



**HAL**  
open science

## Variabilité hydrologique et vulnérabilité des populations du Lago Janauaca (Amazonas, Brésil)

Guillaume Drapeau, Catherine Mering, Josyane Ronchail, Filizola Naziano

► **To cite this version:**

Guillaume Drapeau, Catherine Mering, Josyane Ronchail, Filizola Naziano. Variabilité hydrologique et vulnérabilité des populations du Lago Janauaca (Amazonas, Brésil). *Confins - Revue franco-brésilienne de géographie/Revista franco-brasileira de geografia*, 2011, 10.4000/confins.6904. hal-02987971

**HAL Id: hal-02987971**

**<https://hal.science/hal-02987971v1>**

Submitted on 4 Nov 2020

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

---

Guillaume Drapeau, Catherine Mering, Josyane Ronchail e Naziano Filizola

## Variabilité hydrologique et vulnérabilité des populations du Lago Janauaca (Amazonas, Brésil)

---

### Avertissement

Le contenu de ce site relève de la législation française sur la propriété intellectuelle et est la propriété exclusive de l'éditeur.

Les œuvres figurant sur ce site peuvent être consultées et reproduites sur un support papier ou numérique sous réserve qu'elles soient strictement réservées à un usage soit personnel, soit scientifique ou pédagogique excluant toute exploitation commerciale. La reproduction devra obligatoirement mentionner l'éditeur, le nom de la revue, l'auteur et la référence du document.

Toute autre reproduction est interdite sauf accord préalable de l'éditeur, en dehors des cas prévus par la législation en vigueur en France.

**revues.org**

Revues.org est un portail de revues en sciences humaines et sociales développé par le Cléo, Centre pour l'édition électronique ouverte (CNRS, EHESS, UP, UAPV).

---

### Referência eletrónica

Guillaume Drapeau, Catherine Mering, Josyane Ronchail e Naziano Filizola, « Variabilité hydrologique et vulnérabilité des populations du Lago Janauaca (Amazonas, Brésil) », *Confins* [Online], 11 | 2011, posto online em 26 Março 2011. URL : <http://confins.revues.org/6904>

DOI : en cours d'attribution

Éditeur : Théry, Hervé

<http://confins.revues.org>

<http://www.revues.org>

Document accessible en ligne sur :

<http://confins.revues.org/6904>

Document généré automatiquement le 29 Março 2011.

© Confins

Guillaume Drapeau, Catherine Mering, Josyane Ronchail e Naziano Filizola

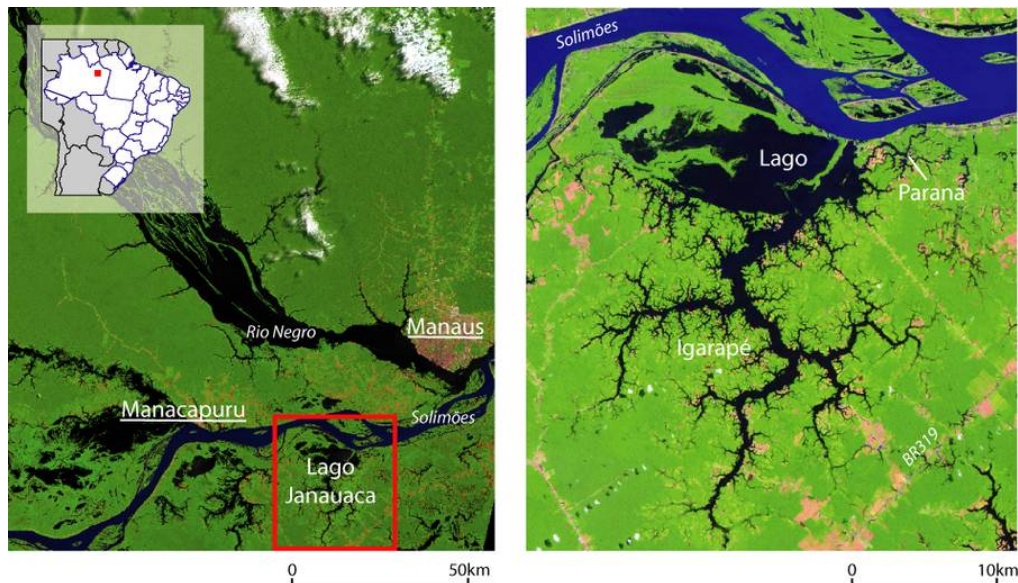
## Variabilité hydrologique et vulnérabilité des populations du Lago Janauaca (Amazonas, Brésil)

### La várzea, un paysage entre deux eaux

- 1 Avec 6 740 000 km<sup>2</sup>, le bassin amazonien recouvre 4/10e de l'Amérique du Sud et 3/5e du Brésil (Droulers, 2004). C'est sans conteste le bassin du gigantisme. L'Amazone parcourt plus de 6 700 km depuis sa source au Pérou où il coule d'abord sous le nom Vilcanota avant d'être rebaptisé au gré des confluences et des frontières Urubamba, Ucayali, Amazonas, Solimões puis Amazonas de nouveau. A son embouchure, le débit atteint 209 000 m<sup>3</sup>/s (Molinier *et al*, 1996 ; Guyot *et al*, 1998) après avoir reçu les apports de plus de 1 100 affluents, dont 17 de plus de 1 500 km, représentant ainsi plus de 80 000 km de voies navigables. Outre leur dimension, la composition physico-chimique des fleuves est un caractère essentiel de classification. On les distingue généralement suivant la couleur de leurs eaux (Sioli, 1984) : les eaux blanches doivent leur turbidité à d'importantes quantités de matière fine (limon et argile) arrachée à la partie andine du bassin ; les eaux noires transportent très peu d'éléments minéraux mais sont chargées en acide humique issu du lessivage des sols sableux forestiers ; les eaux claires, limpides, drainent les roches déjà très altérées du bouclier brésilien.
- 2 Plus qu'un facteur de classification, la qualité physico-chimique des cours d'eau est aussi un facteur-clé de l'impact de l'hydrographie sur les paysages. Les fleuves d'eaux blanches en transportant de larges quantités de sédiments créent et transforment en permanence une multitude de micro-paysages (Bahri, 1993). La déclivité exceptionnellement faible dès la sortie des Andes (en moyenne deux centimètres par kilomètre) favorise également la formation d'innombrables méandres et de cette mosaïque paysagère. Ainsi la crue de l'Amazone dont le marnage moyen dépasse les dix mètres par exemple à Manaus, peut aisément inonder d'importants espaces et tapisser d'alluvions une vaste plaine d'inondation, la *várzea*. En 1989, Junk *et al* proposèrent le concept de « flood-pulse » pour lequel la pulsation de la crue régule tous les échanges entre un cours d'eau et sa plaine d'inondation alors perçue comme une zone de transition entre milieu terrestre et aquatique. Une crue régulière, à la fois dans l'espace et dans le temps, permet donc l'adaptation des organismes aux conditions changeantes et la constitution d'espaces uniques, différenciés des écosystèmes voisins. Chaque composante de ce paysage de *várzea* est donc conditionnée par le transbordement latéral des fleuves et des lacs, permettant des interactions profondes entre les écosystèmes terrestres et aquatiques (IBAMA/ProVárzea, 2007) et assurant ainsi des caractéristiques écologiques et des potentialités de mise en valeur spécifiques.
- 3 Si la *várzea* se caractérise aussi par sa végétation diversifiée (Klinge *et al*, 1995 ; Parolin 2002, Parolin *et al*, 2002, 2004 ; Wittman *et al*, 2004) et ses eaux poissonneuses (Junk *et al*, 1989 ; Claro *et al*, 2004), elle contraste essentiellement de la *terra firme* voisine par la fertilité de ses sols due au dépôt régulier de nutriments par la crue saisonnière. Pour cette raison la plaine d'inondation de l'Amazone se distingue du reste du bassin amazonien par l'ancienneté et la densité de son peuplement (Grenand et Bahri, 1990). Ces populations, essentiellement composées d'agriculteurs et de pêcheurs, ont appris au fil des générations à s'adapter et à tirer profit de la variété des ressources offertes par le milieu naturel (Bahri, 1993). Sont alors profondément et finement marquées par la saisonnalité hydrologique non-seulement les activités agricoles, mais plus largement l'ensemble des activités sociales des communautés

riveraines (Harris, 1998). Cependant, si les cultures de *várzea* se révèlent être bien adaptées aux variations « normales » du cycle hydrologique, elles restent dépendantes de crues et d'étiages dont la variabilité interannuelle demeure importante. Nous proposons ici d'analyser les différents éléments de vulnérabilité des populations de la *várzea* face à ces manifestations plus extrêmes de la variabilité hydrologique. Nous considérerons ici l'exemple du Lago Janauaca, dans l'état d'Amazonas au Brésil (*cf* fig.1), localisé dans la plaine d'inondation du Rio Solimões à une cinquantaine de kilomètres en amont de la confluence avec le Rio Negro. Ce lac se compose de trois éléments : le *lago* proprement dit, les bras tortueux de l'*igarapé*, et le canal (ou *parana*) connectant le lac au Rio Solimões. Dans un premier temps, nous renseignerons la variabilité hydrologique caractérisant le Rio Solimões, ainsi que son impact spatial sur le Lago Janauaca. Données satellitaires puis entretiens nous apporteront ensuite des informations complémentaires sur les liens existants entre cette variabilité et les activités humaines. Nous verrons d'abord quels sont les dynamiques anthropiques propres à ces rives telles qu'elles peuvent être observées par télédétection. Finalement, les résultats d'une série d'enquêtes menées auprès des riverains nous permettront d'analyser plus finement les impacts du cycle hydrologique sur leurs activités, et de définir ainsi les pourtours d'une vulnérabilité particulière.

**Figure 1 - Localisation du Lago Janauaca**



## Cycle hydrologique du Rio Solimões et variabilité hydrologique du Lago

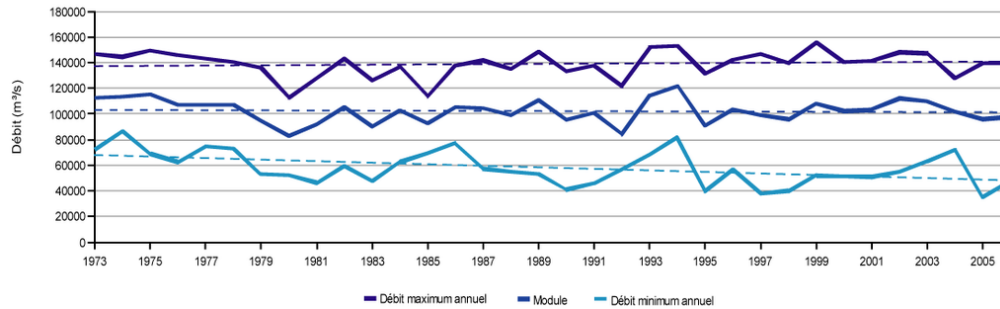
### Variabilités saisonnière et interannuelle du Solimões

- 5 Le Lago Janauaca étant situé dans la plaine d'inondation du Rio Solimões et étant directement relié à ce dernier par le *parana*, la variabilité hydrologique du Lago dépend en premier lieu de celle du fleuve. Le cycle hydrologique du Solimões est de type équatorial altéré suivant la classification établie par Jean Rodier (Molinier *et al*, 1997). Il est fortement influencé par les régimes respectifs de ses tributaires dont les sous-bassins s'étendent sous des climats différents : tropical austral (Ucayali, Purus, Juruá), équatorial (Japura, Napo). C'est donc en fait le désynchronisme de ces différents affluents qui permet au fleuve de ne pas connaître chaque année d'inondations catastrophiques, le décalage dans le temps des crues des affluents de rive droite et de rive gauche jouant un effet tampon sur le cycle du cours principal. Au contraire, les grandes crues résultent bien souvent d'une superposition des ondes de plusieurs

tributaires. Si l'on considère les moyennes mensuelles des débits enregistrés à Manacapuru, la dernière station de mesure avant la confluence avec le Negro (*cf* fig.1), le cycle hydrologique du Solimões se caractérise par un pic de crue au mois de juin, et une décrue abrupte. En effet, en l'espace de trois mois, le débit chute de 140 000 m<sup>3</sup>/s à un peu plus 60 000 m<sup>3</sup>/s. Cependant, ce cycle moyen ne saurait dissimuler l'importante variabilité interannuelle qui affecte le fleuve.

**Figure 2 - Variations des débits moyens annuels, de crue et d'étéage du Solimões entre 1973 et 2006 mesurés à Manacapuru.**

6



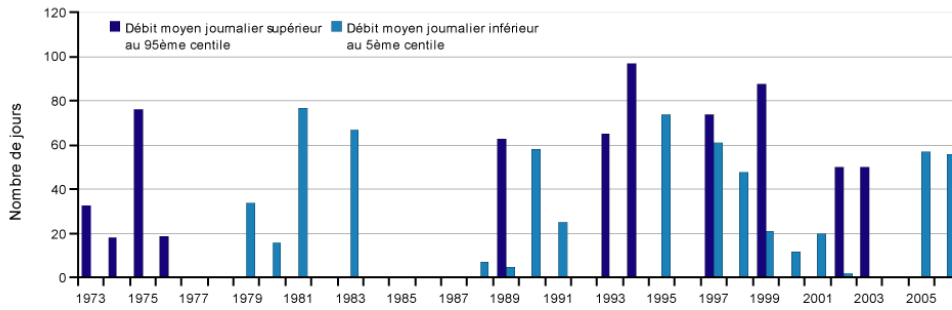
7 La figure 2 représente les variations du débit moyen annuel du Solimões entre 1973 et 2006, ainsi que celles des débits annuels de crue et d'étéage. Outre l'importante variabilité interannuelle, nous pouvons reconnaître les événements hydrologiques extrêmes que la région a connus au cours de ces dernières décennies : sécheresses de 1997 et 2005, et crue de 1999 qui, après la crue de 2009 ne figurant pas sur le graphe, fut la plus importante jamais mesurée depuis la crue historique de 1953. Ensuite, si le débit moyen ne semble pas suivre de tendance particulière, les débits extrêmes sont eux de plus en plus importants : les hautes eaux connaissent une élévation sensible à partir de la décennie 90 alors que les étiages suivent une baisse particulièrement franche sur l'ensemble de la période. Ces résultats confirment les autres observations des variations hydrologiques réalisées à l'échelle régionale (Callède *et al*, 2004, Espinoza *et al*, 2009). Il est enfin important de remarquer que crue et étiage d'une même année ne sont pas nécessairement liés en termes de magnitude. On rencontre en effet les différentes situations possibles : crue et étiage élevés (1994), crue et étiage faibles (1995), crue élevée et étiage faible (1997), crue faible et étiage élevé (2004).

## La question de la définition des extrêmes hydrologiques

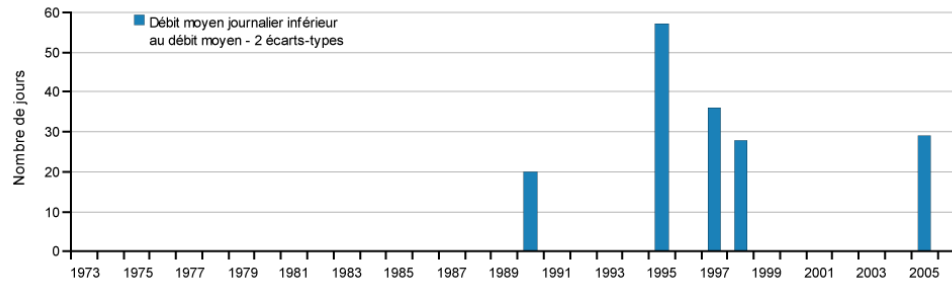
8 La variabilité du signal observé étant conséquente, il peut être intéressant de chercher à définir et à identifier les événements hydrologiques extrêmes. Dans un premier temps, nous pouvons considérer les débits de crue les plus forts, appartenant aux 5 centiles supérieurs par exemple, et les débits d'étéage les plus faibles, appartenant aux 5 centiles inférieurs. La figure 3 représente pour chaque année le nombre de jours pour lesquels l'un de ces débits extrêmes a été enregistré. Avec ce critère, on note l'opposition entre le milieu des années 70, plutôt caractérisé par des crues importantes, et le début des années 80, présentant de nombreuses sécheresses prononcées. Enfin à partir des années 90, la variabilité semble d'une manière générale plus importante avec de nombreux événements extrêmes se suivant sur des saisons consécutives. Cependant, en utilisant ce critère, le nombre d'années concernées par les extrêmes hydrologiques reste élevé, ce qui nous conduit à chercher une définition plus restrictive.

**Figure 3 - Hautes et basses eaux extrêmes du Solimões**

9

**Figure 4 - Variabilité hydrologique extrêmes du Solimões**

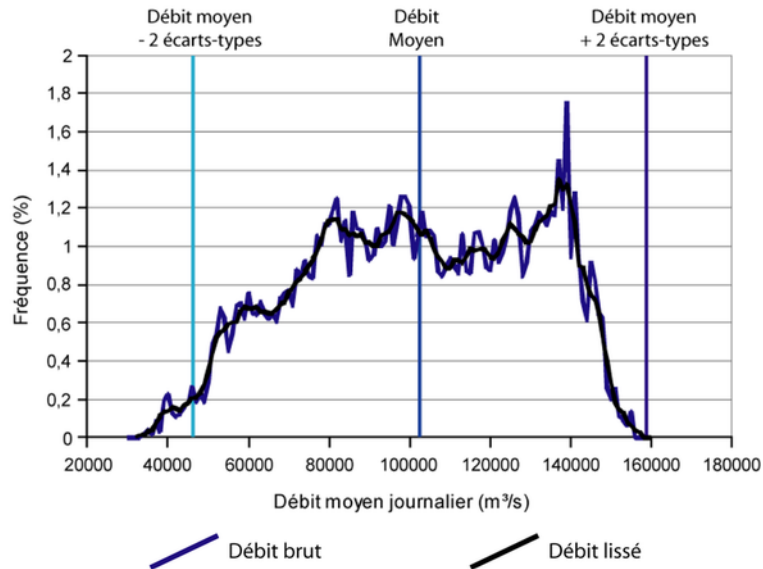
10



11 Alors que le premier critère de définition s'intéressait plus à la distribution des débits, en assimilant systématiquement les valeurs les plus élevées et les plus faibles à des valeurs extrêmes, la variabilité peut également être envisagée en termes d'écart à la situation moyenne. On peut alors assimiler à des événements hydrologiques extrêmes les débits s'écartant le plus de la valeur du débit moyen. Aussi on considère ici les débits s'écartant du débit moyen par plus de 2 écarts-types (cf fig.4). Cette seconde définition a des implications frappantes. La première est très certainement l'exclusion des crues de la variabilité extrême. En effet, la distribution des débits du Solimões mesurés à Manacapuru (cf fig.5) montre qu'aucun débit de crue ne s'éloigne du débit moyen de plus de 2 écarts-types et que la variabilité des débits de crue est d'une manière générale moins importante. Or, de fait, les crues exceptionnelles existent bien. Le basculement d'une situation de crue moyenne à une crue exceptionnelle impliquera donc une distinction beaucoup plus fine. Au contraire, la fréquence de débits inférieurs au débit moyen de plus de 2 écarts-types est conséquente, et aux grandes sécheresses connues de 1997 et 2005 s'ajoutent les années 1990, 1995 et 1998. On note que tous ces étiages ont lieu dans la seconde moitié de la période d'observation, en accord donc avec la baisse générale du niveau des étiages du Solimões. On remarque ensuite que les sécheresses les plus importantes en termes d'impacts (1997 et 2005) ne sont pas celles dont les périodes de bas débits ont été les plus longues, et cela quelque soit le critère considéré. Le problème de la définition de la variabilité est donc posé ici. Il apparaît alors les limites d'une caractérisation purement statistique des extrêmes hydrologiques, et par conséquent la nécessité de prendre en compte d'autres éléments (en termes de mécanismes hydroclimatologiques ou d'impacts par exemple) afin de pouvoir identifier les événements remarquables.

**Figure 5 - Distribution des débits du Solimões**

12



### Cartographie de la plaine d'inondation du Rio Solimões à Janauaca

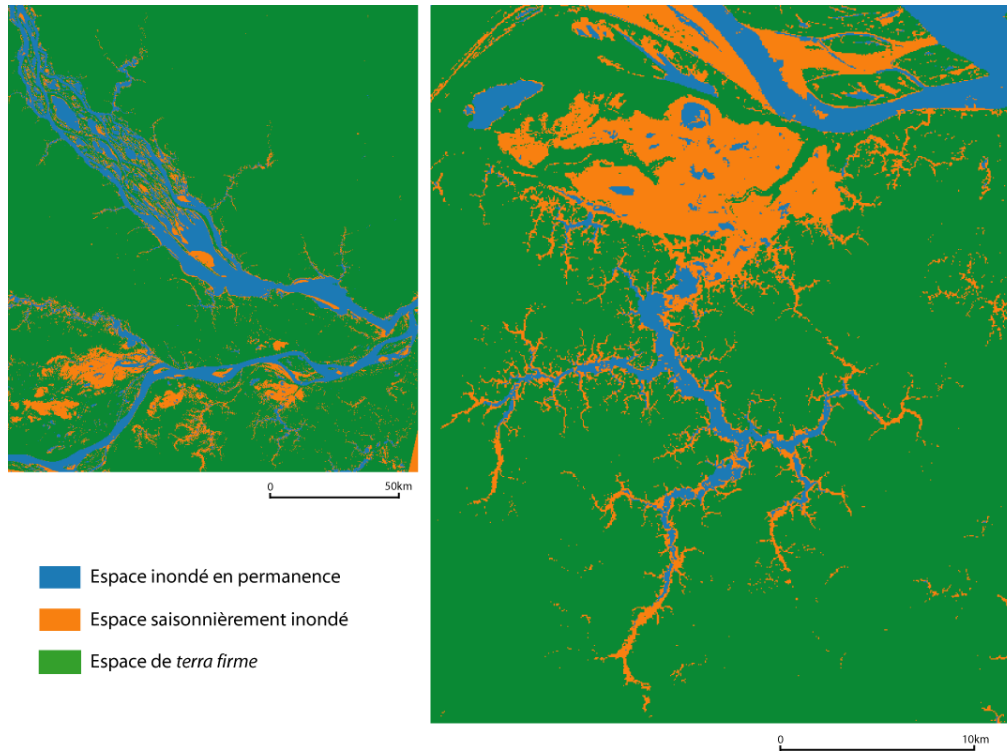
13

Une carte de la plaine d'inondation du Solimões en amont de la confluence avec le Rio Negro nous fournit une bonne indication de l'ampleur spatiale de la fluctuation hydrologique saisonnière, et donc de l'impact possible de la variabilité hydrologique sur l'occupation du sol. Cette carte est obtenue par la comparaison de deux images Landsat TM (*cf* fig.6), la première en période de hautes eaux exceptionnelles (1999), la seconde en période de basses eaux extrêmes (2005). Les types d'occupation du sol représentés sont les espaces inondés en permanence, les sols inondés saisonnièrement par les crues des fleuves, c'est-à-dire la *várzea*, et enfin les espaces de *terra firme* qui ne sont eux jamais inondés. Cette cartographie révèle tout d'abord la magnitude des variations d'occupation du sol imposées par le régime hydrologique du fleuve. Les espaces inondés en toutes saisons correspondent essentiellement au lit mineur du fleuve et les espaces inondés saisonnièrement aux immenses lacs de la plaine d'inondation. Concernant Janauaca plus précisément, il est frappant que la quasi-totalité du lago puisse disparaître lors des sécheresses les plus sévères. Au contraire, il semble que l'*igarapé* conserve, même pendant ces événements, une certaine surface en eau. Cette eau se limite cependant aux bras centraux, les branches secondaires étant sèches. On note enfin une possible rupture de la continuité de l'hydrographie en période d'étiage entre le fleuve, le lac et l'*igarapé*. La fragmentation du paysage résultant d'une telle rupture aurait alors très certainement des conséquences en termes hydrologiques et sociétaux.



**Figure 6 - Carte de la várzea du Lago Janauaca**

14



## Dynamiques anthropiques sur les rives du Lago Janauaca

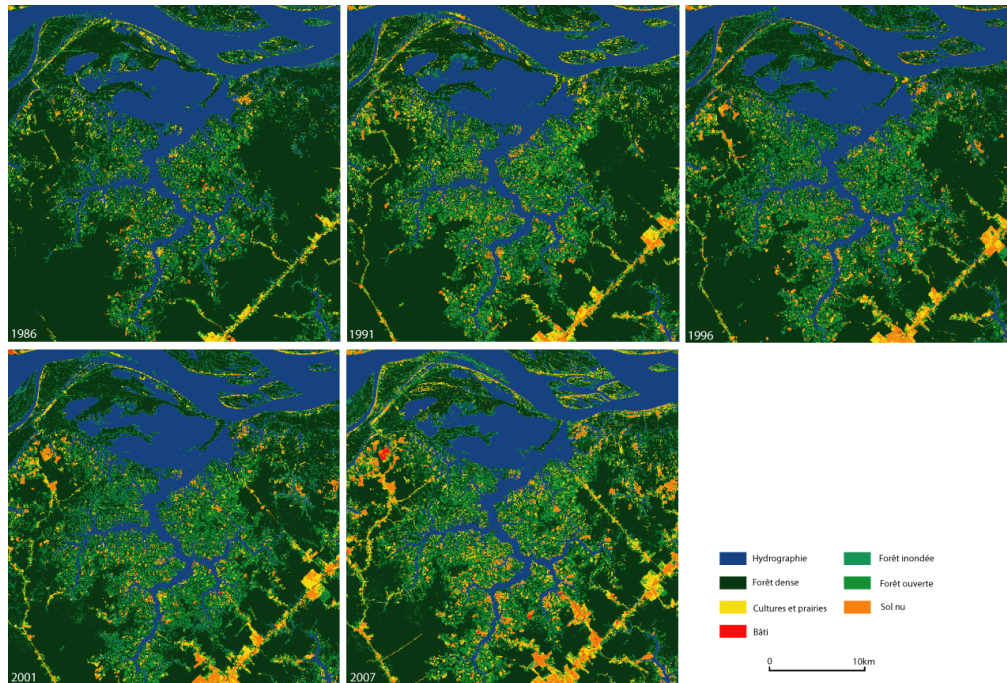
15

Afin de déterminer les dynamiques anthropiques propres à ces berges façonnées par le rythme des eaux, on propose de cartographier l'évolution récente de l'utilisation du sol autour du lac de Janauaca. Ainsi une série de cartes d'occupation du sol est établie pour les années 1986, 1991, 1996, 2001 et 2007 (cf fig.7) à partir de scènes Landsat TM. Chacune de ces scènes date du mois d'août, ce choix nous permettant de minimiser les variations saisonnières ainsi que la couverture nuageuse pouvant entraver l'analyse des images. Le secteur de Lago Janauaca concentre les différentes causes de recul de la forêt constatées à l'échelle régionale. Ainsi peut-on tout d'abord suivre carte après carte l'ouverture de pistes, perpendiculairement à la BR319. Au fil des années, des parcelles de cultures et de prairies s'installent le long de celles-ci. De nouvelles pistes peuvent ensuite être ouvertes perpendiculairement à ces pistes secondaires. Le motif « en arête de poisson », tel qu'il est décrit dans la littérature relative à la déforestation au Brésil (Le Tourneau, 2004 ; Clairay, 2005 ; Oliveira-Filho et Metzger, 2006) s'agrandit ainsi. Ici comme dans les autres régions amazoniennes, les routes forment une trame suivant laquelle progresse la mise en culture des terres (Nepstad *et al*, 2001 ; Alves, 2002 ; Ferreira *et al*, 2005 ; Soares-Filho *et al*, 2005).



**Figure 7 - Occupation du sol autour du Lago Janauaca en 1986, 1991, 1996, 2001 et 2007**

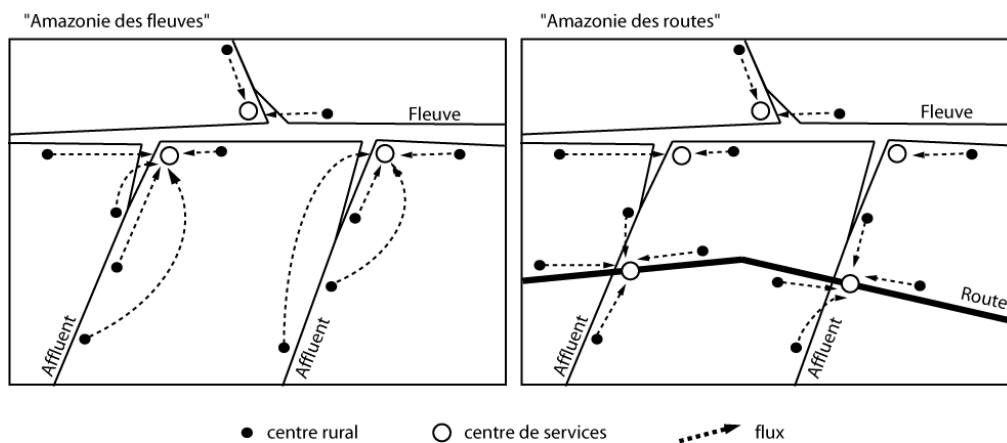
16



17 Plus près des rives du lac, la dynamique des communautés riveraines observée sur les images apparaît moins consommatrice d'espace. Bien que l'ouverture de la forêt avance sensiblement, on peut penser que le système de rotation des cultures préserve quelque peu le Lago d'une extension trop brutale des terres cultivées. La plus grande partie de la déforestation dans le secteur de Janauaca semble donc avoir pour cause le développement des routes et des pistes. De communautés riveraines caractéristiques de "l'Amazonie des fleuves", il apparaît donc que l'on glisse peu à peu vers une "Amazonie des routes", suivant un schéma (cf fig.8) décrit dans (IBGE, 1991).

**Figure 8 - Passage de « l'Amazonie des fleuves » à « l'Amazonie des routes »**

18



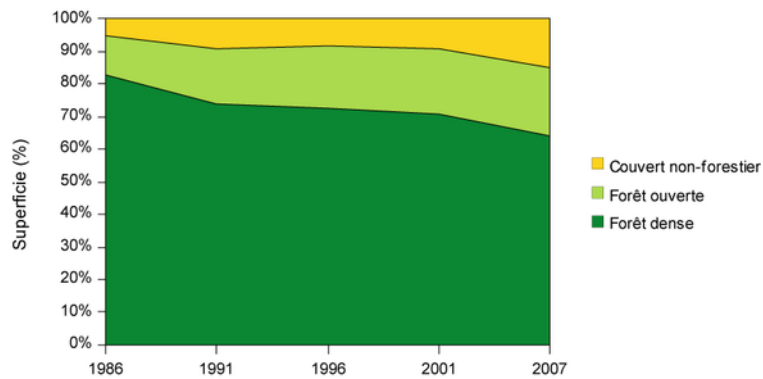
(d'après IBGE, 1991)

19 Le suivi diachronique des proportions des différents types d'occupation du sol (cf fig.9) confirme la perte de la forêt dense (de 83 % des surfaces hors eau libre à 64 %) au profit de la forêt ouverte (de 12 à 21 %) et plus encore des couverts non-forestiers (de 5 à 15 %). Cette évolution semble s'effectuer essentiellement en deux temps, à la fin des années 80 tout d'abord, pendant les années 2000 ensuite. On choisit donc de dresser deux cartes de synthèse des changements d'occupation du sol, l'une pour analyser les changements entre 1986 et 1996,

l'autre entre 1996 et 2007 (cf fig.10). Ces deux cartes illustrent bien le rôle du développement des pistes dans le recul de la forêt. On constate que la première décennie se caractérise par le développement des cultures le long de la BR319 ainsi que l'ouverture de pistes secondaires. La seconde décennie se distingue essentiellement par le développement de ces pistes secondaires le long desquelles s'organisent cultures et prairies et par l'ouverture d'une troisième génération de pistes à partir des précédentes. La dynamique que l'on observe sur les rives du lac est autre. Les deux cartes montrent en effet un motif paysager que l'on peut mettre en relation avec la rotation des cultures. Bien que la première carte montre un léger empiétement des cultures sur la forêt voisine, les rives se singularisent par une mosaïque de petites parcelles (chaque pixel représentant 900m<sup>2</sup> sur le terrain) où se juxtaposent tour à tour recul et avancée de la végétation, pouvant donc être identifiées comme étant des parcelles défrichées et en jachère respectivement. Le site de Lago Janauaca offre ainsi un exemple concret de la coexistence en Amazonie de deux systèmes d'organisation socio-environnementale : celui des routes et de la consommation de l'espace forestier, caractérisé par le tracé linéaire des pistes et de grandes parcelles rectangulaires, et celui des communautés riveraines et de leurs mosaïques paysagères, connecté au lac, où les impacts sur l'environnement sont bien moindres.

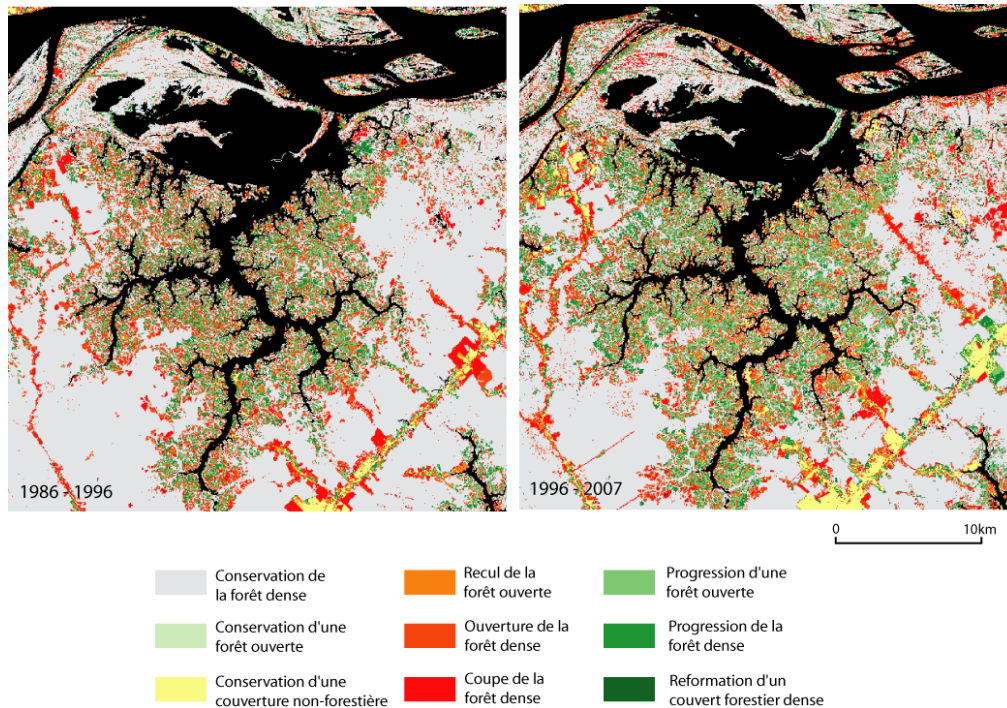
**Figure 9 - Évolution du couvert forestier au Lago Janauaca entre 1986 et 2007**

20



**Figure 10 - Dynamiques d'utilisation du sol autour du Lago Janauaca pour les décennies 1986-96 et 1996-2007**

21



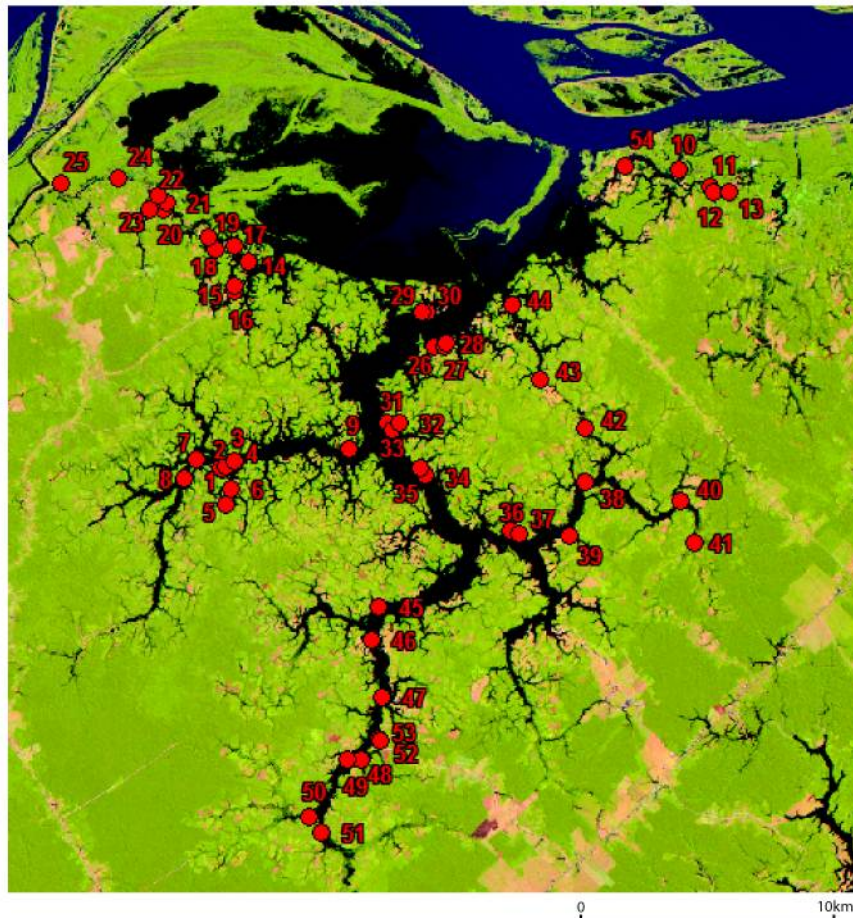
## Adaptation et vulnérabilité des populations à la variabilité hydrologique

22 Le travail de terrain réalisé pour cette étude a pour objectif premier de dégager, par le biais d'enquêtes menées auprès de la population vivant sur les berges du lac, les principaux traits de la vulnérabilité des communautés riveraines à la variabilité hydrologique. Dans cette étude exploratoire, il convient tout d'abord d'identifier les principales activités de ces populations, et de dégager l'impact de la variabilité hydrologique sur celles-ci. Plus largement, nous cherchons ici à définir la relation des sociétés riveraines avec leur espace de vie qui, comme nous l'avons vu précédemment, est soumis à une variabilité hydrologique conséquente. Des entretiens semi-dirigés portant sur les impacts de cette variabilité hydrologique ont donc été menés, en collaboration avec Helena Morão, étudiante en géographie à l'université de Manaus, dans le but de rendre compte de la réalité socio-environnementale propre au Lago Janauaca. La figure indique les 54 foyers où ont eu lieu les entretiens, ceux-ci ont été choisis de manière à représenter au mieux la diversité sociale et environnementale du Lago.



Figure 11 - Localisation des entretiens réalisés auprès des riverains

23



### Présentation des communautés riveraines

24

La majorité des personnes rencontrées dans le cadre de cette enquête est originaire des communautés du Lago Janauaca même. Nées sur les berges du lac, elles y ont passé le plus souvent leur vie entière. Les familles sont généralement regroupées sur un même site dans des maisons voisines, quand une même maison n'est pas partagée par plusieurs ménages, et les fratries se partagent les terres héritées de leurs parents. Le second groupe d'interlocuteurs, plus réduit, se compose d'anciens habitants de Manaus. Ceux-ci ont quitté la capitale de l'état où leur situation était souvent difficile (chômage, difficultés financières...) pour essayer d'améliorer leurs conditions de vie avec l'aide parfois de l'INCRA (Institut National de Colonisation et de Réforme Agraire) leur permettant d'obtenir des parcelles. D'autres se sont également installés à Janauaca suite à un mariage, une femme s'installant avec son mari ou bien un homme rejoignant la famille de son épouse. Nous avons également rencontré quelques personnes originaires de régions plus lointaines, du Ceara en particulier, dont les familles fuyant les sécheresses du Nordeste sont venues s'installer à Janauaca lorsqu'ils étaient enfants. D'après les habitants les plus âgés avec qui nous nous sommes entretenus, la population sur le Lago aurait ainsi fortement augmenté depuis la moitié du XXe siècle. Les habitants du Lago se partagent essentiellement entre les activités d'agriculture, de pêche et d'élevage. S'ils combinent le plus souvent plusieurs de ces activités, ils ne se déclarent cependant que d'une profession : agriculteur ou pêcheur selon leur activité principale. Les éleveurs sont en effet très rares, l'élevage étant en général une activité complémentaire ne concernant qu'un nombre réduit de têtes de bétail. Les produits de ces activités sont destinés à l'alimentation familiale comme à la vente, la répartition entre les deux variant suivant la nature des produits et la

situation économique des familles. En effet, l'auto-subsistance joue un rôle significatif dans la région. La part de la production destinée à la vente peut ensuite être vendue à d'autres habitants, sur les marchés des villes les plus proches, Manaus et Manaquiri, ou plus souvent à un intermédiaire, habitant lui aussi sur le lac et achetant les productions de la communauté. Enfin on trouve des commerçants tenant des épiceries accolées à leur maison, et plus rarement des bûcherons ou des transporteurs, professions cependant toujours associées à une activité d'agriculture, de pêche ou d'élevage. Bien que des réseaux de commercialisation soient établis, les stratégies demeurent essentiellement individuelles. La société riveraine du Lago Janauaca peut donc être considérée comme une société traditionnelle de petits paysans, même si la proximité de Manaus offre certainement des avantages quant aux débouchés commerciaux des productions. Ces populations évoluent donc encore en lien très étroit avec leur environnement, d'autant plus que les variations du milieu naturel ont ici une influence prépondérante sur les activités de cultures et de pêche.

### Extrêmes hydrologiques et activités productrices

25 On distingue tout d'abord deux types de cultures, celles de *terra firme* et celles de *várzea*. Si des définitions relativement strictes et précises peuvent être données à ces deux espaces dans la littérature, force est de constater que la distinction entre *terra firme* et *alta várzea* (la *várzea* la plus élevée) ne se retrouve pas de façon aussi nette dans le discours des personnes interrogées. Il apparaît en effet qu'est appelé *várzea* l'espace inondé par une crue d'amplitude fréquemment atteinte. Ainsi les crues les plus importantes seront capables d'atteindre des espaces dits de *terra firme*. Nous reprendrons dans la suite les expressions telles qu'elles ont été employées par nos interlocuteurs pour désigner ces différents espaces. Les cultures de *terra firme* sont organisées suivant un système de *quadras*, de parcelles cultivées en rotation, telles que nous avons pu les observer par télédétection. La culture première est sans conteste le manioc. Une fois récolté, le manioc est transporté jusqu'à une *casa de goma* où est produite de la farine à partir de la racine. D'autres plantations peuvent également occuper les zones les plus élevées (en *terra firme* ou dans l'*alta várzea*) comme les patates douces, les hévéas, ou bien des jardins d'arbres fruitiers (*açaí*, *cupuaçu*, *graviola*, *castanha* et *caju*, *coco*, *banana*, *abacate*, *manga*, *goiaba*, *laranja*, *tangerina*...) souvent situés autour des maisons (cf photo 1).

#### Photographie 1 - Maison sur pilotis entourée de son jardin d'arbres fruitiers en *alta várzea*

26



27 Les événements hydrologiques extrêmes agiront sur ces cultures de façon différenciée. Les fortes crues, comme nous l'expliquons ci-dessus, peuvent atteindre certaines zones de *terra firme* et ainsi détruire une partie des cultures (cf photo 2). Les sécheresses au

contraire représentent un risque plus climatique qu'hydrologique dans la mesure où une trop faible pluviométrie peut menacer les rendements. Cependant, les étiages importants dus aux sécheresses rendent la culture de *terra firme* plus complexe et plus pénible en raison de l'éloignement des champs. Ainsi, faute de pouvoir utiliser leur bateau, les agriculteurs sont obligés de marcher pendant plusieurs heures, voire une journée entière, dans le lit boueux et malodorant du lac asséché pour rejoindre leur *quadra*. Et certains précisent même qu'ils sont alors obligés de dormir sur place, ne pouvant faire l'aller-retour dans la même journée entre leur habitation et leurs parcelles. Le transport de la récolte jusqu'aux *casas de goma* est pénible et difficile, de même que la vente de la production. C'est donc véritablement l'ensemble du processus de production qui est lourdement affecté par les étiages les plus sévères. Les crues au contraire, même si elles peuvent nuire dans les cas les plus extrêmes à une partie de la culture, sont toutefois considérées très positivement par l'ensemble de la population car elles permettent de se déplacer aisément et rapidement sur la totalité du Lago (cf photo 3).

**Photographie 2 - Culture de manioc de terra firme atteinte par la montée des eaux**

28



**Photographie 3 - Vaste espace inondé facilitant la mobilité**

29





- 30 Les espaces de *várzea* peuvent eux aussi être utilisés pour la culture du manioc, mais ce sont généralement d'autres cultures qui lui sont associées ou préférées. On y trouvera ainsi du maïs, des haricots, des pastèques... De plus, les entretiens ont montré que la *várzea* contrairement à la *terra firme*, n'était pas cultivée sur la totalité du Lago. Si sa mise en culture semble répandue et essentielle sur la moitié nord du Lago Janauaca et au plus près du fleuve (des points 10 à 30 sur la figure 11 principalement), celle-ci semble beaucoup plus rare et même inexistante dans les canaux plus éloignés de l'*igarapé*. On pourrait voir ici une relation avec la couleur des eaux (*cf* introduction), cette dernière (et donc la composition physico-chimique) évoluant progressivement du fleuve, au *parana*, au lac, à l'*igarapé*. Les *várzeas* seraient donc d'autant plus présentes et importantes dans la production des agriculteurs que l'on se situe dans une zone où l'influence du fleuve est forte. Ne bénéficiant pas du même apport en sédiments, les zones d'eaux noires drainées par l'*igarapé* n'offriraient par conséquent pas les mêmes potentialités. Des habitants de l'*igarapé* nous ont ainsi expliqué qu'ils ne plantaient généralement pas en *várzea*, car les plants n'avaient pas le temps d'arriver à maturité, et d'autres préfèrent utiliser la *várzea* comme pâtures pour leurs animaux. En somme la sédimentation différenciée des eaux différencierait un environnement d'*igapo*, d'eaux noires, d'un environnement de *várzea*, d'eaux blanches. Une telle distinction entre ces deux types de milieux peut être liée à la combinaison de deux processus : d'une part le ralentissement des eaux du Solimões entraînant le dépôt de la majeure partie de la charge sédimentaire sur la moitié nord du Lago ; d'autre part, le drainage par l'*igarapé* des précipitations locales sous la forme d'eaux noires et acides. Ceci tend donc à montrer l'importance des précipitations locales pour la *várzea* du Lago Janauaca alors même que ce type de milieu est généralement associé dans la littérature au seul fonctionnement du fleuve (*cf* le concept de « flood-pulse » (Junk *et al*, 1989)).
- 31 Lors d'événements hydrologiques extrêmes, l'agriculture de *várzea* est ensuite confrontée à un problème bien spécifique : la période de culture étant limitée à l'entre-deux-crues, c'est donc la temporalité de ces deux événements qui jouera ici un rôle essentiel. La crue de 2009 en offre un exemple concret. Cette dernière fut en effet remarquable par sa précocité, et engendra d'importants dommages. La plupart des récoltes de *várzea* ont ainsi été perdues, les plants n'étant pas arrivés à maturité avant la remontée du niveau d'eau. Ainsi si la magnitude de la crue représente un risque pour les cultures de terre ferme et les habitations, c'est donc plutôt la variabilité temporelle de sa survenue qui causera la perte de cultures de *várzea*. Par ailleurs, l'environnement de *várzea* peut généralement être exposé au risque d'érosion. Celle-ci sape les berges des fleuves, pouvant emporter cultures et maisons (*cf* photo 4). Cependant, si nous avons pu constater ce type d'impact sur les rives du Solimões, le Lago Janauaca, du fait de la relative faiblesse des courants et donc de l'action érosive limitée, en semble plutôt bien protégé. Les maisons sont généralement situées sur des pentes douces, et les zones visibles d'ablation y sont assez rares.



#### Photographie 4 - Erosion des berges le long du Rio Solimões

32



33 La pêche est l'autre activité fondamentale pour la subsistance de la population riveraine. Elle est également très affectée par la saisonnalité hydrologique. Une des conséquences premières est la différence en termes d'espèces entre les deux saisons : pendant les hautes eaux, les pêcheurs prendront plutôt du *branquinha*, du *curimatã*, du *cubiu* et du *mapara* ; pendant les basses eaux, *tambaqui*, *tucunaré* et *pirarucu* seront parmi les espèces les plus représentées. Tous les poissons n'ayant pas la même valeur, ni le même potentiel commercial, ces distinctions saisonnières sont nécessaires. Le *mapara* représente par exemple des ventes assurées selon les pêcheurs ; la période de mars à octobre, où il est généralement pêché, sera donc considérée comme une bonne période pour cette activité. Cela dit, d'une manière générale, ce sont plutôt les basses eaux qui favorisent la pêche grâce à une concentration plus importante en poissons. Au contraire, lors des plus grandes crues, les poissons fuient et se cachent plus facilement, rendant les prises plus difficiles. Suivant l'intérêt particulier des pêcheurs (maximiser le nombre de prises, ou bien assurer ses ventes et donc ses revenus) la meilleure période de pêche pourra ainsi varier. Cependant, une sécheresse comme celle de 2005 peut avoir des conséquences dramatiques sur l'écosystème aquatique. Les journaux faisaient à l'époque leur une avec des photos montrant de véritables tapis de poissons morts sur le lit du lac asséché. De plus, la vente des poissons pêchés a souffert directement des difficultés qu'avaient les gens, pêcheurs comme acheteurs, à se déplacer.

#### Adaptation des populations à la variabilité hydrologique

34 Le transport est apparu au fil des entretiens comme une véritable question-clé de l'impact de la variabilité hydrologique sur les populations riveraines. En effet le lac est avant tout le milieu sur lequel les riverains évoluent, et la sécheresse est véritablement catastrophique pour ses habitants qui tous utilisent une pirogue, une barque, un canot, ou même un bateau de plus grande taille comme principal moyen de locomotion. Lors des étiages les plus sévères, ce milieu se retrouve fragmenté, le lac et les ramifications de l'*igarapé* s'assèchent (*cf* première partie). Les populations se retrouvent alors isolées les unes des autres. Elles sont obligées de suivre des chemins le long de l'*igarapé*, ou de trainer leur pirogue sur le lit du lago boueux et malodorant, jusqu'à un filet d'eau suffisamment profond pour pouvoir être navigable et gagner ainsi l'embouchure du Lago. C'est certes à cette époque que peut être cultivée la *várzea*, mais tout est alors plus difficile. Et si les déplacements à l'intérieur du lago sont problématiques, la situation est également complexe pour des déplacements plus lointains. Les bateaux de ligne, assurant la liaison avec Manaus principalement, ne peuvent plus entrer dans le lac,

l'approvisionnement des épiceries devient difficile. Dans cette situation, il est difficile de travailler sa terre, de vendre sa production médiocre en raison du manque de pluie, et de se procurer les produits de première nécessité. Et les hommes, comme les animaux, sont victimes de la sécheresse. Face à ces difficultés l'ouverture de pistes (*cf* photo5) entre le Lago et la BR319 (*cf* seconde partie) apporte une aide précieuse. Pour les personnes qui habitent au fond de l'*igarapé* et donc au plus loin du fleuve, les pistes constituent l'alternative privilégiée pour pouvoir gagner Manaus en période d'étiage. Si l'impact de ces ouvrages sur la forêt peut être discuté, les pistes sont sans aucun doute un élément d'adaptation essentiel des populations à la variabilité hydrologique.

**Photographie 5 - Piste reliant l'igarapé du Lago Janauaca à la BR319**

35



36

En période de hautes eaux au contraire, la mobilité est facilitée. Pour cette raison cette saison bénéficie d'une représentation positive parmi l'ensemble de la population. Pourtant les crues historiques ont elles aussi des conséquences néfastes au premier rang desquelles l'inondation de maisons. Les maisons sur pilotis sont généralement construites dans l'*alta várzea*, les crues arrivent donc régulièrement jusqu'à leur seuil, et les crues les plus importantes peuvent en inonder certaines. Lors de la crue record de 1953, de nombreuses maisons ont ainsi été inondées. Certaines maisons ont été reconstruites par la suite à une altitude plus élevée, mais la construction de maisons flottantes (les *flutuantes*) après cet événement majeur a véritablement constitué une étape importante dans les mesures prises par la population pour s'adapter aux aléas hydrologiques. Cette mesure s'est d'ailleurs fortement développée depuis (*cf* photo 6). Ces *flutuantes* présentent l'avantage de se déplacer avec le cycle hydrologique, verticalement donc, mais aussi horizontalement puisque l'on peut les déplacer sur la surface du Lago. Ainsi elles échappent en toutes saisons aux risques liés au cycle hydrologique, en évitant l'inondation comme l'isolement loin de voies navigables. La grande majorité des commerces et des *casas de goma* sont également des *flutuantes*, afin de gagner en accessibilité. Ainsi bien que certains paysans préfèrent habiter sur la *terra firme* où ils jugent les conditions de vie plus sûres et plus saines (moins de risques pour les enfants de tomber dans l'eau, moins de serpents, de moustiques...), les maisons flottantes semblent tout de même la forme d'habitation la mieux adaptée à ce milieu mouvant. De plus les *flutuantes* sont certainement les habitations les plus appréciées de la population en raison du lien essentiel entre la vie quotidienne des riverains et l'eau du lac. La proximité de l'eau reste fondamentale, même si celle-ci tend à favoriser la pollution du Lago, depuis de simples sacs plastiques au cyanure issu de la transformation de la racine de manioc.

### Photographie 6 - Un exemple d'habitation familiale regroupant maisons sur pilotis et flottantes

37



## Conclusion

38 Cadre de vie soumis à la pulsation des crues du Solimões, la *várzea* du Lago Janauaca offre par ses variations saisonnières un ensemble de conditions dont les populations riveraines ont appris à exploiter les potentialités par des pratiques et des installations adaptées. Sur le terrain, cette appropriation du milieu prend la forme de cultures de petites dimensions sur la *terra firme*, associées saisonnièrement à des plantations sur les berges asséchées du *lago*. En s'appuyant sur l'enrichissement naturel des sols de la *várzea* et par la rotation des cultures de terre ferme, cette organisation permet de limiter la consommation de l'espace forestier. Cependant, la variabilité hydrologique, de part sa forte emprise spatiale et l'ampleur des événements extrêmes qu'elle peut provoquer, affecte significativement l'ensemble des activités des communautés riveraines. L'articulation entre l'événement hydroclimatologique et la vulnérabilité est ici complexe : les anomalies positives ou négatives, selon leur magnitude et leur temporalité auront des effets différenciés sur les diverses populations et leurs activités. Dans un contexte d'intensification du cycle hydrologique, le risque de sécheresse et d'étiage extrême représente certainement pour la *várzea* le type de perturbation le plus important, en raison notamment de son impact sur les mobilités locales et régionales et par effet de cascade sur l'ensemble des activités. Et si dans le cas du Lago Janauaca le développement des pistes apparaît pouvoir limiter l'isolement des *ribeirinhos* lors des sécheresses les plus importantes, le glissement observé d'une « Amazonie des fleuves » traditionnelle vers une « Amazonie des routes » géophage ne saurait résoudre durablement le problème de la vulnérabilité des communautés riveraines au risque de sécheresse à l'échelle du bassin amazonien.

---

### Bibliografia

Alves D.S. (2002), « Space time dynamics of deforestation in Brazilian Amazônia », *International Journal of Remote Sensing*, vol. 23(14), 6p.

Bahri S. (1993), « L'agroforesterie, une alternative pour le développement de la plaine alluviale de l'Amazonie », Thèse soutenue à l'Université de Montpellier 2, Éditions de l'ORSTOM, 372p.

Budke J.C., Jarenkow J.A. et Oliveira-Filho A.T. (2008), « Tree community features of two stands of riverine forest under different regimes in southern Brazil », *Flora*, vol. 203, 13p.

- Callède J., Guyot J.L., Ronchail J., L'Hôte Y., Niel H. et Oliveira E. (2004), « Evolution du débit de l'Amazone à Obidos de 1902 à 1999 », *Hydrological Sciences Journal*, vol. 49, 12p.
- Clairay M. (2005), « Structures, composantes et formes spatiales d'un front pionnier situé au Mato Grosso, Brésil », *Mappemonde*, vol. 77, 7p.
- Claro L., Ferreira E., Zuanon J. et Araujo-Lima C. (2004), « O efeito da floresta alagada na alimentação de três espécies de peixes onívoros em lagos de várzea da Amazônia Central, Brasil », *Acta Amazonica*, vol. 34(1), 6p.
- Droulers M. (2004), « L'Amazonie, vers un développement durable », *Collection U*, Armand Colin, 224p.
- Espinoza Villar J.C., Guyot J.L., Ronchail J., Cochonneau G., Filizola N., Fraozy P., Labat D., Noriega L., de Oliveira E., Ordoñez J.J., Vauchel P., (2009), « Contrasting regional runoff evolution in the Amazon basin (1974-2000) », *Journal of Hydrology*, vol. 375, 14p.
- Ferreira L., Venticinque E., Almeida S., (2005), « O desmatamento na Amazônia e a importância das áreas protegidas », *Estudos Avançados*, vol. 19, 10p.
- Grenand F. et Bahri S. (1990), « L'Agriculture de várzea et le paysannat d'Amazonie centrale », in Linck (ed), *Agricultures et paysanneries en Amérique latine, mutations et recompositions*, Actes du colloque international de Toulouse des 13 et 14 décembre 1990, Éditions de l'ORSTOM, 5p.
- Guyot J.L., Callède J., Molinier M., Guimarães V. et Oliveira E. (1998), « La variabilité hydrologique actuelle dans le bassin de l'Amazone », *Bulletin de l'Institut Français des Études Andines*, vol. 27(3), 10p.
- Harris M. (1998), « The rhythm of life on the Amazon floodplain: Seasonality and sociality in a riverine village », *Journal of Royal Anthropological Institute.*, vol. 4, 17p.
- IBAMA/ProVarzea (2007), « Atlas da Várzea », *Amazonia-Brasil*, 136p.
- IBGE (1991), « Geografia do Brasil », vol. 3 (Região Norte), 308p.
- Junk W.J., Bayley P.B. et Sparks R.E. (1989), « The flood-pulse concept in river-floodplain systems », in Dodge (ed), *Proceedings of the International Large River Symposium*, Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci., vol. 106, 18p.
- Klinge H., Adis J. et Worbes M. (1995), « The vegetation of a seasonal várzea forest in the lower Solimões river, Brazilian Amazonia », *Acta Amazonica*, vol. 25(3-4), 20p.
- Le Tourneau F.M. (2004), « Jusqu'au bout de la forêt ? Causes et mécanismes de la déforestation en Amazonie brésilienne », *Mappemonde*, vol. 75, 12p.
- Molinier M., Guyot J.L., Oliveira E., Guimarães V. (1996), « Les régimes hydrologiques de l'Amazone et de ses affluents », *L'hydrologie tropicale : Géosciences et outils pour le développement*, 238, 13p., Paris, Mai 1995, *IAHS Publ.*
- Molinier M., Guyot J.L., Callède J., Guimarães V., Oliveira E. et Filizola N. (1997), « Hydrologie du bassin amazonien », in Théry (ed), *Environnement et développement en Amazonie brésilienne*, Belin, 14p.
- Nepstad D.C., Carvalho G., Barros A.C., Alencar A., Capobianco J.P., Bishop J., Moutinho P., Lefebvre P., Silva U.L., Prins E. (2001), « Road paving, fire regime feedbacks, and the future of Amazon forests », *Forest Ecology and Management*, vol. 154, 13p.
- Oliveira-Filho F.J.B et Metzger J.P (2006), « Thresholds in landscape structures for three common deforestation patterns in the Brazilian Amazon », *Landscape Ecology*, vol. 21, 13p.
- Parolin P. (2002), « Submergence tolerance vs escape from submergence: two strategies of seedling establishment in Amazonian floodplains », *Environmental and Experimental Botany*, vol. 48, 10p.
- Parolin P., Ferreira L.V., Albernaz A. et Almeida S. (2004), « Tree species distribution in várzea forests in Brazilian Amazonia », *Folia Geobotanica*, vol. 39, 14p.
- Sioli H. (1984), « The Amazon and its main affluents: hydrography, morphology of the river courses and river types », in Sioli (ed), *The Amazon. Limnology and landscape ecology of a mighty tropical river and its basin*, W.Junk (publ), 37p.

Soares-Filho B.S., Nepstad D.C., Curran L., Cerqueira G.C., Garcia R.A., Ramos C.A., Voll E., McDonald A., Lefebvre P., Schlesinger P. et McGrath D. (2005), « Cenários de desmatamento para a Amazônia », *Estudos Avançados*, vol. 19, 16p.

Wittman F., Junk W.J. et Piedade M. (2004), « The várzea forests in Amazonia: flooding and the highly dynamic geomorphology interact with natural forest succession », *Forest Ecology and Management*, vol. 196, 14p.

---

### **Para citar este artigo**

Referência electrónica

Guillaume Drapeau, Catherine Mering, Josyane Ronchail e Naziano Filizola, « Variabilité hydrologique et vulnérabilité des populations du Lago Janauaca (Amazonas, Brésil) », *Confins* [Online], 11 | 2011, posto online em 26 Março 2011. URL : <http://confins.revues.org/6904>

---

### **Sobre os autores**

#### **Guillaume Drapeau**

Doctorant à l'Université Paris Diderot, UMR8586 PRODIG [guillaume.drapeau@locean-ipsl.upmc.fr](mailto:guillaume.drapeau@locean-ipsl.upmc.fr)

#### **Catherine Mering**

Professeur à l'Université Paris Diderot, UMR8586 PRODIG, [catherine.mering@univ-paris-diderot.fr](mailto:catherine.mering@univ-paris-diderot.fr)

#### **Josyane Ronchail**

Maître de conférences à l'Université Paris Diderot, UMR7159 LOCEAN-IPSL, [josyane.ronchail@locean-ipsl.upmc.fr](mailto:josyane.ronchail@locean-ipsl.upmc.fr)

#### **Naziano Filizola**

Professeur à l'Universidade Federal do Amazonas, Manaus, Brésil [naziano.filizola@gmail.com](mailto:naziano.filizola@gmail.com)

---

### **Direitos de autor**

© Confins

---

### **Résumé / Sumário / Abstract**

Étroitement liées à la pulsation saisonnière des crues de l'Amazone, les activités des petits paysans et pêcheurs des várzeas sont particulièrement sensibles aux manifestations plus extrêmes de la variabilité hydrologique. Ce travail propose d'appréhender la vulnérabilité de ces communautés riveraines aux crues et étiages extrêmes autour du Lago Janauaca, près de Manaus, dans un contexte climatique d'intensification du cycle hydrologique. Dans un premier temps nous proposons de caractériser la variabilité hydrologique du Rio Solimões et son impact spatial sur le Lago. Si l'extension du phénomène est frappante, les dynamiques anthropiques sur les rives du lac sont elles aussi importantes. Celles-ci s'expliquent plus par l'ouverture de pistes entre le lac et la BR319, que par l'expansion des cultures traditionnelles qui restent modérée. Enfin, une série d'entretiens menés auprès des riverains dévoile une relation complexe entre les différentes activités des populations et les extrêmes hydrologiques. Les sécheresses y apparaissent comme les perturbations majeures, non seulement à cause de leurs impacts sur les cultures, mais surtout en raison des difficultés qu'elles entraînent pour les mobilités locale et régionale.

**Mots clés :** Amazonie, vulnérabilité, crue, étiage, várzea

## Variabilidade hidrológica e vulnerabilidade das populações do Lago Janauaca (Amazonas, Brasil) Hydrological variability and human vulnerability in Lago Janauaca (Amazonas, Brazil)

Intimamente relacionado com o pulso de inundaç o sazonal do rio Amazonas, as atividades dos agricultores e pescadores das várzeas são particularmente sensíveis aos eventos mais extremos da variabilidade hidrológica. Este artigo tem como objetivo analisar a vulnerabilidade das comunidades ribeirinhas às cheias e às estiagens extremas ao redor do Lago Janauaca, próximo de Manaus, em um contexto de intensifica o do ciclo hidrológico. Inicialmente, propomos uma caracteriza o da variabilidade hidrológica do Rio Solimões e do seu impacto espacial sobre o lago. As dinâmicas antrópicas às margens do lago são importantes também. Elas são mais decorrentes pela abertura de estradas entre o lago e a BR319, do que pela expansão moderada das culturas tradicionais. Finalmente, entrevistas com os moradores revelam uma rela o complexa entre as atividades das popula es e os extremos hidrológicos. Secas aparecem como o tipo de perturba o mais importante, não são devido ao seu impacto sobre as culturas, mas principalmente pelas dificuldades que elas implicam para as mobilidades local e regional.

**Palavras chaves :** Amazônia, vulnerabilidade, cheia, seca, várzea

Closely related to the seasonal flood pulse of the Amazon River, the activities of várzeas farmers and fishermen are particularly sensitive to the critical events of hydrological variability. This paper analyzes the vulnerability of riverine communities to extreme high and low waters around the Lago Janauaca near Manaus, in a context of intensification of the hydrological cycle. We shall first try to characterize the hydrological variability of Rio Solimões and its spatial impact on the Lago. Important though is the extension of the natural phenomenon, human dynamics on the banks of the lake must be also taken into consideration. Such dynamics are due to the opening of dirt roads linking the lake to the BR319, rather than to the moderate expansion of traditional crops. Finally, interviews with inhabitants reveal a complex relationship between the various activities and hydrological extremes. Droughts appear to be the major disturbances, not only because of their impact on crops, but mostly because of the difficulties they imply for local and regional mobilities.

**Keywords :** Amazon, flood, vulnerability, várzea, drought

** ndice geogr fico :** Amazonas, Amazônia/Amazonie, Lago Janauaca

**ndla : Remerciements** Les auteurs remercient le Groupement d'Int r t Scientifique « Climat-Environnement-Société » de l'Institut Pierre Simon Laplace (IPSL) pour le financement de cette étude   travers le programme REGYNA (« REGionalisation des précipitations et impacts hYdrologiques et agroNomiques du changement climAtique en régions vulnérables). Sont également remerciés ici l'IRD-Brésil et l'Universidade do Estado do Amazonas de Manaus, pour leur soutien logistique, l'ORE HyBam ([www.ore-hybam.org](http://www.ore-hybam.org)) pour l'apport des données hydrologiques et climatologiques, le Pôle Image de l'Université Paris Diderot pour son aide matériel ainsi que Helena Mor o, étudiante   l'UFAM, pour son aide lors des enquêtes. Nous remercions finalement les évaluateurs anonymes qui par leurs commentaires ont permis l'amélioration du manuscrit.