) et d'y inclure les facteurs de mortalité endogènes et exogènes.

Les différentes simulations réalisées pour différentes conditions initiales, de densités de proie et de prédateurs n'ont pas permis de mettre en évidence l'élimination de l'un ou l'autre des prédateurs lorsqu'ils sont en présence dans le système. Très rapidement les populations des trois protagonistes fluctuent autour de densités d'équilibre qui sont de l'ordre de 15 à 20 acariens verts (œufs et formes mobiles) pour 2 adultes de *T. aripo* et 1 adulte de *T. tenuiscutus*. Lors des différentes simulations, l'unique différence que l'on a pu obtenir est la vitesse avec laquelle ces densités d'équilibre sont obtenues, c'est-à-dire plus ou moins rapidement. Même pour des conditions dans lesquelles un prédateur était initialement présent dans le système et l'autre introduit à intervalle de temps régulier, chaque mois pendant 4 mois, nous n'avons pas observé l'extinction de l'une ou de l'autre espèce.



Il semble que les conditions idéales pour une régulation rapide des populations de l'acarien vert soit des conditions pour lesquelles *T. aripo* et *T. tenuiscutus* soient déjà présents dans le système ou bien que *T. tenuiscutus* soit libéré le plus tôt possible. Dans le cas du contrôle d'un ravageur, l'intérêt n'est pas de le contrôler après un pic de pullulation mais bien d'essayer d'empêcher que ce pic se produise car les

dommages occasionnés lors d'une pullulation ne se récupèrent pas.

Ces modèles sont très satisfaisants et constituent des outils utilisables en l'état et dès à présent, toutefois un élément important leur fait défaut: la validation. L'une des voies à poursuivre pour le futur concerne donc l'obtention de ces données afin de pouvoir valider et ajuster ces modèles de manière à pouvoir les utiliser sans restriction.

POUR EN SAVOIR PLUS

Bonato, O., Moraes, G., Noronha, A.C. 1999. Distribution et échantillonnage des populations de *Amblyseius manihoti* sur manioc au Brésil. *J. Appl. Entomol.* 123: 541-546.

Bonato, O., Santarosa, P. L., Ribeiro, G., Lucchini, F. 2000. Suitability of three leguminous for growth and development of *Tetranychus ogmophallos* Ferreira & Fletchmann. *Florida Entomol.* 83(2): 201-203.

Bonato, O., Noronha, A.C., Cuellar, T., Moraes, G. 2000. Age structure and population dynamics of *Amblyseius manihoti* on cassava in Brazil. *Insect Sci. Appl.* 21(3) :207 -212

Vilcarromero, A. C. S., Bonato, O. 1999. Modelagem matemática e simulação das interações entre o ácaro verde-predador nativo-predador exótico no agrossistema da mandioca. septembre 1999, Santos, SP, (Brésil).

LUTTE INTÉGRÉE CONTRE LES RAVAGEURS DU COTONNIER

Accords EMBRAPA-ABC/CIRAD et CIRAD/IRD

IRD/CIRAD-ca – Pierre Silvie

COODETEC – Ivo Carraro

CIRAD : Jean-louis Bélot, José Martin

COODETEC : Patricia C. de Andrade Vilela, Ely Pires, Osmério Pupim Junior, Marcos Rodrigo da Silva, Ivan Schuster, Tatiane Zambiazze

EMBRAPA : Eliana Fontes, Carmen Pires, Rose Monnerat, Fatima Grossi de Sa, Ziany Neiva, Cristina Bastos, Raul d'Almeida, Francisco Ramalho *et al.*

Les recherches menées au Brésil depuis décembre 2002 (certaines commencées antérieurement à partir du Paraguay) entrent dans le cadre d'un programme plus vaste mené par le CIRAD dans le cône sud américain. Au Brésil, les activités furent définies au sein d'un Projet de Coopération Technique (PCT) intitulé « Amélioration génétique du cotonnier visant à l'obtention de cultivars compétitifs pour le Brésil, résistants aux parasites et maladies ; au moyen de la biotechnologie » récemment déposé pour prolongation sous le nom « Amélioration génétique du cotonnier pour divers systèmes de culture au Brésil ».

Les activités en entomologie sont régionales et couvrent des champs thématiques variés, tous orientés vers la lutte intégrée contre les ravageurs du cotonnier.

Les objectifs sont liés aux besoins directs des partenaires, dans ce domaine de la lutte intégrée contre les ravageurs. Toutes les approches peuvent être potentiellement exploitées (lutte culturale, lutte biologique, résistance variétale, plantes transgéniques, lutte chimique...) afin de lutter efficacement, aux moindres coûts économique et environnemental, contre les ravageurs du cotonnier, très nombreux et diversifiés dans le cône sud américain.

Au Brésil, le principal partenaire, une coopérative de semences basée dans le Parana, la Coodetec, est intéressé par l'obtention de variétés possédant des caractères de résistance aux principaux ravageurs (anthonome, chenille des feuilles ou chenilles des organes) ou aux maladies transmises par certains d'entre eux, comme les pucerons, vecteurs de la « maladie bleue ».

La zone de production cotonnière ayant basculée ces dernières années vers les états comprenant la formation végétale appelée « Cerrados », avec de vastes étendues planes permettant la culture mécanisée, la Coodetec a suivi le mouvement en recherchant des partenariats forts dans le Mato Grosso, notamment, pour y effectuer des recherches. En particulier, le fonds « Facual » est sollicité depuis trois ans à travers le montage de projets, pour financer le fonctionnement de l'entomologiste.

Avec les producteurs mécanisés de l'état du Mato Grosso, les recherches portent sur l'évaluation entomologique de systèmes de culture incluant le cotonnier afin de déterminer le meilleur système c'est-à-dire celui permettant une gestion des ravageurs moins agressive sur le milieu.



Bouton floral attaqué par Héliothis, l'un des nombreux ravageurs du cotonnier





Safra e safrinha

Au Paraguay, un appui global fut apporté aux chercheurs entomologistes, dont certains ont quitté la recherche agronomique. A la suite de contacts avec Arasy Orgânica, une entreprise privée de productions biologiques, une orientation possible des recherches vise à définir un itinéraire technique de production biologique du cotonnier, avec des petits producteurs. Si des éléments de maîtrise faisant appel à des méthodes plus économiques (extraits végétaux par exemple) sont découverts, ils pourraient servir aux autres producteurs, dits « conventionnels ».

La maladie bleue du cotonnier

Les techniques d'inoculation artificielle furent mises au point en 2003 au laboratoire de la Coodetec à Cascavel-PR; les souches provenant du Mato Grosso et du Chaco paraguayen furent maintenues en serre et au laboratoire à Cascavel et Caacupé (Paraguay). Le maintien de la maladie durant l'hiver a été résolu.

L'identification du pathogène a constitué une première ligne de recherches, travaillée principalement par des virologues, lors d'un stage de Vilma Gimenez (équipe paraguayenne) en France, au laboratoire de Virologie du Cirad, supervisé par le Dr. Ben Lockhart

(Université du Minnesota). Des particules de 90 nm contenant du matériel génétique furent identifiées. A la suite des nouveaux contacts réalisés avec Dra Maite Vaslin de Freitas Silva (Université Fédérale de Rio de Janeiro, UFRI) celle-ci a commencé l'étude du matériel génétique (RNA) de cotonniers provenant de la Coodetec. Mais en parallèle, son équipe a publié récemment un article sur le pathogène identifié dans la variété Ita90 avec des techniques de biologie moléculaire, un virus de la famille Luteoviridae du genre *Polerovirus*. Nous essayons de rechercher actuellement le virus dans les pucerons infectés.



Pucerons momifiés sur un plan de coton

Les travaux de 2004 ont porté essentiellement sur le déterminisme génétique de la maladie (phénotypage des plants F2 et F3 résultant d'un croisement Résistant x Sensible), et le screening des lignées des variétés commerciales CD406 afin d'obtenir des noyaux génétiques purs. Les résultats préliminaires obtenus permettent de mieux définir les orientations à prendre sur la recherche de marqueurs moléculaires de résistance à cette maladie.

La collaboration initiée entre la Coodetec, le Cirad et Bioagro de l'Université de Viçosa-MG sur la recherche de marqueurs moléculaires pour la résistance à la maladie bleue s'est poursuivie et sera étendue à l'EMBRAPA-CNPA en 2005 (un autre PCT est signé).

L'approche « résistance variétale » au moyen des cotonniers génétiquement modifiés

Dans le cadre d'une veille sur ce sujet, et à la suite d'une réunion en juin 2003 du groupe de travail international *OGM Guidelines*, un rapprochement s'est effectué avec l'équipe de Dra Eliana Fontes (Embrapa-Cenargen), responsable d'un groupe de travail important sur l'étude des impacts de telles plantes. Les contacts établis ont permis de travailler ensemble sur la définition de protocoles (publication d'un ouvrage en cours) à mettre en oeuvre lorsque les autorisations de libération seront obtenues au Brésil. Une autorisation vient juste d'être confirmée en mars 2005 pour l'évènement 531 de Monsanto (le gène *cryIIAc* est concerné), ce qui va entraîner de profonds changements et de nombreuses recherches dans ce domaine au Brésil.



Polistes (*Aphanilopterus*) lanio et alabama, deux ravageurs du cotonnier



Parcelle de cotonnier non-traitée

Evaluation de divers systèmes de culture et analyse des interactions avec les variétés

En entomologie, les études originales conduites au Brésil ont commencé en janvier 2003. L'évaluation des systèmes de culture a été abordée ces deux dernières années à travers l'étude de plusieurs aspects : influence des systèmes employés (semis direct vrai, emploi de paillages) sur les ravageurs, en particulier étude des risques de transfert de faune d'une culture à l'autre, influence des paillages et des plantes de couverture sur les ennemis naturels des ravageurs, en particulier sur les champignons entomopathogènes, étude du complexe de ravageurs rencontrés dans les cultures de la petite saison ("safrinha"), risques de développement de certains ravageurs (anthonome, *Spodoptera frugiperda*, ver rose) lors de cette « petite saison », composition de la faune secondaire (notamment punaises de la famille des Miridae), meilleure gestion des restes culturaux pour réduire ces risques, identification des espèces pouvant être définies comme ravageurs réguliers ou indicateurs de la biodiversité, statut de *S. frugiperda*.

Les inventaires entomologiques nécessaires, réalisés à l'aide de diverses méthodologies ont conduit à la mise en oeuvre d'un réseau de taxonomistes nationaux. Les diverses cultures des systèmes, soja, coton, maïs, riz, ainsi que les plantes de couvertures *Eleusine coracana*, sorgho, millet, *Brachiaria ruziziensis*, *Arachis pintoii*, furent observées. Les évolutions des espèces *Anthonomus grandis* (en phase d'invasion du Mato Grosso) et *Spodoptera frugiperda* apparaissent importantes à suivre. Les premiers résultats sont en cours de valorisation.

Le coton biologique

Les contacts établis puis développés avec Arasy Organica au Paraguay, ont entraîné fin 2004 la réalisation d'une mission d'appui du Cirad en économie (Dr. Patricio Mendez del Villar) ainsi qu'au suivi de quelques thèmes techniques, en particulier la protection phytosanitaire, sur la base de recherches de Arasy située à Guayaybi. Des contacts furent établis avec plusieurs projets au Brésil, afin d'essayer de monter un projet avec des financements extérieurs.

En parallèle avec cette approche, une synthèse sur la lutte chimique contre *Alabama argillacea*, ravageur des feuilles du cotonnier, a été entreprise, à un rythme jugé encore trop lent, avec la collaboration des partenaires du Ministère paraguayen. Il est probable que la libération prochaine (?) des cotonniers GM au Paraguay va, là aussi, modifier le paysage et les priorités de recherche en matière d'entomologie.



Exemple de traitement mécanisé, ici par tracteur

POUR EN SAVOIR PLUS

Bélot, J.L.; Carraro, I.M.; Vilela, P. C. de Andrade; Pupim Jr., O.; Martin, J.; Silvie, P. & Marquié, C. 2005. De nouvelles variétés de cotonnier obtenues au Brésil : 15 ans de collaboration entre la COODETEC et le CIRAD (Breeding new cotton varieties in Brazil: 15 years of collaboration between COODETEC and CIRAD) Les cahiers de l'agriculture, 14 (2) 249-254.

Dubois G.S.J.; Sujji, E.; Silvie, P.; Fernandez, M.G.; Almeida, R.P.; Lövei, G. & Setamou, M. 2004. Sessão 3: Impacto sobre organismos não alvo e biodiversidade. Pragas não-alvos, 23-25. In Fontana Capalbo D.M. (ed.) Fontes E.M. G.(ed.). *GMO Guidelines project*. Jaguariúna, São Paulo, Brasil: Embrapa meio Ambiente, 23-25. (Documentos Embrapa Meio Ambiente, vol. 38). Workshop do Projeto Internacional "GMO-Guidelines". 2, 2003/06/14-17, Brasília, Brasil.

Lacape, M., Vaissayre, M., Silvie, P., Michel, B. & Hau, B. 2002. The cotton blue disease : subject review and elements of a strategy to improve genetic resistance. IN Michel B. (ed.) Sustainable development of cotton production in South-East Asia: Constraints and eprspectives. Proceedings. S.l.: s.n., 155-163. South-East Asian Cotton Research Consortium Meeting, 2, 2001/11/20-22, Ho Chi Minh City, Vietnam.

Silvie, P., Gomez, V., Gimenez, V., Benitez, A. & Cardozo, R. 2003. Evaluaciones entomológicas y fitopatológicas de algodóneros en el Paraguay. Anais do IV Congresso brasileiro de algodão, Goiânia, GO, Brasil, CD-ROM.

AMÉLIORATION DE LA RÉSISTANCE AUX PARASITES ET RAVAGEURS DU CAFÉIER (*COFFEA ARABICA* L.)

Convention CNPq/IRD

**IRD/UR141 – Philippe Lashermes
Diana Fernandez**

IAC – Oliveira Guerreiro Filho

IRD : Michel Nicole, Anne-Sophie Petitot

IAC : Daniel Alves Ramiro

EMBRAPA : Mirian Perez Maluf

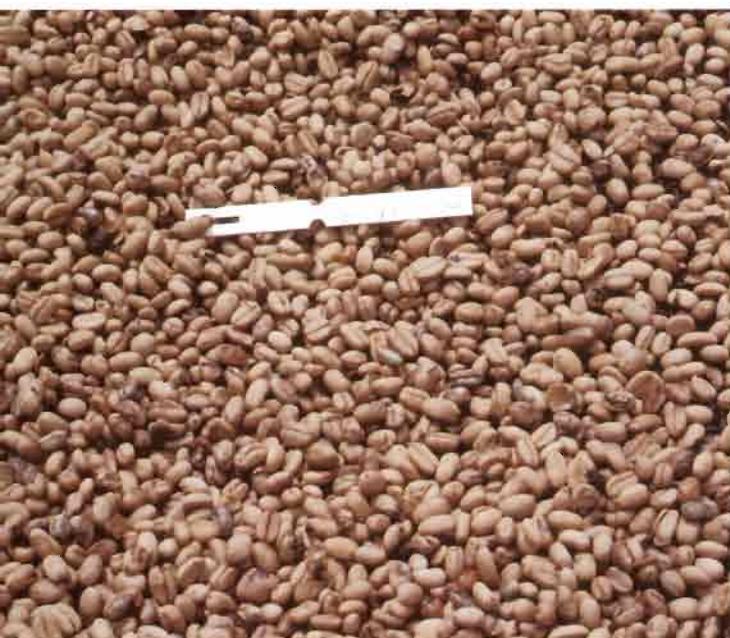
Autres Partenaires : Jean-Louis Sarah (CIRAD/AMIS), Careniro Regina (EMBRAPA – Recursos genéticos e biotecnologia)

La culture de café occupe une place importante au sein du Commerce International et génère des rendements importants pour les pays producteurs. Le Brésil en est le premier producteur et exportateur mondial.

La très faible diversité génétique et la sensibilité des variétés actuelles de caféiers (*Coffea arabica*) à de nombreux parasites et ravageurs, rendent cette culture particulièrement vulnérable aux contraintes biologiques. Dans une perspective de développement durable de la caféiculture, la création de variétés présentant une résistance durable aux parasites et une bonne qualité pour le consommateur est un objectif majeur.

L'exploitation des ressources génétiques que constituent les espèces diploïdes de caféiers apparaît indispensable pour l'amélioration du caféier tétraploïde *C. arabica*. Parmi les caractères susceptibles d'être introduits chez *C. arabica*, les résistances aux parasites et ravageurs présentent un intérêt tout particulier. L'obtention d'hybrides interspécifiques entre l'espèce tétraploïde *C. arabica* et les espèces diploïdes rend possible le transfert de gènes par voie sexuée. Toutefois, il est extrêmement difficile, par les techniques de sélection traditionnelle, de combiner plusieurs résistances au sein d'un même génotype.

Face à ce constat, l'objectif des recherches développées par l'IRD et l'IAC consiste d'une part à identifier et étudier les gènes de résistance aux parasites tels que la rouille (*Hemileia vastatrix*) ou les nématodes du genre *Meloidogyn*, et d'autre part à préciser les événements moléculaires et physiologiques associés à l'activation des réactions de défense du caféier. Le but final est d'élaborer des stratégies de sélection ou l'obtention de plantes possédant une haute et durable résistance aux parasites.



© IRD/P. Lashermes

La résistance des plantes aux parasites

Dans la majorité des plantes, la résistance active aux agents pathogènes se traduit par une réaction d'hypersensibilité (HR). Elle consiste, d'une part, en la mort rapide et programmée des cellules qui entourent le point d'infection, permettant le maintien de l'agent pathogène dans la zone d'infection. D'autre part, cela stimule les gènes de défense de la zone d'infection puis de l'ensemble de la plante.





L'HR est observée quand l'agent pathogène est reconnu spécifiquement et précocement par la plante. Le système de défense est déterminé par la présence d'un gène de résistance (gène *R*) qui permettra de reconnaître le produit d'un gène de virulence du parasite. Ces dernières années, plusieurs gènes *R* ont été clonés, ce qui représente une avancée significative dans l'étude de la résistance, mettant en évidence, au niveau moléculaire, la théorie de la relation « gène-à-gène ».

La majorité des programmes d'amélioration de la résistance des plantes aux parasites et ravageurs est basée sur l'introgession de gènes *R*, dans des variétés dites « sensibles ». Cependant, due à son étroite spécificité, la résistance conférée par ce gène peut être contournée par les parasites, dont les populations souffrent d'une intense pression de sélection.

Afin de proposer de nouvelles stratégies d'amélioration des plantes pour atteindre une résistance plus durable, la connaissance des mécanismes moléculaires, déclenchés immédiatement après la reconnaissance plante/pathogène, est indispensable.

Résistance aux nématodes à galles du genre *Meloidogyne*

Dans de nombreuses régions de production, et plus particulièrement au Brésil et en Amérique Centrale (environ 40 % de la production mondiale), les nématodes à galles du genre *Meloidogyne* constituent la contrainte

agronomique majeure. Plus d'une quinzaine d'espèces ont été décrites dans le monde comme parasite du caféier. Toutefois, seulement un nombre réduit d'espèces sont communément observées (*M. exigua*, *M. incognita*, *M. paranaensis*, *M. arabicida*...). L'impact de leurs attaques est considérable, et peut aller d'une baisse importante du rendement (de l'ordre de 15% dans le cas de *M. exigua*) à la mort de l'arbre et un abandon de la caféiculture (*M. arabicida*; *M. paranaensis*). Plusieurs sources de résistance spécifique vis-

à-vis des nématodes à galles du genre *Meloidogyne*, ont été identifiées chez les caféiers. Une résistance vis-à-vis de populations du Brésil et du Guatemala de l'espèce *M. paranaensis* a été observée chez des formes sauvages de *C. arabica*. Des résistances vis-à-vis des nématodes *M. exigua* et *M. paranaensis* ont été identifiées chez l'espèce diploïde *C. canephora*. La résistance à *M. exigua* a pu être transférée par hybridation (i.e. Timor Hybrid) et rétrocroisement à plusieurs lignées de l'espèce tétraploïde *C. arabica*.

Les objectifs du présent projet sont directement liés à une meilleure connaissance des ressources génétiques et à la maîtrise de l'introgession chez *C. arabica* en vue du développement de variétés améliorées de caféiers présentant une résistance durable aux parasites. Plus particulièrement, les travaux de l'équipe IRD ont porté sur i) l'analyse génétique d'une source de résistance à *M. exigua* et ii) la comparaison au niveau histologique du processus d'infection de *M. exigua* dans des racines de génotypes résistants ou sensibles.

Des études ont permis de démontrer le déterminisme monogénique de la résistance spécifique vis-à-vis du nématode *M. exigua*, identifiée au sein de l'espèce diploïde *C. canephora* et introgressée chez *C. arabica*. Des marqueurs moléculaires associés à ce gène de résistance (i.e. *Mex-1*) ont été identifiés. Par la suite, le locus *Mex-1* a été localisé sur le génome des caféiers. Plus récemment, l'impact de ce gène de résistance sur la multiplication du nématode ainsi que les événements cytologiques associés à cette résistance ont été précisés.

Résistance au parasite *Hemileia vastatrix*, responsable de la rouille

La rouille, causée par le parasite *Hemileia vastatrix* est une des principales maladies du caféier au Brésil et dans divers autres pays producteurs. Les préjudices causés par le développement des lésions foliaires et en particulier par la chute des feuilles attaquées, sont relativement significatifs, et sont responsables de baisses de rendement.

La maladie est disséminée dans toutes les régions de culture et les principales variétés de *C. arabica* sont d'une extrême sensibilité face aux races les plus communes de ce parasite.

Le contrôle de cette maladie est réalisé par l'utilisation de produits chimiques, qui, outre le fait d'élever les coûts de production, sont potentiellement toxiques pour l'homme et pour l'environnement. Les programmes d'amélioration génétique des caféiers sont donc nécessaires afin de produire des variétés de caféiers résistantes à la rouille, avec une bonne productivité et une bonne qualité de boisson. L'interaction caféier/*H.*

vastatrix se base sur le modèle gène-gène : jusqu'à aujourd'hui, neuf facteurs de résistance ont été génétiquement caractérisés face à près de quarante races de parasite. L'introgression de gènes de résistance provenant de *C. canephora* a été exploitée par l'utilisation de croisement interspécifiques naturels (Hybride de Timor). Ceci a permis le développement de variétés de *C. arabica* réunissant plusieurs facteurs de résistance. Cependant, la chute de cette résistance et l'apparition de nouvelles races du parasite mettent en évidence la nécessité de développer de nouvelles variétés présentant une résistance plus durable à la rouille.

Ainsi, cette nouvelle coopération IRD/IAC vise à identifier les gènes de *C. arabica*, activés lors de la réaction d'hypersensibilité. Ces gènes seront isolés afin de les caractériser et d'étudier leur fonction dans le processus de résistance à la rouille. Des stratégies de sélection de plantes à haut niveau de résistance seront établies à partir des résultats obtenus. Ainsi, à plus long terme, de nouveaux cultivars de *C. arabica*, avec une résistance plus durable à *H. vastatrix*, pourront être développés, et diffusés dans de nombreuses régions caféières du Brésil.

POUR EN SAVOIR PLUS

Carneiro, R. M. D. G., Tigano, M.S., Almeida M.R.A. & Sarah, J.L. (2004). Identification and genetic diversity of *Meloidogyne* spp. (Tylenchida: Meloidogynidae) on coffee from Brazil, Central America and Hawaii. *Nematology* 6 : 287-318.

Bertrand B, Ramirez G, Topart P, Anthony F (2002). Resistance of cultivated coffee (*Coffea arabica* and *C. canephora*) to the corky-root caused by *Meloidogyne arabicida* and *Fusarium oxysporum*, under controlled and field conditions. *Crop protection* 21 : 713-719

Noir S, Anthony F, Bertrand B, Combes MC, Lashermes P (2003). Identification of a major gene (*Mex-1*) from *Coffea canephora* conferring resistance to *Meloidogyne exigua* in *Coffea arabica*. *Plant Pathology* 52 (1): 97-103.

Randig, O., Bongiovanni, M., Carneiro R.M.G., Sarah, J.L. and Castagnone-Sereno, P. (2002). A species-specific satellite DNA family in the genome of the coffee root-knot nematode *Meloidogyne exigua* : application to molecular diagnostics of the parasite. *Molecular Plant Pathology* 5 : 431-438.

Fernandez D., Santos P., Agostini C., Bon M.-C., Petitot A.-S., Silva M. C., Guerra-Guimaraes L., Ribeiro A., Argout X. and Nicole M. 2004. Coffee (*Coffea arabica* L.) genes early expressed during infection by the rust fungus (*Hemileia vastatrix*). *Mol Plant Pathol.*, 5, 527-536.

Lecouls A.C., Petitot A.S., Marmey P., Silva M.C., Guerra-Guimaraes L., Fernandez D., Nicole M., 2005. Physiology and defence mechanisms to pathogens in tropical woody plants in *Molecular biology of tropical plants*, Research Signpost, India.

LES BIOTECHNOLOGIES

Convention CNPq/IRD

IRD/UR180 – Jean Lorquin

UFPR-LPB – Carlos Soccol

IRD-LMI : M. Labat, J. L. Tholozan, F. Verhé

UFPR-LPB : R. Moha, L. Vandenberghe, A. Woiciechowski

Les biotechnologies ont pris un essor considérable ces dernières années alors que dans les années 70-80, elles n'étaient limitées qu'à de simples bioconversions de composés organiques par des enzymes. On sait que la fabrication des médicaments se fera dans le futur essentiellement par des microorganismes qui sont plus régio-sélectifs dans la synthèse des molécules.

Dans une trentaine d'année, la population augmentera de trois milliards. Alors, l'utilisation de toutes les ressources naturelles deviendra de plus en plus prioritaire, cela afin d'éviter le gaspillage et diminuer la pollution que les déchets agronomiques et industriels provoquent.

Au Brésil, la région du Paraná représente, à lui seul, 2,5% de la production économique totale du pays. Le Brésil exporte beaucoup de ses denrées, en particulier le café et le soja. Il est d'ailleurs le premier exportateur au monde de soja. Ainsi, l'agriculture va générer beaucoup de déchets agronomiques que l'on se propose de recycler. D'un autre côté, l'acquisition des connaissances dans le domaine des microorganismes (bactéries, champignons filamenteux, basidiomycètes), permet à l'IRD de Marseille comme au Laboratoire de procédés biotechnologiques (UFPR-Brasil) de proposer des recherches visant la production des molécules à haute valeur ajoutée et l'amélioration des activités des molécules obtenues.

Les recherches en cours se justifient pleinement au niveau du Paraná, importante région agricole du Brésil. Il s'agit donc de mettre en place des méthodes simples et peu coûteuses, pour produire des molécules utiles pour la société, que ce soit dans le domaine alimentaire (nutrition) ou celui de la santé, et cela, tout en respectant la nature

L'équipe de recherche franco-brésilienne travaille sur la biodiversité de groupes de microorganismes à potentiel industriel élevé, pour la mise au point de biotechnologies permettant la valorisation alimentaire et non alimentaire de productions agro-industrielles tropicales et méditerranéennes.

Afin d'avoir une démarche de recherche intégrative, sont abordés également les problèmes liés à la biodégradation de polluants récalcitrants à dominance aromatique dans le domaine de l'environnement. Quatre actions de recherche principales du Laboratoire de microbiologie (LMI) sont intégrées dans celles de l'IFR :

- Recherche de souches microbiennes d'intérêt dans des biotopes ciblés
- Etude des mécanismes enzymatiques pour la valorisation de ces sous-produits
- Développement de bioprocédés pour la détoxification des sous-produits
- Valorisation comme additifs alimentaires et en alimentation animale

Les recherches en cours

Les recherches, toujours en cours, concernent la valorisation biotechnologique des co-produits agricoles brésiliens et la production de métabolites à activité santé.

Qu'est-ce que les polyphénols ?

Les polyphénols, qui englobent de nombreuses substances végétales, sont de puissants agents antioxydants, antimicrobiens et parfois même antitumoraux. Ce sont des substances très prisées par les industriels mais aussi par le grand public à la recherche d'un supplément naturel de bien-être à travers son alimentation. Au niveau de la cellule, ils piègent les radicaux libres responsables de l'altération de l'ADN, des membranes lipidiques ou des enzymes et protègent contre la peroxydation des lipides et la cytotoxicité des lipoprotéines de basse densité (LDL). Les tanins condensés (polymères phénoliques) sont eux des antioxydants efficaces. Certains peuvent même réduire le taux de cholestérol. Ils ont



généralement une action vitaminique P (hypertension artérielle, hémorragie) en régulant l'appareil circulatoire ainsi qu'une action antivirale (*Herpes simplex 1*, *Poliovirus 1* ou *Reovirus 1*). Enfin, ce sont des antibactériens, antifongiques et inhibiteurs d'activités enzymatiques. Par ailleurs, des expérimentations sont en cours pour tester l'efficacité des isoflavones (Genistéine, Daidzéine) ainsi que des tanins contre certains cancers (sein, prostate, poumon...)

Production d'antioxydants à partir de déchets agronomiques du café

Les coques de café du Brésil (procédé par voie sèche) sont des substrats de choix pour synthétiser par biotechnologie des molécules d'intérêt, notamment des molécules dont le squelette de base est un composé polyphénolique et possédant des activités antioxydantes et/ou pharmacologiques. Des composés ont été extraits et possèdent des activités antioxydantes importantes, antifongiques et antibactériennes. Par exemple, l'acide chlorogénique isolé du café et des coques/pulpes possède 51 propriétés pharmacologiques diverses. Les composés ainsi obtenus à Marseille intéressent plus particulièrement le partenaire brésilien, à la recherche, comme le LMI, de compléments d'alimentation ou de molécules nouvelles pour valoriser ce déchet (20 millions de tonnes par an rejetées) qui pollue considérablement. Actuellement, grâce à la RMN du solide et à l'analyse chimique menées conjointement, la composition en polysaccharides (cellulose, hemicellulose) et en polyphénols a été déterminée précisément et permet maintenant d'envisager l'intervention de microorganismes plus efficaces. Le LMI possède actuellement des microorganismes originaux capables de transformer l'acide caféique, principal constituant de ces déchets agronomiques pour en faire par exemple des molécules à pouvoir antioxydant supérieur.

Caractérisation et production d'antitumoraux (exopolysaccharides) fongiques

Ces recherches consistent à évaluer les potentialités des exopolysaccharides (EPS) provenant de différentes souches (basidiomycètes supérieurs) face à un modèle de cellules cancéreuses, l'adénome, et à proposer une méthode de production. Les polysaccharides ou encore les β -glucans sont

assez bien répertoriés dans la nature et deviennent de plus en plus utilisés en médecine et en agro-alimentaire. Ils ont notamment des activités antitumorales très importantes et ces actions sont indirectes puisqu'elles touchent le système immunitaire qui peut être stimulé à divers endroits (d'après Wasser, 2002). Il existe actuellement une forte demande de molécules de ce type pour une meilleure immunothérapie mais aussi pour mieux comprendre les mécanismes d'action. L'étude initiée par le LPB et le LMI porte dans un premier temps sur l'étude de deux champignons supérieurs connus pour synthétiser plusieurs polysaccharides actifs. Les précédentes études ont essentiellement porté sur les molécules contenues dans le mycélium et le fruit, alors que les données sont pratiquement vierges en ce qui concerne les exo-polysaccharides (EPS) et en particulier les complexes EPS-protéines, très actifs également et dont l'obtention industrielle pourrait être nettement simplifiée. Les principaux résultats obtenus sont les suivants :

- Choix des souches les plus performantes et optimisation du milieu de culture.
- Mise au point d'une méthode rapide de visualisation et de dosage des EPS.
- Cultures statique/non-statiques et vitesse de croissance.
- Structure chimique des complexes EPS-protéines.
- Effet sur le système immunitaire et étude de l'immunomodulation.

Caractérisation de la bagasse de canne à sucre et son utilisation comme substrat alternatif pour la micropropagation (culture *in vitro*)

Il a été montré qu'il est possible d'effectuer de la micropropagation de plants de café (*catui red*), de fraises (*Camarosa* and *Dover*) et de pommes (*Malus prunifolia* Borkh) en utilisant de la bagasse de canne à sucre, principale source de production de sucre et d'éthanol au Brésil et dans le monde. Celle-ci est traitée par divers procédés afin d'éliminer les molécules susceptibles de réduire le développement racinaire et foliaire. Ces études ont été menées grâce à l'utilisation de la RMN (résonance magnétique nucléaire) du solide (CP-MAS, HR-MAS). Ainsi, grâce à l'utilisation de solvants organiques, la bagasse est capable d'engendrer rapidement et efficacement la micropropagation. L'acidité de la bagasse traitée est mise en évidence par la présence d'oligomères de lignine sans cesse relargués dans le milieu, nous obligeant

ainsi à le tamponner à un pH de 7. L'étude de la bagasse traitée montre une importante perte de polysaccharides à côté d'une faible quantité de lignine. Les recherches actuelles s'orientent vers l'identification de ces polysaccharides pour tenter de comprendre l'efficacité de la bagasse dans la micropropagation du café, de la pomme et de la fraise.

Les Perspectives de Recherche

Elles concernent deux approches : l'une est celle de la production et de l'utilisation biomédicale et agroalimentaire des polysaccharides, et l'autre est une ouverture à la dépollution (hydrocarbures, milieux pétroliers ou autres). Les deux thèmes s'insèrent, d'un commun accord, dans les recherches futures du LMI-IRD (Marseille) et le LPB-UFPR (Curitiba).

Renforcement et évolution des études sur les polysaccharides

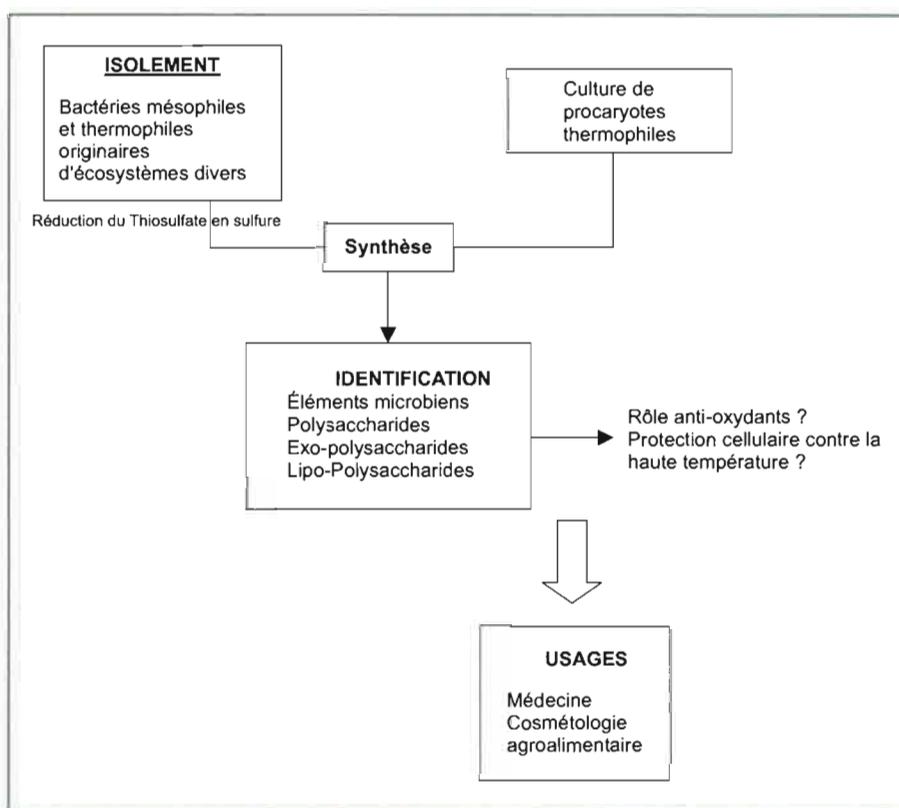
Les deux laboratoires (LMI et LPB) possèdent actuellement les techniques de culture des différents microorganismes et d'identification des

exo-polysaccharides, des polysaccharides ainsi que des lipo-polysaccharides microbiens.

Dans le cadre de la nouvelle UMR 180 de l'IRD-Marseille, on se propose d'étudier la synthèse des polysaccharides par des procaryotes thermophiles, dont on soupçonne depuis longtemps l'originalité structurale et également l'originalité des activités biologiques. Dans le cadre de ce nouveau contexte d'UMR auquel le LPB-UFPR adhère totalement, les recherches sont effectuées dans un premier temps sur des bactéries mésophiles et thermophiles non-sulfato-réductrices mais réduisant le thiosulfate. Ces bactéries sont

isolées d'écosystèmes aux caractéristiques physico-chimiques très diverses (différentes températures, salinités, oxygénation). Pour ces bactéries, principalement des Thermotogales (genres *Thermotoga*, *Petrotoga*, *Geotoga*, *Marinotoga* ...), la réduction du thiosulfate en sulfure constitue une voie énergétique qui s'accompagne d'une augmentation de la vitesse de croissance et du rendement cellulaire en conditions non fermentaires de croissance. Il a également été rapporté que les espèces du genre *Thermotoga*, en particulier, étaient capables d'accumuler des taux significatifs de polysaccharides intra- et extracellulaires. La question du rôle physiologique de ces polysaccharides est à déterminer à ce jour. Jouent-ils un rôle dans la protection cellulaire contre la haute température, contre l'oxygène (antioxydants) ou la salinité ? Ont-ils une composition chimique spécifique qui les distingue des autres polyols ? Cette relation entre structure et propriétés des polysaccharides (β -glucanes) explique notamment l'intérêt grandissant pour ces molécules dans les domaines de la médecine, de la cosmétologie et de l'industrie agroalimentaire.

Un des aspects importants des perspectives reste celui de la production de ces molécules au Brésil, à l'UFPR, particulièrement bien équipé et ayant toutes les compétences pour une mise en place efficace.



Il s'agit dans un proche avenir de caractériser la microflore (Brésil, France) capable d'utiliser et de transformer les composés aliphatiques (C6 à C16), cyclohexane, poly-aromatiques, aromatiques volatils (Benzène, Toluène, Ethylbenzène, Xylène), et capables de croître en conditions physiologiques extrêmes (50-90°C, fortes salinités). Ces microorganismes seront essentiellement recherchés dans des systèmes hydrothermaux profonds ou terrestres ou encore dans des écosystèmes pétroliers. Cette thématique a déjà été initiée par le LPB-UFPR il y a 2 ans au Brésil, sur des hydrocarbures volatils. Le LPB détient donc à ce jour tout le matériel nécessaire pour ce genre d'approche, tant sur le plan analytique (CPG) que sur le plan des systèmes de culture très spécifiques.

Actuellement, la totalité des espèces décrites correspondrait à moins de 10% de la réalité des espèces existantes. La variété des microorganismes étudiés, des biotopes explorés, et la richesse métabolique mise en évidence par les différentes études en conditions physiologiques adaptées (milieux solides, liquides ou gazeux), ou en conditions de métabolisme orienté ou spécifique est révélée par les techniques moléculaires, ou de biochimie métabolique. Il s'agira donc de conserver ces souches et de les étiqueter en fonction de leurs propriétés catalytiques potentielles, cela aussi bien au Brésil (LPB-UFPR) qu'au LMI-IRD de Marseille pour constituer une collection originale de microorganismes extrémophiles d'intérêt industriel.

POUR EN SAVOIR PLUS (à paraître)

Lorquin, Leifa, Soccol. The Edible and Medicinal Mushroom *Agaricus blazei/brasiliensis*: A Review on its Various Properties and associated molecules. Revue en fin de rédaction.

Lorquin et al. Characterisation of coffee husky comparatively to coffee pulp using solid-state NMR (CP-MAS and HR-MAS) and reinvestigation on its potentialities.

Moha, Lorquin, ... and Soccol. Micropropagation of coffee (*catui red*) plant using treated sugarcane bagasse as an alternative solid medium.

Moha, Lorquin, ... and Soccol. Micropropagation of strawberry (*Camarosa* and *Dover*) plant using treated sugarcane bagasse as an alternative solid medium.

Gern, Lorquin, Wietzikoski, Soccol. Optimisation and effectors studies of *Agaricus blazei* exopolysaccharide production in large-scale fermentor.

Dalasantia et al. Immunomodulating effects of EPS from *Agaricus blazei* liquid culture.

ÂGE ET CROISSANCE DES POISSONS TROPICAUX MARINS

Convention CNPq/IRD

IRD/US028 – Eric Morize

UFRPE – Rosangela Lessa

IRD : Eric Dabas, Maylis Labonne, Louis Marec

UFRPE (DIMAR) : Paulo Duarte Neto, Rosangela Lessa, Francisco Marcante Santana da Silva

IFREMER : Ronan Fablet, André Ogor, Hélène de Pontual

La connaissance de la biologie et entre autre de la croissance des poissons est primordiale pour pouvoir espérer gérer au mieux les stocks exploités.

La sclérochronologie, étude des marques que le temps laisse sur les pièces dures des animaux, est une discipline relativement ancienne qui est utilisée depuis longtemps dans les pays tempérés pour connaître l'âge des poissons. Cela consiste à dénombrer des macrostructures sur les pièces calcifiées dont le rythme d'apparition saisonnier est connu. C'est la découverte de microstructures (Pannella, 1971) qui a permis d'ouvrir cette discipline à l'étude de la croissance des poissons récifs ou des juvéniles. Par contre la mise en évidence de ces microstructures demande des techniques de préparation et de lectures de lames minces d'une épaisseur d'environ 100 microns qui sont assez sophistiquées et pas toujours accessibles aux laboratoires non spécialisés.

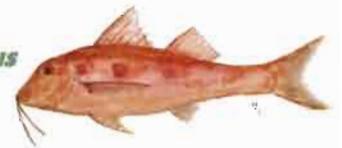
Dans le Nord Est du Brésil il existe d'importantes pêcheries artisanales le long d'une côte estimée à 2100 km. Ces pêcheries exploitent de nombreuses espèces dont la biologie et la croissance entre autres sont peu connues. Le Laboratoire de Dynamique des Populations Marines-DIMAR est responsable des études concernant les espèces pélagiques mais est également spécialisé dans les études de sclérochronologie. Malgré ses compétences reconnues le DIMAR manque encore d'équipements pour mener à bien, seul, de telles études.

C'est pourquoi, suite aux nombreux contacts qui avaient déjà été établis, il est apparu opportun de mettre en place une véritable coopération entre les deux laboratoires : DIMAR et LASAA (Laboratoire de Scl  rochronologie des Animaux Aquatiques) où est hébergée l'US SANA (maintenant CHRONOS) de l'IRD.

Cette coopération concerne principalement les études de croissance de certaines espèces de la côte nord est du Brésil qui sont importantes pour l'économie locale, mais aussi la formation de chercheurs du DIMAR à la sclérochronologie.

Etude de la croissance de certaines espèces de poissons

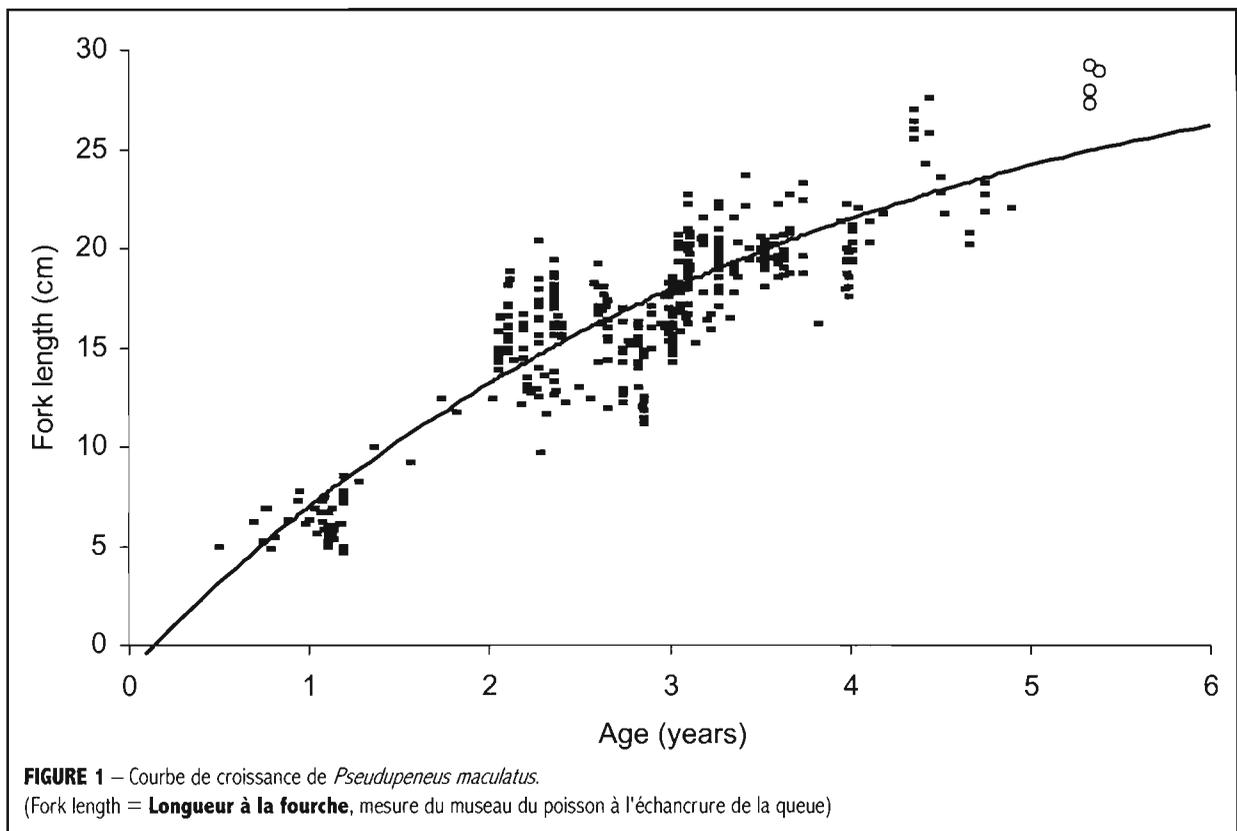
Le rouget, *Pseudupeneus maculatus*



Pseudupeneus maculatus est une espèce de haute valeur commerciale, exploitée par une pêcherie artisanale côtière. La croissance de cette espèce a été étudiée par un chercheur du DIMAR en coopération avec l'US par le dénombrement des microstructures sur les otolithes. Pour mettre en place cette recherche un chercheur du DIMAR a passé deux séjours de 2 mois au LASAA, le premier pour apprendre les techniques et le second pour finaliser le traitement des données et l'interprétation des résultats.

La validation du rythme d'apparition des structures a pu être réalisée sur le terrain par marquage fluorescent des otolithes de poissons gardés en captivité. Les otolithes de ces poissons ont été préparés et analysés au LASAA pour mettre en évidence la marque fluorescente et pour le comptage des microstructures entre cette marque et le bord de l'otolithe. Sur 15 poissons marqués 10 otolithes présentaient une marque fluorescente bien visible, issus de poissons restés en élevage entre 3 et 70 jours. Le dénombrement des microstructures a permis de valider le dépôt journalier.





L'analyse des otolithes des poissons de longueur entre 5 et 30 cm a permis de leur donner un âge. L'ajustement des couples de données (âge/longueur) à l'équation de Von Bertalanffy a donné les résultats suivants.

$$L_t = 33.64 * (1 - \exp(1 - 0.26(t - 0.09)))$$

Avec L_t = longueur en cm à l'âge t en année(s)

Ces résultats sont comparables avec ceux trouvés sur d'autres rougets (Kaya *et al.*, 1999, Renones *et al.*, 1995). Cependant l'âge à la première maturité arriverait un peu plus tard au Brésil (3.6 ans) qu'ailleurs (Suquet and Person-Le Ruyet, 2001) où ce serait plutôt vers 1.5 ans.



Le thon est une espèce pélagique très prisée sur le marché international et exploitée par une pêcherie au large des côtes du Brésil. De nombreuses études sur la croissance de cette espèce ont déjà été menées dans d'autres régions des océans Atlantique, dans le Golfe de

Guinée (Shuford R, non publié), Pacifique (Wild, 1986) ou Indien (Stequert *et al.*, 1996). Les méthodes pour étudier la croissance de cette espèce par la sclérochronologie sont maintenant bien au point et le but de cette étude est, entre autres, de mettre en évidence des différences régionales de croissance entre les côtés est et ouest de l'océan atlantique.

Plus de 200 otolithes ont été échantillonnés en 2001 et 2002 par des chercheurs du DIMAR et une partie de ces otolithes ont été expédiés au LASAA à Brest. Le but était de faire leur analyse dans les deux laboratoires de façon à confronter les résultats et à calculer la courbe de croissance de la façon la plus précise possible. Pour ce faire un chercheur du DIMAR est venu en séjour de deux mois au LASAA pour apprendre la technique de préparation, de lecture et d'interprétation des otolithes.

L'analyse des otolithes est en cours. Au LASAA tous les otolithes ont été préparés en lames minces et 45 ont déjà été analysés, ce qui permet de donner une première estimation de la croissance. Ceci a fait l'objet d'un stage de master 1 d'un étudiant de l'UBO à Brest. Les otolithes restés au Brésil sont en cours de préparation et d'analyse. Le résultat final sera comparé aux autres résultats de croissance déjà publiés.

Des analyses plus fines sur les premières structures seront menées pour comparer les résultats avec ceux obtenus sur des poissons d'origine différente pour voir si le pattern de croissance des jeunes peut être un marqueur de la zone où les juvéniles ont grandi.

Les premiers ajustements des données ont permis de donner l'équation ci-dessous. Ils restent encore à la compléter.

$$L_t = 190.27 * (1 - \exp(-0.582(t - 0.85)))$$

Avec L_t = longueur en cm à l'âge t en année(s)

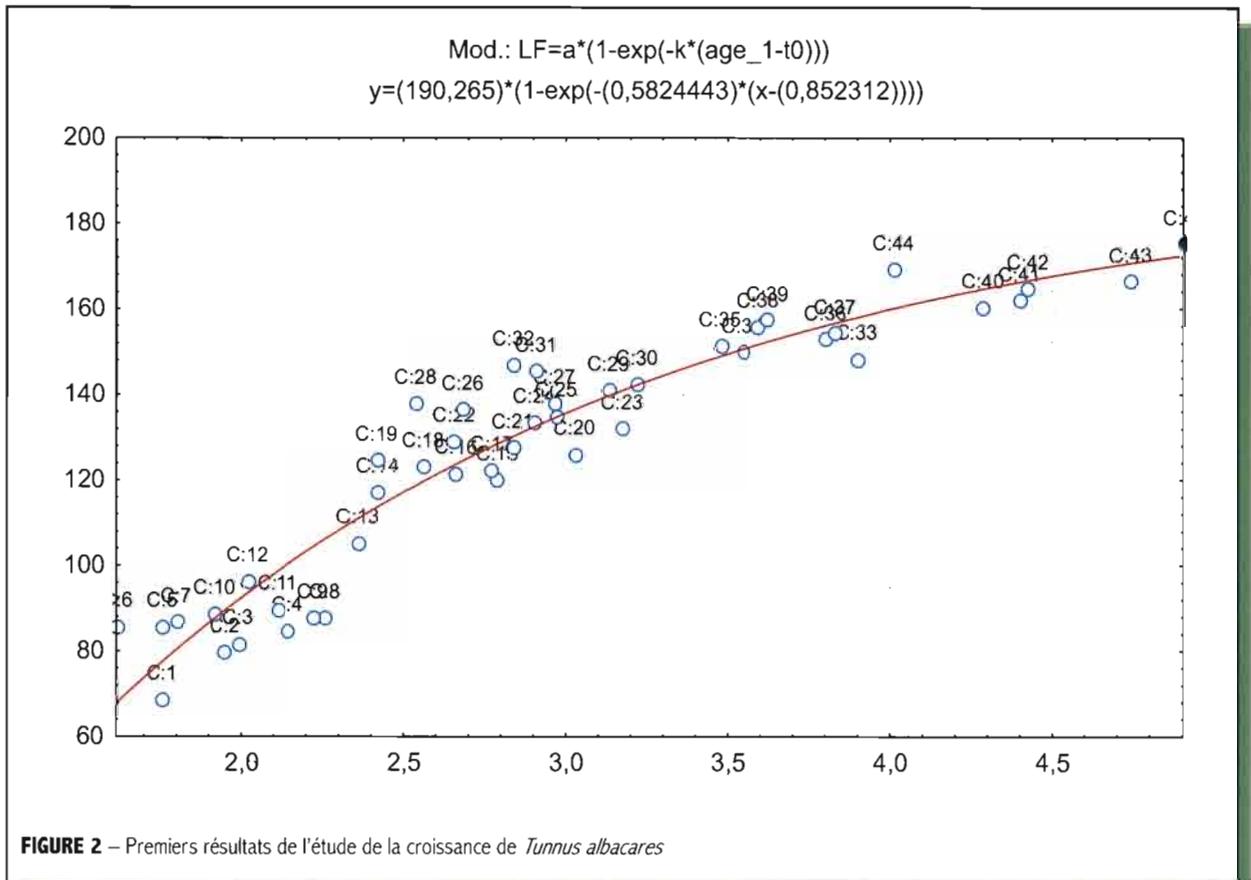


FIGURE 2 – Premiers résultats de l'étude de la croissance de *Tunnus albacares*

La sardine, *Opisthonema oglinum*

Les techniques de préparation et de lecture des otolithes de sardine sont au point mais l'interprétation des résultats restait très difficile parce que le rythme d'apparition de ces microstructures n'avait toujours pas pu être validé. Une expérimentation a donc été mise au point dans ce but : des poissons ont été capturés sur place au Brésil et gardés en élevage plusieurs semaines après un marquage adéquat des pièces calcifiées par un marqueur fluorescent (Tétracycline). L'analyse des otolithes a ensuite été réalisée au LASAA qui a le matériel nécessaire et une bonne expérience dans ce genre

d'études. Une première expérience n'a pas permis de mettre en évidence un quelconque rythme car les poissons n'avaient pas pu être gardés assez longtemps en élevage. Une deuxième expérience a dû être menée avec un temps de captivité de 60 jours. Bien que les marques fluorescentes ne soient pas visibles sur tous les otolithes, sur quelques uns elles ont été nettement mises en évidence. Le comptage des microstructures a montré que, pour ces otolithes marqués, le rythme d'apparition est bien de un jour.

Les résultats doivent encore être affinés, discutés et mis en forme avant d'être présentés pour publication.

Etude de la forme des otolithes de coryphène, *Coryphaena hippurus*



La gestion des pêcheries se heurtent parfois à une connaissance trop vague de la structure des stocks exploités. Dans ce cadre il a été proposé de voir si la forme des otolithes pouvait permettre de discriminer différentes populations de coryphène. Cette technique a déjà été utilisée pour discriminer certains stocks (Campana, 1992 ; Bolles & Begg, 2000). Des otolithes (sagittae) ont donc été prélevés au Brésil au moment des débarquements des pêches et au cours de campagnes océanographiques. Là encore c'est par l'accueil d'un chercheur au LASAA que s'est faite cette coopération, le but étant de prendre des photos de chaque otolithe avec du matériel professionnel, de faire des mesures remarquables sur ces otolithes et de traiter les données par des méthodes statistiques complexes. Au LASAA nous avons non seulement le matériel nécessaire pour de telles études mais également les compétences en analyse d'images.

Les premiers résultats semblent dire que, pour la coryphène, la forme est très compliquée et la variation de la forme des otolithes est très importante même entre les deux otolithes du même poisson. La variabilité individuelle est donc à priori trop forte pour pouvoir utiliser cette technique pour la discrimination des populations de coryphène. Par contre cette étude a permis de former un chercheur du DIMAR et d'échanger entre les chercheurs concernés.

Etude de la biologie du mullet, *Mugil curema*



Pour pérenniser et renforcer cette coopération une bourse de thèse a été obtenue auprès du DSF de l'IRD pour un étudiant du DIMAR. Le sujet est : Biologie, pêche et dynamique de la population de mullet blanc (*Mugil curema*, Valenciennes, 1836) de Pernambuco - Brésil. L'étudiant en question est inscrit à l'UBO avec comme directeur de thèse Jacques Clavier et co-directeur Eric Morize.

M. curema est un poisson largement répandu dans tout le nord est du Brésil et fait l'objet d'une exploitation artisanale. Sa répartition déborde largement l'Amérique

du Sud puisqu'on le trouve en Afrique de l'Ouest. Cette espèce pourra donc faire l'objet d'études de génétique complémentaires.

Le sujet comporte non seulement des études de la croissance de *M. Curema* mais également une étude de son comportement vis à vis de l'environnement. Cette dernière partie sera menée à partir de l'analyse chimique des otolithes.

L'échantillonnage qui portera sur une année entière sera analysé en grande partie au LASAA. L'étude fait l'objet d'une thèse.

Concernant l'Amazonie les perspectives de recherche sont abondantes. En effet de nombreuses lacunes existent encore sur la connaissance de la biologie des poissons amazoniens et sur leur comportement migratoire alors que ces informations sont essentielles si l'on veut gérer de façon efficace ces populations de poissons très importantes pour les populations locales.

L'étude des otolithes, avec le développement de nouveaux outils d'analyse, devrait permettre de modéliser la croissance et de valider certaines hypothèses concernant des migrations de certaines espèces entre la tête des fleuves et l'estuaire de l'Amazone ou concernant le phénomène de «homing» qui est le retour des poissons pour pondre sur leur zone de naissance. Ces recherches ne pourront se faire qu'en étendant la coopération entre les différents pays concernés autour du Brésil où sont déjà présents d'autres UR de l'IRD.

POUR EN SAVOIR PLUS

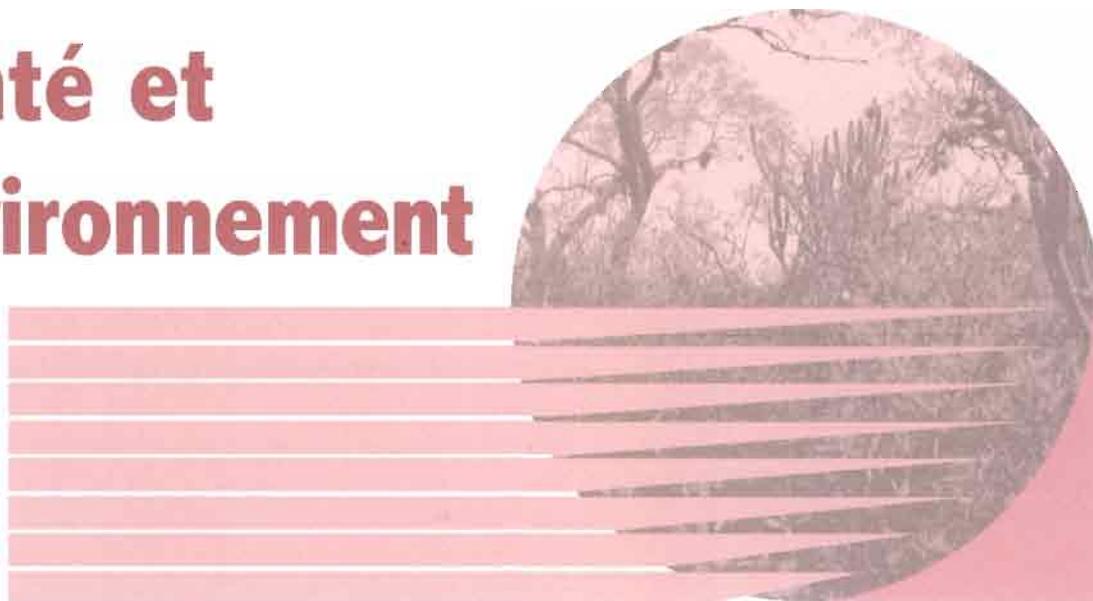
Bolles, K.L. et G.A. Begg., 2000. Distinction between silver hake (*Merluccius bilinearis*) stocks in U.S. waters of the northwest Atlantic based on whole otolith morphometrics. *Fish. Bull.* 98, 451-462.

Kaya, M.; Benli, H. A.; Katagan, T.; Ozaydin, O., 1999: Age, growth, sex-ratio, spawning season and food of golden banded goatfish, *Upeneus moluccensis* Bleeker (1855) from the Mediterranean and south Aegean Sea coasts of Turkey. *Fish. Res.* 41, 317-328.

Reñones, O.; Massuti, E.; Morales-Nin, B.; 1995: Life history of the red mullet *Mullus surmuletus* from the bottom-trawl fishery off Island of Majorca (north-west Mediterranean). *Mar. Biol.* 123, 411 - 419.

Suquet, M.; Person-Le Ruyet, J., 2001: Les rougets barbets (*Mullus barbatus*, *Mullus surmuletus*); biologie, pêche, marché et potentiel aquacole. France: Ifremer. 48p.

Santé et environnement



La recherche concernant la santé dans les régions tropicales est l'un des domaines où l'IRD a écrit ses lettres de noblesse sur les quatre continents. En Amérique du Sud, et au Brésil en particulier, l'IRD s'investit sur la mise en évidence des mécanismes de transmission, la connaissance approfondie des agents infectants et de leurs vecteurs en vue de la recherche de moyens prophylactiques et thérapeutiques pour les grandes endémies parasitaires comme le paludisme, la maladie de Chagas, ou virales, comme le SIDA et pour les autres maladies émergentes comme la Dengue.

Au Brésil, cette préoccupation est, depuis Oswaldo Cruz, une priorité des services de santé. Les services du Ministère de la Santé, fédéraux, dans les Etats et les collectivités locales, développent de nombreux moyens permettant le contrôle de ces maladies, notamment de leur propagation, par l'éradication des vecteurs ainsi que par des campagnes de prévention et d'éducation à la santé. Dans ce cadre, les équipes de l'IRD avec leurs partenaires brésiliens, comme l'Institut Oswaldo Cruz, l'Institut Evandro Chagas et bien d'autres s'attachent à mieux connaître ces maladies, leurs vecteurs, leur épidémiologie, les facteurs de risques liés à l'environnement afin de déterminer des stratégies de lutte efficace.

Au cours de ces dernières années, deux programmes ont été focalisés sur la Trypanosomiase américaine, usuellement connue comme maladie de Chagas. Le premier s'est attaché à l'identification des candidats vecteurs de la maladie et leur caractérisation tant génétique qu'écologique. Le deuxième s'oriente lui vers une définition du risque éco-épidémiologique en cherchant à mettre en évidence les processus de domiciliation des vecteurs. Il se situe à l'interface environnement-santé. L'étude de ces aspects permet de mieux comprendre le fonctionnement de la maladie et d'y répondre par des solutions efficaces sur le long terme.

Un autre programme étudie l'écologie et l'évolution des arboviroses comme la Fièvre jaune et la Dengue. Depuis dix ans, ces recherches ont apporté des informations précieuses en ce qui concerne les arthropodes vecteurs de ces maladies ainsi que sur leur fonctionnement épidémiologique.



Pour enrayer ces maladies, il faut pouvoir associer aux voies thérapeutiques des solutions sanitaires efficaces. À cet effet, il devient indispensable de disposer d'une vision globale de l'environnement socioculturel et économique des populations concernées, notamment quand il s'agit des populations indigènes. Ces populations, d'Amazonie principalement, sont pourvues, face aux maladies, d'une culture propre, d'une pharmacopée naturelle d'efficacité variable, et de rituels chamaniques à vocation thérapeutique souvent mieux acceptés que la médecine « des blancs ». Elles sont donc très vulnérables devant les maladies infectieuses, notamment celles résultantes de leur contact de plus en plus fréquent avec d'autres populations, et devant le SIDA.

Face à ce constat, une équipe de chercheurs franco-brésilienne a réalisé des recherches en socio-anthropologie de la santé parmi les populations indiennes de la région du haut Rio Negro. Celles-ci présentent une grande variabilité socioculturelle et une grande variabilité d'environnement, qui s'avèrent déterminantes sur leurs conditions de santé.

Cette problématique nous amènera à nous interroger, dans le chapitre suivant, sur les problèmes d'identités, de territoires et de développement en Amazonie.

LES CANDIDATS VECTEURS DE LA MALADIE DE CHAGAS

Convention CNPq/IRD

IRD/UR016 – François Noireau

IOC-FIOCRUZ – José Jurberg

IOC-FIOCRUZ : Ana Laura Carbajal de la Fuente, Artur Dias Lima, Ana Maria Jansen, Catarina Macedo Lopes, Silvia Menezes dos Santos, Fernando Monteiro, Mirko Rojas, Italo Sherlock



La maladie de Chagas, ou trypanosomose américaine, est une maladie parasitaire qui affecte près de 18 millions de personnes essentiellement dans les régions tropicales d'Amérique centrale et d'Amérique du Sud. L'agent pathogène, responsable de la maladie, *Trypanosoma cruzi*, est un protozoaire flagellé, principalement transmis à l'homme par les triatomines, punaises hématophages appartenant à la famille des réduves. Plus de 150 espèces de mammifères constituent le réservoir animal de la maladie. Chez l'homme, la transmission s'effectue essentiellement par les fèces que l'insecte dépose sur le point d'alimentation ou à son voisinage immédiat. La contamination par le vecteur installé dans l'environnement humain (domicile et péri-domicile) représente plus de 80% des cas d'infection. Les principaux autres modes de transmission sont la transfusion sanguine et la contamination foetale.

La maladie de Chagas reste un grand problème de santé publique des populations rurales d'Amérique Latine. Selon l'Organisation Mondiale de la Santé, 70 millions de personnes seraient encore exposées au risque de transmission. Sur plus de 12 millions d'individus infectés, deux à trois millions présenteraient des complications graves liées à l'infection chronique (atteinte cardiaque ou digestive) et aux alentours de 50.000 décès par an seraient en relation avec l'affection. Au Brésil, 86% des décès notifiés en 1996 et liés aux principales maladies à vecteurs étaient attribuables à la trypanosomose américaine. La maladie de Chagas a également un grand impact social et économique. La Banque Mondiale chiffre son coût annuel à 60 millions d'euros et la considère, en terme économique, comme la maladie parasitaire la plus importante du continent américain.

La mise en œuvre de nouvelles stratégies de lutte dirigées contre les vecteurs émergents se heurte à une méconnaissance de leur écologie sylvestre, de leur processus de domiciliation et de leur capacité à transmettre l'agent pathogène. En effet, jusqu'à ces dernières années, l'essentiel de la recherche était orienté vers les vecteurs principaux au détriment des autres espèces parmi lesquelles certaines d'entre elles s'affirment désormais comme candidates à la transmission de *T. cruzi* à l'homme.

En l'absence de prophylaxie vaccinale et de traitement efficace et non toxique, la seule stratégie de lutte est basée sur l'interruption durable de la transmission de l'agent pathogène. Le contrôle des populations domestiques de vecteurs, assuré par la pulvérisation intra et péri-domiciliaire d'insecticide et l'amélioration de l'habitat, demeure la méthode fondamentale d'intervention. Cette situation a mobilisé les pays du cône sud autour d'une action commune de lutte anti-vectorielle, menée de 1991 à 2001, afin d'éliminer le *Triatoma infestans*, principale espèce vectrice du *Trypanosoma cruzi*. Si ce programme a permis d'interrompre en grande part le cycle domiciliaire de l'infection, les opérations de suivi ont souligné le risque d'une potentielle ré-invasion des unités domiciliaires par d'autres espèces de Triatominae jusque lors considérées comme exclusivement sylvestres. La domiciliation d'espèces autrefois restreintes au milieu sylvestre est la conséquence de certaines transformations anthropiques



de ce milieu, aboutissant à la destruction de leurs abris naturels et à la raréfaction de leurs ressources alimentaires. À la recherche de nouveaux écotopes "stables", les triatomes envahissent les maisons. Des 137 espèces de triatomes décrites à ce jour, une quarantaine d'entre elles, appelées candidats vecteurs, possèdent un potentiel invasif pour l'habitat humain.



Dans les Andes de haute altitude, *Triatoma infestans* vit dans les rochers et la végétation locale est caractérisée par une faible diversité floristique.

La recherche menée dans le cadre de deux programmes successifs cherchait à mieux comprendre le processus de domiciliation présenté par certaines espèces sylvestres de Triatominae. Les objectifs spécifiques devaient :

- caractériser les espèces et leurs populations naturelles à l'aide d'outils moléculaires et non moléculaires
- identifier certains candidats vecteurs et les échantillonner dans leur milieu naturel ;
- étudier leur écologie sylvestre et domestique (*T. pseudomaculata* dans la caatinga au Brésil, *T. infestans* dans les vallées andines de Bolivie...);
- analyser les facteurs bio-écologiques propres aux espèces étudiées et pouvant jouer un rôle dans le processus de domiciliation.

Au Brésil, les études de terrain furent menées dans les Etats de Bahia, Minas Gerais et São Paulo. En Bolivie, ils furent réalisés dans la partie andine du Département de Cochabamba.

Statut spécifique et relations phylogénétiques au sein de groupes d'espèces de Triatominae

Les triatomes ont été regroupés, par les taxonomistes, en groupes d'espèces apparentées selon des critères essentiellement morphologiques. Nous avons cherché à savoir, à l'aide de techniques de caractérisation par les isoenzymes, l'ADN et la morphométrie, si le regroupement d'espèces obéissait également à une parenté génétique. Deux groupes d'espèces contenant des candidats vecteurs ont été étudiés.

Groupe oliveirai - Le groupe *oliveirai* est actuellement constitué de neuf espèces rencontrées au Brésil. Les études phylogéniques réalisées sur six de ces espèces ont démontré que : i) celles-ci se répartissent à l'intérieur de deux lignages (lignage 1 : avec *T. matogrossensis*, *T. jurbergi* et *T. vanda*; lignage 2 : avec *T. klugi*, *T. williami* et *T. guazu*); ii) les espèces *T. guazu* et *T. williami* ne pouvant pas être différenciées génétiquement, elles ne formeraient qu'une seule espèce constituée de plusieurs variantes géographiques; iii) *T. vanda*, bien que fortement apparentée à *T. jurbergi*, peut être considéré comme une nouvelle espèce.

Groupe maculata - Le groupe *maculata* comprend classiquement deux espèces : *T. maculata* et *T. pseudomaculata*. Une autre espèce morphologiquement proche, *T. arthurneivai*, n'était pas considérée comme faisant partie du groupe. Les résultats démontrent que *T. maculata* et *T. pseudomaculata* sont génétiquement très éloignés (la théorie selon laquelle *T. pseudomaculata* serait une population dérivée de *T. maculata* et ayant migré vers le nord-est du Brésil doit être écartée). En revanche, *T. arthurneivai*, espèce rupicole rencontrée dans le sud-est du Brésil, présente une grande affinité génétique avec *T. pseudomaculata*, espèce arboricole. Ces deux dernières espèces pourraient être regroupées au sein d'un groupe *arthurneivai*.

Ces études ont permis de démontrer que la constitution des groupes d'espèces chez les Triatominae devrait être reconsidérée à la lumière de marqueurs moléculaires et morphométriques.

Echantillonnage des Triatominae dans leur milieu naturel

La difficulté de capturer en abondance les Triatominae en milieu sylvestre nous a conduit à mettre au point un piège à appât (souris) sur lequel les insectes, adhérant sur une bande adhésive double face, peuvent être aisément récoltés. Le piège a démontré son efficacité pour la capture de triatomes arboricoles (ayant leur habitat dans les trous d'arbre ou au niveau de la couronne des palmiers) ou rupicoles (vivant dans les rochers). Douze espèces de Triatominae appartenant aux trois genres importants en santé humaine (*Triatoma*, *Rhodnius* et *Panstrongylus*) ont déjà été échantillonnées par cette technique de piégeage. La prochaine étude en cours de réalisation est le remplacement de l'appât animal par des composés chimiques volatiles (aldéhydes, acide isobutyrique, bicarbonate d'ammonium) ayant démontré un effet attractif lors d'études de laboratoires.

Bioécologie de *Triatoma pseudomaculata*, candidat vecteur dans le Nord-est du Brésil

Bioécologie en milieu sylvestre - Les trous d'arbres ont été identifiés comme habitat principal de *T. pseudomaculata* suite à la découverte, dans cet écotope, de tous les stades de développement de l'insecte. Une caractérisation de l'habitat arboréal de ce triatome, réalisée par la comparaison du taux d'infestation des différentes espèces végétales de la *caatinga*¹, n'a démontré aucune

préférence pour une espèce d'arbre en particulier. Les colonies d'insectes par arbre positif sont généralement faibles (densité moyenne inférieure à deux insectes). L'identification des hôtes nourriciers de *T. pseudomaculata* en milieu sylvestre a mis en évidence l'association de comportements hématophage et prédateur : à côté des repas de sang pris sur oiseau, rongeur et marsupial, les triatomes retrouvent (ou n'auraient jamais perdu) un comportement prédateur



Piège positif ayant capturé des nymphes et un adulte de *Triatoma infestans*



Préparation des pièges

qui leur permet de se nourrir de l'hémolymphe d'autres arthropodes. Enfin, le statut nutritionnel des populations sylvestres (mesuré par le rapport poids/taille des insectes) est généralement très déficient. L'ensemble de ces résultats permet de comprendre la stratégie de survie adoptée par *T. pseudomaculata* en milieu sylvestre. En état de souffrance nutritionnelle, les femelles multiplient les sites de pontes où elles ne déposent, à chaque fois, qu'un petit nombre d'œufs afin d'accroître les chances de rencontrer un hôte nourricier susceptible d'assurer le développement des nymphes. De plus, l'étonnante 'plasticité' d'adaptation qui semble caractériser les triatomes leur permet d'adopter, à côté de l'hématophagie considérée à tort comme obligatoire, un comportement alimentaire alternatif (hémolymphe) qui leur assure la survie et le développement en l'absence de source de sang.

Transition vers le milieu domestique - Les arbres au bois dur de la *caatinga* servent au villageois à confectionner les clôtures où ils parquent leurs animaux domestiques. *T. pseudomaculata* pourrait donc être apporté par l'homme dans son environnement domestique lors de la fabrication des clôtures. Associée à cette migration passive des insectes assurée par l'homme lui-même, la dispersion active par le vol de triatomes adultes en état de souffrance nutritionnelle assurerait l'intrusion puis l'installation d'insectes dans l'environnement humain.

¹ Végétation de climat semi-aride, typique du Nord Est brésilien, composée essentiellement d'arbustes épineux



Triatoma pseudomaculata, espèce arboricole est capturée dans les arbres et les nids d'oiseaux de la *caatinga*.

Ecologie en milieu domestique - L'analyse comparative du statut nutritionnel des insectes sylvestres et péri-domestiques a confirmé le déficit alimentaire prononcé chez les premiers par rapport aux seconds, ce qui démontre la nature plus stable de l'habitat péri-domestique. L'étude de substrats (bois ou terre cuite) colonisés par *T. pseudomaculata* et *T. brasiliensis*, autre espèce de la *caatinga*, illustre à nouveau la plasticité comportementale chez les triatomés. Alors qu'en milieu sylvestre ces deux espèces occupent deux habitats complètement distincts (la première étant arboricole et la seconde rupicole), leur installation dans les structures artificielles leur fait perdre toute spécificité de substrat. Les deux espèces peuvent se rencontrer dans les substrats faits de terre cuite (tas de tuiles et de briques) comme dans les clôtures ou poulaillers construits en bois.

Unité panmictique² de *T. pseudomaculata* - L'étude portant sur des populations naturelles de *T. pseudomaculata* a démontré l'absence de structuration populationnelle (comparaison de populations sylvestres avec des populations de péri-domicile collectées dans un rayon de 50 km). Ce résultat suggère que les opérations de contrôle dirigées contre *T. pseudomaculata* rencontreront des difficultés liées à la large unité panmictique de cette espèce.



Exemple de milieu péri-domiciliaire

Les foyers sylvestres de *T. infestans*

Distribution des foyers sylvestres en Bolivie - L'initiative des Pays du Cône Sud contre *Triatoma infestans* a été élaborée en tenant compte de la nature presque exclusivement domestique du vecteur, la seule population sylvestre connue étant limitée à la vallée de Cochabamba dans les Andes boliviennes. Nos travaux sur les foyers sylvestres de *T. infestans* démontrent l'extension insoupçonnée des foyers sylvestres de ce vecteur majeur, qui peuvent être classés en foyers andins et foyer du Chaco. Dans les foyers andins, l'insecte est rupicole alors que, dans le Chaco, il est arboricole. La grande extension des foyers sylvestres du vecteur principal de la maladie de Chagas en Bolivie, sans doute au Paraguay et peut-être dans le nord de l'Argentine, démontre que l'éradication du vecteur est un objectif illusoire et laisse craindre la possibilité de réinfestation de zones contrôlées par des vecteurs sylvestres.

Description d'un foyer andin - Les foyers andins sont situés dans les vallées mésothermiques entre 1.700 et 2.800 m d'altitude. La végétation y est rare et les triatomés vivent dans les trous creusés sous les rochers par des petits mammifères. Dans l'aire sylvestre investiguée à Quillacollo (Cochabamba), les populations d'insectes y sont largement répandues (entre 38 et 64%



Dans les Andes de moyenne altitude, *Triatoma infestans* est rencontré sous les rochers au milieu de plantes xérophytes

² Panmictique : dépourvue de sélection naturelle

des sites piégés sont positifs) et de plus en plus denses lorsque l'on s'approche des habitations humaines (2-3 insectes/piège jusqu'à 11 insectes/piège). Le taux d'infection par *T. cruzi* est proche de 60%. Les petits mammifères réservoirs ont été identifiés (rongeurs appartenant aux genres *Phyllotis* et *Galea* et marsupiaux du genre *Thylamys*) et ils présentent un taux d'infection supérieur à 30%. La finalité de cette étude porte sur la dynamique transitionnelle entre populations sylvestre et domestique, ou possibilité des insectes sylvestres de coloniser les maisons après le contrôle par insecticide des populations domiciliées.

Les programmes visaient à caractériser des populations de candidats vecteurs et à mieux connaître leur écologie, afin de participer au choix des mesures de vigilance qui doivent être prises à leur encontre. Ils ont permis de déterminer certaines caractéristiques bioécologiques propres aux vecteurs sylvestres et qui favorisent leur domiciliation, et donc d'identifier parmi les Triatominae les espèces et populations à risque. La découverte récente d'une grande extension des foyers sylvestres de *T. infestans* conduit les experts impliqués dans les initiatives de contrôle à prendre cette menace en considération. Cette nouvelle donnée, conjuguée à l'apparition de résistance aux insecticides, démontre que la lutte contre la trypanosomose américaine doit être repensée en terme de stratégie de contrôle et de vigilance.

Notre programme de recherche au Brésil va s'ouvrir vers la problématique du Chagas émergent en Amazonie. Ce nouveau projet, dont les fondements seront posés lors de la seconde réunion de l'Initiative Intergouvernementale de Vigilance et Prévention de la Maladie de Chagas en Amazonie qui aura lieu en novembre 2005, portera sur la mise en place d'un modèle de gestion sociale et du milieu ambiant pour la prévention, la vigilance intégrée et le contrôle de la maladie de Chagas en Amazonie. Il sera piloté depuis le Brésil par la FIOCRUZ et réunira l'ensemble des pays du bassin amazonien. L'IRD intégrera ce programme dans le cadre de ses activités de vigilance, réalisées en collaboration avec l'Université Antilles Guyane mais également de par son expertise reconnue sur l'écogénétique des vecteurs de la maladie de Chagas.

POUR EN SAVOIR PLUS

Noireau, F., Abad-Franch, F., Valente, S.A.S., Dias-Lima, A., Lopes, C.M., Cunha, V., Valente, V.C., Palomeque, F.S., Carvalho-Pinto, C.J., Sherlock, I., Aguilar, M., Steindel, M., Grisard, E.C. & Jurberg, J. (2002). Trapping Triatominae in silvatic habitats. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, 97, 61-63.

Noireau, F., Santos, S.M., Gumiel, M., Dujardin, J.P., Soares, M.S., Carcavallo, R.U., Galvão, C. & Jurberg, J. (2002). Phylogenetic relationships within the oliveirai complex (Hemiptera: Reduviidae: Triatominae). *Infection, Genetics and Evolution*, 2, 11-17.

Dias-Lima, A.G., Menezes, D., Sherlock, I. & Noireau, F. (2003). Wild Habitat and Related Fauna of *Panstrongylus lutzi* (Reduviidae, Triatominae). *Journal of Medical Entomology*, 40, 989-990.

Noireau, F., Rojas Cortez, M., Jansen, A.M. & Torrico, F. (2005). Can the wild foci of *Triatoma infestans* in Bolívia jeopardize current Chagas disease control efforts? *Trends in Parasitology*, 21 (1), 7-10.



Dans le Chaco Boréal, le vecteur est capturé dans les trous d'arbres émergents alors que, dans le stratum inférieur, arbustes épineux, broméliacées et cactus prédominent.

ENVIRONNEMENT ET RISQUES ÉPIDÉMIOLOGIQUES DE LA MALADIE DE CHAGAS

Convention CNPq/IRD

IRD/UR016 – Laure Empeira

FIOCRUZ – Ana Maria Jansen

IRD : Christine A. Romaña, Annie Walter

FIOCRUZ : Paulo Sérgio d'Andréa, Cristiane Varella Lisboa, Samanta Xavier das Chagas

Autres partenaires : Doris Sayago (CDS-UnB), Adáuto Araújo (Ecole Nationale de Santé Publique), Luiz Felipe Coutinho Ferreira da Silva (Institut Militaire d'Ingéniererie), Márcio Vinhaes (FUNASA)

Sous le titre « Ecologie du paysage, dynamique des agroécosystèmes et complexes éco-pathogènes : la définition du risque éco épidémiologique dans le cas de la trypanosomose américaine (EDCTA) », le programme s'est attaché à mettre en relation la transmission d'une maladie à vecteurs, la maladie de Chagas, avec la transformation des écosystèmes. Au Brésil, les forêts tropicales humides, les savanes (*cerrados*) et les formations xériques (*caatingas*) subissent aujourd'hui de fortes pressions anthropiques qui mènent à la constitution de nouvelles mosaïques de paysage, en général plus fragmentées que les unités antérieures. Ces modifications écologiques entraînent de forts impacts sur l'émergence ou la ré-émergence des anthropozoonoses avec de lourdes conséquences sur l'économie locale, régionale et nationale en termes de coût pour la santé publique. Les interventions

humaines transforment les milieux écologiques où les différents composants de ce que l'on appelle le « complexe pathogène » (c'est-à-dire l'assemblage populations de vecteurs, réservoirs animaux et agents pathogènes) cohabitent, circulent et co-évoluent depuis des milliers d'années. L'homme avec sa présence, ses activités et son emprise matérielle sur le paysage est partie prenante dans les nouvelles configurations de ces complexes pathogènes et non seulement les milieux écologiques changent, mais aussi les règles sociales de circulation dans l'espace et d'usage des ressources naturelles se reconfigurent. Les populations d'insectes vecteurs hématophages (phlébotomes, simulies, moustiques ou triatomes) répondent à ces transformations du milieu en modifiant leurs réseaux trophiques, leur morphologie, ou encore leur génotype. La multiplicité de ces adaptations est particulièrement manifeste dans le cas du complexe pathogène associé à la trypanosomose américaine ou maladie de Chagas, infection parasitaire considérée actuellement comme un véritable fléau du continent américain et dont le pronostic est souvent sombre.



Colonisation par le babaçu (*Attalea speciosa*) des espaces défrichés. Ce palmier constitue l'habitat préférentiel de diverses espèces de *Rodhnius* (Marabá - Pará)

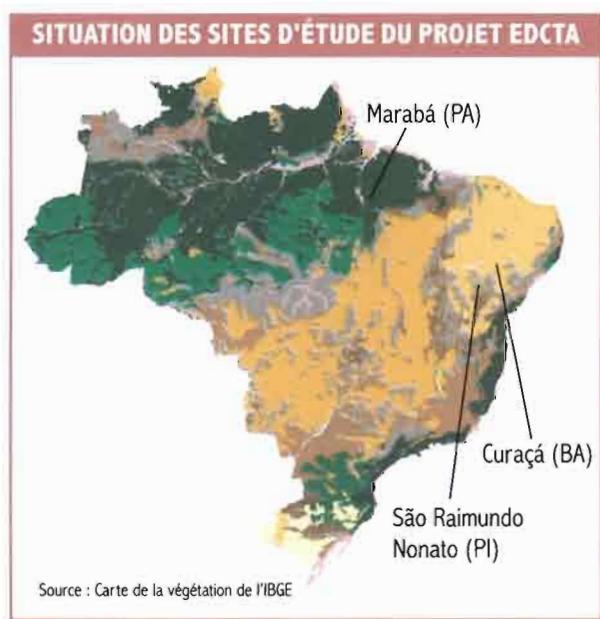
Le programme EDCTA s'est donc construit sur une approche à l'interface de l'environnement et de la santé publique car la mise en place de systèmes de lutte anti-vectorielle et de surveillance sanitaire, demande la prise en compte à la fois de la complexité des systèmes pathogènes, de leurs insertions dans un paysage écologique et humain et de leur variabilité spatiale et temporelle.



L'objectif général du programme EDCTA a consisté à mettre en évidence, à partir d'études comparatives, les liens qui existent entre risque épidémiologique et gestion de l'environnement ce qui a impliqué :

- une réflexion sur de nouveaux outils méthodologiques en écologie appliquée à l'épidémiologie, en prenant en compte le paysage comme espace global de transmission de la maladie et de support des activités humaines ;
- une meilleure compréhension des relations entre facteurs écologiques, facteurs humains et anthroozoonoses ;
- une intégration des résultats dans les actions de surveillance sanitaire, à court terme et localement avec des actions de sensibilisation des populations locales à la notion de risque et de surveillance, et, éventuellement à long terme et à l'échelle régionale en créant ou en consolidant un système d'observatoires.

Le choix des zones d'étude a répondu à la préoccupation de caractériser les interactions entre paysages, activités humaines et complexes pathogènes dans diverses situations. Le travail a été réalisé dans deux grands biomes, les *caatingas* et la forêt amazonienne où les processus d'occupation, les conditions écologiques et les genres et espèces de Triatominae présents diffèrent. Dans les *caatingas* où deux sites d'étude ont été retenus avec des degrés de pression anthropique différents, le paysage est relativement stabilisé tandis qu'en Amazonie orientale, on s'est situé sur un front de colonisation actif depuis une dizaine d'années.



Dans le Nordeste

En milieu sauvage, les résultats ont porté sur la caractérisation des niches écologiques des triatomés, leur infection par l'agent pathogène de la trypanosomose américaine (le parasite *Trypanosoma cruzi*), l'identification et la spatialisation des variables indicatrices de risque et l'identification des petits mammifères, réservoirs de *T. cruzi*. Dans les unités domiciliaires, les éléments structurels et les facteurs démographiques ou socioculturels associés à la présence des vecteurs ont été identifiés et la répartition spatiale et la caractérisation des écotopes des espèces de vecteurs établies. Des indicateurs de risque associés à la présence des vecteurs dans le périodomicile témoignant à la fois de l'organisation de ces périodomiciles et des habitudes de vie de ceux qui y résident, ont pu être identifiés. Un volet de la recherche dans le Nordeste a été consacré aux politiques locales et régionales de santé publique.

En Amazonie orientale

En Amazonie, l'étude a porté sur les relations entre la dynamique des palmiers du genre *Attalea* - groupe colonisateur des espaces nouvellement déforestés et indicateur stable et sensible des variations quantitatives des populations de triatomés – et les populations sauvages de *Rhodnius* qui y habitent. Les travaux de terrain ont permis de caractériser le paysage (forêts, pâturages, friches), d'étudier la distribution spatiale et la dynamique des espèces *A. speciosa* et *maripa*, de capturer les triatomés et d'estimer l'aléa pour chacune des unités de paysage.

Une intégration au niveau de l'approche méthodologique

La contextualisation de l'objet dans un espace défini, avec ses composantes biotiques et abiotiques, ses processus de transformation qui se déroulent sur plusieurs échelles de temps, et l'homme qui occupe cet espace et s'en forge des représentations, a donné à ce programme une approche relevant principalement de l'écologie du

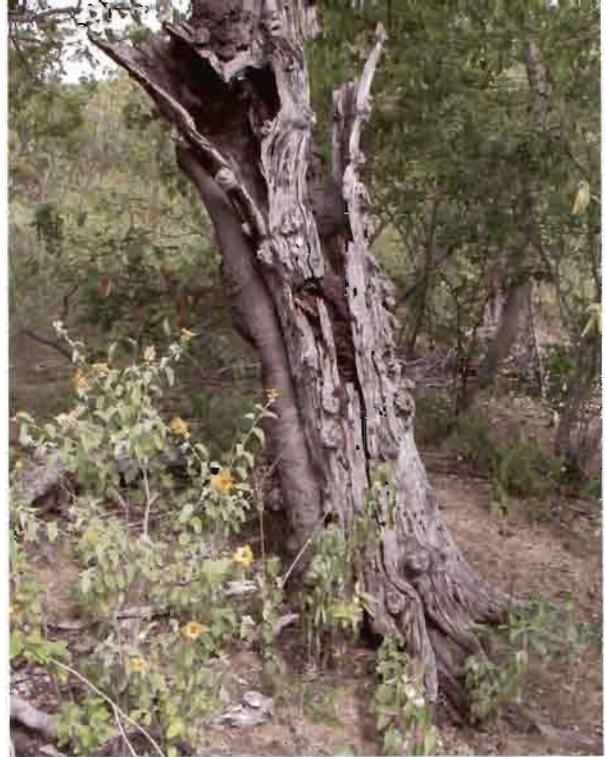
paysage appliquée à la santé. Ceci a permis de dépasser la notion d'écosystème (reconnu comme une biocénose homogène dans un biotope homogène) et de réfléchir sur les échelles pertinentes d'analyse. Les méthodes qui ont été intégrées sont celles de l'éco-épidémiologie et de la biogéographie associée à des approches de modélisation. L'obtention de données - systématiquement géo-référencées et relevées selon des fiches normalisées - a été réalisée à partir d'échantillonnages stratifiés, organisés autour des images satellites. Le travail s'est effectué sur plusieurs échelles, locale, au niveau de communes, régionale, au niveau des biomes brésiliens et internationale avec des études comparatives réalisées dans d'autres pays (Panama et Bolivie).

Deux systèmes éco-épidémiologiques à structure et fonctionnement différents

Deux systèmes éco-épidémiologiques à l'échelle de deux grands biomes, le Nordeste et l'Amazonie, ont été identifiés et systématisés. Dans le Nordeste, l'environnement naturel est peu favorable à la croissance des populations, qu'il s'agisse d'insectes vecteurs, de parasites ou d'animaux hôtes ou de réservoirs, probablement en raison des contraintes climatiques et de l'action des prédateurs. Les densités d'insectes capturées dans l'environnement naturel sont faibles et les habitats sauvages des populations de triatomas paraissent offrir peu de ressources alimentaires tandis que les insectes sont capturés, en plus forte densité, dans les unités domiciliaires, écotopes beaucoup plus stables que ceux de l'environnement naturel et offrant une meilleure disponibilité en ressources alimentaires en raison de la présence d'animaux domestiques. Ce système se développe surtout dans les régions de formations xériques.

Le deuxième système concerne le massif forestier tropical humide d'Amazonie et son équivalent en Amérique centrale.

Dans un tel contexte, il apparaît clairement que la permanence de porteurs de réservoirs ou de malades de la trypanosomose américaine après les campagnes de contrôle des populations d'insectes domiciliés et la re-colonisation probable des unités domiciliaires par des espèces sauvages autochtones qui, par ailleurs colonisaient déjà les maisons au moment où *T. infestans* est arrivé au Brésil, pourraient, à un moment ou à un autre, faire ré-émerger la maladie.



Tronc creux d'angico (*Anadenanthera macrocarpa*) positif pour *Triatoma pseudomaculata*. Les arbres creux de la *caatinga* sont les habitats préférentiels de cette espèce (Curaçá, Bahia)

Différentes espèces de *Rhodnius* - genre qui compte aujourd'hui 16 espèces - sont fréquemment capturées au sein d'une grande diversité de palmiers où gîtent également d'autres petits animaux. Ce contexte est propice au développement des insectes qui ont facilement de quoi s'alimenter tout au long de l'année. Cependant, les rapides transformations du massif forestier dues aux activités humaines paraissent concentrer les insectes dans quelques espèces de palmiers, en particulier *Attalea speciosa* et *A. maripa*. Ces espèces, connues des populations sous le nom de babaçu, à la fois utiles pour l'homme et envahissantes, vont survivre à la déforestation, favoriser la perte de diversité des espèces de *Rhodnius*, et permettre la croissance de certaines d'entre elles en densité importante. La pression démographique sur ces terres va aussi mettre en contact étroit ces triatomas avec l'homme sans toutefois générer de comportement colonisateur des habitats humains comme on l'observe dans le Nordeste. De plus, les triatomas du genre *Rhodnius* sont fortement infectés par *T. cruzi*, ce qui multiplie les possibilités de transmettre le parasite aux habitants. Dans ces écosystèmes forestiers, la maladie est émergente et le nombre de cas augmente avec la croissance démographique. Enfin, il faut considérer que la déforestation conduit assez rapidement à une modification du climat local et installe le complexe trypanosomien dans un écosystème différent du précédent. Des analogies pourront donc être faites entre l'Amazonie brésilienne et les forêts d'Amérique centrale, celles de Panama en particulier où des études sont en cours au sein d'une équipe du Laboratoire de Géographie Physique du CNRS, l'équipe INTENSA, en collaboration avec le programme EDCTA.

Quelles mesures de contrôle, quand et où ?

La présence de foyers d'infection à *T. cruzi* semble être fondamentalement associée aux *Rhodnius* capturés dans les deux systèmes éco-épidémiologiques du Nordeste et de l'Amazonie. Des populations de *T. cruzi* ont été isolées et caractérisées dans les espèces *R. robustus* et *R. nasutus*, alors que, malgré un nombre important d'individus des genres *Triatoma* et *Panstrongylus* trouvés en milieu sylvestre et domiciliaire (*T. brasiliensis*, *T. pseudomaculata*, *P. lutzii*, *T. sordida*), aucun individu n'a été trouvé infecté. Or, les modalités de contact avec l'homme, qui semblent se dessiner chez certaines espèces de *Rhodnius* dans d'autres pays d'Amérique latine, c'est-à-dire sans colonisation de l'environnement domiciliaire, sont différentes de celles associées aux espèces des genres *Triatoma* ou *Panstrongylus*. Ce premier résultat doit être pris en compte par la surveillance épidémiologique. Les complexes pathogènes présents dans chaque région d'un même biome présentent des caractéristiques propres en termes de structure et de fonctionnement. Cependant, certaines variables sont systématiquement reliées à la présence des insectes au niveau des dépendances humaines au sein d'un même biome : on a ainsi une association de *T. brasiliensis* à certaines structures de construction et de *T. pseudomaculata* à la présence d'animaux. De plus, les activités humaines interviennent aussi dans la présence des triatomines dans les maisons, en particulier par la façon dont l'occupant gère son environnement intra ou péri-domiciliaire. Ces variables fortement corrélées à la colonisation des maisons doivent être prises en compte dans la surveillance.

Il apparaît ensuite que l'éducation environnementale et la prise de conscience du risque par les populations locales sont des instruments aussi importants que les insecticides ou les programmes d'amélioration de l'habitat. Les politiques publiques environnementales doivent prendre en compte cet aspect santé, principalement dans les aires où existent une grande diversité d'espèces animales réservoirs et de triatomines distribués dans l'environnement. Aussi bien les agents de santé que les communautés locales doivent bénéficier de supports écrits ou visuels leur permettant de comprendre comment ces cycles épidémiologiques fonctionnent.

Finalement, il apparaît nécessaire la création d'un réseau d'observations qui devrait fonctionner sur le long terme à différentes échelles spatiales et temporelles (en particulier sur la variabilité climatique) et particulièrement sur les espaces à changements rapides (urbain et rural), privilégier les études comparatives, qui permettront de développer des outils de diagnostic du risque et de proposer des stratégies de surveillance adéquates.

POUR EN SAVOIR PLUS

Araújo A, Jansen AM, Bouchet F, Reinhard K, Ferreira LF, 2003. Parasitism, the Diversity of Life, and Paleoparasitology. *Mem Inst Osw Cruz* 98 (1): 5-11.

Herrera L, Pinho A, Viegas C, Loroza E, Carrasco H, Mangia R, Emperaire L, Fernandes O, Jansen AM, 2003. Studies of triatomine infection with *Trypanosoma cruzi* in João Costa, Piauí-Brazil. *Acta Parasitologica*, 48 (4): 294-300.

Romaña CA, Brunstein D, Collin-Delavaud A, Sousa O, Ortega-Barria E, 2003. Public policies of development in Latin America and Chagas' disease. *Lancet*, 362 (9383): 579.

Romaña CA, Emperaire L, Jansen AM, 2003. Enfoques conceptuales y metodológicos para el estudio de las interacciones entre el medio ambiente y la salud: el caso de la tripanosomosis americana. *Cad. Saúde Pública*, 19(4): 945-953.

Walter A, 2003. Activités humaines et trypanosomose américaine: revue de la littérature. *Parasite*, 10:191-204.

Walter A, Pojo do Rego I, Ferreira AJ, Rogier C, 2005 (sous presse). Risk factors for reinvasion of human dwellings by sylvatic triatomines in Northern Bahia State, Brazil. *Cadernos de Saúde Pública*.

Pojo de Rego I, Ferreira AJ, Rangel Marinho M, Girard Ferreira E, Walter A (soumis Memórias do Instituto Oswaldo Cruz). Dwelling infestation with triatomines according to peridomicile organisation and population activities at Curacêça (northeast Brazil).

Gurgel-Gonçalves R, Duarte MA, Ramalho ED, Palma ART, Romaña CA, e Cuba-Cuba C, 2004. Distribuição espacial de populações de triatomíneos (Hemiptera: Reduviidae) em palmeiras da espécie *Mauritia flexuosa* no Distrito Federal, Brasil. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical*, 2004, 37, 3: 241-247.

Romaña CA, 2004. Eco-épidémiologie. In Lecourt D (ed), *Dictionnaire de la pensée médicale*. Presses Universitaires de France, Paris, 378-382 (www.puf.com).



Œufs de *Rhodnius* sp. sur une gaine foliaire de *Copernicia prunifera*, le palmier carnaúba (São Raimundo Nonato, Piauí)

ARBOVIROSES ÉMERGENTES AU BRÉSIL

Convention CNPq/IRD

IRD/UR034 – N. Degallier

IEC – A. P. de Andrade Travassos da Rosa

ISDF – P. de Tarso Ribeiro Vilarinhos

IRD : J. P. Hervé, B. Mondet**IEC** : P. F. Vasconcelos, J. F. S. Travassos da Rosa, E. S. Travassos da Rosa, S. Guerreiro Rodrigues, A. C. Ribeiro Cruz, G. Sá Filho**ISDF** : J. M. Sócrates Teixeira, M. Britto Knox, M. A. Cavalcanti Yoshizawa, M. Socorro Laurentino de Carvalho, C. de Oliveira

L'émérgence ou la ré-émérgence d'arboviroses (*Arthropod borne virus*), comme la Dengue et la Fièvre jaune, sont actuellement parmi les problèmes de santé les plus préoccupants au Brésil. Il n'existe que deux voies de prévention, la vaccination et le contrôle des vecteurs. Elles sont transmises à l'homme par des arthropodes, dans la majorité des cas les moustiques, dont le principal vecteur épidémique est *Aedes aegypti*.

La lutte antivectorielle ne peut être réalisée que si l'on connaît les cycles de transmission et les risques de contamination de la population humaine. Or, ces risques varient suivant le climat et les modifications anthropiques du milieu. Il est par ailleurs impossible de contrôler l'entrée et/ou la dissémination de vecteurs potentiels ou d'agents pathogènes, comme l'a montré la rapide colonisation du pays par les deux espèces de moustiques *Aedes aegypti* et *Ae. albopictus*,

L'objectif général du partenariat entre l'IRD et les services de santé brésiliens est donc le développement de connaissances qui peuvent servir à la prévention ou au contrôle des épidémies, qu'il s'agisse d'arboviroses connues depuis longtemps ou d'introduction plus récente du fait des modifications du milieu.

Les variations de la capacité vectorielle de ces moustiques pour les virus de la Dengue et de la Fièvre jaune dépendent de nombreux facteurs intrinsèques et extrinsèques qui restent encore peu étudiés au Brésil. Les zones de transmission de ces viroses, définies empiriquement comme épidémiques, enzootico-

épidémiques et indemnes varient avec les climats régionaux et d'autres facteurs encore non identifiés. La preuve de l'existence de la transmission transovarienne de la Fièvre jaune dans les conditions naturelles a permis de proposer une explication aux épizooties se produisant cycliquement depuis 50 ans. Le déplacement du virus du nord (zone endémique) au sud (zone épizootico-épidémique) constitue également une hypothèse à évaluer par des recherches de terrain. Le succès des programmes régionaux de contrôle d'*Ae. aegypti* (PEAa), vecteur urbain de la Dengue et de la Fièvre Jaune peut être compromis par l'apparition de vecteurs résistants aux insecticides utilisés à grande échelle. L'installation d'*Ae. albopictus* en milieu rural et selvatique est de plus en plus préoccupante. Elle augmente le risque d'émérgence urbaine de nouveaux arbovirus ou de l'expansion de la Dengue dans ces milieux.



Aedes aegypti, moustique vecteur de la fièvre jaune et de la dengue, se gorgeant de sang

© IRD/J.P. Hervé



Les résultats des études réalisées de 1982 à 2002 ont fait l'objet d'une synthèse dans un CD Rom édité en 2001, ré-édité en 2003 par l'IRD.

Dans la continuation des recherches réalisées depuis 1982, les principales questions scientifiques abordées par le projet depuis 1998 sont :

- quels sont les facteurs du milieu les plus importants pour la définition du risque d'épidémies et d'épizooties respectivement pour la Dengue et la Fièvre jaune ?
- quelles sont les stratégies alternatives disponibles ou à tester pour la prévention et le contrôle des épidémies d'arboviroses ?
- quelles sont les arboviroses émergentes qui peuvent apparaître lors de modifications du milieu ?

Le projet vise donc à établir les cycles de transmission et de maintien des arbovirus émergents d'importance en santé humaine, connaître les mécanismes de transmission à l'homme à partir des cycles naturels (épidémisation), évaluer les risques encourus par les populations et en déduire des mesures pour les protéger ; déterminer les stratégies de prévention et de contrôle les plus efficaces et économiques.

En ce qui concerne la Fièvre jaune et la Dengue, il faut étudier l'écologie des vecteurs ; réaliser des tentatives d'isolement à partir d'arthropodes et de vertébrés, durant les épidémies ou en phase inter-épidémique ; réaliser enfin des enquêtes sérologiques dans les populations humaines.

Pour les autres arbovirus, l'identification des hôtes potentiels découle aussi d'études entomologiques et virologiques longitudinales.

Des études expérimentales de la compétence vectorielle et de la transmission verticale (transovarienne) servent à améliorer l'élaboration de modèles mathématiques qui devraient permettre à long terme de proposer des stratégies de prévention et de contrôle de la Dengue et de la Fièvre jaune.

La Fièvre jaune et ses vecteurs

Des enquêtes réalisées sur les lieux d'épidémies de Fièvre jaune ont permis de déterminer quels étaient les vecteurs incriminés ou d'étudier certains aspects de l'écologie des vecteurs. A partir de 1996, les vecteurs de fièvre jaune *Haemagogus janthynomis* et *Hg. leucocelaenus*

plus particulièrement, furent l'objet de deux études importantes qui ont eu lieu, l'une à Caxiuanã (station scientifique du Musée Emilio Goeldi, réserve forestière en Amazonie orientale), l'autre à Serra da Mesa (où un très grand lac artificiel était en cours de remplissage, en zone de savane du type *Cerrado*, au nord de l'État de Goiás). Les résultats permettent des comparaisons entre zones géographiques différentes dans le cadre des conditions de transmission du virus. Les études portent essentiellement sur les variations du contact entre l'homme et les moustiques en fonction de l'environnement, qui sous-tendent toutes nos actions de recherche. La dissection systématique des femelles, vecteurs, potentiels de virus apportent une autre dimension aux études en fournissant de nombreux renseignements sur le comportement des femelles en fonction de leur âge physiologique.

Des études de morphologie fine et biologie moléculaire sont en cours, dans le cadre d'une préparation de doctorat afin de mieux caractériser certains stades encore mal connus de plusieurs espèces du genre *Haemagogus*.

Impacts des modifications des écosystèmes sur la transmission des arbovirus

Les études conduites antérieurement en collaboration avec l'Institut Evandro Chagas (de 1982 à 1999) ont permis de présenter diverses synthèses sur l'impact des grands aménagements (barrages, exploitations minières, déforestation) en Amazonie sur la transmission des arboviroses. Une approche originale, prenant en compte l'écologie des hôtes vertébrés et invertébrés, a montré la grande diversité des cycles naturels des arbovirus. Une bonne connaissance des manifestations cliniques des arboviroses est nécessaire aux médecins en charge de diagnostiquer et de soigner les malades.

Identification assistée par ordinateur (IAO) des hôtes et des vecteurs

Un nouveau système de gestion de bases descriptives de groupes animaux ou végétaux est en cours d'élaboration sur Internet (<http://nicolas.degallier.net>). Ce système permet l'identification interactive à distance de tout groupe dont la description des espèces aura été préalablement chargée sur le site.

La Dengue et ses vecteurs

► Efficacité des campagnes éducatives sur la Dengue et sa prévention

Une étude pilote sur l'éco-épidémiologie de la Dengue dans le District Fédéral a montré qu'environ 70% des populations à risque connaissaient le mode de transmission de cette maladie et possédaient les moyens de sa prévention, sans pour autant les appliquer. L'acquisition de connaissances spécifiques sur la maladie n'implique pas l'adoption de mesures préventives par les populations concernées. Cette première approche permet de faire le point sur le problème de la Dengue dans le District Fédéral et au Brésil.

Une étude détaillée de la première épidémie de Dengue à Belém survenu en 1997 a fourni des données qui serviront à la validation de modèles mathématiques. Les vecteurs, *Aedes aegypti*, étaient particulièrement abondants en cette saison. La température de l'air, comprise entre 22°C et 33°C ainsi que le régime des pluies étaient favorables à leur prolifération d'autant plus que, cette année-là, les mois de septembre et octobre, bien qu'étant classiquement les mois les plus secs de l'année, avaient quand même comptabilisé 285,8 mm de précipitations. La saison des pluies a commencé ensuite et les trois premiers mois de l'année 1997 ont été, classiquement, les plus pluvieux de tous, avec 1198 mm. Les traitements insecticides par nébulisation ont été entrepris tardivement, plusieurs semaines après les premiers cas et n'ont pas réussi à juguler l'épidémisation de la maladie.

► Dynamique et rôle vecteur des populations d'*Aedes aegypti* et d'*Ae. albopictus*

Le rôle de *Ae. albopictus* dans la transmission de la Dengue a été réexaminé à la suite d'une étude réalisée à Vitoria (ES) au cours d'une épidémie et où les deux espèces vectrices étaient présentes mais seule *Ae. aegypti* a été trouvée infectée par le virus. Des études expérimentales sont en cours pour mieux comprendre l'influence de la température et de l'humidité relative sur la capacité vectorielle d'*Ae. aegypti* pour les virus de la Dengue, grâce à l'installation d'un insectarium de sécurité à la DIVAL.

Une étude réalisée de novembre 1997 à mai 1999 dans un quartier de Brasilia divisé en 5 zones avait pour objectif la recherche et l'évaluation comparée de stratégies

alternatives au traitement actuel par l'Abate (insecticide organophosphoré) qui induit des résistances chez *Aedes aegypti*. Ces traitements alternatifs par des insecticides biologiques ou par élimination physique des récipients contenant des moustiques se sont montrés au moins aussi efficaces que les traitements à l'Abate. A la suite de ces travaux, les techniques de traitement à l'hormone juvénile (méthoprène) et au *Bacillus thuringiensis* ont été adoptées par le Ministère de la Santé dans plusieurs Etats.

Une collaboration avec l'Université de Brasilia (Laboratoire de Pharmacognosie) a permis de tester l'action insecticide d'extraits de plantes du Cerrado sur les larves d'*Ae. aegypti*. Ces travaux qui ont fait l'objet d'une thèse de master, ont permis d'isoler une dizaine de composés actifs.

Une étude préliminaire a permis d'évaluer les potentialités d'un Coléoptère aquatique, présent en saison sèche sur les berges du lac de Brasilia, comme prédateur des larves d'*Ae. aegypti*.

POUR EN SAVOIR PLUS

Degallier, N., Sá, G. C., Monteiro, H. A. O., Castro, F. C., Silva, O. Vd., Brandão, R. C. F., *et al.* 1998. Release-recapture experiments with canopy mosquitoes in the genera *Haemagogus* and *Sabethes* (Diptera: Culicidae) in Brazilian Amazonia. *J Med Ent* ; 35: 931-6

Degallier, N., Travassos da Rosa, A. P. A., Vasconcelos, P. F. dC., Sá, G. C., Filho, Travassos da Rosa, E. S., Rodrigues, S. G., *et al.* 1998. Evolutionary aspects of the ecology of arboviruses in Brazilian Amazonia, South America. In: Travassos da Rosa APA, Vasconcelos PFC, Travassos da Rosa JFS, editors. An overview of arbovirology in Brazil and neighbouring countries. Belem, Pará: Instituto Evandro Chagas ; p. 42-60.

Degallier, N., Teixeira, J. M. S., Vilarinhos, P. dT. R., Pinto, S. C. F., Pereira, R. D. 2000. First isolation of dengue 1 virus from *Aedes aegypti* in Federal District, Brazil. *Rev Soc Brasil Med trop.* ; 33: 95-6

Degallier, N., Teixeira, J. M. S., Soares, S. dS., Pereira, R. D., Pinto, S. C. F., Chaib, A. dJ. M., *et al.* 2003. *Aedes albopictus* may not be transmitting Dengue virus to man during epidemics in Brazil. *Rev Saúde públ.* ; 37: 386-7

Degallier, N., Travassos da Rosa, A. P. A., Vasconcelos, P. F. dC., Figueiredo, L. T. M., Travassos da Rosa, J. F. S., Rodrigues, S. G., *et al.* 1996. La dengue et ses vecteurs au Brésil. *Bull Soc Path ex.* ; 89: 128-36

SANTÉ INDIGÈNE DANS LE HAUT RIO NEGRO

Convention CNPq/IRD

IRD/UR002 – Dominique Buchillet

ISA – Marta Azevedo

ISA : G. Andrello, A. Calbazar, F. Calbazar, C. A. Ricardo

Autres partenaires : L. Garnelo (Université Amazonas), R. Wright (UNICAMP), J. Pozzobon (Musée Goeldi).

L'amélioration des conditions de santé constitue, après la régularisation foncière de leurs territoires, la principale revendication des peuples indigènes au Brésil. La santé ne peut, toutefois, être réduite à la simple absence de maladie. Comme le soulignait le Ministère de la Santé brésilien en 1986, elle doit être comprise comme le produit de facteurs socioculturels et économiques tels que l'intégrité du territoire, la préservation de l'environnement et des systèmes médicaux traditionnels (de la culture comme un tout), l'autodétermination politique et non seulement comme le résultat de l'assistance médico-sanitaire. Au nombre de 216, les peuples indigènes au Brésil présentent une grande variabilité sur le plan socioculturel, le mode d'adaptation et d'utilisation de l'environnement, le degré de mobilité spatiale, la densité démographique, l'ancienneté et le degré de contact avec les Blancs, y compris au sein d'une même région. L'environnement dans lequel ils vivent est, en outre, très diversifié, d'où une grande variabilité en termes de ressources génétiques et de microorganismes. Des caractéristiques aussi diverses qui influent sur l'état de santé des différents groupes ainsi que sur leur réceptivité aux actions et projets de santé empêchent toute tentative de généralisation. Tout projet de santé doit donc nécessairement prendre en compte cette socio-diversité des populations indiennes et se mouler aux situations spécifiques.

C'est dans ce cadre que l'IRD a réalisé, au cours des années 1998-2003, des recherches en socio-anthropologie de la santé parmi les populations indiennes du haut Rio Negro. Cette région, située dans le nord-ouest amazonien, est l'habitat traditionnel de 22 ethnies distinctes sur le plan socioculturel d'une part et selon l'ancienneté et l'histoire du contact avec les Blancs d'autre part. Elle constitue, à ce titre, un laboratoire intéressant pour penser les questions de diversité ethnique et socioculturelle et de santé.

Facteurs socioculturels et économiques de risque pour le VIH et la Tuberculose

On assiste depuis une quinzaine d'années au Brésil à un processus « d'intériorisation » de l'infection VIH en raison de l'expansion de la frontière démographique et économique qui a résulté des activités minières, de l'installation de postes militaires, de l'implantation de projets de développement, etc. Le Ministère de la santé brésilien alerta en 1996 sur la vulnérabilité potentielle des populations indiennes face à cette infection en raison de l'augmentation de leurs contacts avec des membres de la société nationale (qui entraînent des changements de valeurs et de comportements), de leurs caractéristiques ethniques et socioculturelles, de la précarité des structures de soins dans leurs territoires et de l'absence ou inadéquation sur le plan linguistique et culturel des informations médicales de base sur la maladie ou sur les facteurs de risque.

Le projet, développé au cours des années 1998-2000, visait ainsi à étudier les facteurs socioculturels et économiques de la vulnérabilité des populations indiennes du haut Rio Negro à l'infection au VIH et à la tuberculose. Il visait également à approfondir la connaissance sur les conceptions locales en matière de santé et de maladie en vue de contribuer à l'élaboration de stratégies de prévention et d'éducation pour la santé contre l'infection au VIH et la tuberculose, appropriées au contexte socioculturel local ainsi qu'à l'amélioration de l'assistance sanitaire et de l'adhésion des patients aux traitements.



Tuberculose

Les données historiques indiquent que la tuberculose constitue un sérieux problème supplémentaire de santé publique dans la région, aggravé par les mauvaises conditions de vie des indiens, par la précarité des structures de soins et l'abandon fréquent des traitements anti-tuberculeux. L'une des conditions du succès des programmes de contrôle et de lutte contre la tuberculose réside dans l'adhésion des patients au traitement. Les recherches ont montré que cette adhésion résulte de l'interaction complexe de facteurs de différents ordres. Viennent d'abord les problèmes d'accessibilité géographique et économique aux services de soins. Ce sont ensuite les différences d'ordre linguistique et culturel qui affecte la relation entre les professionnels de santé et les patients indigènes. Par ailleurs, les facteurs liés à la nature de la maladie (son incubation silencieuse, sa nature contagieuse, sa distinction infection/maladie, son évolution chronique, sa possibilité de rechute...) et les caractéristiques du traitement anti-tuberculeux (longue durée, effets secondaires des médicaments, etc.), érodent toute adhésion. Enfin, les conceptions locales en matière de santé et de maladie (non reconnaissance du caractère transmissible de la tuberculose, perceptions locales des médicaments, par exemple) réduisent considérablement l'adhésion spontanée et la persistance du traitement. Ces recherches ont, enfin, permis de recueillir des données importantes sur les formes, les moyens et les mécanismes de la contagion reconnus par les indiens ainsi que sur les méthodes traditionnelles pour se protéger. Il ne fait aucun doute que les conceptions indigènes sur la contagion et tout autre mode d'acquisition des maladies affectent les comportements des malades et de leur entourage ainsi que la compréhension des messages de prévention véhiculés par la médecine occidentale.

Ce projet a donné lieu à diverses publications. Les membres du projet ont participé à la rédaction du texte sur la politique officielle en matière de santé indigène ainsi qu'à plusieurs réunions visant à discuter aux niveaux local, régional ou national du sous-système d'attention à la santé indigène dans le cadre du SUS-Système unique de santé. Ils ont aussi évalué, sur le plan socioanthropologique, la proposition préliminaire de district sanitaire du Rio Negro élaborée par les professionnels de santé locaux et ont, enfin, participé à

VIH

Les recherches ont montré que cette région répondait à la majorité des paramètres identifiés par le Ministère de la santé brésilien pour la reconnaissance des risques de transmission de l'infection VIH/Sida : localisation frontalière des communautés, déplacements fréquents d'indiens (leaders indigènes...) vers des villes brésiliennes, mouvements de migration interne de la population indienne vers les principaux centres urbains régionaux, invasions périodiques de la région par des orpailleurs, présence militaire permanente avec fréquents échanges sexuels avec des adolescentes indiennes, faible couverture sanitaire de la région, inexistence d'informations médicales de base sur les maladies et les facteurs de risque, processus de désagrégation socio-économique comme conséquence du contact avec les Blancs avec des conséquences importantes en termes de santé, nutrition et de comportements, précarité des conditions sanitaires des indiens, etc.

la formation des agents indigènes de santé ainsi qu'à la sensibilisation des professionnels de santé aux caractéristiques socioculturelles des populations indiennes du haut Rio Negro.



Un des nombreux pétroglyphes de la région du haut Rio Negro

Diversité sociale et santé dans la région du haut Rio Negro

S'appuyant sur les résultats du programme précédent, le projet développé au cours des années 2001-2003 avait pour objectif majeur de mieux comprendre l'impact des facteurs socioculturels, économiques et environnementaux ainsi que ceux découlant de la situation de contact avec les Blancs sur la situation de santé des populations indiennes du haut Rio Negro. Il comportait une interface avec les actions de santé réalisées dans la région et cadrait avec les directives officielles en matière de santé indigène (adéquation des actions et des services de santé à la réalité locale, importance du contrôle social exercé par les indiens, exécution des actions de santé en consonance avec les systèmes indigènes de santé). Les recherches se donc attachées à analyser le rôle des caractéristiques socioculturelles, économiques et environnementales sur la transmission, la prévention et le contrôle des maladies importantes en termes de santé publique dans la région, à étudier les conceptions de ces maladies parmi plusieurs groupes indigènes du Rio Negro, à apprécier l'importance et le rôle du genre sur la santé et, enfin, à évaluer l'impact des mesures de santé publique sur les conceptions indigènes en vue d'améliorer l'accès aux services de soins et l'adhésion au traitement.



Danse accompagnée de longues flûtes, connues dans la région sous le nom *nheengatu* de *japarutu*

Les recherches ont montré que les itinéraires thérapeutiques des malades varient selon leur âge et leur sexe ainsi que selon leurs possibilités d'accès aux thérapeutes traditionnels (guérisseurs, chamanes, etc.) ; que plusieurs maladies infectieuses d'incidence élevée dans la région (tuberculose et paludisme, en particulier) étaient attribuées à la sorcellerie et que certains groupes de la région opéraient une distinction entre des « formes » traditionnelles et occidentales de ces deux affections. Les recherches ont également mis en évidence l'importance des règles traditionnelles de maintien et de promotion de la santé (réalisation des rituels liminaires, respect des règles de réciprocité entre parents et alliés, respect des règles d'hygiène des communautés, respect des restrictions et prohibitions alimentaires, utilisation de plantes à des fins cosmétiques, de propreté ou de purification du corps, en particulier). Les problèmes d'accessibilité géographique aux services de soins, l'inhibition ou la difficulté des femmes à communiquer en portugais, de même que leurs difficultés à parler de leurs problèmes de santé à des professionnels de santé de sexe masculin ou plus jeunes sont quelques uns des facteurs qui influent sur le recours des femmes aux services de soins de la médecine occidentale.

Ces recherches attestent du caractère dynamique des médecines traditionnelles perceptible notamment dans l'incorporation et la réinterprétation d'idées médicales occidentales (introduction d'une forme « occidentale » du paludisme et de la tuberculose à côté des formes traditionnellement reconnues, par exemple), de la nécessité de sensibilisation anthropologique des professionnels de santé locaux ainsi que de celle des communautés indigènes sur le système occidental de soins.

Le projet a donné lieu à de nombreuses publications, tant au Brésil qu'en France (d'autres sont en cours), ainsi qu'à la participation à plusieurs congrès nationaux et internationaux. Les membres du projet ont également organisé ou coordonné des tables-ronde préparatoires à la 3^{ème} Conférence Nationale de Santé Indigène qui s'est tenue à Luziânia en 2001. Le projet a renforcé la collaboration des chercheurs avec les organisations indigènes locales et régionales ainsi que celle avec les



Les diverses parures de plumes cérémonielles portées par les hommes au cours des rituels

professionnels de santé de la région. Il a, en outre, fourni des informations pouvant servir de base à la planification d'actions et de projets de santé dans la région ainsi qu'à de futurs programmes de recherche (processus d'alcoolisation, santé reproductive des hommes et des femmes, en particulier) et pouvant appuyer les initiatives et revendications indigènes en matière de culture (édition de collections de narratives mythiques, revitalisation des médecines traditionnelles, etc.), du droit à une assistance sanitaire différenciée et de projets d'ethno-développement.

POUR EN SAVOIR PLUS

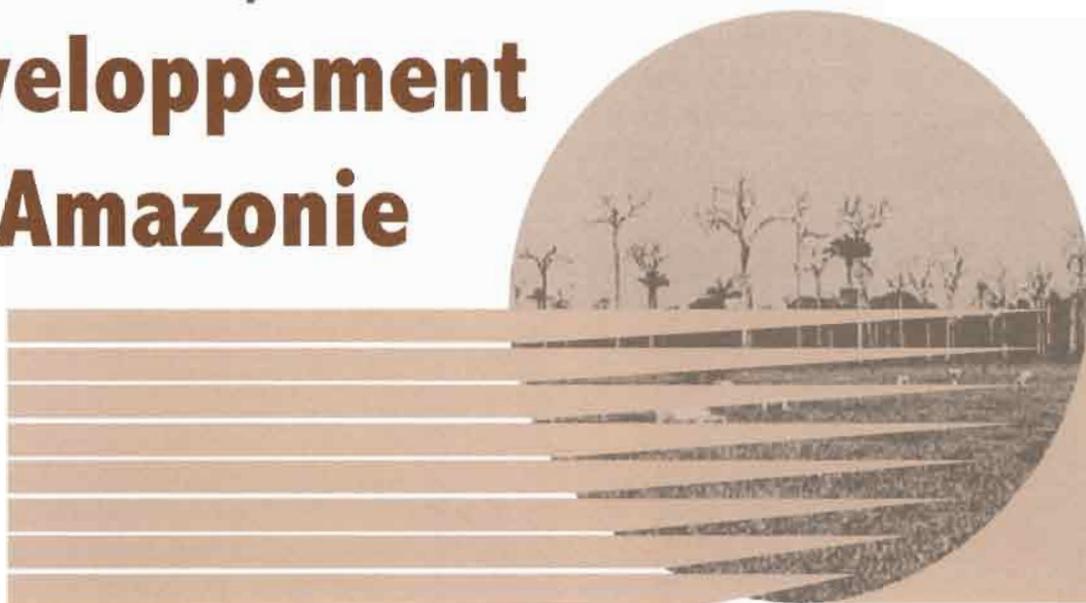
Buchillet D., 2001. Tuberculose et santé publique: les multiples facteurs impliqués dans l'adhésion au traitement. *Autrepart*, 19: 71-90.

Buchillet D., 2004. Sorcery beliefs, transmission of shamanic knowledge and therapeutic practice among the Desana of the upper Rio Negro region (Brazil). In N. Whitehead & R.M. Wright (eds.), *Darkness and Secrecy: The Anthropology of Assault Sorcery in Amazônia*, pp. 109-131. Durham & London: Duke University Press.

Garnelo L. & S.A. Sampaio, 2003. Bases sócio-culturais do controle social em saúde indígena. Problemas e questões na Região Norte do Brasil. *Cadernos de Saúde Pública*, 19(1): 311-317.

Garnelo L., S. Sampaio, G. Lynn & A.F. Baniwa, 2004. Medicina tradicional Baniwa: uma experiência de intervenção social em busca de uma teoria. In E.J. Langdon & L. Garnelo (orgs.), *Saúde dos povos indígenas. Reflexões sobre antropologia participativa*, pp. 171-194. Rio de Janeiro: Contra Capa Livraria Ltda.

Identités, Territoires et Développement en Amazonie



L'Amazonie est la plus grande forêt tropicale du monde et son bassin hydrographique draine plus de 20% des eaux douces de la planète. Essentiellement déployée au Brésil, elle occupe, avec plus de 6 millions de km², la presque totalité septentrionale de l'Amérique du Sud et déborde sur huit autres pays (Bolivie, Colombie, Equateur, Guiana, Pérou, Suriname, Vénézuéla) dont la France avec son département de Guyane.

Au Brésil, l'Amazonie représente 42% du territoire national. Depuis 40 ans les gouvernements successifs ont conduit une politique d'intégration de toute la région amazonienne au reste du pays. Cependant, comme l'occupation de l'espace et l'utilisation des ressources naturelles amazoniennes sont difficilement contrôlables par les pouvoirs publics, il en résulte une dilapidation importante d'espace et des dommages environnementaux souvent irréversibles. Face à ce constat une équipe de chercheurs, français et brésiliens, propose un système d'aide à la planification régionale et à l'aménagement du territoire de manière à nourrir la procédure de prise de décision et d'élaboration de politiques publiques plus intégrées et cohérentes.

Devant les défis de la mondialisation, les champs politiques se structurent autour de l'affrontement de deux modèles de développement : d'un côté le modèle d'occupation et de colonisation qui a perduré durant les trente dernières années, fondé sur l'exploitation des ressources minières, l'appropriation et la concentration foncières et... la loi du plus fort ; de l'autre, un modèle concurrent, encore fragile malgré des appuis internationaux et nationaux de poids, le modèle « socio-environnemental ». Se développent alors des recherches dont l'objectif est d'apporter des éléments de réflexion qui contribueront au renforcement du modèle socio-environnemental. Est étudiée l'évolution des demandes de la société au travers des trois grandes catégories de population rurale amazonienne : les sociétés indigènes, les populations dites « traditionnelles » (*seringueiros, ribeirinhos...*) vivant essentiellement de l'extractivisme et les agriculteurs familiaux venus s'installer en Amazonie depuis les années 60.

Enfin, il convient de souligner que l'Amazonie est aussi le berceau de plus de 240 idiomes menacés d'extinction. Or, il est notoire que la grande diversité linguistique de l'Amérique du Sud, en particulier celle de l'Amazonie, est d'une importance capitale pour le développement de la connaissance théorique sur la nature des langues et la faculté humaine de langage. Une équipe franco-brésilienne tente de renforcer les moyens humains et matériels disponibles au Brésil afin de documenter toutes ces langues, pendant qu'il en est encore temps, et de mettre en œuvre des mécanismes de préservation et de perpétuation des langues indigènes.

ANALYSE DES FORMATS D'OCCUPATION TERRITORIALE ET DE LEURS IMPACTS SUR LES ÉCOSYSTÈMES AMAZONIENS

Convention CNPq/IRD

IRD/UR021 – Hervé Théry

CDS/UnB – Neli A. de Mello

IRD : François-Michel Le Tourneau

CDS/UnB : Chloé Cadier, Lilian Rocha, Magda Wehrmann

Autres partenaires : J. P. Bertrand (INRA), R. Pasquis (Cirad)

Face à une gestion chaotique du territoire amazonien, les politiques publiques ont deux options : la surveillance (application de la loi) et la promotion d'instruments économiques en faveur d'un développement durable, adaptés à la variété des écosystèmes. Néanmoins, même si la volonté politique est décisive, elle ne peut pas être efficace sans aides technique, méthodologique et scientifique, qui permettent de fonder sa stratégie et d'en évaluer ses conséquences. Il lui faut des informations dignes de confiance, modernisées, cohérentes et systématisées et des instruments pour la planification et l'application efficace des décisions. Il est donc important de transformer des connaissances scientifiques en politiques et ces dernières en instruments adaptés.

Un des objectifs du projet a donc consisté à proposer un système d'aide à la planification régionale et à l'aménagement du territoire. Cela a été facilité par l'implantation au Centre de Développement Durable de l'Université de Brasília, d'un centre interdisciplinaire doté de forts liens avec les secteurs publics et décisionnels. La nature, la fréquence, la formalisation et le mode de transmission des résultats de la recherche aux décideurs est une question clé dans l'élaboration des politiques publiques. C'était donc un objectif de notre projet, ainsi que du groupe de recherche « Gestion de l'environnement et des politiques publiques » du CDS.

Ce projet se propose donc d'étudier les transformations territoriales, cherchant à définir ou du moins à mieux évaluer les facteurs déterminants inhérents à chaque région selon le mode de développement qui y



Champ de soja dans le Nord du Goiás

est pratiqué : « prédateur » ou durable. Ces études sont basées sur quatre piliers méthodologiques fondamentaux :

- Identification des facteurs qui déterminent le type d'usage des terres,
- Evaluation des conséquences de la déforestation sur l'environnement local et régional et modélisation de l'évolution future de ces environnements en fonction des facteurs définis préalablement,
- Réflexion sur les modèles de développement et les alternatives « durables », en fonction des segments sociaux et de l'environnement concerné,
- Réflexion sur la configuration des territoires et la valorisation des dynamiques présentées, principalement à l'aide de la cartographie.



Sous le label du projet “*Monitoramento Estratégico das Transformações Ambientais – META*”, les actions se sont attachées à accompagner et évaluer les impacts des différents types d'occupation de l'espace et des modes de gestion des ressources naturelles. D'une façon générale, ces processus aboutissent à la déforestation et à l'installation de nouveaux systèmes de production entraînant de plus grands risques socio-économiques et environnementaux. Les résultats obtenus ultérieurement ont été systématisés à partir des principaux contextes identifiés, de manière à nourrir la procédure de prise de décision et d'élaboration de politiques publiques plus intégrées et cohérentes.

La croissance urbaine accélérée de la région a modifié profondément sa structure socio-économique et spatiale. La population urbaine grandit plus vite que la population totale, à un rythme qui est le double de la moyenne

nationale. Il existe une relation directe entre la création de nouveaux centres urbains, le mûrissement et la hiérarchisation du système urbain existant, et la progression de la frontière agricole. Néanmoins, cette frontière peut, selon les cas, favoriser ou non la création et la structuration de nouveaux territoires et seules les villes moyennes (entre 20 000 et 50 000 habitants) semblent se fortifier.

Par ailleurs apparaît un phénomène semble-t-il spécifique de l'Amazonie, qui pourrait être qualifiée de « rurbanisation » : la précarité des emplois produit une masse d'immigrés qui se déplacent d'une ville à l'autre, à la recherche de travail, constituant des « conglomérats » pseudo-urbains dans les régions encore agricoles.

Jusqu'à présent, la vocation agricole de l'Amazonie s'était limitée pratiquement à des produits « indigènes ». Néanmoins, l'avance de l'élevage extensif du bétail et des cultures à forte capitalisation est particulièrement marquant, et même



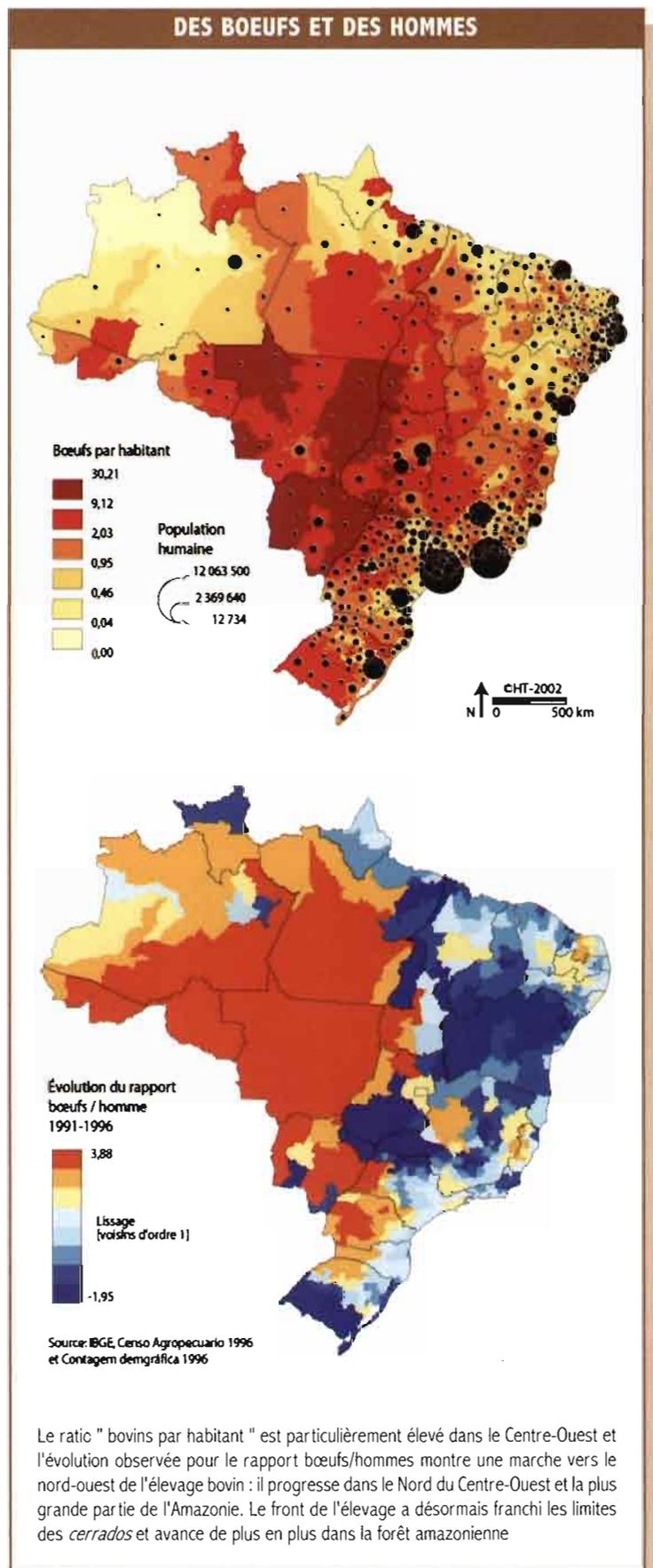
© IRD/Thery

Troupe de bœufs sur une route du Mato Grosso

préoccupante. L'élevage extensif du bétail est, depuis plus de trois décennies, le principal « instrument » de conquête des espaces amazoniens et d'avancée de l'Arc de Déboisement. Avec environ 32 millions de têtes et un taux de croissance presque 4 fois plus grand que celui du reste du pays, cette production domine l'économie et les dynamiques spatiales de la région. Diverses alternatives, notamment l'intensification de systèmes, peuvent produire des améliorations importantes dans la productivité, doublant de même la charge à l'hectare de ces systèmes (de 0,7 à 1,3 têtes par ha), ou encore la généralisation de l'élevage du bétail laitier, qui permet de fixer les colons. Leur analyse régionalisée est l'un des objectifs à long terme de notre projet.

Conjointement avec l'expansion de l'élevage nous avons insisté sur les causes et les conséquences de l'avancée du soja en Amazonie. Deux pôles d'étude et d'observation ont été mis en œuvre dans le Nord et dans le sud-ouest du Mato Grosso. L'avancée du soja vers le Nord est facilitée par l'amélioration des axes d'exportation de la production, qui permettent de diminuer de façon sensible les coûts de production et de transport. La perspective d'asphaltage de la BR 163 (Cuiabá-Santarém) et d'amélioration de la voie navigable Madeira-Amazonas dynamise deux axes privilégiés sur lesquels nous concentrons nos travaux .

L'impact significatif des grandes surfaces occupées par des monocultures inquiète chercheurs et scientifiques, car il est démontré que ce type d'utilisation du territoire provoque une sensible perte de diversité culturelle et biologique. L'avancée du soja, qui a suivi les programmes de réforme agraire et l'expansion de l'élevage extensif du bétail bovin, est sans aucun doute une des dernières étapes de la politique d'occupation de la région. Sa progression est favorisée, en partie, par l'expansion de l'élevage qui, outre qu'il fait disparaître la végétation originelle, fournit une concentration agraire propice à la mécanisation. Cette avance est aussi dynamisée par la globalisation de l'économie, qui favorise l'explosion de productions agricoles hautement capitalisées, et est toujours accompagnée par des mesures et des investissements publics ou privés qui développent la pression de cette production sur les écosystèmes forestiers de la région.



L'intervention régulatrice de l'État est un impératif, puisque le développement durable ne peut pas être assuré si les décisions sont laissées à charge des forces du marché. Le rôle de l'État en Amazonie Légale est de représenter l'intérêt public, en formulant des politiques et en ajustant leurs mécanismes pour une meilleure mise en œuvre. Il faut donc des approches innovatrices qui considèrent le rôle qui revient à chaque instance sociale, c'est à dire à l'État, au marché et à la société civile, ainsi qu'aux possibles partenariats et aux liens entre elles.

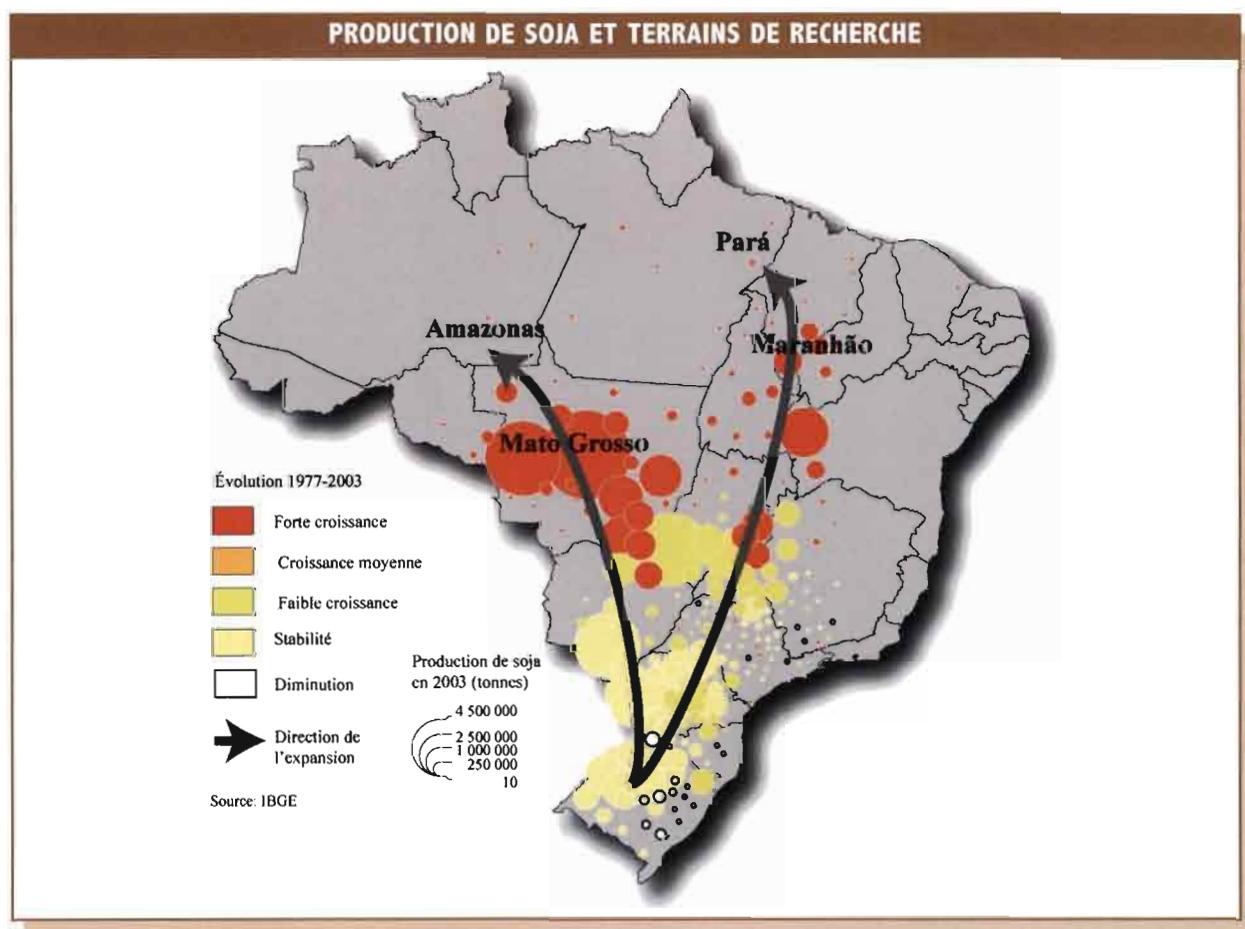
Même si cela était un peu aux limites de notre projet initial, face aux processus prédateurs dominants dans la région, nous avons voulu analyser certaines des propositions et des alternatives existantes dans la région.

L'une d'entre elles est la proposition d'implantation de méthodes participatives comme le « Diagnostic et Zonage Participatif » appliqué dans deux situations de l'État de l'Amapá, dans le Secteur de Protection Environnementale - APA, du quilombo du Curiau et dans la Réserve de Développement Durable - RDS, du Rio Iratapuru. Une autre option est la proposition récente de l'INCRA, « *Projeto de Desenvolvimento Sustentável-PDS* », comme alternative aux

Projets de Colonisation traditionnels. Nous avons également analysé ce que le nouveau concept de multifonctionnalité de l'agriculture auprès des petits colons du Nord du Tocantins pourrait représenter comme alternative. Dans les deux cas, PDS et multifonctionnalité dans le Tocantins, malgré leur intérêt environnemental, l'isolement apparaît comme un facteur limitant qui peut compromettre la viabilité économique de ces alternatives dans les régions marginales.

Existe-t-il une ou plusieurs Amazonies ? Sont-elles compatibles entre elles ? C'est avec ces questions que nous essayons d'identifier, à la demande de la Banque Mondiale, et en vue de la définition de la seconde phase du PPG7, les principaux points de divergence ou de convergence entre les différents types d'acteurs impliqués dans la problématique amazonienne.

Parmi les acteurs sociaux rencontrés, environ les trois quarts disent avoir un projet spécifique pour la région. Pour la moitié, celui-ci consiste à mieux connaître et à mieux faire connaître cette région riche et complexe. Enfin, même si l'environnement est pris en compte pour un quart des projets proposés, les exigences d'aménagement du territoire, de planification régionale et d'infrastructures sont récurrentes.





Culture sur brûlis à proximité de São Gabriel da Cachoeira (Amazonas)

Le point d'accord sur lequel tous se focalisent est, ce qu'il est commun d'appeler, la « schizophrénie » des politiques publiques, leur manque d'intégration et de liaison, ainsi que la présence de politiques à deux vitesses : d'une part, celles des Ministères « puissants » de la Planification, des Finances et de l'Agriculture et d'autre part celles des ministères plus « faibles », du Développement Agricole et de l'Environnement.



Cueillette mécanisée du soja

POUR EN SAVOIR PLUS

Théry, H., De Mello, N.A., 2003. *Atlas du Brésil*, 304 pages, CNRS Libergéo - La Documentation Française

De Mello, N.A, Pasquis, R., Théry, H., 2004. L'Amazonie « durable » de Marina Silva, in « Pour comprendre Le Brésil de Lula », Institut universitaire de France, Université Robert Schuman-Institut d'Études Politiques, Paris,

Le Tourneau, F.M., Théry, H., 2003, « Le Brésil, Eldorado de l'information géographique ? », *XYZ* (association française de topographie), n°94, pp. 39-44

Pasquis, R., Machado, L., Guerra, R., 2001. Diagnostico dos modos de ocupação do espaço amazônico. NAPIAm/SCA/MMA, CIRAD, 200 paginas, Brasília, edição eletrônica (<http://ih-pc068.ihel.univ-paris3.fr:8080/editions>), IHEAL, Paris

L'AMAZONIE ET LE « DÉVELOPPEMENT DURABLE »

Convention CNPq/IRD

IRD/UR078/UR169 – Philippe Léna

UFRJ – Bertha K Becker

IRD : Bruce Albert, Anne-Elizabeth Laques (U. Aix en Provence), Gérard Roy, Pascale de Robert
UFRJ : Ana-Maria Bicalho, Scott Hoefle

Autres partenaires : Roberto Araújo (MPEG), Carlos Alberto Ricardo (ISA), Deborah Lima (UFMG), Neide Esterci (IFSC-UFRJ), Jean-Pierre Chaumeil (CNRS-EREA), Afrânio Garcia (EHESS), Magda Zanoni (U. Paris VII), François-Michel Le Tourneau (CNRS)

Les recherches en sciences humaines de l'IRD sur les effets différenciés du « développement » en Amazonie brésilienne ont commencé en 1980 et ont été réalisées en coopération avec quelques partenaires principaux (INPA, MPEG, ISA, UFRJ) et de nombreuses autres collaborations (NAEA-UFPA ; IFCS-UFRJ ; UnB, entre autres, pour ce qui est du Brésil).

Différents programmes de recherche ont abordé successivement les dynamiques pionnières, les enjeux identitaires et territoriaux des populations indigènes et des populations dites « traditionnelles », les politiques publiques régionales et les questions de développement durable.

Accompagner les transformations sociales en Amazonie

On peut observer, depuis une quarantaine d'années, une succession " d'offensives modernisatrices " qui laissent à tour de rôle leur empreinte sur la région, chacune étant partiellement recyclée dans la suivante sans pour autant s'effacer complètement. Cette dynamique est à l'origine d'une complexification et d'une diversification croissantes de la société et de l'espace régionaux.

A des siècles d'extractivisme et de drainage des produits vers les ports et les marchés extérieurs selon un système de domination basé sur le clientélisme et le paternalisme (*aviamento*) a succédé, de 1964 à 1985, une phase développementiste autoritaire et centralisée (elle-même subdivisée en plusieurs périodes) qui a rompu avec le système précédent en ouvrant des routes et en stimulant l'occupation démographique et l'exploitation économique de la région. Ce modèle

dévastateur pour l'environnement et socialement excluant a été très critiqué et a entraîné la réaction et l'organisation croissante des populations marginalisées (indiens, populations « traditionnelles » et même agriculteurs familiaux immigrés).

Cette réaction est allée de pair avec la multiplication des ONG nationales et internationales ainsi qu'avec une reformulation de l'aide bi et multilatérale (de plus en plus conditionnée par des critères sociaux et environnementaux) et une réorientation des politiques publiques. Un modèle alternatif de développement s'est peu à peu dessiné, que l'on qualifie " durable " quand il s'agit de politiques publiques et de projets multilatéraux " top-down ", ou " socioenvironnemental " quand il s'agit du développement concerté issu de la délibération entre instances représentatives de la population régionale, ONG et mouvements sociaux.



Un camion de grumes dans la région de Sao Felix do Xingu.





Acre : four artisanal servant à la fabrication du "couro vegetal"

On entre aujourd'hui dans une nouvelle phase qui peut être également caractérisée comme développementiste : développement rapide de l'agrobusiness, de l'exploitation du bois et des ressources minérales, souhaité par l'Etat, qui cherche cependant à garder un certain contrôle... Cette dynamique trouve aujourd'hui, en face d'elle, des réseaux beaucoup mieux organisés, capables d'influencer les politiques publiques. On s'interroge cependant sur la capacité de résistance des systèmes familiaux, peu productifs mais essentiels du point de vue de la diversité culturelle et de l'agrobiodiversité, face aux avancées spectaculaires de l'investissement capitaliste.

L'Amazonie garde ses caractéristiques de « frontière » dans la mesure où les terres libres ou à bas prix (ainsi que les ressources qui s'y trouvent) restent la base de la rentabilité des activités économiques. La région allie le « *dumping* environnemental » au « *dumping* social », auxquels s'ajoute le caractère illicite de nombreuses activités (basées sur l'appropriation illégale de terres publiques, entre autres).

Face à une demande croissante pour des services publics mieux répartis et de meilleure qualité (santé, éducation, transport), au désir d'accès à la consommation, à une urbanisation croissante (70% des 23 ou 24 millions d'habitants de l'Amazonie Légale) et à l'état de pauvreté affectant la majeure partie de la population, les défis auxquels doit faire face le modèle socioenvironnemental sont immenses et les solutions apportées peuvent paraître précaires et insuffisantes. Il s'agit cependant d'un champ de réflexion et d'expérimentation en plein développement, auquel les différents programmes de l'IRD avec son partenariat ont tenté d'apporter leur contribution.

Ces différents programmes se sont donnés pour objectif d'allier l'étude des idéologies et des pratiques successives du développement avec l'analyse de l'évolution des demandes de la société. Pour ce faire, les trois grandes catégories de population rurale amazonienne sont étudiées : (i) les sociétés indigènes ; (ii) les populations dites " traditionnelles " (*seringueiros, castanheiros, ribeirinhos...*)¹; (iii) les agriculteurs familiaux venus s'installer en Amazonie depuis la fin des années soixante.

Les principaux objets étudiés et mis en relation sont :

- *Les dynamiques internationales* qui influencent les décisions gouvernementales et certains acteurs de la scène amazonienne : privatisation du vivant, droits de propriété intellectuelle, marchés du bois et du soja, accords internationaux et coopération internationale, dette, ONG internationales, etc.
- *Les politiques publiques* : les gouvernements mènent des politiques publiques souvent contradictoires dans la région, il convient d'analyser les formes de négociation et l'influence de certains acteurs sur la définition des politiques publiques (*lobbying* d'entreprises ou, au contraire, ONG, etc.).
- *Les populations locales et leurs organisations* (Syndicats, associations, coopératives) ainsi que les mouvements de revendication territoriales et identitaires dont elles sont porteuses.
- *Les ONG* nationales ou internationales, qui aident les populations locales à mettre en place des projets et obtenir des financements et jouent un rôle important dans la diffusion de modèles alternatifs de développement. Le rôle des églises est également examiné.
- *Les réseaux* : Les associations, syndicats et coopératives locaux présentent des niveaux variables d'insertion dans des réseaux nationaux et internationaux (multilatéraux, bilatéraux, non gouvernementaux, caritatifs...) qui permettent l'accès aux financements, à l'assistance technique et à la visibilité politique. La richesse et la complexité des réseaux étant étroitement liée à la longévité des associations et des projets dont elles sont porteuses.

¹ collecteurs de sève d'Hévea, cueilleurs de noix du Brésil, populations riveraines

POUR EN SAVOIR PLUS

Araujo, R. 2001 : The drug trade, the black economy and society in Western Amazonia. *International Social Science Journal* n° 169, p. 493-499.

Buclet, B., Leroy, J. P. : 2002 : Entre movimento social e terceiro setor. As ONGs em busca de sua identidade, in : Vieira, I.; Murrieta, R.; Buclet, B.; Araújo, R. (org.), *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, série Antropologia*, volume temático 18(2): Amazônia : Mercado e Globalização no Terceiro Milênio", MCT, Belém.

Léna, P. 1999 : La forêt amazonienne : un enjeu politique et social contemporain. In: *La forêt-monde en question* (F.Verdeaux, ed.), *Autrepart* n° 9 , 97-120. Paris.

Lachartre, B. & Léna, P. (orgs.) 2002 : Les ONG en lusophonie : terrains et débats. *Lusotopie* n° 9 (1).

Le développement durable et les populations « traditionnelles »

Ces populations ont servi de paradigme pour la construction du modèle socioenvironnemental de développement, dans la mesure où elles vivent de la forêt et non de sa substitution définitive. Les recherches ont cependant montré la très grande diversité des situations depuis celles proches de l'anomie jusqu'à d'autres caractérisées par l'existence de règles de gestion communes des ressources. D'une façon générale, l'effondrement (variable selon les lieux) du système de l'*aviamento* a entraîné une grande mobilité des populations concernées, à la recherche de travail, de terres et de financements. Le lien social au sein des collectivités locales est encore souvent basé sur une relation de clientèle, et/ou sur la parentèle, l'ethnie et la religion. Même dans le cas de « communautés » encore relativement peu transformées, les contacts avec la ville, avec les ONG et les politiques publiques locales ou nationales ont engendré une dynamique de changement. Il existe un certain consensus dans le champ socioenvironnemental sur la nécessité d'aider ces populations à obtenir des pouvoirs publics la création d'une Aire Protégée (RDS ou RESEX principalement). Un



Amapá, Rio Jari : *barracão* (entrepôt) de l'époque de l'*aviamento*

territoire collectif, associé à un cahier des charges exigeant, serait la meilleure façon d'éviter l'expulsion des populations et d'assurer le blocage foncier des dynamiques prédatrices. Le défi est de pouvoir éviter l'exode rural et offrir des alternatives au modèle de l'agriculture familiale pionnière (de plus en plus basé sur l'élevage bovin) tout en permettant une amélioration sensible du revenu. L'exploitation communautaire du bois, l'exploitation des produits non ligneux, l'implantation d'îlots de productivité sont parmi les projets en cours. Il faut cependant noter que la contamination par le système pionnier est toujours menaçante, et que l'orientation vers le marché de toutes les politiques publiques et des actions d'ONG introduit un biais individualiste et un relâchement des règles et de l'éthique collective.

Les projets d'*assentamento*² extractivistes représentent le maillon faible des Aires Protégées destinées aux populations traditionnelles. Le recrutement des bénéficiaires



Sud de l'Amapá : préparation de l'açaï par les enfants

² Attribution de terres pour l'exploitation en l'occurrence extractiviste

se fait davantage encore au sein des populations en « errance » post *aviamento*. La diversité des trajectoires est grande, avec de fréquents passages par la ville et des emplois salariés. Une partie d'entre eux est en faveur d'une appropriation individuelle de la terre afin de pouvoir la revendre et la diviser, sans restrictions d'usage. Ceci est à l'origine de vives tensions intra communautaires. Le système pionnier y sert plus souvent de modèle.

Diversification et innovations techniques sont requis pour parvenir à augmenter le revenu de ces populations, ce qui conduit à diminuer leur différence avec l'agriculture familiale pionnière. Les extractivistes tendent à devenir des agriculteurs diversifiés tout en gardant une dimension extractive importante, que certains cherchent d'ailleurs à introduire chez les petits agriculteurs.



Sud de l'Amapá : habitat de *ribeirinhos*

POUR EN SAVOIR PLUS

Boyer, V. 2003 : Les bateaux missionnaires en Amazonie brésilienne : réseaux religieux transnationaux et interventions locales, *Etudes Rurales*, n°165-166 : 33-52.

Chaumeil, J-P. 2004 : Perception and appropriation of a space without frontiers. An indigenous perspective from the Amazon Trapecio, *Kultur, Raum, Landschaft* (Mader, E. & E. Halbmayr, eds), Jahrbuch des Österreichischen Lateinamerika-Institutes, Band 6, Frankfurt, Brandes & Apsel/Südwind : 123-135.

Esterci, N., Léna, P., Lima, D. et Maneschky, C. 2004 : Projetos e políticas socioambientais: repensando estratégias. In: Esterci, Léna, Lima, Maneschky (orgs): *Boletim Redeamazônia*, ano 3, n°1, 2004.

Le développement durable de l'agriculture familiale pionnière

Les systèmes pionniers sont basés sur la substitution de la forêt par des cultures et des pâturages. L'accroissement de la déforestation est dû à l'association de deux facteurs : l'augmentation du nombre des propriétés et la formation continue de capital productif à l'intérieur de chaque propriété. Le premier est directement provoqué par la situation de terres libres. En l'absence de blocage foncier, différentes stratégies sont mises en œuvre par les familles pour assurer une certaine accumulation. Il peut s'agir de simples spéculations ou bien d'objectifs de reproduction sociale élargie, visant l'installation de tous les enfants mâles. C'est là toute la différence entre les stratégies « opportunistes » et les stratégies paysannes. Il existe naturellement toutes les nuances entre ces deux extrêmes. Mais c'est l'accumulation de capital productif sur la propriété (principalement sous la forme de bovins) qui permet tant la concentration foncière que l'installation des enfants. C'est pourquoi la réserve forestière légale de chaque propriété, d'abord de 50% de la superficie, puis de 80% plus récemment, n'a aucune chance d'être respectée. Par ailleurs, les lopins de terre changent fréquemment de propriétaire. Les premiers occupants, en général très peu capitalisés, doivent souvent travailler chez des voisins pour survivre et leur rythme de formation de capital productif est si lent que les revenus attendus sont inférieurs au prix de revente de la terre. Sans être de véritables spéculateurs (il en existe aussi) la revente représente pour eux une stratégie rationnelle ; on a pu montrer que ceux qui recommencent plus loin, munis de ce petit capital, parviennent souvent à atteindre un niveau de relative sécurité économique.

Si le foncier n'est pas un facteur limitant, il n'en va pas de même pour le capital et le travail. Au fil des remplacements de propriétaires, ce sont des agriculteurs plus capitalisés qui finissent par reprendre les lots. Quand la formation de ce capital s'est effectuée dans la région, il a essentiellement son origine dans l'élevage bovin et secondairement dans les cultures pérennes (cacao, poivre, café). Mais les crédits et les aides publiques, même modestes et théoriquement voués au développement durable, ont tendance à se traduire *in fine* par des pratiques extensives et surtout de l'élevage.



© IRD/P. de Robert

Fazenda aux limites de la Terre Indigène Kayapó

Ce dernier est de loin l'activité la mieux adaptée aux diverses stratégies sociales présentes sur les fronts pionniers. Dans une agriculture de type familial, la main d'œuvre pourrait être un facteur limitant, et on observe en effet des différences entre familles en fonction de l'âge et du nombre des enfants. Mais il existe une pratique, courante dans la région, qui permet d'éviter les coûts de main d'œuvre. Elle consiste à céder une partie de sa propriété à une famille qui va la cultiver gratuitement en échange de la plantation d'un pâturage. C'est donc encore la disponibilité foncière qui permet de faire sauter le dernier verrou à l'expansion indéfinie du système. On comprend mieux que les zones pionnières, même dans le cas des régions qui paraissent « consolidées », ne présentent pas de véritables systèmes productifs stables, ce qui impliquerait la reproduction de la fertilité et non l'exploitation de la « rente forestière ». La possibilité d'échappement spatial est présente à tous les niveaux.

Les conditions structurelles de « frontière », même si elles favorisent la concentration foncière, présentent de tels avantages (développement de logiques sociales basées sur le foncier et les pratiques extensives) que les restrictions et les normes liées à la notion de durabilité paraissent peu attrayantes : maintien d'une réserve forestière, développement de systèmes agro forestiers, limitation de l'élevage bovin, intensification, diversification... Toutes choses qui se heurtent aux logiques sociales et économiques en vigueur. Certaines politiques publiques, telles que le *Proambiente*, tentent néanmoins de favoriser l'établissement de contrats de gestion durable entre les agriculteurs et les pouvoirs publics. Leur objectif est d'offrir des compensations à ceux qui renoncent à déboiser. C'est là le premier cas de

rémunération de services environnementaux en Amazonie, en ce qui concerne l'agriculture familiale.

Les promoteurs du développement durable voudraient éviter ce qu'on appelle parfois la « modernisation conservatrice » (élimination des plus faibles et concentration foncière) et promouvoir une agriculture alternative, paysanne, diversifiée, fondée sur des associations autogérées, incorporant peu d'intrants et tirant parti de la diversité écologique, capable de résister aux effets délétères

d'une intégration anarchique au marché. Pour cela, la recherche-action et les projets de développement ont d'abord eu recours à la « participation des populations locales », ainsi qu'au renforcement des organisations représentatives (syndicales en particulier) et des associations de producteurs. L'enthousiasme du début fait maintenant la place à un certain désenchantement. La foi dans les seules solutions techniques recule face à la complexité croissante des situations. On constate l'émergence d'un champ de dispute pour le monopole de la définition des stratégies de développement. Les chercheurs, qui croyaient être en dehors, s'aperçoivent qu'ils en font partie à leur corps défendant.



© IRD/P. de Robert

Pionnier

POUR EN SAVOIR PLUS

Becker, B. & Léna, P. 2003 : Pequenos Empreendimentos Alternativos na Amazônia. In Pequenas Empresas – Cooperação e Desenvolvimento Local. Ed. Relume Dumará. p. 403-421, Rio de Janeiro.

Léna, P. 2004 : Matrizes de desenvolvimento na Amazônia - História e contemporaneidade. In : *Terras Indígenas & Unidades de Conservação da natureza*, ISA, São Paulo, 146-152.

Mitja, D. & De Robert, P. 2004. "Des agriculteurs innovateurs : une nouvelle graminée dans les pâturages de Santa Maria (Amazonie brésilienne)". *Natures, Sciences, Sociétés* 12: 285-298..

Mitja, D. & De Robert, P. 2003. "Renovação das pastagens por agricultores familiares na Amazônia: o caso de Santa Maria, PA". *Cadernos de Ciência & Tecnologia*. 20(3):453-493. En collaboration avec Mitja, D.

Le développement durable et les populations indigènes

Organisations ethniques et développement durable en Amazonie brésilienne

On assiste en Amazonie brésilienne, depuis la fin des années 1980, à un processus inédit de création et d'enregistrement légal d'associations amérindiennes. Pour mesurer l'ampleur de ce phénomène, il suffit de rappeler qu'il existait dix organisations indiennes en Amazonie brésilienne avant 1988 et qu'il y en a aujourd'hui plus de 180 dans les six États du nord qui composent l'essentiel de cette région : Amazonas, Rondônia, Roraima, Acre, Pará et Amapá.

Les premières organisations amérindiennes des années 1980 étaient largement informelles, politiquement très actives mais peu institutionnalisées. Leur capacité de mobilisation était essentiellement sous-tendue par la mise en avant de revendications territoriales et sociales dirigées à l'encontre d'un État fédéral interpellé comme tuteur défaillant en regard de ses responsabilités légales (le " Statut de l'Indien " de

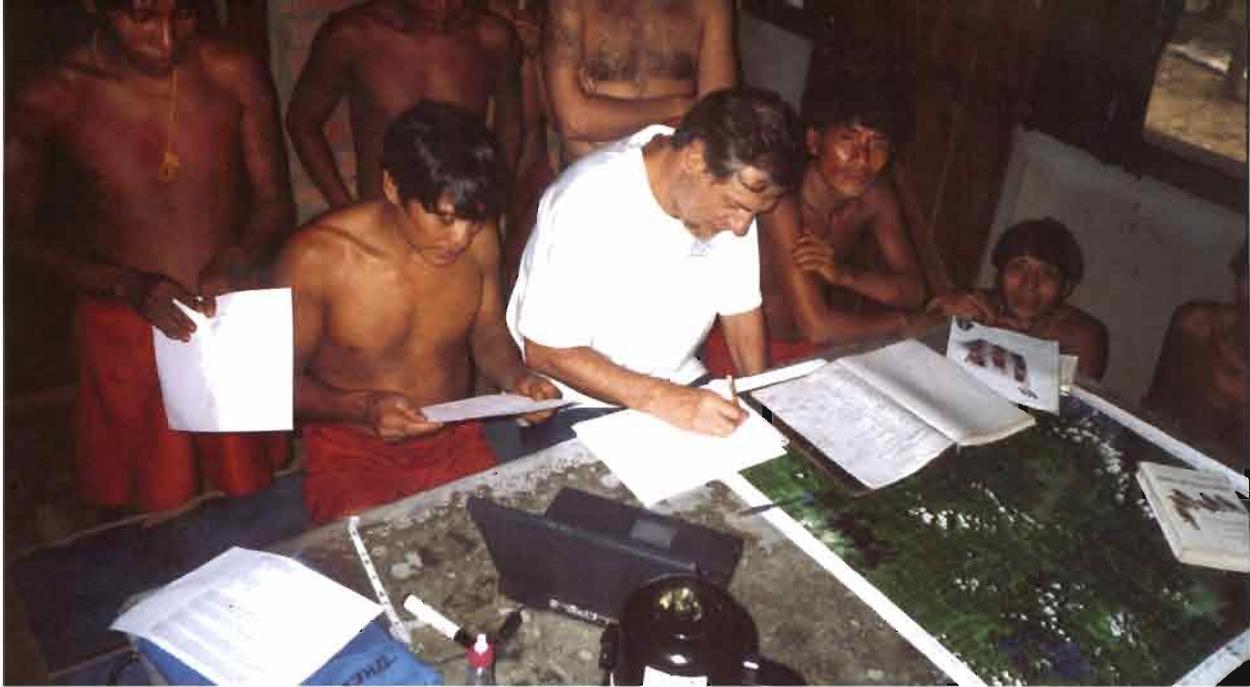
1973 réduit les Indiens à un statut de mineurs sous tutelle de l'État). À partir des années 1990, on constate l'existence, en Amazonie brésilienne, d'un contingent de plus en plus important d'associations indiennes légalisées, dotées de statuts, de représentants élus, de comptes bancaires et d'enregistrements auprès de l'administration fiscale.

Ces associations – devenues de véritables « ONG ethniques » - assurent des fonctions de cogestion dans des domaines de responsabilité économiques et sociaux où l'indigénisme officiel se voit progressivement écarté ou minimisé. L'État fédéral tend ainsi à déléguer, depuis cette période, l'exécution des programmes de santé et d'éducation destinés aux Indiens à la sphère locale, non-gouvernementale ou publique (municipes, États de la fédération), tandis qu'il réserve plutôt à la sphère globalisée de l'aide au développement (agences de coopération bilatérales/multilatérales et ONG internationales) le financement des projets économiques ou environnementaux et des délimitations territoriales.

Cette dimension de la réalité amazonienne contemporaine - multiplication des organisations ethniques et de leurs projets d'ethnodéveloppement locaux – est encore mal connue, bien que ses enjeux en matière de gestion durable des ressources naturelles soient beaucoup plus importants que ne le laisse supposer la faiblesse démographique des



Séances de travail sur les cartes – Terre Indigène Kayapó



Une recherche ethnogéographique (Indiens Yanomani – Homoxi, Roraima)

populations indiennes (1,2 % de la population amazonienne). Les aires protégées légalisées en Amazonie brésilienne comme « terres indigènes » représentent ainsi un archipel de 377 territoires couvrant une superficie de 1 038 009,45 km² (un peu moins que la superficie de la Bolivie), soit environ 20 % de l'Amazonie légale (24 % des six États du nord amazonien). En termes environnementaux, ces chiffres signifient que plus de 23 % de la forêt tropicale (dense et ouverte) de la région se trouvent inclus dans le périmètre des terres indigènes.

Dans ce contexte, notre recherche a produit à la fois un panorama du mouvement associatif amérindien en Amazonie brésilienne, une analyse de sa dynamique socio-économique et politique, ainsi qu'une évaluation de ses enjeux en matière de préservation de l'environnement. Elle s'est attachée ainsi tant aux conditions politiques et économiques qui ont rendu possible le surgissement de ce réseau associatif qu'à son *modus operandi* au sein de l'espace institutionnel, local et global, de l'aide au développement durable.

POUR EN SAVOIR PLUS

Albert, B. 2001. « Associations amérindiennes et développement durable en Amazonie brésilienne », *Recherches Amérindiennes au Québec* XXXI (3) : 49-58.

Albert, B. 2004a. « Les Indiens et l'État au Brésil », *Problèmes d'Amérique Latine* 52 : 63-83.

Albert, B. 2004b. « Territorialidad, etnopolítica y desarrollo: a propósito del movimiento indígena en la Amazonía brasileña » in Alexandre Surrallés & Pedro García Hierro (eds.) *Tierra adentro. Territorio indígena y percepción del entorno*. pp. 221-258. Copenhague : IWGIA.

De Robert, P. & Forline, L. (eds) 2001. *Dialogues amazoniens. Etudes indigénistes du Museu Paraense Emílio Goeldi (Brésil)*. Toulouse UTM. *Les Ateliers de Caravelle*, 18. 109 p.

De Robert, P. 2001. « Quand l'ethnologue devient 'informateur privilégié': notes de terrain en pays Kayapó ». *Les Ateliers de Caravelle*. Toulouse (18) : 75-82.

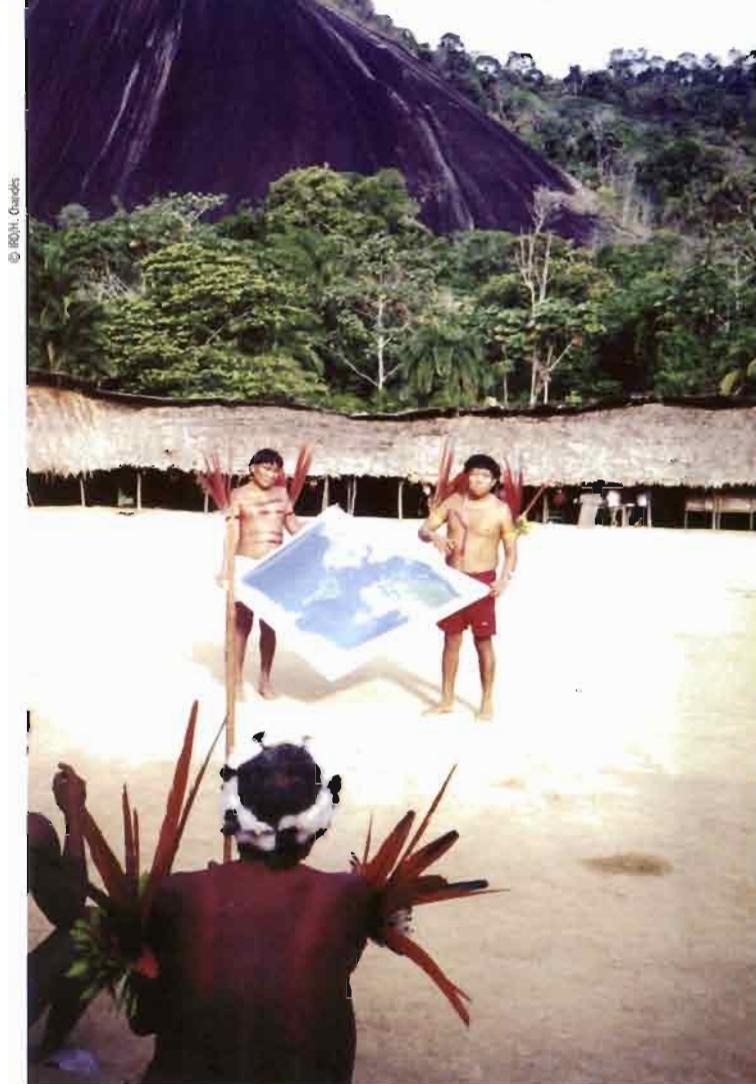
De Robert, P. 2002. « Fazer e falar 'desenvolvimento' numa aldeia Kayapó ». *Boletim Rede Amazônia* (1) : 67-71

Aires protégées, changement social et développement durable en Amazonie brésilienne : le cas des terres Yanomami et Kayapó

L'étude antérieure a permis de mettre en relief, en fonction de l'importance géographique et écologique des terres indiennes en Amazonie brésilienne (20% de la région, soit 8 % du total des forêts tropicales de la planète), l'intérêt de la gestion durable de leurs ressources naturelles pour la conservation de la forêt tropicale sudaméricaine.

Toutefois, la plupart des groupes amérindiens aspirent aujourd'hui à des biens et des services offerts par la société régionale et nationale qui les englobe, alors qu'ils subissent des pressions de plus en plus intenses pour commercialiser les ressources naturelles de leurs territoires, insuffisamment protégés par les pouvoirs publics. Ainsi, l'évolution des modes de vie de ces peuples (essor démographique, sédentarisation et concentration, changements alimentaires, utilisation de nouveaux outils et techniques, accès aux marchés locaux, intensifications des relations avec la ville) ne sont-ils pas sans exercer de nouvelles pressions sur l'environnement des régions qu'ils occupent. Conscients de ce défi, de nombreuses ethnies cherchent donc, à travers leurs associations, à développer des alternatives économiques originales, permettant de combiner accès aux biens et aux services extérieurs, maintien d'un modèle social et culturel spécifique et conservation de leur environnement.

Il est, de ce fait, de plus en plus important d'évaluer dans quelle mesure ces groupes seront réellement à même de maintenir des pratiques socioéconomiques compatibles avec la conservation de la biodiversité locale dans le cadre du développement croissant de leurs relations avec le monde extérieur (économie illégale, marché, administrations gouvernementales et ONG). C'est précisément l'objet de la présente recherche, qui vise à identifier, à travers des études de cas représentatifs - celui de la "Terre Indigène Yanomami" (96 650 km²) et celui de la "Terre Indigène Kayapó" (32 840 km²) - les conditions de possibilité d'un usage durable des ressources naturelles dans le contexte de changement social rapide que connaissent les peuples résidents.



Assemblée générale Yanomami (Demini, Amazonas).

Cette étude, conçue comme une évaluation des effets locaux des dynamiques sociales mises en évidence au cours de la recherche précédente sur les organisations amérindiennes en Amazonie brésilienne, vise à contribuer, plus généralement, à une discussion du concept d'« aire protégée habitée ». Elle a pour principaux objectifs de :

- caractériser les modèles amérindiens d'usage de l'espace et des ressources (en confrontant savoirs locaux – géographiques et écologiques – et techniques de télédétection), tant dans sa forme « traditionnelle » que dans ses modes de transformation actuels ;
- étudier l'impact environnemental des formes d'appropriation exogènes de l'espace et des ressources du territoire indigène (colonisation agricole, élevage, orpaillage, exploitation forestière) et les stratégies sociales mises en oeuvre par les communautés locales pour tenter de limiter ou d'absorber leurs effets négatifs ;

- évaluer l'incidence environnementale des transformations sociales et économiques en cours dans différentes régions des territoires Yanomami et Kayapó (croissance démographique, sédentarisation et concentration, activités commerciales et salariées, projets des ONG et des institutions gouvernementales) ;
- participer à une réflexion sur la question des superpositions entre terres amérindiennes et unités de conservation dans la région étudiée et, plus largement, en Amazonie brésilienne.



Mosaïque satellite de la "Terre Indigène Yanomami".

POUR EN SAVOIR PLUS

Albert, B. & Le Tourneau, F. M. 2004: « Florestas Nacionais na Terra Indígena Yanomami um cavalo de Tróia ambiental ? », in: *Terras Indígenas & Unidades de Conservação da natureza*. São Paulo : Instituto Socioambiental. pp. 372-383.

Albert, B. & Le Tourneau, F. M. 2005 : « Homoxi : ruée vers l'or chez les Indiens Yanomami du Haut Mucajaí, Brésil », *Autrepart* 34 : 3-28.

Le Tourneau, F. M. & Albert, B. 2005 : « Usage de la télédétection dans un contexte pluridisciplinaire : impact de l'orpaillage, agriculture amérindienne et régénération naturelle dans une région du territoire Yanomami (Amazonie brésilienne) », *Télédétection* 4(4) : 355-371.

De Robert, P. 2004. "Terre coupée". *Recomposition des territorialités indigènes dans une réserve d'Amazonie*. *Ethnologie française* 34(1) : 79-88.

De Robert, P. & Laques, A. E. 2003. "La carte de notre terre". *Enjeux cartographiques vus par les indiens Kayapó (Amazonie brésilienne)*. *Mappemonde* (69) : 1-6.

LINGUISTIQUE ET LANGUES INDIGÈNES

Convention CNPq/IRD

IRD/UR135 – Francisco Queixalós

LALI/UnB – Aryon Dall'Igna Rodrigues

IRD : Eliane Camargo, Jon Landaburu, Odile Lescure

LALI/UnB : Ana Suelly Arruda Câmara Cabral, Luciana G. Dourado, Orlene L. de C. Sabóia

La nécessité de valider les modèles de la théorie linguistique par leur confrontation à la diversité des langues est aujourd'hui largement – quoique non unanimement – admise. Un survol rapide de la littérature peut faire croire que notre base empirique est vaste. Ces dernières deux décennies, les études se sont en effet multipliées sur tous les continents à la faveur du renouveau d'intérêt pour les langues peu connues que certains courants théoriques ont insufflé à la linguistique. A y regarder de plus près on constate pourtant deux faits : 1) il reste de vastes taches blanches dans le monde, régions d'accès relativement difficile, encore peu visitées par les linguistes professionnels ; 2) tout un pan des matériaux disponibles est caractérisé par le niveau assez superficiel des analyses qui y sont offertes, rendant ces matériaux inaptes à la vérification de bon nombre d'hypothèses, notamment dans le domaine de la syntaxe.

Si les langues d'Amazonie et de ses marges (bassins de l'Orénoque et du Parana, Guyane) sont au centre de l'attention de beaucoup d'équipes de recherche à travers le monde, et pas seulement sur le continent américain (France, Pays-Bas, Allemagne, Australie), c'est bien parce qu'elles constituent une part notable de cette base empirique encore très largement ignorée. Un deuxième facteur vient renforcer l'intérêt que nous leur portons. Le peuplement de l'Amérique du Sud s'est fait à travers deux goulots plus ou moins unidirectionnels, d'abord Behring puis l'isthme intra-américain du Darien.

Les conditions d'isolement qui ont caractérisé la vie des populations, probablement pendant des millénaires,



Tāpapytīga en parure de fête (ethnie tapirapé, Mato Grosso)

© Waldira Prata

n'ont favorisé ni l'adoption de traits linguistiques nés ailleurs, ni la diffusion, hors de la région, des traits qui ont pu y surgir. Il faut donc s'attendre à ce que, dans un avenir proche, ces langues soient appelées à jouer un rôle majeur dans le développement de la discipline. S'il est vrai que l'accumulation des données ne crée pas la connaissance, et qu'un regard structuré, théoriquement, induise le surgissement de nouveaux faits dans le champ de l'observation, il est indéniable aussi, et l'histoire récente de la linguistique – même dans ses versions les plus déductivistes – le

montre, que des objets scientifiques porteurs d'avenir puissent avoir leur impulsion initiale dans un oeil curieux se posant sur une réalité non attendue. Ceci est avéré, qu'on pense alternativement à la non configurationnalité (une façon spécifique d'assembler les éléments de la phrase) ou à l'ergativité syntaxique (une façon spécifique de traiter le sujet et complément du verbe). Ces objets de connaissance, cependant, les linguistes doivent les traquer là où ils se trouvent "à l'état naturel", en surmontant les obstacles que sont les voyages pénibles, voire risqués, le dépaysement alimentaire, la difficulté à communiquer, l'absence de confort, et les moustiques, bien sûr.

A défaut d'un critère uniforme pour la définition de ce qu'est une langue, les estimations de leur nombre dans le monde, dans tel continent, dans tel pays, peuvent s'avérer être des exercices périlleux, dont les résultats se prêtent invariablement à contestation. Mais nous avons un ordre d'idées. On estime à quelque 240 le nombre d'idiomes parlés dans le bassin hydrologique de l'Amazonie. La partie brésilienne de l'Amazonie en



contient 140. Le Brésil, fort de ses 180 langues, offre la plus grande diversité linguistique du continent avec les Etats-Unis. Il reste beaucoup à faire pour que ce capital latent devienne accessible et productif. Malgré l'existence de plusieurs centres d'excellent niveau consacrés à la recherche et la formation à travers tout le Brésil (Belém, Recife, Brasília, Rio de Janeiro, São Paulo), le pays manque de moyens humains et matériels pour mener à bien, pendant qu'il est encore temps, la documentation de toutes ces langues.



Ayobi, informateur linguistique, (ethnie katukina, fleuve Bia, Amazonas)

61. Ø_{AGT} a-waikman niama a-wa koriʔon_{PAT}
 ele-jogar então dele (Kanaʔa) cipó
 "jogou a corda dele [para a mulher]"
62. a-ton niama Ø_{AGT} a-hok Ø_{PAT}, an toninin wa hinuk_{EXP} tyo dadohan nin
 vers soi então ele-pegar ? ? ela collectif ? subir duratif
 "pegou ela e a subiu, assim que subiram as três mulheres"
63. no_{AGT}-to-hoki-kihi ninwu Ø_{PAT} idik tya, paiko
 você-applicatif-palavra-falar querer você ? avô
 "não vai dizer nada para a onça, avô [falaram as mulheres para o Kanaʔa]"

Cahiers de terrain : analyse d'un fragment de récit traditionnel

61. Il lança sa liane [à la femme]

62. Puis il la saisit et la hissa, et c'est ainsi que les trois femmes montèrent.

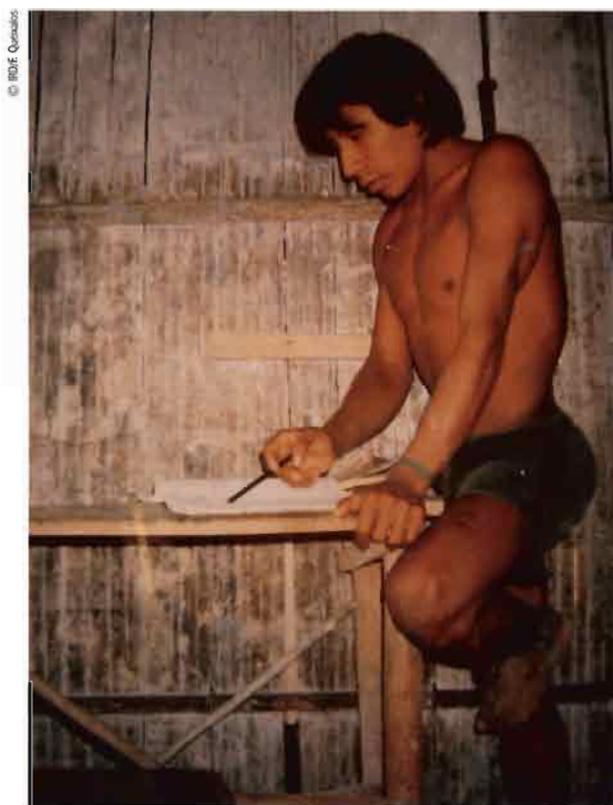
63. Tu ne diras rien au jaguar, grand-père [dirent les femmes à Kanaʔa] ?

Le Laboratoire de Langues Indigènes de l'Université de Brasília est une pièce maîtresse dans la formation de linguistes au Brésil. Il allie en effet une notable capacité de recherche à une participation importante de ses membres dans les cursus de deuxième et troisième cycle du Département de Linguistique, sous la forme d'enseignements et d'encadrement de mémoires et de thèses. Les activités de recherche du Laboratoire portent sur la documentation des langues et la production d'hypothèses dans les domaines de la typologie générale et des parentés génétiques entre langues. Les résultats sont en prise directe avec l'évaluation des théories qui sont censées poser les principes de fonctionnement du langage humain. Des conjectures sur la préhistoire (migrations, contacts, culture matérielle) découlent aussi de ces travaux.

La plus claire des retombées sociales de ce type de recherche repose sur le rôle de la langue maternelle dans

l'éducation scolaire. Depuis l'arrivée des Européens, les peuples américains ont eu affaire à trois sortes d'école. Celle du *monolingisme civilisateur* d'abord, qui imposait par la violence l'abandon pur et simple des langues autochtones. Elle a perduré jusque vers la moitié du vingtième siècle. Ensuite celle du *bilinguisme civilisateur*, où les langues sont instrumentalisées au service de la transmission des valeurs européennes, travaillant ainsi à leur propre perte. Les missions, catholiques puis protestantes, ont joué un rôle de premier plan dans ces première et deuxième étapes, respectivement. Aujourd'hui nous avons l'école du *bilinguisme identitaire*, où le protagonisme revient aux organisations politiques indiennes et leurs alliés de l'Université, de la société civile et de certains secteurs de l'Etat. La langue propre se hausse au rang de première priorité dans l'enseignement scolaire. Moyennant, condition indispensable, la mise en oeuvre d'une «ingénierie linguistique» – dont le passage

à l'écriture n'est qu'un aspect – semblable à celle imposée, pendant la Renaissance, à toutes les langues vulgaires européennes devenues langues d'Etat dans leurs pays respectifs. Or, dans cette affaire, "l'ingénieur" est une équipe faite d'un groupe sélect de locuteurs réunis autour d'un linguiste.



Nodia s'initiant à l'écrit (ethnie kanamari, fleuve Itaquai, Amazonas)

Le but poursuivi par une action de coopération qui fait siennes ces préoccupations est clair : il faut produire des spécialistes brésiliens qui prennent en charge, avec un maximum de compétences, le double défi de documenter cette énorme diversité linguistique et de faire passer leurs résultats dans les actions appliquées. Cela signifie non seulement intervenir de façon intensive dans la formation initiale, mais aussi faire en sorte que les étudiants disposent, sur les lieux mêmes de cette formation, de cadres de travail où ils côtoient les chercheurs et se familiarisent avec la recherche par un contact direct et quotidien. Sous différents modes, la coopération en linguistique que l'IRD mène au Brésil depuis une douzaine d'années s'attache à remplir ces objectifs.

La première étape de cette opération s'est déroulée au milieu des années quatre-vingt dix, au Museu Paraense Emilio Goeldi, de Belém, et a concerné la formation de stagiaires venus de différentes régions du pays, pris entre la maîtrise et le doctorat, et s'initiant à l'enquête de terrain et l'analyse des données. En même temps, dans la voisine Université Fédérale du Pará, était tenu un séminaire mensuel sur l'état de la recherche en linguistique amérindienne. En 1997 le siège de l'opération s'est déplacé en Guyane française, en raison du démarrage d'un programme *Langues de Guyane*. La collaboration avec Belém s'est désormais inscrite dans le contexte, alors naissant, d'une coopération régionale amazonienne voulue par la Guyane et par les Etats du Pará et d'Amapá. Le séminaire à l'Université Fédérale du Pará a continué grâce à des missions mensuelles à Belém. Deux stagiaires du Museu Goeldi ont été accueillis au centre IRD de Guyane, l'un, allocataire de recherche IRD, pour un séjour de longue durée, l'autre pour des missions de terrain chez les populations caribe du Maroni. Fin 2001 a démarré une nouvelle opération au Laboratoire des Langues Indigènes de l'Université de Brasília. Les modes d'intervention se sont ramifiés. A côté de la formation initiale – cours de *pos-graduação*, directions de maîtrises et doctorats (avec une allocation de recherche IRD) –, de la participation aux événements organisés par le Laboratoire ou le Département de Linguistique – tels les *minicursos* du XVII *Instituto Brasileiro de Lingüística* –, et des séminaires de recherche bi-mensuels sur la grammaire des langues indigènes, le programme assure des recherches sur plusieurs langues, finance des enquêtes de terrain, et a passé un accord avec l'Ambassade de France au Brésil pour la réalisation d'un projet de collecte et diffusion de la tradition orale des ethnies Tapirapé et Katukina. Pendant trois ans, et grâce à un programme international de coopération scientifique (PICS) du CNRS, l'équipe de Brasília a animé et réuni périodiquement un groupe de linguistes travaillant dans différents pays (Brésil, France, Pays-Bas, Angleterre, Etat-Unis, Australie), intéressés à mettre à jour les manifestations de l'ergativité dans les langues d'Amazonie.

Une opération de cette sorte se laisse difficilement mesurer, pour ce qui est de ses résultats, sur la base des critères conventionnels. Bien sûr le programme a à son actif plusieurs réunions internationales, des

publications collectives et individuelles, des échanges de chercheurs ou étudiants entre les deux pays et dans les deux sens, ainsi que des doctorats et des maîtrises en cours. Sans oublier les ouvrages en phase de publication, tels ceux rendant compte des travaux du sous-programme *Ergativité* ou de la rencontre tupi de 2004. Cependant, les véritables résultats de cette action de coopération ne deviendront visibles qu'à l'horizon de 2010, lorsqu'il sera possible de compter le nombre de personnes issues du programme pleinement actives dans les domaines de la documentation des langues, de l'éducation indigène, et de la formation de nouveaux professionnels. Les conditions d'exercice de la discipline dans le pays seront, bien sûr, déterminantes à cet égard.

POUR EN SAVOIR PLUS

Cabral, A. S. A. C. 2002. Natureza e direções das mudanças de alinhamento ocorridas no tronco Tupí. In Queixalós, org., *Ergatividade na Amazônia* 15-7.

Cabral, A. S. A. C. 2002. Sobre as línguas indígenas do Marajó. In Simões, M. do S., org., *Entre rios e florestas : o Marajó - um arquipélago sob a ótica da cultura e da diversidade*. Belém : UFPA. Pp. 327-348.

Gomes, D. M. 2002. Paralelismos morfossintáticos entre Mundurukú e Tupí-Guaraní. In Cabral & Rodrigues, orgs., 2002.1:234-242.

Praça, W. N. 2002. Negação de constituinte topicalizado em Tapirapé. In Cabral & Rodrigues, orgs., 2002.1:413-418.

Queixalós, F. 2001. Le suffixe référentiel en émerillon. In *Noms et verbes en tupi-guaraní : état de la question*, In Queixalós, F. (ed.), *Studies in Native American Languages* 37, Munich, LincomEuropa, pp. 117-132.

Viana, A. 2002. Predicação nominal em Karajá. In L. dos Santos & I. Pontes, orgs., *Línguas Jê : estudos vários*. Londrina : Editora UEL. Pp. 57-75.

Société, ville et économie



Au Brésil, pays-continent de plus de 8,5 millions de km², la question des distances est omniprésente : 15 700 km de frontières terrestres et 7 600 km de côtes, une organisation interne encore lâche, un réseau routier aux mailles larges surtout au Nord et à l'Ouest, une distribution de la population qui laisse de vastes espaces inoccupés. 50 millions d'habitants en 1950, 170 millions en 2000, soit donc une augmentation de 120 millions d'habitants au cours de seulement quatre décennies, la très forte croissance démographique s'est accompagnée d'une explosion urbaine tout aussi impressionnante. Douze villes dépassent un million d'habitants, deux agglomérations en comportent plus de dix millions et 500 villes comptent plus de 20 000 habitants. Près de la moitié de la population du Brésil est concentrée sur moins de 600 agglomérations.

Bien que le Brésil ne soit plus ce que l'on appelait naguère un « pays neuf », la structuration de son espace n'est pas encore consolidée : urbanisation rapide, migrations, réalisation d'infrastructures lourdes (routes amazoniennes, grands barrages, villes nouvelles), etc. L'existence d'une frontière agricole alliée à l'extraordinaire croissance urbaine induit d'importants mouvements migratoires avec ce que cela suppose d'organisation du monde du travail et de changement dans la répartition des activités sur le territoire.

L'ensemble de ces mutations fait du Brésil un terrain propice au développement de recherches en sciences sociales. L'étude des populations, de leur répartition territoriale, les questions identitaires et l'appréhension de leur place dans le processus de mondialisation, le développement urbain et ses conséquences d'un point de vue social ainsi que son impact sur l'environnement, sont autant de problématiques que l'IRD et ses partenaires brésiliens se donnent à développer afin de fournir aux politiques locales les outils nécessaires aux prises de décisions, toutes aires confondues.

En ces temps de crise mondiale et de crispations identitaires, les équipes franco-brésiliennes cherchent à expliquer le développement des « Entreprises religieuses » comme le Pentecôtisme, qui viennent bouleverser le paysage des religions traditionnellement existantes, tant en Afrique (au Bénin notamment) qu'au Brésil.

La croissance urbaine a, depuis les années 60, transformé le paysage des villes et de leurs périphéries. Cette nouvelle population urbaine tente de s'acclimater à ce nouvel environnement. Une équipe de chercheurs s'attache à étudier l'évolution du lien social, au travers d'indicateurs comme l'emploi, le transport, le logement et la famille. Recentrées sur l'étude de la périphérie de São Paulo, les recherches tendent à comparer deux époques, deux générations : celle de la croissance urbaine (1960-1980) et celle, contemporaine, marquée par le néo-libéralisme et la mondialisation.

Cependant, au-delà des conséquences sociales, cette croissance urbaine a un impact important sur l'environnement. Il est donc naturel d'étudier les effets de la transformation urbaine, tant sur les espaces que sur les sociétés, par une lecture des processus d'émergence des risques, des vulnérabilités et de valorisations et/ou dégradations patrimoniales

Le développement économique local est aussi une problématique que cherchent à étudier l'IRD et ses partenaires. En effet, le niveau local des activités et de leur environnement institutionnel acquiert une importance nouvelle sous l'effet de processus lourds et convergents. D'un côté, le processus de décentralisation administrative et politique au Brésil, de par son organisation fédérative, donne aux collectivités territoriales des responsabilités importantes en matière de développement local. De l'autre, on assiste à l'accentuation de la globalisation des économies. Ces deux processus éclairent la place et la fonction du « local » dans son rapport au « global ».

Enfin, toutes ces transformations de l'espace national – migration, urbanisation, recherche d'identités – ne pourraient être correctement étudiées sans l'intervention des géographes. Dans ce sens, comme une discipline transversale, la géographie apporte un regard nouveau sur les problématiques présentées ci-dessus. Que ce soit en termes d'occupation des sols ou de répartition de la population par exemple, les recherches géographiques offrent un panorama général de la situation actuelle. Des outils, développés dans le cadre du partenariat franco-brésilien, permettent d'étudier la réalité sociale au niveau du pays considéré dans son ensemble.

SOCIÉTÉ ET TERRITOIRE AU BRÉSIL : 20 ANS DE RECHERCHE EN COOPÉRATION

Conventions CNPq, PUCRio-ABC / IRD

IRD/UR021 – Philippe Waniez

PUC – Cesar Romero Jacob

IRD : Dora Rodrigues Hees

Autres institutions partenaires : Institut de Recherche Economique Appliquée (1997-2001), Université Fédérale de Rio de Janeiro (2002-2004)

Le Brésil a été successivement qualifié et dans une terminologie désormais désuète, à la fois de “pays en voie de développement” et de “Nouveau Pays Industrialisé” avec un modèle de développement qui apparaît souvent comme désintégrateur de l’organisation spatiale préexistante. Le Brésil serait une “Belindia” au sein de laquelle se juxtaposeraient des régions au niveau de vie moyen proche de celui de la Belgique et d’autres proches de l’Inde. Même si le Brésil peut être considéré comme une “puissance régionale émergente”, les niveaux de développement économique des régions qui le composent demeurent très inégaux : le rythme accéléré de la modernisation conservatrice rejette les petits producteurs, le modèle urbanoindustriel venant de São Paulo s’étend tout en concentrant les revenus et en accentuant les écarts sociaux... Toutes les questions relatives à l’organisation de l’espace se heurtent ainsi à des problèmes structurels récurrents qu’on retrouve à différentes échelles : développement très inégal des activités économiques, imbroglie foncier, poches de misère. Le développement durable et plus équitable du pays passe nécessairement par la connaissance et la maîtrise du territoire national.

Le caractère massif et rapide des changements territoriaux provoque un tel bouillonnement qu’il interpelle sans cesse les géographes en les incitant à renouer avec une certaine tradition, celle qui consiste à informer les citoyens sur les transformations de l’espace national. Ce rôle d’expert est l’une des manifestations de ce “savoir penser l’espace” que les géographes peuvent légitimement revendiquer dans le “concert” des sciences sociales. La compréhension des recompositions du territoire considéré comme l’un des

produits de l’activité sociale est tout aussi indispensable à la connaissance des sociétés que l’Histoire. Le territoire est “élément du système social, et révélateur de ce système”. Il faut ainsi montrer en quoi les problèmes auxquels sont confrontées les sociétés présentent une composante territoriale. De ce point de vue, aucun phénomène social ne devrait échapper à la sagacité du géographe. L’accent mis sur certains problèmes plutôt que sur d’autres résulte aussi des orientations des politiques de coopération scientifique et technique plus ou moins explicites. On aboutit ainsi à un faisceau de problématiques au sujet desquelles on postule que la méthode géographique doit permettre d’avancer des solutions. Une telle connaissance est censée être utile aux acteurs sociaux, à commencer par les gouvernants qui, s’ils disposent en général d’une information économique abondante, apparaissent souvent démunis face aux dimensions spatiales des politiques qu’ils ont à mener, ce qui les conduit fréquemment à les ignorer purement et simplement...

Les résultats de recherche rapidement présentés ici ont été obtenus au cours de la décennie 1995-2005. Ces travaux, qui ont pris appui sur des études antérieures portant notamment sur la région des Cerrados réalisés avec l’EMBRAPA, tentent de représenter différents aspects de la projection de la société brésilienne dans son espace national. Les questions étudiées s’inscrivent souvent dans un contexte social d’urgence, et c’est parfois sous la pression des soubressauts de la vie politique et sociale que ces recherches ont été entreprises. Elles ne visent pas à établir une connaissance encyclopédique de la géographie du Brésil,



mais tentent d'apporter, de manière plus ciblée, une contribution spécifiquement géographique aux débats qui traversent une société soucieuse de justice sans pour autant parvenir à limiter le nombre de laissés-pour-compte. Pour révéler les composantes spatiales de ce "mal développement" chronique, trois thèmes ont été retenus : les conditions de vie, les transformations du secteur agricole, et le renouveau du pluralisme religieux et politique. On trouve dans cette thématique des questions aussi importantes que celles de la pauvreté, de la Réforme Agraire, du retour à la démocratie.

Développement du Système pour l'Analyse des *Municípios* Brésiliens, Samba 2000

Le principal intérêt des méthodes et techniques développées est de permettre l'observation de la réalité sociale au niveau du pays considéré dans son ensemble ce qui relevait encore de la gageure à la fin des années 1980. L'informatique joue un rôle central pour établir des statistiques à partir d'informations individuelles, pour analyser les tableaux ainsi élaborés afin d'en représenter la synthèse sous forme de cartes. Cette approche, devenue "classique" dans la mesure où elle fait désormais partie de la boîte à outils du géographe, n'apparaissait pas si banale, il y a une dizaine d'années seulement, et nos collègues brésiliens ont souvent souscrit avec enthousiasme aux efforts déployés pour "suivre", ou même mieux, pour "accompagner" les transformations en cours dans le pays.

Une première version de ce système avait été réalisée, dès 1993 sur des moyens informatiques lourds. Son principal intérêt résidait dans le rassemblement des principales sources de données économiques et sociales publiées par l'Institut Brésilien de Géographie et de Statistique, IBGE, au niveau le plus fin accessible à l'époque, les *municípios*. C'est notamment dans la perspective d'un développement de ce système à des fins de recherche en géographie que l'IBGE a passé convention avec l'IRD (encore Orstom à l'époque). En 1995-1996, le logiciel a entièrement été réécrit pour fonctionner sur micro-ordinateur. De nombreuses données récentes ont été ajoutées : enquêtes agropastorales, recensements démographiques, résultats électoraux...

Samba 2000 couvre la totalité des *municípios* du Brésil, tout en permettant des extractions régionales. Il est organisé en trois niveaux :

- le niveau 1 (6 000 variables) constitue la base de données standard comprenant notamment les recensements démographiques et agricoles, ainsi que les résultats des enquêtes sur les productions agricoles;
- le niveau 2 (2 000 variables) renferme les données rassemblées en collaboration avec l'Institut de Recherche Économique Appliquée, IPEA et l'Université Fédérale de Rio de Janeiro; on trouve dans ce niveau des informations relatives à la Réforme Agraire et aux budgets communaux;
- le niveau 3 (1 500 variables) résulte de recherches en cours; il s'agit essentiellement des résultats électoraux depuis le début des années 1990.

À ces données s'ajoute une collection de fonds de cartes numérisées, directement utilisables avec le logiciel Philcarto et correspondant à cinq années : 1985, 1991, 1993, 1997, 2002.

Le système Samba 2000 a connu plus qu'un succès d'estime : la multiplication des demandes de fourniture du système (logiciel et données) émanant de nombreux organismes (universités, centres de recherche, agences d'aménagement régional) a continué jusqu'en 2001. Bien que l'IBGE ait considérablement amélioré la diffusion des données qu'il produit via Internet, Samba 2000 continue à être utilisé dans le cadre des recherches en cours avec la PUC Rio.

POUR EN SAVOIR PLUS

Droulers M., Waniez P., 1995. Un SIG nommé Samba. *Hérodote*, 15 page et 4 cartes.

Waniez P., 1997. Samba 2000 : un produit de la coopération France-Brésil pour analyser les dynamiques du territoire brésilien. *Lusotopie*, pp. 481-487.

Théry H., Brustlein V., Waniez P. Processus et formes d'occupation du territoire en Amazonie, 12p. in *Environnement et développement en Amazonie Brésilienne*. Belin, 208 p.

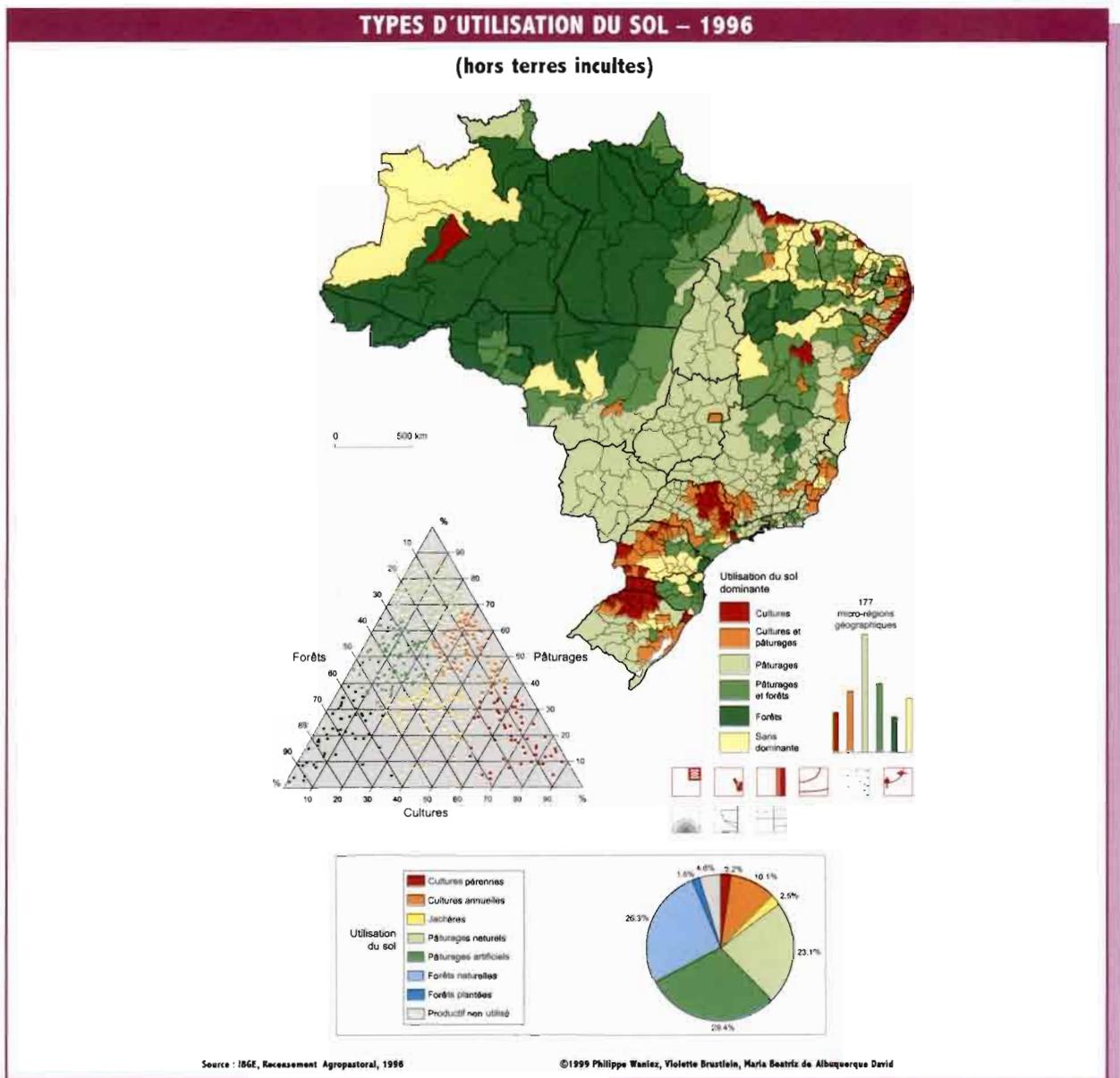
Waniez P., Brustlein V., Hees D., 2002. *Comunicação cartográfica. O mapeamento dos resultados eleitorais no Brasil*. Rio de Janeiro, Ed. PUC & Loyola, 111 p. + CD-Rom

Castro I.E., Waniez P., Brustlein V., 2003. As finanças locais como reveladoras do crescimento econômico e obstáculos territoriais no Brasil. *Revista Brasileira de Administração Municipal Municípios*, n°244, pp. 40-48.

Agriculture et Réforme Agraire au Brésil

Cette collaboration, entre économistes agricoles et géographes a été fructueuse. Un important résultat a été obtenu par la confrontation des résultats du Recensement agricole de 1996 avec ceux de 1985. Rappelons que l'agriculture brésilienne était caractérisée depuis les années 1950 par une expansion rapide des surfaces cultivées et des pâturages, ce qui en a fait le principal producteur de denrées agricoles latino-américain. L'évolution observée de 1975 à 1985 avait prolongé, en le renforçant, le modèle traditionnel du développement de l'agriculture brésilienne fondé sur la

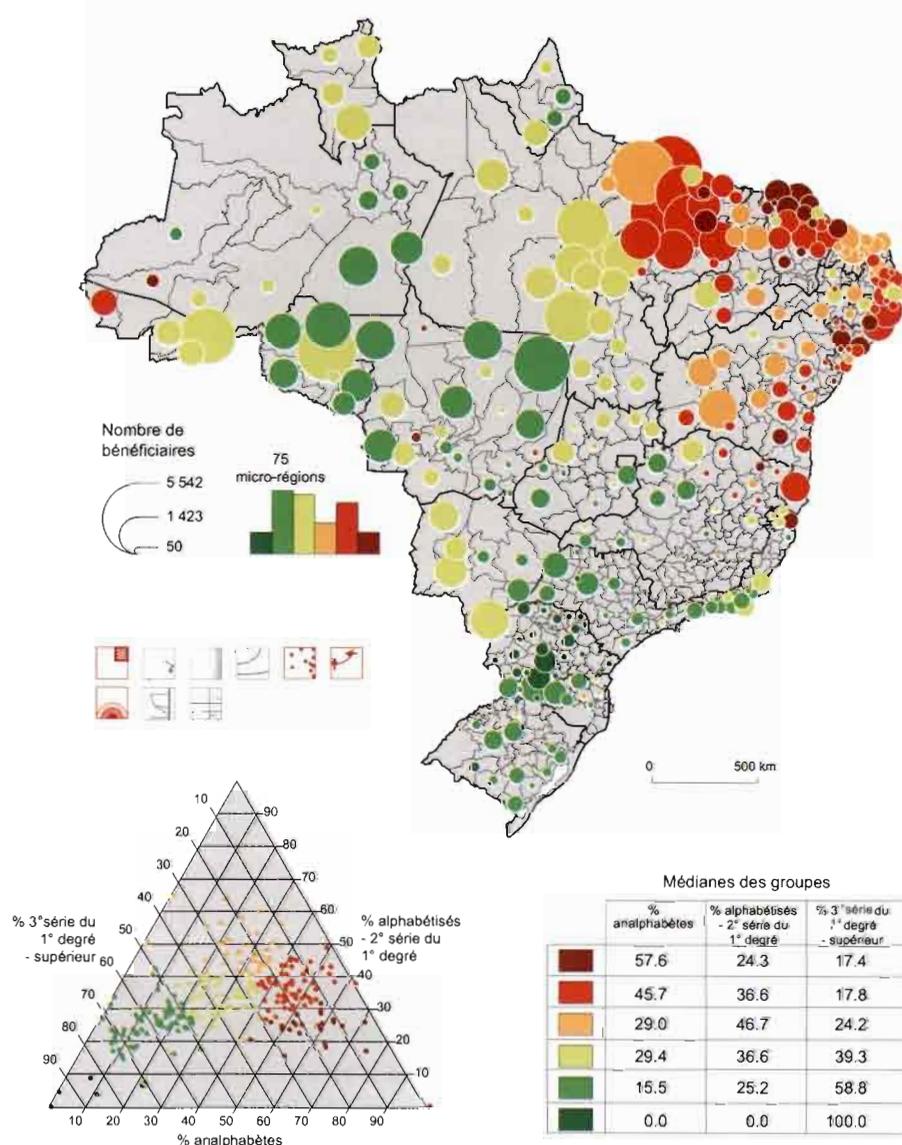
conquête permanente de nouvelles terres dans les régions pionnières, désignées sous le vocable "régions de frontières". Dans le même temps, la superficie des exploitations, toutes formes d'utilisation du sol confondues, mais hors terres incultes, s'était accrue de 46 millions d'hectares (+15%). Or, on assiste depuis le début des années 1990 à un renversement de tendance, d'abord suggéré par les enquêtes annuelles de production agricole, puis attesté par le Recensement agropastoral réalisé en 1996 par l'IBGE. Nos travaux ont porté sur l'analyse du processus de différenciation spatiale, si elle se confirmait au cours des prochaines années constituerait une "bifurcation" historique.



L'avancée spectaculaire des fronts de colonisation dans les années 1980 exprimait la mentalité pionnière des paysans brésiliens ; les déprises observées depuis 1990 traduisent de réelles difficultés de survie. Une nouvelle forme d'expression collective a pris naissance aux confins de l'État du Paraná : les occupations illégales de terres conduites par le Mouvement des Travailleurs Ruraux Sans Terre, MST. Autour de ce mouvement, se sont cristallisées de nombreuses revendications pour l'accès à la terre et pour l'exercice de la citoyenneté. Le Gouvernement Brésilien s'est

engagé dans une politique volontariste de Réforme Agraire. Pour asseoir cette politique sur des informations concrètes, le Ministère de la Réforme Agraire a réalisé en 1996 un Recensement de la Réforme Agraire. Nous avons pu accéder aux données individuelles de ce recensement, avant même la diffusion des premiers tableaux. Ceci nous a permis d'établir une cartographie détaillée portant sur la situation foncière des différents lots de terre ainsi que sur les caractéristiques socio-économiques des bénéficiaires de la réforme.

NIVEAU DE SCOLARITÉ DES BÉNÉFICIAIRES DE LA REFORME AGRAIRE – 1996



Source : 1^{er} Recensement de la Réforme Agraire du Brésil - 1996

©1997 Philippe Wanlez, Violette Brustlein, Maria Beatriz de Albuquerque David

POUR EN SAVOIR PLUS

David M. B. de A., Waniez P., Brustlein V., *et al*, 1999, Transformaciones recientes en el sector agropecuario brasileiro, lo que muestran los censos. Santiago de Chile, Naciones Unidas, Comisión Económica para América Latina y el Caribe, Col. Libros CEPAL n°53, 127 p.

Waniez P., Brustlein V., David M.-B. de A., 1999, Les mutations récentes de l'espace agropastoral brésilien. *Mappemonde*, pp. 26-35.

David M.-B. de A., Brustlein V., Waniez P., 1997, Atlas dos beneficiários da reforma agrária. *Estudos Avançados*, n°31, pp.51-68.

David M.-B. de A., Waniez P., Brustlein V., 1997, Situação social e demográfica dos beneficiários da Reforma Agraria. *Revista Brasileira de Estudos de População*, V.14, n° 1/2 jan./dez. pp. 169-184.

David M.-B. de A., Waniez P., Brustlein V., 1998, Situação social e demográfica dos beneficiários da Reforma Agraria : um Atlas. *Os assentamentos de Reforma Agraria no Brasil*, pp. 114-152. Brasília (DF), Fundação Universidade de Brasília.

La géographie électorale du Brésil

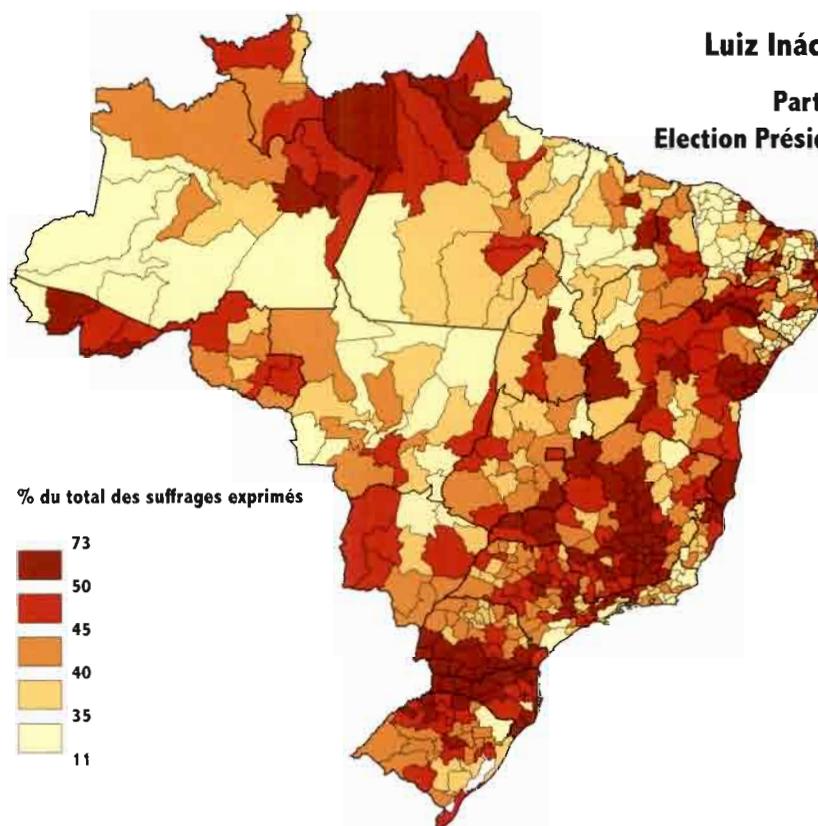
Depuis les travaux pionniers d'André Siegfried au début du siècle, la géographie électorale est devenue une activité courante pour nombre de politologues, sociologues et géographes intéressés par l'expression électorale. Dans un pays démocratique, cette expression peut être considérée comme un instantané des rapports de forces politiques et sociaux ; pour le géographe, elle donne une image, généralement fortement structurée, de la combinaison de ces rapports de force avec le territoire. Au-delà de son aspect le plus immédiat, celui de communication des résultats le soir des élections, la géographie électorale constitue une entrée sur les structures et les dynamiques territoriales au même titre

que les conditions de vie ou les activités économiques. Cette approche permet d'observer les rapports entre permanence (souvent fascinante) et ruptures (souvent brutales) révélatrices de transformations profondes parfois difficiles à appréhender sous une forme aussi synthétique que le permet l'analyse des résultats scrutins dans l'espace et dans le temps, et leur mise en relation avec d'autres indicateurs économiques et sociaux plus classiques.

Commencée à la veille de l'élection présidentielle brésilienne d'octobre 1998, la collaboration avec l'Université Catholique de Rio de Janeiro, PUC-Rio a donné lieu à de nombreuses publications, tant au Brésil qu'en France. Nos recherches communes se sont attachées à mettre en évidence le jeu des alliances politiques et leur projection territoriale. Ainsi, nous avons été amenés à examiner le rôle joué par les élections municipales (décalées de deux ans par rapport à l'élection présidentielle) dans un pays où aucun candidat à la Présidence ne peut l'emporter sans appuis locaux. Les logiques que nous avons mises en évidence ont particulièrement bien fonctionné lors de l'alternance de 2002, quand Luiz Inácio Lula da Silva a été élu à la Présidence de la République Fédérative du Brésil, ce qui est sans nul doute un de ces changements majeurs que la géographie électorale peut contribuer à comprendre. Nos analyses ont été reprises par certains des principaux quotidiens (*O Globo*, *Jornal do Brasil*, *Correio Braziliense*, *Estado de São Paulo*) et hebdomadaires du pays (*Carta Capital*, *Istoé*, *Valor Econômico*). Ils ont permis d'éclairer le lectorat de ces journaux, qui dépasse très largement le monde de la recherche en sciences sociales, sur les aspects territoriaux des élections locales et nationales...

L'équipe brésilienne de la PUC-Rio participe au groupe de recherche sur les élections en Amérique latine qui s'est constitué au sein du CREDAL-IHEAL. Ce groupe qui a tenu deux séminaires s'est donné pour objectif la réalisation d'un Atlas électorale de l'Amérique latine, largement basé sur les méthodes de recherche et les techniques cartographiques mises au point sur le Brésil. Une première étape a été franchie par la publication d'un copieux dossier (plus de 200 pages) publié par la revue brésilienne ALCEU qui rend visibles les avancées de l'ensemble des équipes de recherche au travail dans une dizaine de pays d'Amérique Latine.

Luiz Inácio Lula da Silva
Parti des Travailleurs
Election Présidentielle de 2002
Premier tour



Source : Tribunal Supérieur Electoral

©2003 Cesar Romero Jacob, Dora Rodrigues Hees, Violette Brustlein, Philippe Waniez

POUR EN SAVOIR PLUS

Jacob C. R., Waniez P., 1997. A eleição presidencial de 1994 no Brasil : uma contribuição à geografia eleitoral. *Comunicação e Política*, Vol IV, pp.17-86.

Jacob C. R., Hees D., Waniez P., Brustlein V., 2000. As Eleições Presidenciais no Brasil pós-ditadura militar: continuidade e mudança na geografia eleitoral. *Alceu*, n°1, pp. 102-151.

Jacob C. R., Hees D., Waniez P., Brustlein V., 2000. Novo Atlas Eleitoral do Brasil. *Alceu, Alceu*, n°1, CD-Rom, 900 planches de cartes.

Waniez P., Brustlein V., Jacob C. R., Hees D., 2000. Les élections présidentielles dans le Brésil de la « Nouvelle République ». *Lusotopie*, pp. 537-577.

Jacob C. R., Hees D., Waniez P., Brustlein V., 2002. As Eleições municipais e sua influência nas disputas eleitorais. *Alceu*, n°5, pp. 135-181.

Waniez P., Brustlein V., Jacob C.R., Hees D., 2002. Après l'élection de Lula, une nouvelle géographie électorale du Brésil?. *Problèmes d'Amérique Latine*. Paris, n° 46/47, pp. 157-177.

Jacob C. R., Hees D., Waniez P., Brustlein V., 2002. Atlas das Eleições Presidenciais e Municipais no Brasil. *Alceu*, n°5, pp. 135-181 + CD-Rom.

Jacob C. R., Hees D., Waniez P., Brustlein V., 2003. As Eleições presidenciais de 2002 no Brasil : uma nova geografia eleitoral?. *Alceu*, n°6, pp. 287-327.

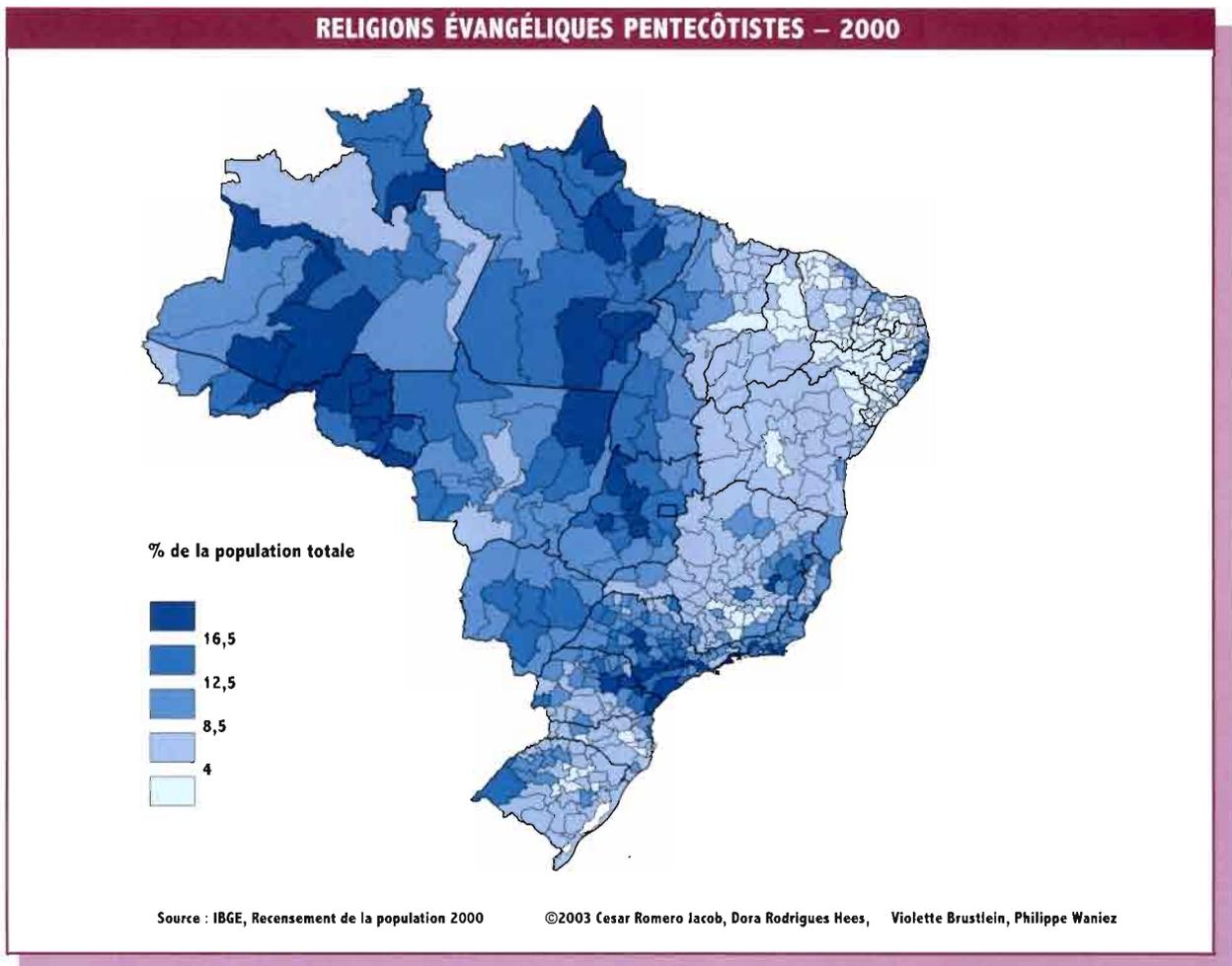
Jacob C. R., Hees D., Waniez P., Brustlein V., 2003. Mapas Eleitorais da América Latina. *Alceu*, n°6.

Le changement religieux au Brésil

Les résultats du recensement démographique réalisé en 2000 par l'IBGE montrent une tendance lourde de la société brésilienne à la diversification des appartenances religieuses et, consécutivement, le déclin progressif du pourcentage des catholiques dans la population totale depuis le début des années 1980. La montée du pentecôtisme constitue le fait dominant de la diversification religieuse qui caractérise le Brésil depuis la décennie 1980. Cette évolution, d'une visibilité accrue par le caractère souvent extraverti de la liturgie, ou de la publicité faites par certaines églises ou sectes, trouble bien des brésiliens, soit qu'ils y voient une forme de déviance par rapport à la religion "traditionnelle", Catholique Romaine, soit qu'ils s'inquiètent de l'encadrement des populations défavorisées par ce qu'ils considèrent comme une forme de "populisme

spirituel" capable d'embrigader les masses en faveur de solutions plus que douteuses aux problèmes – aigus – auxquels la société brésilienne doit toujours faire face : pauvreté, violence, etc.

En raison du fractionnement extrême des "sociabilités" pentecôtistes, il est difficile d'avoir une vision exhaustive de l'ensemble des églises. Le recensement 2000 distingue 15 Églises pentecôtistes différentes, ce qui apparaît incomplet, sachant qu'à Rio de Janeiro seulement, on estime leur nombre à une trentaine... « À un pôle se développent des Églises proches des traditions de la Réforme (Églises luthérienne, presbytérienne, méthodiste, etc.). À l'autre pôle, se trouvent des sociétés pentecôtistes véhiculant des traditions religieuses endogènes, telle Igreja Universal do Reino de Deus, (Église Universelle du Royaume de Dieu). Entre ces deux pôles une infinité de mouvements religieux charismatiques ».



Le questionnaire n°2 du recensement démographique comprend une question sur les appartenances religieuses dans l'ensemble du Brésil. Il s'agit en fait d'un sondage réalisé à un taux variable (de l'ordre de 10 à 15% de la population), et comprenant un grand nombre de questions relatives à la population et au logement qui ne sont pas abordées dans le questionnaire principal (n°1) à laquelle toute la population doit répondre. Grâce aux liens tissés par la PUC-Rio avec l'IBGE qui réalise les recensements, nous avons eu accès aux réponses individuelles du sondage (rendues anonymes), soit environ 20 millions de fiches (dites microdados, micro-données). Pour le traitement de ces fiches, un logiciel spécifique a été programmé ; il a permis d'étudier la répartition géographique des différentes religions, jusqu'à un niveau de détail relativement fin, intra-urbain, permettant notamment de mieux analyser les variantes socio-économiques au sein d'un même groupe. Nous avons ainsi observé que l'érosion de l'Église Catholique résulte de mouvements de plus ou moins grande amplitude selon les régions. L'identification de ses espaces de force et de faiblesse dans le pays permet de constater que l'Église Catholique s'adapte mal aux recompositions en cours sur le territoire national, notamment dans ses deux principales formes : l'intégration des franges pionnières et l'urbanisation.

POUR EN SAVOIR PLUS

Waniez P., Brustlein V., 2001. Os muçulmanos no Brasil: elementos para uma geografia social. *Alceu*, n°2, pp 155-180.

Waniez P., Brustlein V., D. Hees, 2001. Os recenseamentos demográficos : uma fonte de informação sobre a filiação religiosa no Brasil. *Revista Europea de Información y documentación sobre América Latina (REDIAL)*, n°8-9, pp. 5-22

C. R. Jacob, D. Hees, Waniez P., Brustlein V., 2003. *Atlas da filiação religiosa e indicadores sociais no Brasil*. Rio de Janeiro, Ed. PUC & Loyola, 240 p.

Waniez P., Brustlein V., Jacob C.R., Hees D., 2004. Déclin du catholicisme et changements religieux au Brésil. Ce que dit le recensement démographique de 2000. *Problèmes d'Amérique Latine*. Paris, n° 52.

IDENTITÉS, MONDIALISATION ET RELIGIONS : COMPARAISON AFRIQUE-BRÉSIL

Convention CNPq/IRD

IRD/UR107 – Emmanuelle Kadya Tall

UFMG – Pierre Sanchis

Equipes : Marion Aubrée (EHES), Stefania Capone (CNRS), Patricia Birman (UERJ), Régina Novaes (UFRJ), Maria Rosario Gonçalves de Carvalho (UFBA)

Une excellente illustration du rapport identités/mondialisation nous est offerte par le développement spectaculaire, au Brésil comme en Afrique, des Eglises pentecôtistes ou des groupes charismatiques qui viennent bousculer aussi bien les Eglises catholiques ou protestantes établies que les cultes de possession traditionnels ou syncrétiques et les Eglises prophétiques autochtones. Or, on constate en même temps que les nouveaux pasteurs et les nouveaux "croyants" se heurtent avec force à toutes les formes de néo-traditionalismes ou de néo-paganismes où se réinventent l'identité noire, indienne ou africaine. Ce défi invite donc les chercheurs à relancer la comparaison Afrique - Brésil en confrontant les dynamiques religieuses en présence et leurs enjeux sociaux et politiques.

La problématique mise en œuvre ici est fortement liée à l'idée que les « mobilisations identitaires » actuelles résultent de l'affaiblissement des Etats et de l'irruption au sein même de l'espace public d'un imaginaire politique du mal qui fait écho à l'impasse des politiques.

Pour appréhender l'expansion actuelle des pentecôtismes, le succès des cultes afro-américains ou des religions néo-africaines, on parlera d'entreprises religieuses. L'expression vise à souligner le fait que les logiques de fondation, d'implantation et d'expansion des nouveaux cultes ou des nouvelles Eglises s'apparentent désormais à celles de l'investissement, sur un marché, d'entrepreneurs de biens de salut et de guérison. Ces entreprises religieuses sont productrices de ressources identitaires et la conversion offre aux individus une opportunité d'identification sociale autant qu'une réponse à la quête d'un mieux-être personnel.

Se pose également la question de la contemporanéité des mondes religieux. La modernité religieuse, africaine et

brésilienne, se conjugue désormais au pluriel et fait du retour à la tradition la plus pure un enjeu actuel. Le nouveau paysage religieux associe, de manière incongrue, prétention universaliste et particularisme, retour à la pureté des traditions et bricolage syncrétique, religion du Livre et culture de la transe. Les acteurs religieux que nous fréquentons vivent désormais par le biais des médias et des échanges dans un seul et même horizon d'expérience et au rythme d'une même temporalité. Mais simultanément la mondialisation encourage la cohabitation ou le télescopage en un même lieu, dans un même temps, d'une multiplicité d'univers religieux. On assiste à la fois à la transnationalisation de certaines cultures religieuses périphériques, et à une fragmentation à l'extrême des identités religieuses établies liée au souci d'indigénisation ou de reterritorialisation.

Dans ce nouveau contexte, trois champs d'alternatives majeures méritent d'être retenus : (i) universalisme/particularisme ; (ii) politique de synthèse et anti-syncrétisme ; (iii) mouvements de masse et itinéraires individuels.

Les néo-traditionalismes qui entreprennent de réactiver des cultes ancestraux ou des religions ethniques locales promus au rôle de matrices d'identité (type religion yoruba ou culte vodun), croisent des entreprises qui font plutôt le choix de l'appropriation des ressources des religions mondiales à prétention universaliste et de l'investissement dans les jeux de leurs différences (catholicisme noir, christianisme africain).

Les stratégies de marquage de l'identité religieuse sont également confrontées au choix d'une politique affichée de la synthèse ou de l'adoption d'une posture de dénonciation des dérives syncrétiques au nom du retour à l'authenticité de la tradition ou de la défense de l'intégrité de la révélation.

Enfin, ces mouvements religieux de masse qui cassent les religions d'appartenance sont inséparables des tentatives de re-communautarisation au sein de petites Eglises et les phénomènes spectaculaires d'adhésion collective sont aussi à comprendre en termes de conversions religieuses et d'itinéraires thérapeutiques individuels.



Pour mieux comprendre le rapport des familles et des individus à ces nouveaux espaces de mobilisation religieuse, une autre approche du religieux doit alors être mise en œuvre. Le recours aux biographies familiales permet d'analyser la logique microsociale de la fondation des cultes, leur migration, et de leur implantation en milieu rural et urbain. L'étude des parcours de croyance et des itinéraires religieux de guérison éclaire la logique des conversions qui répondent à la prolifération de ces nouvelles Eglises. Le recueil de données fait également appel à l'observation de la vie culturelle des groupes concernés, aux entretiens systématiques avec les leaders, les fidèles et adeptes de base, les consultants, et au partage de la vie quotidienne des familles engagées. Appréhender les dynamiques religieuses collectives d'adhésion ou de résistance à partir des itinéraires biographiques d'échec, de crise et de conversion, permet d'articuler la compréhension de l'expérience subjective et la lecture des transformations sociales et culturelles en cours.

Entreprises religieuses et conversions identitaires : expansion pentecôtiste, cultes afro-brésiliens et identité sociale

Les recherches se sont articulées autour d'interrogations complémentaires visant à rendre compte des dynamiques religieuses contemporaines en Afrique et en Amérique Latine. Trois types d'entreprises religieuses ont ainsi été couvertes, nettement spécifiées, mais inséparables au regard de la problématique et également investies ou traversées par la plupart des chercheurs : l'expansion pentecôtiste en Afrique et au Brésil, le développement des religions « néo-africaines » au Bénin et les entreprises de réafricanisation des cultes afro-brésiliens.

Les recherches menées sur les religions afro-brésiliennes et sur les cultes vodun au Bénin ont étudié des mouvements religieux ou des entreprises culturelles qui doivent de plus en plus négocier aussi bien leur ancrage national que leur expansion transnationale avec des Etats qui ont compris tout l'intérêt d'une politique du patrimoine culturel et religieux, notamment pour le tourisme culturel.

Expansion pentecôtiste, cultes de possession et syncretisme

Ce projet qui s'inscrit dans la continuité du précédent s'est plus particulièrement penché sur la question de la transnationalisation du religieux sous différentes formes. En effet, si l'expansion néo-pentecôtiste s'appuie largement, du moins en Afrique et dans une moindre mesure au Brésil, sur

des appuis logistiques et financiers nord-américains, les cultes de possession ont compris que pour survivre sur le marché du religieux, il leur fallait sans cesse inventer et recréer des traditions qui puissent attirer une clientèle issue de la diaspora africaine. C'est pourquoi tant au Bénin qu'au Brésil, les chefs de culte s'ingénient à créer ou réactiver des traditions qui font écho aux quêtes identitaires de la militance culturelle noire au Brésil et des afro descendants aux USA et dans les Caraïbes.

Par ailleurs, toutes les Eglises qui s'affrontent aujourd'hui au sein de l'espace public se livrent à un travail de conversion/guérison des identités individuelles qui va de pair avec un processus plus global de conversion religieuse du politique attesté par les politiques de pardon et de la réconciliation nationale visant à exorciser les démons, en particulier ethniques. L'imaginaire religieux du pentecôtisme se révèle un puissant vecteur de toutes les formes de populisme identitaire en Afrique comme au Brésil.

POUR EN SAVOIR PLUS

Carvalho, M. R. G., 1998 – "A baía de Todos os Santos no século XVI sob o olhar jesuítico", in *Memorial Pirajá, História, Natureza e Cultura. Parque metropolitano de Pirajá*, Salvador, Ed. do Parque : 37-51.

Novaes, R. C. R., 2003 – "Salmos e Versículos Bíblicos na TV : para falar de outros sincretismos". *Teoria e Sociedade : Passagem de Milênio e Pluralismo Religioso na Sociedade Brasileira*. Belo Horizonte, n. especial, p. 105-111.

Birman, P., 2003 – "Futilidades levadas à sério : o candomblé como linguagem religiosa do sexo e do exótico." In : VIANNA, Hermano. (Org.). *Galerias Cariocas : territórios de conflitos e encontros culturais*. 2.ed. Rio de Janeiro.

Sanchis, P. 2003 – "A graça e a Gratidão", *Teoria e Sociedade*, num. esp., pg. 158-171.

Aubrée, M., 2004 – "Quel rapport à l'ethnicité pour les filiales européennes de l'E.U.R.D. ?" (in) J.P. Bastian (éd.) : *La recomposition des protestantismes en Europe latine – entre émotion et tradition*, éd. Labor et Fides, Genève, pp. 299-314.

Capone, S. 2005 – "Recherche scientifique ou engagement religieux ? Le dilemme des religions afro-américaines", *Regards des Amériques*, n°8, avril-juin.

Tall, K., 2003 – "Las nuevas empresas de la religión : la generación actual de los jefes de culto en Cotonou (Benín) y Salvador (Brasil)", in Alès C. et Chiappino J. (eds) *Caminos Cruzados. Ensayos en Antropología Social, Etnoecología y Ethnoeducación*, IRD/ULA GRIAL, 137-149.

SÃO PAULO, RECOMPOSITIONS SOCIALES ET RECOMPOSITIONS URBAINES : QUELLES INTERACTIONS ?

Convention CNPq/IRD

IRD/UR105 – Robert Cabanes

USP – Vera da Silva Telles

USP : Eliane Alves da Silva, Rafael Godoi, Carlos Henrique Ferreira Carvalho, Sílvia Ferreira, Carlos Freire, Patrícia Freitas, Ana Paula Lavos, José Cesar Magalhaes, Carolina Sampaio, Daniel Veloso Hirata

Ce projet fait suite à un autre programme (2001-2003) élaboré dans le même cadre institutionnel et davantage axé sur les mobilités urbaines. Il prolonge une recherche effectuée dans le cadre d'une convention Cedec-Orstom (1984-1987) portant essentiellement sur les formes de socialisation par le travail. Par la suite, divers programmes ponctuels ont été réalisés concernant les modalités des transferts de technologie entre la France et le Brésil, ainsi que les capacités d'innovation en matière de gestion municipale. Le retour actuel sur des problématiques élaborées dans les années 1980 s'attache à évaluer les transformations de fond relatives aux catégories sociales les plus affectées par les changements contemporains. Dans cette optique, la recherche est davantage centrée sur des quartiers en difficulté, et la socialisation par le travail se réfère davantage au travail informel qui concerne une proportion croissante de la population. Cette même donnée conduit à accorder une importance plus grande aux transformations internes à la famille, première instance sociale affrontée aux transformations actuelles.

Le choix du **travail** comme matrice des transformations sociales s'impose inéluctablement étant donné les modifications drastiques qu'il est en train de subir avec la vague dite de la mondialisation néo-libérale. Le rapport au travail se restructure sous les formes les plus diversifiées ; l'emploi est de plus en plus difficile à trouver et il doit même souvent être 'créé' par celui qui en cherche. L'ensemble des rapports familiaux et générationnels en est affecté. Au-delà, sont remises en chantier les fonctions économiques de nombreux territoires urbains et les formes de socialisation syndicale

qui les accompagnaient. L'objectif est de comprendre les nouvelles formes d'*individuation* qu'il promeut, les réseaux sociaux qu'il suscite, la transformation des territoires qu'il opère, incluant parfois des formes d'internationalisation (Coréens et Boliviens dans le textile).

En s'appuyant sur les observations et analyses effectuées 10 à 15 ans plus tôt, l'objectif est de comprendre et de comparer **deux époques, deux générations**, et les modalités de passage de l'une à l'autre. Travail, logement, vivre en ville, famille, action sociale et politique constituent autant de facettes des transformations qui modifient le rapport au monde social. Cette appréhension de la complexité de la réalité sociale, au-delà du recueil des données bibliographiques, statistiques et géostatistiques s'appuie sur un axe méthodologique essentiel, le recueil de récits de vie de familles composées de générations qui habitent, parfois, sous le même toit.

Le choix des **lieux de la ville** répond à quelques critères de base qui permettent de couvrir les situations les plus typiques (parmi les couches sociales les plus affectées par l'évolution actuelle) en matière de composition urbaine : quartiers anciens d'étroite union entre production et habitation, où la production aujourd'hui s'efface ; quartiers-dortoirs anciens ou



récents ; quartiers d'étroite connexion avec les modernités et les emplois de la ville globale. Dans chacun de ces espaces, les formes d'habitat sont loin d'être homogènes et peuvent être très diversifiées (logement autoconstruit, consolidé ou fragilisé, éventuellement sous forme de favela, logement proposé par les pouvoirs publics : maisons individuelles, immeubles en copropriété, habitat locatif).



© IRD/IR, C. L. B. 2015

Première période : Une croissance urbaine exacerbée

La première période est celle de la croissance urbaine par la migration de toutes les régions du pays, mais plus massivement du Nord-Est vers São Paulo et sa région métropolitaine, dès la deuxième moitié des années 1960 et jusqu'à la fin des années 1980.

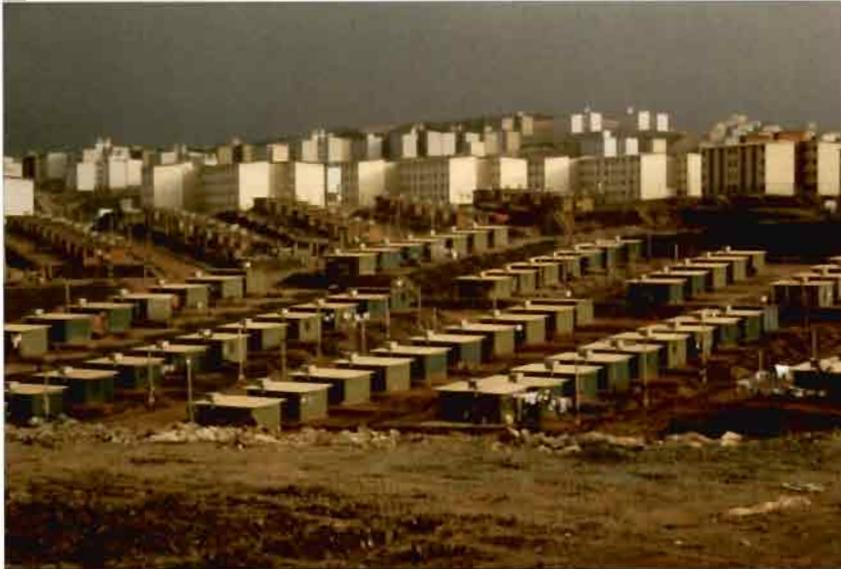
L'emploi paraît inépuisable, le travail dur, mais accessible ; la mobilité professionnelle est vive, mais démultiplie l'expérience. La formation ne pose pas de problèmes et l'apprentissage « sur-le-tas » est valorisé tant du côté patronal que du côté ouvrier. Le système de formation professionnelle est cependant utilisé dans toute la mesure de ses capacités. Les trajectoires décrivent une mobilité sociale ascendante forte ou raisonnable. Il y a bien sûr des « laissés-pour-compte » mais ils sont comme effacés dans le paysage par une croissance économique qui leur permet de survivre.

Le logement n'est pas facile et la ville s'étend, bien au-delà de la capacité des politiques publiques, par l'autoconstruction dans des périphéries de plus en plus excentrées. C'est le moment de la constitution des grands mouvements sociaux urbains qui revendiquent les équipements de base de la vie quotidienne : eau et électricité, transports, crèches et écoles, dispensaires et hôpitaux, réseaux d'assainissement. C'est aussi le moment des grandes manifestations syndicales qui signalent la naissance de fortes identités ouvrières, et qui en s'articulant aux mouvements sociaux urbains, définissent les milieux populaires comme de nouveaux acteurs de l'histoire. Ils contribueront, pour partie, à la fin du régime militaire.

Dans ce mouvement, une nouvelle forme de **famille** urbaine naît en milieu ouvrier, largement indépendante de ses racines d'origine, et dont la stabilité semble se fonder d'abord sur la stabilité de l'emploi. Le contrôle des naissances et la forte réduction du nombre d'enfants dans la génération migrante, l'accès croissant des femmes au travail salarié, la poursuite de la scolarisation des enfants jusqu'au niveau du secondaire, modifient les rapports de genre et entre générations dans un sens plus égalitaire. Même si l'évolution des familles est diversifiée, l'ordre patriarcal ne semble plus à l'ordre du jour.

L'objectif est d'analyser l'articulation entre les formes d'accès au travail et à l'habitation. Cette articulation, très diversifiée, n'est pas analysable en termes macro-spatiaux : les processus de ségrégation socio-spatiale opèrent à une échelle fine et les dynamiques sociales qui en sont issues peuvent renvoyer autant à une 'harmonieuse' complémentarité fonctionnelle entre couches sociales différentes et voisines, qu'aux phénomènes bien connus de violence urbaine. C'est cette imprévisibilité ou cette contingence de la violence (la plupart du temps cataloguée trop vite et de manière générique comme un stigmate des pauvres) qu'il s'agit d'expliquer.

Sur un autre registre et à une autre échelle, celle de la famille, c'est la même question à laquelle il faut répondre ; qu'est-ce qui explique que certaines familles 'plongent' dans la détresse alors que d'autres maintiennent leur réseau d'existence sociale ?



Les HLM paulistes hésitent entre une verticalisation modérée et un retour à l'horizontal individuel

Les **récits** relatifs à cette période ont pour la plupart un parfum de conquête : conquête d'identité par le travail, de citoyenneté par l'intégration dans la ville et la nation, conquête d'une vie privée hors des contraintes de la grande famille ; conquêtes qui se correspondent et se renforcent. Le sous-prolétariat urbain n'en est pas là, mais il aspire à ce modèle économique et culturel ; et cette aspiration n'est pas un rêve (plus de 70% des travailleurs salariés possèdent la *carteira* (de travail) ; ils seront moins de 40% dans la deuxième période.)

Deuxième période : le temps des déconstructions sociales et individuelles

La deuxième période, celle qui débute clairement au début des années 1990 avec la secousse néolibérale du Président Collor et qui se poursuit jusqu'à l'heure actuelle, pourrait presque être opposée, point par point, à la première.

Les difficultés de l'accès à l'**emploi**, le développement du chômage et du travail précaire ou incertain, la fréquence des ruptures d'emploi développent la pauvreté et la vulnérabilité sociale, augmentent les risques de pertes d'identité sociale, soulignent la difficulté de structurer des projets de vie

(et pas seulement de travail) à moyen ou court terme. L'ensemble de ces déconstructions sociales et individuelles ont pour effet d'accroître la demande de formation aux niveaux de l'enseignement secondaire et supérieur. Une offre privée se présente, de peu de qualité, qui n'empêche en tout cas ni le développement du chômage ni celui du travail précaire et informel, alors que l'exigence du niveau de formation a brutalement augmenté par rapport à la génération précédente et que se précise la

montée du chômage des intellectuels.

Le développement du narco-trafic est devenu une opportunité économique ordinaire. Sans doute cette activité existait tout autant dans la période précédente, mais semble-t-il avec moins d'intensité. Actuellement le trafic est pourrait-on dire intégré : par ceux qui y participent, par les habitants qui apprennent comment le côtoyer en évitant ses risques, par la police qui sait et qui n'intervient qu'après les coups durs. Au point qu'il est, de fait, toléré comme élément structurant de l'économie. Cette capillarité forcée, entre des univers différents et opposés, a de fortes incidences sur la structure de la vie familiale, sur la vie locale, et sur de nombreuses activités, productives ou ludiques.

Le **logement** reste toujours un problème malgré la diminution des migrations ; ce sont les enfants des premiers migrants, de ceux qui n'ont pu ou su voir avec assez d'ampleur leur projet de logement, qui cherchent à se reloger dans les périphéries extrêmes à l'Est et au Sud de la ville. Hors légalité la plupart du temps car les dispositifs publics ne peuvent faire face à l'ampleur du problème. L'ambiance n'est plus aux grands mouvements revendicatifs citoyens parallèles à ceux du mouvement syndical, mais aux mouvements ciblés et précis sur des projets déterminés d'occupation de terrains, ou maintenant d'immeubles inoccupés en centre ville. La même évolution se poursuit en ce qui concerne les équipements urbains, les postes de santé, les écoles. Ces difficultés, associées à celles de l'emploi, rendent compte des phénomènes de mobilité sociale descendante.

La **famille** est soumise à une forte tension. À un extrême, les difficultés développent la coopération et l'égalité internes ; la cohabitation de plusieurs générations sous un même toit s'observe, en attendant que les jeunes (dont l'âge s'avance inexorablement) s'insèrent durablement sur le marché du travail. À l'autre extrême ce sont les drames et les effondrements d'une structure corrodée par un manque permanent de ressources, les conflits familiaux qui reprennent la forme des rapports hiérarchiques traditionnels de pouvoir ou qui les contestent violemment, quand ce n'est pas par la prison ou la mort violente des jeunes.

Élément nouveau de cette période, la présence, au cœur des périphéries les plus extrêmes, des **équipements de consommation** sophistiqués (supermarchés et shopping centers) et la naissance de l'endettement généralisé par la carte de crédit. Outre la fonction réelle de ces équipements, qui renvoie pour beaucoup de personnes à une expérience d'impuissance et de frustration, s'exerce une fonction imprévue : ces équipements constituent pour les jeunes des pôles de sociabilité et de référence symbolique dans une impossible aspiration à la modernité qu'il s'agit de recréer de manière différente, dans les expressions culturelles musicales par exemple. Expérience urbaine nouvelle, propre à cette génération, à l'opposé des CEU (*Centro de Educação Unificado*), surgis dans les périphéries de la ville durant ces 4 dernières années, monuments publics de l'enseignement, qui fournissent, autour de l'école, des équipements accessibles de modernité culturelle.

D'un autre côté le **tissu socio-politique urbain** se maille de plus en plus finement. Longtemps paralysé par le régime militaire et l'interruption des processus électoraux, ce maillage se constitue avec la reprise des élections dans la deuxième moitié des années 1980 et le vote de la nouvelle Constitution de 1988. La fonction d'assesseur se déploie autour des députés d'Etat, des députés fédéraux et des conseillers municipaux. Ces assesseurs se recrutent parmi les 'lideranças comunitarias' ou personnalités populaires de quartier, qui peuvent aussi travailler dans les programmes d'assistance de l'Etat ou des municipalités ou organiser les mouvements, citoyens ou clientélistes, les plus divers, à travers les associations et les organisations non gouvernementales. Par la suite s'y ajoutent dans les années 1990, les élus (parfois rémunérés) représentants de la société civile dans les conseils municipaux spécialisés (*conselho tutelar, conselho de habitação, conselho de saúde* ²..), puis dans les années 2000 les délégués et conseillers du budget



participatif. Un premier moment à partir de la moitié des années 1980 a vu nombre de militants des mouvements urbains de la fin des années 1970 et du début des années 1980 occuper ces fonctions ; par la suite, ce seront des personnalités locales, issues de la base. Le nombre de candidats à ces fonctions croît de manière inattendue avec l'accroissement des demandes d'assistance portées par la période néolibérale. Ces postes sont quasiment devenus des occasions de travail dans l'esprit, toujours, du 'service rendu' (parfois payant) en échange de 'reconnaissance attendue', reconnaissance sociale en vue d'une éventuelle carrière politique. Au gré des majorités politiques, réseaux de droite et de gauche s'entrechoquent, se détruisent, se mêlent. D'autres, en association avec les investissements privés issus de la loi sur la responsabilité sociale des entreprises, ou en articulation avec des ONG de dimension internationale, deviennent des acteurs du dit 'troisième secteur' associant initiative privée, initiative publique et mobilisation des habitants. Cependant une seule lecture politique de ces dynamiques serait réductrice. La grande majorité de ces acteurs, issus 'du peuple', sont souvent guidés par des stratégies de travail ou de simple reconnaissance sociale. Le langage courant comme la conceptualisation universitaire définissent de manière imprécise les rapports sociaux structurant ces nouvelles activités. Il convient de rester attentif à la diversité des trajectoires et des inscriptions territoriales de ces acteurs.

D'une génération à l'autre, qu'est-ce qui s'hérite et se transmet ? Comment la génération aînée présente sa propre expérience et comprend l'expérience actuelle de la génération suivante ? A sa place et pour ses enfants ? Quelles leçons tire-t-elle de sa propre histoire pour la seconde génération ? Comment la génération actuelle voit l'expérience des pères et des mères : entre admiration, indifférence, inutilité, hostilité, quels sont les héritages qu'elle conserve et ceux qu'elle rejette ? Ce jeu de regards croisés ne peut s'observer qu'au sein des unités familiales, dans des entretiens individualisés.

¹ Centre d'Education unifié

² Conseil de tutelle, conseil d'habitation, conseil de santé

Puisque la déqualification du travail porte en elle la requalification du territoire urbain, quel sens prend ce nouveau réel du travail, passablement élargi et offert à l'expression des individus. Dans ce refus de sécurité porté par la société salariale et l'insécurité croissante (qui n'a rien à voir, par son ampleur, avec ce que nous connaissons dans les pays qui pilotent, même en second rang, la mondialisation), l'expérience de travail semble renvoyer chacun à un isolement individualiste. Ce n'est, semble-t-il, qu'apparence : avec l'individu, il y a tout le maillage socio-politique et par-dessus tout la famille, que les difficultés de l'heure, dans leurs effets opposés, semblent plutôt renforcer que fragiliser. Les développements actuels du fait religieux, dimension importante de la vie privée, soutiennent une forte immobilité sociale sur la base d'une 'théologie de la prospérité'³, et appuie (à leur insu ?) la vision individualiste imposée par le néolibéralisme dans le domaine du travail. Un champ de contradictions s'ouvre, qui détermine les changements en cours.

L'intérêt d'une étude de l'ensemble de ces dimensions de la vie populaire urbaine vient du fait qu'elles sont interactives. Les récits biographiques familiaux sont absolument nécessaires pour étudier cette interactivité. Par la manière d'établir ou de couper les ponts entre les différents domaines de la vie, par le rapprochement des angles de vision des différents membres de la famille, leurs oppositions, concordances, chevauchements, se donnent à observer à la fois la description et l'interprétation de la réalité énoncée par les acteurs eux-mêmes, ainsi que les stratégies possibles, probables et improbables, plus collectives ou plus individuelles, des uns et des autres. Il est évident que la méthodologie d'enquête utilisée dans ce cadre, pour libérer la parole, respecter et utiliser les associations d'idées,



Vue de la ville de São Paulo

rentrer dans les détails explicatifs, ne peut être l'œuvre de chercheurs débutants ou non formés et que la formation à cette technique nécessite un encadrement rapproché des étudiants par les enseignants-chercheurs.

On peut attendre de cette étude qu'elle éclaire d'un jour plus précis les conditions sociologiques dans lesquelles prennent place les politiques d'emploi, les politiques sociales, les politiques foncières et de gestion urbaine, puisqu'elles décrivent et analysent les interactions réciproques entre ces politiques publiques et un maillage social et territorial dense, mais où les stratégies familiales apparaissent de plus en plus comme un noyau dur, le renforcement de l'espace privé se nourrissant, paradoxalement, des multiples incertitudes du maillage socio-politique.

POUR EN SAVOIR PLUS

Cabanes R., Le Goff, J.L. , Queiroz, S. , Walter, J. - 1994 - La coopération technologique internationale, (Ed C. Durand), Ed. De Boeck, Université, Bruxelles, Chap 10, 209-224, Chap 13, 269-290.

Cabanes R., Copans, J., Selim, M. - 1995 - Salariés et entreprises dans les pays du Sud m contribution à une anthropologie politique, Ec. Karthala, Introduction et chapitres 1, 4, 13

Cabanes, R. , Lautier, B. - 1996 - Profils d'entreprises au Sud, le politiques de gestion face aux cultures et aux statuts, Ed. Karthala, Introduction et Chapitre 8.

Cabanes, R. - 2001 - Une ville par tous, nouveaux savoirs et nouveaux métiers urbains, l'expérience de Fortaleza au Brésil, Ed. Charles Léopold Mayer, Paris, 81 p.

Cabanes, R. - 2002 - Travail, famille, Mondialisation, Récits de la vie ouvrière à São Paulo Brésil, Ed IRD Karthala, 480p.

Cabanes, R. , da Silva Telles, V. - A paraître (2005) - São Paulo em movimento, Ed Humanitas

³ Marion AUBREE, Un néo-pentecôtisme brésilien parmi les populations immigrées en Europe de l'Ouest, *Anthropologie et Sociétés*, vol27,n° 1,2003 :65-84. La relation directe entre Dieu et le fidèle s'établit par la dîme et diverses sortes 'd'offrandes' et 'sacrifices' dont il espère un retour, matériel et spirituel.

ENVIRONNEMENT URBAIN

Convention CNPq/IRD

IRD/UR029 – Dominique Couret

UnB/NEUR – Marcia de Andrade Mathieu

UNB/NEUR : Nelba Azevedo Penna, Igeez Ferreira Costa Barbosa, Neli Aparecida de Mello, Aldo Paviani, Marília Luiza Peluso, Marly Santos Da Silva, Marília Steinberger, Ana Maria Vasconcelos Nogales

Autres institutions partenaires : UNESCO-Brésil, Municipalités de Goïanias et de Palmas

La question environnementale est aujourd'hui le défi majeur du développement urbain. De plus en plus nombreux sont les acteurs qui se mobilisent autour de cette question, des plus grandes institutions financières internationales jusqu'aux petites associations de quartier, en passant par les ONG et les autorités municipales. Tous font évoluer les pratiques sociales et les modes de gestion de l'environnement des villes. Pour cette raison, la recherche urbaine ne doit pas rester absente d'un champ d'investigation, aujourd'hui essentiel à la compréhension de la propre dynamique des villes et de leur gestion actuelle et future.

Ce thème de l'environnement urbain est une problématique récente de l'IRD, puisque ce n'est qu'en 2001 qu'une équipe de chercheurs décide d'explorer cette problématique pionnière pour approcher les effets du développement urbain, tant sur les espaces que sur les sociétés. Il s'agit d'observer la transformation urbaine par une lecture d'une part des processus d'émergence et de déploiement des risques et vulnérabilités et, d'autre part, des dynamiques de dégradation versus valorisation patrimoniales qu'ils impulsent à leur tour. Confrontées au rôle des choix et formes du développement dans la question environnementale urbaine, les recherches participent au grand débat actuel sur le développement, développement durable, viable, soutenable, partagé et équitable, planétaire et local.

L'environnement urbain est abordé d'abord comme un construit social, dans ce sens il ne se réduit pas à la nature en ville et comprend :

- l'appréhension de tout ce qui est construit, organisé et produit par l'homme et sa vie en société,
- des interrogations sur la transformation urbaine en termes :

- de risque en tant que conscience d'une menace, d'un danger éminent ou de simple perte et intégrant donc tous les choix, pratiques, stratégies et politiques de prévention et de préservation ;
- de dynamique de préservation patrimoniale, l'objet de celle-ci pouvant être aussi bien un élément physique ou un lieu, un mode d'usage ou d'organisation que la société urbaine désire conserver, valoriser, transmettre... Ce qui pour elle et dans l'existant vaut le coup d'être conservé, transmis, utilisé, amélioré, ...

La transformation urbaine est tout à la fois source d'innovations, de mutations et de recompositions mais aussi de disparitions, dégradations, vulnérabilités, déstabilisations et précarisations, pour tout ce qui l'environne ou lui préexiste : le milieu naturel, les autres mises en valeur (rurales, industrielles, ...) des territoires, la ville elle-même, les populations et leurs modes de vie, les sociétés et leurs structures d'encadrement. Ces bouleversements et changements peuvent s'avérer être à leur tour perçus comme des facteurs de dommages et de risques pour les populations.

Par ailleurs, le développement urbain s'accompagne de politiques de gestion et de mouvements sociaux d'organisation, d'aménagement, de prévention, de conservation et transmission qui s'attachent tant à des éléments d'origine naturelle qu'à des produits de l'action humaine. Ceci introduit le rôle crucial des représentations sociales comme des choix politiques et la participation forte d'enjeux collectifs de sécurité et de conservation dans la formalisation des risques et du patrimoine.

La transformation urbaine crée les conditions d'émergence de risques et le patrimoine émerge de la prise de conscience d'une menace de perte.



Dans le contexte brésilien, la question environnementale est particulièrement importante, au delà des problèmes de la déforestation en Amazonie. L'ensemble des grandes villes brésiliennes connaît en effet des problèmes importants d'inégalité d'accès à la ville et de fait la qualité de vie urbaine est médiocre pour une majorité de la population urbaine. Habitat urbain comme équipements sont largement déficitaires. L'environnement urbain présente des dysfonctionnements, des vulnérabilités et des dangers qui sont porteurs de risques importants tant pour le fonctionnement de l'organisation urbaine que pour les populations qui y vivent. Elaborer des diagnostics environnementaux urbains pour les villes brésiliennes apparaît comme un objectif approprié pour la recherche urbaine.

La planification urbaine : trois villes différentes, trois situations environnementales urbaines différentes

Le projet de recherche "Gestion Environnementale Urbaine dans Trois Villes du Centre-Ouest Brésilien" se propose de développer une étude comparative de l'environnement urbain des villes de Palmas, Goiânia et Brasília qui ont en commun d'avoir été planifiées. Il s'agit de répondre à deux questions principales :

- Les planifications pratiquées dans les trois villes ne sont pas similaires, en quoi aboutit-on à trois situations environnementales différentes?
- Du fait de cette planification les dysfonctionnements et risques générés par l'urbanisation de l'environnement sont-ils différents, voire moindres, par rapport à des villes non planifiées?

Bien que Palmas ne se trouve pas dans la région Centre-Ouest, telle qu'elle est définie par l'IBGE, son inclusion se justifie dans cette étude dans la mesure où cette ville a été créée, fondamentalement, en vertu de son insertion dans la dynamique d'occupation de cette région articulée autour de Brasília et des routes qui relient la capitale fédérale aux autres régions du pays.

Les villes en question ont été implantées à des époques différentes. Goiânia a été inaugurée en 1933, Brasília, en 1960 et Palmas en 1989. A chacune de ces époques correspond une façon particulière d'aborder les questions



relatives à l'environnement dont les aspects spécifiques sont étudiés dans ce projet. La question fondamentale est de savoir si la planification a produit des environnements urbains différents ou si les conséquences environnementales se ressemblent, indépendamment du type de planification et de la façon d'aborder l'environnement.

L'étude comparée de l'environnement urbain dans les villes de Goiânia, Brasília et Palmas, permet d'accompagner l'évolution des formes de production et d'usage du sol urbain, à partir de l'action d'agents sociaux divers et d'après la planification initiale.

A Goiânia, les forces économiques et sociales ont déformé le plan initial, donnant chaque fois davantage de pouvoir aux pratiques sociales en relation au pouvoirs publics, dans l'organisation de l'occupation du sol urbain. À Brasília, capitale dotée de ressources importantes, la planification a créé un espace urbain constitué de deux ensembles : le Plan Pilote et les villes du District Fédéral (DF). A Palmas, malgré le rôle encore très atténué de la planification, on observe déjà un espace central occupé par les nantis et une périphérie déficiente où des villes anciennes ont été transformées en villes dortoirs.

Les villes étudiées apparaissent ainsi comme un exemple des grandes tensions provoquées par les divers usages du sol, envisagés sous l'angle de l'environnement urbain, dans lesquelles ont proliféré des quartiers pauvres, insalubres, et très souvent situés en zones de risque naturel. Ce processus consacre le triomphe de la spéculation immobilière et foncière engendrée par une croissance urbaine accélérée et fondée sur le libre jeu du marché.

L'agent public apparaît passablement impuissant devant les facteurs de dégradation de l'environnement urbain, malgré quelques prises de conscience récentes à l'échelle municipale. Le problème, alors, est que les villes en question ne sont pas seulement le produit d'une évolution non contrôlée par les pouvoirs publics mais aussi le résultat d'un processus qui a débuté avec la décision de l'Etat de créer une ville nouvelle, planifiée dans son organisation et son espace. A partir de là se sont installées des relations conflictuelles entre les agents publics et les autres agents qui construisent l'environnement urbain. Si l'environnement produit dans ces villes présente des similarités, on ne peut cependant pas oublier les spécificités locales.

Goiânia, Brasília et Palmas ont subi l'influence de la dynamique régionale et du contexte social, économique, politique et territorial local. Ainsi, à Brasília, la proposition initiale a dû être adaptée à la forte pression des courants migratoires internes nationaux et, plus récemment, à la modernisation de la campagne dans la région. Le cadre politique de centralisation du pouvoir, durant le régime autoritaire, fut un facteur de plus pour accentuer la dualité territoriale de la capitale. Par ailleurs, les grands Axes Nationaux d'Intégration et Développement, prévus pour les prochaines années, particulièrement l'axe Araguaia/Tocantins, exerceront certainement une influence directe sur Palmas et indirecte sur Goiânia et Brasília. Il sera important d'étudier les conséquences de ces grands axes sur l'environnement urbain des trois villes.

Le projet se propose de produire de nouvelles connaissances sur la thématique de l'environnement urbain, de mettre au point des instruments de gestion pour les villes étudiées et, enfin, de former des professionnels dans le secteur de gestion de l'environnement. Il s'agit de professionnels des gouvernements locaux et d'étudiants de divers niveaux de l'Université de Brasília (Département de Géographie et autres).

En raison de limitations financières, il n'a pas été possible d'aboutir à la réalisation concrète de la totalité des travaux envisagés.

Cependant, l'équipe brésilienne envisage de maintenir son association avec l'IRD par le biais d'un nouveau programme – « Brasília : la question environnementale urbaine et la préservation du patrimoine de l'humanité » – en convention avec l'UNESCO-Brésil.

Ville et patrimoine : l'exemple de Brasília **Quelles politiques futures pour le plan pilote, patrimoine de l'humanité ?**

Le *Plano Piloto* de Brasília est inscrit dans la Liste du Patrimoine Mondial par la résolution de l'UNESCO du 7/12/1987. Ce patrimoine est une ville qui se distingue par un ensemble architectonique moderne avec ses monuments, par le plan urbanistique qui définit l'usage du sol, l'accès aux biens et services, la densité de population, les normes de construction et de circulation et un projet social de qualité de vie et d'accession à la résidence. C'est aujourd'hui la partie centrale d'une agglomération dynamique de 3 millions d'habitants.

La connaissance produite jusque là sur Brasília montre que le développement de la ville et son expansion territoriale est porteur de risques pour le patrimoine urbanistique et pour le projet initial. Depuis le début, le projet urbanistique a été protégé, mais la protection elle-même a engendré des vulnérabilités non prévues. Aussi, a-t-on considéré nécessaire et opportun de développer une recherche orientée vers les risques encourus par le patrimoine architectural et environnemental, résultant de la gestion de la production et de la consommation actuelle du sol urbain à Brasília.



© IRD/C. Aubertin

Il nous semble nécessaire d'insister sur le fait qu'il existe actuellement une lacune dans les études sur Brasília. Si un certain nombre des études menées jusque là traite soit de la ville, soit du patrimoine, aucune n'aborde de front la relation pourtant essentielle entre les deux. Ce lien est cependant important puisque le patrimoine classé est aujourd'hui au cœur de l'une des agglomérations urbaines parmi les plus grandes du Brésil.

En conséquence, l'étude que nous proposons est à la fois une contribution importante et originale pour la préservation du patrimoine classé. Elle sera également essentielle dans la recherche de réponses aux enjeux majeurs que sont les rapports entre la partie classée et l'agglomération dont le développement se poursuit dans un contexte économique, social et urbain mal maîtrisé.

L'objectif de cette convention UNESCO, est de fournir un texte explicatif, de cartes, de figures et de données, montrant comment la ville classée se situe en relation à

l'ensemble de l'agglomération urbaine, les vulnérabilités de ce patrimoine, les risques inhérents à l'entretien du modèle urbanistique et de la qualité de vie dans l'ensemble de la ville.

Il s'agira : d'évaluer l'action des politiques et des plans tournés vers la préservation du patrimoine et apprécier comment ceux-ci ont contribué à la formation d'une agglomération urbaine ; de vérifier les conditions de vie et d'urbanité, dans l'ensemble de l'agglomération et comment ils se mettent en relation avec le projet initial de la ville ; de montrer comment la ville classée se situe en relation à l'ensemble de l'agglomération urbaine et comment les facteurs de risque environnemental (social et naturel) affectent la préservation du Patrimoine de l'Humanité et la durabilité de la ville idéalisée ; de mieux connaître les vulnérabilités de ce patrimoine et les risques relatifs à sa durabilité. Enfin ses éléments seront fournis aux gestionnaires du patrimoine et aux planificateurs de la ville.

POUR EN SAVOIR PLUS

Couret, D., 2002. Un réseau international sur l'environnement urbain : une réponse possible au besoin actuel d'un nouveau mode d'approche scientifique de la question urbaine », *revue NSS Vol. 10 N°3*, p 54-59.

De Andrade, M. R., Ferreira Costa Barbosa, I., 2005. Brasília un patrimoine Mondial en devenir local, *Géographie et culture* n° décembre, Paris.

De Andrade, M. R., Ferreira Costa Barboasa, I., Couret, D., (éditeurs), à paraître 2006, Brasília : Ville fermée, environnement ouvert, Coll. *Latitude 23*, IRD éditions, Paris.

Metzger, P., Couret, D. et URBI, 2002. « La ville durable côté Sud: entre utopies et pratiques », dans *Développement Durable ? Doctrine, pratiques, évaluations, textes réunis et présenté par Martin Jean Yves*, IRD éditions, pp. 161 à 181

Paviani Aldo (éditeur), 1997, *Brasília : moradia e exclusão*, Editora Universidade de Brasília : 189/212

Paviani, A. (éditeur), 1999. *Brasília, gestão urbana : conflitos e cidadania*, Editora da UnB : Brasília : 135/144

LE DÉVELOPPEMENT SOCIO-ÉCONOMIQUE LOCAL AU BRÉSIL

UNE THÉMATIQUE MONTANTE PORTANT SUR DES DÉFIS CONTEMPORAINS

Convention CNPq/IRD

IRD/UR023 – Yves-André Fauré

IE/UFRJ – Lia Hasenclever

IRD : Mathieu Bécue

IE/UFRJ : René Louis de Carvalho, Renata Lèbre La Rovere, Luiz Martins de Melo, Patricia Moura Ferreira, Leonardo Marco Muls, Isleide Rosário Maeda, Rodrigo Silva Lopes dos Santos

Autres partenaires : João Lizardo Hermes de Araújo, Edmar Luiz Fagundes de Almeida, Fábio Stefano Erber (IE/UFRJ), Marco Aurélio Crocco (UFMG), Cecile Raud Mattedi (UFSC), Jair do Amaral (UFC), Gesinaldo Ataíde Cândido (UFPB)

Les opérations de recherche décrites succinctement ici se réfèrent à la nouvelle problématique du développement local qui englobe et donne sens à différentes dimensions du changement socio-économique contemporain incluant tant les transformations affectant les systèmes productifs et particulièrement ceux des agglomérations d'activités que les évolutions touchant leur contexte institutionnel.

S'il demeure évident que l'échelle macroscopique ou nationale, des politiques publiques, des orientations économiques notamment, détermine encore largement les conditions locales des activités (les taux d'intérêt et de change, les réglementations du travail, la fixation du salaire minimum, l'organisation des marchés et les règles de la concurrence, etc.), le niveau local des activités et de leur environnement institutionnel acquiert une importance nouvelle sous l'effet de processus lourds et convergents.

Le résultat de ce double mouvement est assez clair : alors que les règles, les facteurs et les moyens qui conditionnent les activités économiques peuvent se trouver plus ou moins semblables au plan national, force est de constater que les situations locales, en terme d'actions et d'initiatives ou de résultats – par ex. du point de vue de la croissance économique – sont sensiblement variées sans que ces différenciations puissent s'expliquer par le jeu de dotations inégales en facteurs naturels ou par les effets de ressources spécifiques héritées. Si les conditions d'évolution des contextes socio-économiques locaux relèvent aussi de facteurs particuliers, cette idiosyncrasie n'empêche pas de pouvoir isoler et mesurer, à partir des expériences

locales, un certain nombre d'éléments mettant en lumière aussi bien des facteurs de convergence que de différenciation dans les parcours des *municípios* objets de l'étude.

D'un côté, on assiste à une accentuation de la globalisation des économies – qui ne se limite pas au phénomène de mondialisation renvoyant à l'expansion des formes marchandes et à l'interdépendance des divers marchés – qu'on peut définir comme un processus de décomposition d'économies jusque-là régulées à l'échelle des Etats-nations et de leur réarticulation au sein d'un système de transactions opérant directement au plan international. Cette définition, empruntée à l'école économique de la régulation, est heuristiquement plus satisfaisante en ce qu'elle éclaire la place et la fonction du « local » dans son rapport au « global ». Relativisant l'échelle nationale-étatique elle éclaire la mise en concurrence croissante des territoires productifs localisés dans le contexte d'échanges globalisés.

De l'autre, le processus de décentralisation administrative et politique – qui a connu, au Brésil, dans le cadre d'une organisation fédérale ancienne, un renouveau avec la Constitution de 1988 auquel a été associé le mouvement municipaliste – a donné aux collectivités territoriales (Etats de la fédération et *municípios*) des moyens matériels, des compétences juridiques et, finalement, des responsabilités importantes en matière de développement local.



Outils conceptuels et mode opératoire

L'expression de « développement local » – dont l'étude est précisément justifiée par les tendances rapidement décrites ci-dessus – fait référence à un ensemble de dimensions spatiales, économiques, sociales, culturelles et politiques qui, par leur liaison dynamique, peuvent créer les conditions d'un essor local ou localisé non réductible au seul taux de croissance du produit de la collectivité considérée. Des travaux académiques récents ont mis en évidence trois processus qui lui sont associés : l'endogénéisation, soit la mobilisation et la valorisation des ressources locales de différents types, la territorialisation appréhendée comme un construit organisationnel et interactif, l'institutionnalisation qui, au-delà du complexe des structures encadrant les activités, met l'accent sur les modes de coordination des agents et débordent les seules logiques marchandes.

Au-delà des actions visant la consolidation des territoires productifs et l'amélioration des modes de coordination entre agents et secteurs – publics et privés – un objet central de l'étude a consisté dans l'analyse des conditions de fonctionnement et de transformation des agglomérations d'activités, dont les spécialisations et les formes de coopération interne sont considérées de plus en plus, par la littérature spécialisée, comme susceptibles de répondre aux défis posés par la libéralisation des activités, l'ouverture des frontières, l'élargissement et l'accentuation de la concurrence entre firmes, circuits et réseaux.

Ces agglomérations d'entreprises, généralement constituées d'établissements petits et moyens (PME) éventuellement organisés autour de quelques grandes entreprises, présentent des avantages et disposent de « réserves de croissance » que favorisent tant leur proximité géographique que leur taille. L'approfondissement en leur sein de la division du travail, l'accroissement des relations de coopération verticale et horizontale, la flexibilité de leurs conditions techniques et salariales, les réseaux qu'elles forment augmentent le niveau des externalités positives qu'elles engendrent, compensent les économies d'échelle réalisées par les

grandes firmes, développent une efficacité collective et, pour tout dire, élèvent leur compétitivité d'ensemble. Elles sont appréhendées dans le cadre de nouveaux paradigmes économiques qui vont de l'analyse des formes de la réorganisation productive post-fordiste, dans ses différentes versions de la spécialisation flexible et de la *new competition*, à la mise en évidence des facteurs endogènes et cognitifs dans les processus d'industrialisation diffuse. Elles ont donné lieu à l'élaboration de plusieurs modèles, depuis les districts industriels marshalliens et leur version italienne contemporaine, les systèmes productifs locaux, les *clusters* d'entreprises, et sont actuellement l'objet, au Brésil, de l'attention des pouvoirs publics et des agences de développement autour de la notion d'*arranjos productivos e/ou inovativos locais*¹.

Les chercheurs réunis autour du présent programme ont pour leur part adopté l'expression et élaboré le concept de « **configurations productives locales** », formule mieux adaptée à la réalité du terrain brésilien dont on sait que la population d'entreprises est formée de près de 97% de petits ou très petits établissements et dont les concentrations géographiques et sectorielles n'impliquent nullement un degré élevé de spécialisation technique ni de coopération significative entre unités économiques. Une autre particularité du programme a consisté à s'intéresser aux facteurs sociaux et institutionnels. Ces derniers sont pris à la fois dans leur sens micro relevant de l'individualisme méthodologique, soit les modes de coordination entre agents, et dans leur sens plus holistique, soit les valeurs et les actions collectives, formelles et informelles, ainsi que les organisations qui encadrent les conduites et les activités économiques. Dans une telle perspective néo-institutionnaliste ces facteurs ne sont plus relégués, comme dans l'analyse néo-classique, au rang de variables exogènes mais sont insérés dans les conditions qui orientent le fonctionnement et l'évolution des activités. Parmi ces facteurs, outre l'examen des pouvoirs locaux et des administrations municipales, une attention particulière a été portée sur les nombreux et hétéroclites programmes d'appui visant la modernisation des tissus d'entreprises.

Le programme n'a pas trouvé sa justification dans le seul intérêt de développer une connaissance de type académique. Des raisons pratiques et des intentions finalisées en sont aussi à l'origine qui touchent aux conditions empiriques du

¹ Dispositifs productifs ou innovateurs locaux

développement. Aux motifs généraux évoqués plus haut, liés à l'insertion tardive mais abrupte du Brésil dans l'économie mondiale après une longue période marquée par des politiques de substitution aux importations et de défense du marché interne, se sont ajoutées des considérations propres à l'évolution économique de l'Etat de Rio de Janeiro dont l'essoufflement de la croissance, le poids parfois paralysant de sa métropole-capitale, l'absence de tradition de politiques publiques tournées vers son *hinterland*, les faibles préoccupations d'aménagement du territoire ont ensemble milité pour susciter une exploration approfondie des villes de l'intérieur et des conditions de transformation de leurs bases productives.

Terrains d'études et méthodologie

Les opérations de recherche (mi-2001/mi 2004) ont été conduites dans quatre villes : Campos de Goytacazes, Itaguaí, Macaé et Nova Friburgo. Sur la base d'une méthodologie longuement concertée et commune aux quatre sites. Trois grandes séries d'explorations ont été menées :

- investigations auprès de 500 entreprises, petites et moyennes à l'appui d'un questionnaire fermé substantiel comprenant 850 items après identification, en chaque site, des secteurs les plus pertinents du point de vue des défis et des potentialités de développement local ;
- analyse d'une vingtaine de programmes d'appui et des organisations publiques, semi-publiques, sectorielles et professionnelles les mettant en œuvre ;
- étude des pouvoirs publics locaux et des administrations municipales dans leur rapport à la chose économique.

Résultats

Il ne peut être question de rapporter ici les nombreuses leçons tirées des observations de terrain et ni même de résumer les principales analyses auxquelles ont donné lieu les résultats obtenus. On se contentera de dresser une très sélective liste parmi les enseignements auxquels sont parvenus les chercheurs.

Si le long alanguissement de l'économie de l'Etat de Rio de Janeiro se vérifie aussi bien dans sa capitale-métropole que dans ses villes de l'intérieur, il apparaît que celles-ci ont un peu mieux résisté au déclassement et que, du point de vue des caractéristiques tant des entreprises que des emplois, l'évolution met en évidence des récurrences et convergences mais aussi des particularités et différenciations. Les dominances sectorielles, voire les spécialisations d'activités qu'elles abritent ne les préservent pas pour autant des crises et difficultés et, dans tous les sites, si l'accentuation de la division du travail est une condition de la modernisation des tissus d'entreprises, les défis du développement local impliquent des actions visant l'approfondissement des liaisons intersectorielles et la mise en œuvre de politiques de diversification des activités.

Les entreprises présentent des fonctions peu spécialisées, éprouvent d'importants déficits de formation et de qualification de leurs personnels, employés et dirigeants confondus, innove peu, réservent aux périmètres municipaux une partie, faible, de leurs échanges (approvisionnement et écoulement), sont peu engagées dans des actions de partenariat horizontal (par ex. partage de services communs) et dans des processus d'externalisation et de sous-traitance. Ainsi, en dépit de facteurs apparemment favorables – proximité géographique et concentration urbaine, existence de secteurs dominants voire de spécialisations productives, évaluation majoritairement positive des infrastructures locales, activisme des nombreux dispositifs d'appui incitant aux relations et aux alliances inter-entreprises, etc. – la coopération entre établissements, qui constitue un puissant instrument d'accroissement de leur productivité et de leur compétitivité d'ensemble, demeure à un niveau très faible, encouragé par les valeurs et représentations du petit entrepreneur qui voit dans l'homologue non un partenaire potentiel mais un rival.

Si les dirigeants des PME enquêtées sont bien informés des dispositifs d'appui auxquels ils peuvent accéder – et si ceux-ci sont très nombreux et variés – une assez faible proportion des entreprises participent à leurs programmes et l'initiative de cet engagement relève, majoritairement, des entrepreneurs, révélant ainsi une des défaillances des systèmes de soutien. D'une façon générale les effets des appuis obtenus sont évalués plutôt négativement et ces jugements contribuent au scepticisme ambiant manifesté à l'égard des programmes proposés aux entrepreneurs. Une analyse plus objective fondée sur le traitement des données quantitatives d'enquête et notamment des indicateurs

d'évolution (organisation, investissements, innovations, production, emplois, salaires, etc.) montre cependant quelques différences sensibles entre établissements appuyés et établissements non appuyés plutôt favorables aux premiers. De plus les programmes d'appui paraissent favoriser des entreprises de plus grande taille, plus ouvertes, mieux structurées et des entrepreneurs mieux formés. Mais ces corrélations ne valent pas nécessairement explication et le dynamisme de ces entreprises ne peut que partiellement être imputé à l'action positive des systèmes d'appui. Des observations attentives montrent en effet que les dispositifs d'appui ont tendance à intervenir, par des formes souvent implicites, en faveur des unités proactives déjà situées sur un sentier de croissance.

Quant aux cadres municipaux – autorités et administrations – il a été constaté qu'ils influencent, orientent, soutiennent encore très peu les tissus économiques locaux. Ce n'est pas faute de compétences juridiques et de moyens d'action, notamment fiscaux et budgétaires – même si ces derniers sont forcément limités dans un contexte où perdurent les importants besoins de financement de l'Union. Un mixte de connaissances lacunaires des pouvoirs publics à l'endroit des activités et des besoins économiques locaux, de faible intérêt pour le maintien et le développement des établissements installés et l'attraction d'investissements privés, d'organisation des services municipaux peu adaptée à la gestion des dossiers économiques, d'absence d'une vision d'avenir partagée par les élites agissant dans les arènes locales explique, parmi d'autres facteurs identifiés et décrits par les chercheurs, la faible implication des appareils institutionnels locaux dans le traitement des questions relatives aux activités productives, à la création d'emplois et de revenus. On observe cependant des premières tendances allant dans le sens d'une modernisation des services, d'une meilleure formation des mandataires et des personnels communaux et d'une sensibilité accrue à l'égard des questions économiques. Les exigences croissantes des sociétés civiles municipales – participation aux débats, critiques des projets, expression de

revendications touchant aux emplois, aux infrastructures, etc. – dont l'expression est favorisée par le renouvellement rapide des cycles électoraux dans le cadre de l'affermissement du processus démocratique peuvent conforter ces propensions tendant à faire des collectivités locales des actrices de leur propre développement socio-économique.

L'évaluation positive par une commission mixte franco-brésilienne de la conduite des opérations et des résultats obtenus ainsi que les demandes exprimées par diverses autorités publiques et agences techniques ont conduit les responsables du programme à proposer un nouveau cycle de recherche intégrant les acquis précédents et élargissant les aires d'observation. Ce nouveau programme, intitulé *Etude comparative d'expériences de développement local* approuvé et soutenu par le CNPq-Brasília et par l'IRD, correspond à l'un des principaux thèmes identifiés par les institutions scientifiques françaises et s'inscrit harmonieusement dans les priorités de développement dégagées par les autorités brésiennes.

Ce programme, qui a été lancé début 2005 pour une durée de 3 ans, peut s'analyser comme un dédoublement du premier qui a mis en évidence l'importance des facteurs institutionnels dans les différenciations de dynamiques socio-économiques observées aux échelles locales. Capitalisant les acquis antérieurs, il vise, sur la base d'un approfondissement méthodologique, à amplifier les aires d'analyse en intégrant au champ d'étude plusieurs Etats et régions du Brésil afin de mieux comprendre, par des mises en perspective systématiques, les facteurs explicatifs des succès ou des échecs des expériences de développement tentées aux échelles municipales. Les collectivités et les autorités locales multiplient en effet actuellement les plans et opérations de développement et le nouveau programme se propose de dresser un bilan comparatif et distancié de ces expériences, susceptible, par la suite, d'éclairer les pouvoirs publics sur les conditions et mécanismes qui contribuent à dynamiser et moderniser les tissus économiques locaux.

POUR EN SAVOIR PLUS

Fauré Y.-A. et Hasenclever L. (org.), 2003. O Desenvolvimento Local no Estado do Rio de Janeiro. Quatro Estudos Exploratórios : Campos, Itaguaí, Macaé e Nova Friburgo, Rio de Janeiro, Editora E-Papers.

Fauré Y.-A. et Hasenclever L. (org.), 2005. O Desenvolvimento Local no Estado do Rio de Janeiro. Estudos avançados nas realidades municipais, Rio de Janeiro, Editora E-Papers.

Fauré Y.-A., Kennedy L. et Labazée P. (dir.), 2005. Productions locales et marché mondial dans les économies émergentes: Brésil, Inde, Mexique, Paris, Karthala et IRD (avec la collaboration de L. Hasenclever et H. N. Lins),

Fauré Y.-A. et Dubresson A. (dir.), janvier-mars 2005. Décentralisation et développement local. Un lien à repenser, Revue Tiers Monde, Paris, numéro 181.



C O N C L U S I O N

Au cours des dix dernières années, l'IRD a su, au Brésil, élargir son partenariat lui permettant de conduire avec celui-ci des recherches dans la grande diversité de domaines que la transformation de la planète exige aujourd'hui et pour lesquels le Brésil s'avère un laboratoire privilégié. L'IRD maintient et renforce donc la place qu'il a su gagner avec ses partenaires locaux, imposant dans le paysage scientifique et politique brésilien une image de coopération équilibrée, symétrique, une image de compétence, d'efficacité et d'éthique.

Pour une meilleure lisibilité de son rôle d'institut de recherche pour le développement, l'IRD a su dépasser les cloisonnements thématiques et disciplinaires et entraîner ses partenaires dans des actions de recherche intégrées, associant des équipes de sciences de l'environnement et des équipes de sciences humaines.

La concrétisation d'un tel objectif s'illustre par la mise en place du projet « Biodiversité et gestion durable des ressources naturelles en Amazonie ». Mené sous l'égide de l'Institut Français de la Biodiversité (IFB), ce programme est un regroupement de trois projets distincts, un du CIRAD et deux de l'IRD. Le questionnement tourne autour de la conciliation entre les aspirations des populations locales, les ambitions économiques des pouvoirs en place et la protection d'espaces forestiers suffisamment étendus pour y conserver la biodiversité naturelle. Les équipes de recherche réunies pour ce projet interviennent dans plusieurs régions amazoniennes, en considérant les différentes échelles spatiales et temporelles de l'accès aux ressources naturelles et de la gestion de la biodiversité, en s'intéressant également aux pratiques et impacts de l'agriculture pionnière et des systèmes agroforestiers traditionnels. Trois terrains d'étude, représentatifs des trois dynamiques d'occupation de l'Amazonie, permettent d'aborder les principales situations où se rencontrent habituellement l'agriculture familiale contemporaine : l'Amazonie des fleuves peuplée de populations traditionnelles adoptant des systèmes agroforestiers de faible impact ; l'Amazonie des routes (fronts pionniers) vers laquelle migrent les colons pratiquant la culture sur brûlis suivie de l'implantation de pâturages en lieu et place des écosystèmes forestiers ; l'Amazonie des régions où tentent de s'élaborer des alternatives technico-économiques et socio-politiques à l'exploitation pionnière des ressources naturelles. Le projet repose sur la complémentarité entre les équipes de recherche pluridisciplinaires et multi-institutionnelles. Autour de cette problématique, se regroupent des biologistes, des pédologues, des botanistes, des sociologues, des anthropologues... , dans un seul et même objectif visant à concilier le développement et la conservation de la biodiversité.

Par ailleurs, une dynamique d'action régionale tend à s'imposer actuellement. Le thème de l'hydrologie du bassin amazonien (programme HYBAM), de par l'objet de ses recherches, a par essence une vocation régionale. Les intérêts communs des différents pays amazoniens, qui s'expriment dans le Traité de Coopération Amazonienne (TCA) et l'organisation qui en est née (l'OTCA), et notamment les besoins scientifiques correspondants à ses objectifs, mettent en exergue le rôle fédérateur de l'IRD pour des coopérations de dimension régionale. Les ressources en eau, la forêt, les ressources halieutiques, le développement durable... sont autant de thèmes où des coopérations Sud/Sud peuvent être articulées par l'IRD. La solidité de nos partenariats bilatéraux avec les pays de l'OTCA, et notamment avec le Brésil, nous engage à poursuivre et intensifier nos actions dans ces voies et par les approches multiples qui les caractérisent.



Outre le capital de connaissances réuni par nos équipes et nos partenaires directs, outre l'expérience inégalée de nos chercheurs sur le terrain, l'IRD s'est doté d'un outil de suivi de l'environnement assisté par satellite qui fonctionnera dès 2006. Il s'agit d'une station de réception à haute résolution pour l'exploitation des données des satellites européens d'observation de la Terre, SPOT et ENVISAT. Unique en Europe et en Amérique du Sud, cette plate-forme technologique du pôle universitaire de Guyane (PUG), dont le rayon d'action couvre pratiquement toute l'Amazonie, sera dédiée à la réalisation d'activités de recherche en prise directe avec le développement régional. Le Brésil, dont l'espace amazonien est le plus conséquent et qui a développé un ample programme de surveillance (satellite CIBER'S, programme SIPAM), s'avère un partenaire privilégié. La complémentarité des outils, le développement méthodologique et thématique que l'IRD engage, font de la coopération de l'IRD, avec le Brésil en particulier, la pierre angulaire de la coopération Sud/Sud en Amazonie.

Enfin, les volontés politiques de la France et du Brésil, formalisées dans les accords du 15 juillet 2005, donnent une nouvelle dimension à notre coopération. Il s'agit en effet de mettre en œuvre des coopérations bilatérales France-Brésil vers l'Afrique. L'IRD tenait une place de précurseur puisque plusieurs de nos programmes avaient déjà organisé des échanges entre des chercheurs brésiliens et africains. Par ailleurs, dès le début de 2005, l'IRD, avec le soutien de l'Ambassade de France à Brasilia et du CIRAD, a mis sur pied une mission exploratoire en Guinée Bissau. Celle-ci devrait conduire en 2006 à l'implantation d'une coopération tripartite. Le programme AMMA (Analyse Multidisciplinaire de la Mousson Africaine), initié en Afrique, reçoit le soutien technique d'une équipe partenaire de l'INPE (Institut National de Recherches Spatiales) et des échanges de chercheurs sont déjà engagés pour 2006. Des jalons ont également été lancés pour des actions de coopération avec le Mozambique, qui devraient se concrétiser également à partir de 2006.

Dans ce monde en mutation rapide, il faut prendre en compte l'ampleur des questions posées à la science et l'urgence de certaines d'entre elles, questions qui dépassent le plus souvent le cadre local, voire national, dans les domaines de l'environnement, de la gestion des ressources et de la santé des populations. Le développement de la dimension pluridisciplinaire oblige à réunir des compétences de natures diverses et complémentaires autour d'un même objet scientifique. Autant de dimensions qui font que la recherche pour le développement ne peut et ne doit s'exprimer que par des coopérations étroites, soutenues matériellement, et poursuivies dans le temps.



LISTE DES ABRÉVIATIONS

- ADCP** – Courantomètre à effet Doppler
AMMA – Analyse multidisciplinaire de la mousson africaine
ANA – Agence nationale de l'eau
ANEEL – Agence nationale d'énergie électrique
ANR – Agence nationale pour la recherche
BRG – Bureau des ressources génériques
BRGM – Bureau de recherche géologique et minière
CAPES – Coordination de perfectionnement du personnel de niveau supérieur
CASH – Contribution de l'altimétrie satellitaire à l'hydrologie
CBPM – Compagnie bahianaise de recherche minérale
CDS – Centre de développement durable
CEMAGREF – Centre d'étude du machinisme agricole, du génie rurale, des eaux et forêts
CENA – Centre d'énergie nucléaire en agriculture
CIAT – Centre de recherche agricole tropicale
CIRAD – Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement
CNEARC – Centre national d'études agronomiques des régions chaudes
CNPq – Conseil national du développement scientifique et technique
CNRS – Centre national de recherche scientifique
COFECUB – Comité français d'évaluation de la coopération universitaire avec le Brésil
Coodetec – Coopérative de développement technologique agricole
CPER – Contrat plan état région
CPRM – Compagnie de recherche de ressources minérales
CPTEC – Centre de prévision du temps et études climatiques
CTA – Institut technologique de l'aéronautique
DGPA – Direction générale de la pêche et de l'aquaculture
DIMAR – Laboratoire des dynamiques des populations marines
DIVAL – Direction de la vigilance environnementale
ECCO – Ecosphère continentale : processus et modélisation (Programme national coordonné par l'ANR)
HESS – L'Ecole des hautes études en sciences sociales
EMBRAPA – Entreprise brésilienne de recherches agropastorales
Embrapa-CNPA – Embrapa coton
Embrapa-CNPMA – Embrapa environnement
ENSAIA – Ecole nationale supérieur d'agronomie et des industries alimentaires
ENSP – Ecole nationale de la santé publique



- ESALQ** – Ecole supérieur d'agriculture "Luiz de Queiroz"
FAO – L'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture
FAPERJ – Fondation de soutien à la recherche de l'Etat de Rio de Janeiro
FAPESB – Fondation de soutien à la recherche de l'Etat de Bahia
FAPESP – Fondation de soutien à la recherche de l'Etat de São Paulo
FINEP – Agence financière d'études et projets
FIOCRUZ – Fondation Oswaldo Cruz
FSU – *Florida State University*
FUNASA – Fondation nationale de la santé
FUNCEME – Fondation *Cearense* de météorologie et ressources hydriques
FZB/RS – Fondation zoobotanique du Rio Grande do Sul
GES – Gaz à effet de serre
HYBAM – Hydrologie du Bassin Amazonien
IAC – Institut agronomique de Campinas
IAG – Institut d'astronomie, de géophysique et des sciences atmosphériques
IBGE – Institut brésilien de géographie et de statistique
IEC – Institut Evandro Chagas
IE/UFRJ – Institut économique de l'Université fédérale de Rio de Janeiro
IEPA – Institut de recherches scientifiques et techniques de l'Etat de l'Amapá
IFB – Institut français de la biodiversité
IFREMER – Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer
IFSC – Institut de philosophie et sciences sociales
IGEO – Institut de géosciences
INCO-DEV – *International Cooperation for Developing Countries*
INCRA – Institut national de colonisation et réforme agraire
INPA – Institut national de recherches en Amazonie
INPE – Institut national de recherches spatiales
INRA – Institut national de la recherche appliquée
IOC – Institut Oswaldo Cruz
IPEA – Institut de recherche économique appliquée
ISA – Institut socio-ambiental
ISDF – Institut de santé du District Fédéral
ISTO – Institut des sciences de la Terre d'Orléans
LALI – Laboratoire de langues indigènes
LASAA – Laboratoire de sclérochronologie des animaux aquatiques
LBA – *Large-scale Biosphere Atmosphere*
LMI – Laboratoire de microbiologie
LMTG – Laboratoire des mécanismes et transferts en géologie
LSCE – Laboratoire des sciences du climat et de l'environnement
MAE – Ministère des Affaires Etrangères
MES – Matières en suspension
MNHN – Muséum nationale d'histoire naturelle
MPEG – Musée Paraense Emílio Goeldi
MST – Mouvements des travailleurs sans terre
NEUR – Noyau des études urbaines et régionales
NUPEGEL – Noyau de recherche en géochimie et géophysique de la lithosphère
OGM – Organisme génétiquement modifié
OMS – Organisation mondiale de la santé
ONG – Organisation non gouvernementale



- ORE** – Observatoire de recherche pour l'environnement
ORSTOM – Office de la recherche scientifique des territoires d'outre-mer
PCT – Projet de coopération technique
PDACT – Programme de soutien au développement scientifique et technique
PIRATA – *Pilot Research moored Array in the Tropical Atlantic*
PME – Petites et moyennes entreprises
PUC-Rio – Université catholique de Rio de Janeiro
RDS – Réseau de développement durable
RESEX – Réserve extraterritoriale
RMN – Résonance magnétique nucléaire
SME-Ba – Secrétariat des mines et énergies
SST – *Sea surface temperature*
SGB – Service géologique du Brésil
TAV – *Tropical Atlantic Variability*
UBO – Université de Bretagne Occidentale
UEBa – Université de l'Etat de Bahia
UEL – Université de Londrina (Etat du Paraná)
UERJ – Université de l'Etat de Rio de Janeiro
UESC – Université de Santa Cruz (Etat de Bahia)
UFAC – Université fédérale de l'Acre
UFBa – Université fédérale de Bahia
UFC – Université fédérale du Ceará
UFF – Université fédérale fluminense
UFG – Université fédérale de Goiás
UFMa – Université fédérale du Maranhão
UFMG – Université fédérale du Minas Gerais
UFMT – Université fédérale du Mato Grosso
UFPA – Université fédérale du Pará
UFPB – Université fédérale de Paraíba
UFPR-LPB – Université fédérale du Paraná - Laboratoire de procédés biotechnologiques
UFRA – Université fédérale rurale d'Amazonie
UFRd – Université fédérale de Rondônia
UFRJ – Université fédérale de Rio de Janeiro
UFRPe – Université fédérale rurale du Pernambouc
UFSCar – Université fédérale de São Carlos (Etat de São Paulo)
UFSC – Université fédérale de Santa Catarina
UFV – Université Fédérale de Viçosa
UnB – Université de Brasília
UNICAMP – Université de Campinas
UPS – Université Paul Sabatier (Toulouse)
UR – Unité de Recherche
US – Unité de Service
USP – Université de São Paulo
VIH – Virus de l'immunodéficience humaine
VOS – *Volunteer Observing Ship*
WETAMC – *Wet season atmospheric mesoscale campaign*

Achevé d'imprimer en mars 2006
par Charbel Gráfica Editora
Brasília, Brésil

REPRÉSENTATION DE L'IRD AU BRÉSIL



Institut de recherche
pour le développement

www.brasil.ird.fr

SHIS • QL 16 • Conj.4 • Casa 8 • Lago Sul
71640-245 Brasília-DF
Tel : (55 61) 32 48 53 23
Fax: (55 61) 32 48 53 78