

JACQUES IMBERNON
CIRAD-Tera

PAYSAGES ET DYNAMIQUES DE DÉFORESTATION EN AMAZONIE PÉRUVIENNE



Exploitation gérée par des colons à la lisière de la forêt, défrichée par abattis-brûlis.
A settler's farm on the edge of the forest, cleared by slash-and-burn.

Cette étude, réalisée dans le cadre du projet «Alternatives to Slash-and-Burn*», s'est intéressée à caractériser l'étendue et le taux de la déforestation dans la région de Yurimaguas, en Amazonie péruvienne, et à identifier les principales causes du processus de déforestation.

* Ce projet est coordonné par l'International Centre for Research in Agroforestry (ICRAF) et financé par le Global Environment Facility.

LE PROJET

«ALTERNATIVES TO SLASH-AND-BURN»

Ce projet est une initiative du CGIAR (Consultative Group on International Agricultural Research). Depuis sa conception en 1992, le programme s'est constitué en un consortium de 9 centres de recherche internationaux et 62 instituts de recherche nationaux, universités et organisations non gouvernementales, coordonné par l'ICRAF.

Le programme était basé au départ sur trois sites-tests au Brésil, en Indonésie et au Cameroun. Il est maintenant actif dans cinq autres pays : Pérou, Thaïlande, Philippines, Mexique et Vietnam.

Il comporte trois phases :

- Première phase : les recherches ont porté sur les facteurs biophysiques et socio-économiques de la déforestation. Les meilleures alternatives pour chaque site ont été identifiées.
- Deuxième phase : ces alternatives sont analysées au regard du bien-être des populations et de critères environnementaux.
- Troisième phase : elle devrait aboutir à des plans d'action nationaux et à leur mise en œuvre.

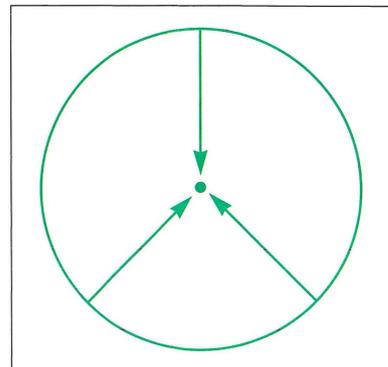
Les colons pratiquent l'agriculture sur abattis-brûlis à la lisière de la forêt, sur des sols généralement pauvres. Ce système de culture est celui qui dégrade le plus les sols et la forêt de cette région d'Amazonie péruvienne. Mais, selon le World Resources Institute (1990), la déforestation au niveau national demeure faible : 0,4 % par an, soit 286 600 ha/an. De plus, des études menées dans cette région indiquent que la régénération naturelle d'une forêt secondaire, qui se caractérise par une biomasse importante et une grande biodiversité, couvre 50 à 80 % des zones précédemment déboisées (APODESA-FUNDEAGRO, 1992).

On peut toutefois considérer que l'agriculture sur brûlis est le principal facteur de perte de biodiversité (PANIZO, 1994). Lorsque les agriculteurs coupent et brûlent la forêt, la biodiversité est totalement détruite. Comme les écosystèmes forestiers sont très vastes, il n'y aurait pas de problème si les surfaces d'abattis-brûlis étaient petites. Mais la dimension de ces surfaces augmente et la forêt est réduite par endroits à des îlots de verdure, isolés de l'écosystème naturel, pour lesquels il devient difficile de préserver la biodiversité. La fragmentation de la forêt apparaît alors comme un facteur crucial dans l'étude d'impact de la déforestation sur la biodiversité.

STRUCTURES DES PAYSAGES DE DÉFORESTATION

L'image de 1989 (Spot panchromatique, photo 1) et l'image de 1995 (Spot multispectrale, photo 2) montrent que la déforestation existe principalement le long des rivières et autour de la ville de Yurimaguas (elle-même située le long de la rivière Huallaga). L'influence de la ville dans un rayon de 10 km est claire-

ment visible sur ces images selon un motif de paysage de déforestation fréquent (au sens anglophone de «landscape pattern») influencé par le marché urbain et la concentration des activités agricoles autour de la ville.

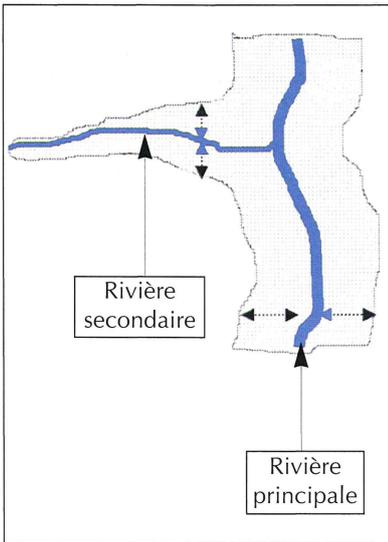


Motif circulaire d'attraction.
Circulation attraction pattern.

Mais l'influence du réseau hydrographique est également remarquable, accentuée par le fait que la ville et les villages se trouvent le long des rivières. Comme les routes sont mauvaises (non revêtues et impraticables en saison des pluies) et rares (on en compte seulement deux : Yurimaguas-Tarapoto au sud et Yurimaguas-Munuchis à l'est), les rivières restent un moyen de transport privilégié pour les personnes et les biens.

La principale rivière, le Rio Huallaga, relie Yurimaguas à Iquitos et Manaus, ainsi qu'à l'océan : c'est la route suivie par les colons espagnols et ensuite par le commerce du caoutchouc.

Les rivières secondaires sont des axes de pénétration dans la forêt et constituent un lien entre les villages. Ce motif de paysage de déforestation est significatif du haut bassin de l'Amazonie.



Motif linéaire de couloir.
Linear buffer pattern.

Les zones de déforestation peuvent donc être analysées à l'intérieur de couloirs. La taille de ces couloirs, caractérisée par la distance entre la rivière et la lisière de la forêt, dépend de l'importance de la rivière, et en particulier de sa navigabilité. Ainsi le couloir est plus large le long de la rivière Huallaga.

On peut également observer que la taille des couloirs le long des rivières secondaires décroît lorsque la distance à la ville augmente. Dans ce cas, nous avons la combinaison de deux modèles linéaires : l'attraction de la ville et l'attraction de la rivière.

Deux autres facteurs influencent la déforestation, mais à un degré moindre : les pistes et la qualité des sols. Un couloir apparaît le long des deux routes (Munichis et Tarapoto) ; mais cet effet se confond le plus souvent avec celui des rivières. Quant aux sols, on peut observer des bandes de déforestation parallèles au río Huallaga, au nord de Yurimaguas. Ces zones sont d'anciennes dépressions inondables, avec des sols alluviaux cultivés en saison sèche à la décrue. Parfois,

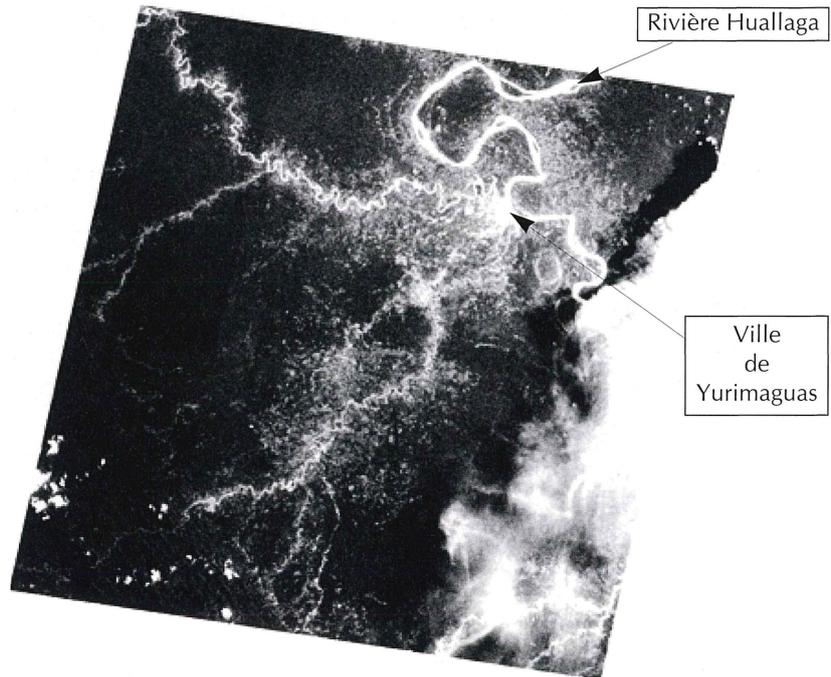


Photo 1. Image SPOT panchromatique acquise en 1989.
Panchromatic SPOT image (1989).

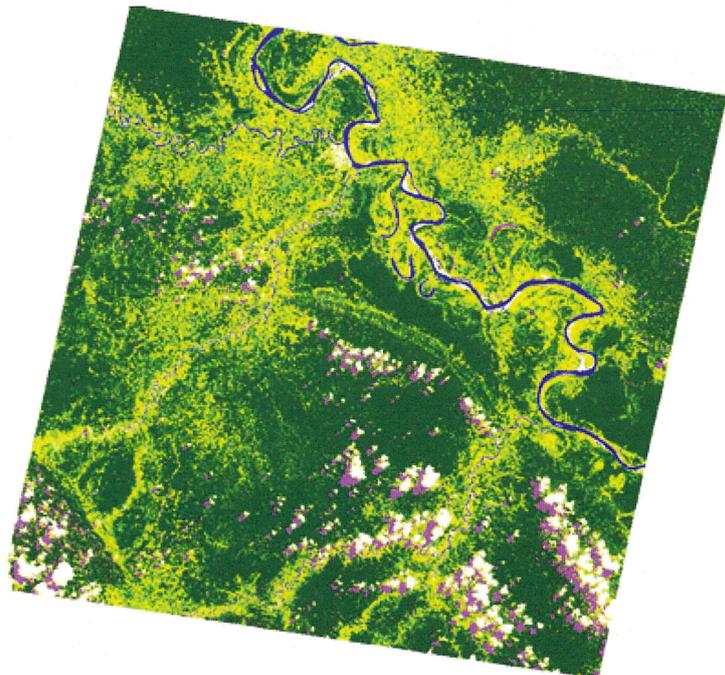
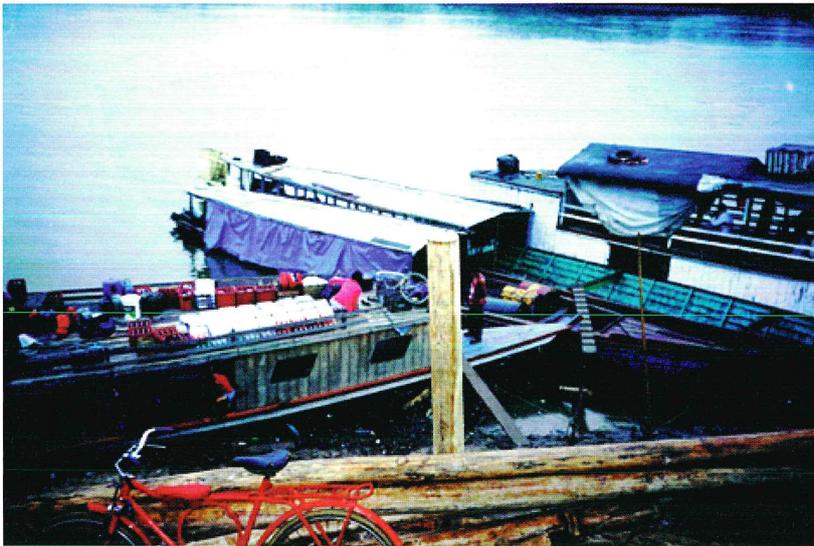


Photo 2. Image SPOT multispectrale acquise en 1995.
Multispectral SPOT image (1995).



La rivière Huallaga, affluent de l'Amazone, connaît un trafic intense ; elle est empruntée par les populations et sert aussi d'axes de communication pour acheminer les marchandises.

There is a great deal of traffic on the river Huallaga, a tributary of the Amazon, which is used both by local people and for transporting goods.

UN PEU D'HISTOIRE

Près de la moitié des forêts tropicales humides du globe se trouve dans le bassin amazonien. Ces forêts sont soumises à de nombreuses pressions : agriculture, élevage, exploitation forestière, construction de routes ou urbanisation, qui conduisent à la déforestation et à la dégradation des terres. L'Amazonie péruvienne n'y échappe pas, même si elle se trouve relativement à l'écart des grands mouvements de colonisation tels que nous les connaissons au Brésil.

Ce phénomène peut être considéré comme récent (HOUGHTON *et al.*, 1991) : à l'époque de la colonisation espagnole, les forêts de l'Amazonie ne sont soumises à aucune pression. Les premiers changements n'apparaissent qu'à la fin du siècle dernier, avec l'avènement de l'industrialisation et la demande croissante en caoutchouc.

Comme les autres cités des rives de l'Amazone (Iquitos, Manaus, Belém), la cité péruvienne de Yurimaguas connaît une croissance forte et une grande activité ; les bâtiments les plus imposants de la ville sont construits à cette époque et les plantations d'hévéa se développent tout autour de la cité et le long de la rivière Huallaga. Le «boom» du caoutchouc s'arrête brutalement après la seconde guerre mon-

diale, avec la domestication de l'hévéa et le développement de plantations industrielles en Asie du Sud-Est. Les plantations autour de Yurimaguas sont alors rapidement abandonnées pour devenir des pâturages.

Le bassin de l'Amazone devient alors un enjeu géopolitique pour les différents pays qui en font partie. Entre les années 60 et 80, de nouvelles routes sont ouvertes, la plus fameuse étant la «transamazonienne» au Brésil alors qu'on construit au Pérou les routes Lima-Pucallpa et Olmos-Yurimaguas (TOLEDO, 1994). A Yurimaguas, cette construction n'est pas accompagnée d'un programme de colonisation, contrairement au Brésil (LENA, 1992; HECHT, 1993; MORAN, 1993; SKOLE *et al.*, 1994) ou à la région de Pucallpa au Pérou (APODESA-FUNDEAGRO, 1992).

Plus récemment, entre 1981 et 1992, nombre de «petits paysans» sont venus de la Sierra pour cultiver la coca. Traditionnellement celle-ci était cultivée dans la vallée du « haut Huallaga», la région la plus adaptée à cette culture. Mais l'accroissement de la demande et les prix élevés qui en résultèrent (environ 540 \$US le kilo de pâte) ont encouragé l'extension de la zone de culture vers la forêt «basse» le long de la

rivière Huallaga. Durant cette période, la population rurale augmente fortement (comme par exemple au village de Pampa Hermosa, à 45 km au sud de Yurimaguas), et un grand nombre de parcelles sont déboisées profondément dans la forêt, à plus de deux heures de marche de la piste principale Yurimaguas-Tarapoto. Pour cette raison, le paysage vu du ciel apparaît fragmenté lorsqu'on s'éloigne de la ville ou de la piste principale.

En 1993, quand l'armée américaine établit une base à Yurimaguas et commence à combattre le trafic de drogue, la culture de la coca et la commercialisation de la pâte deviennent difficiles ; les prix s'effondrent jusqu'à 90 \$US/kg qui est le prix actuel. Cette modification du marché de la coca à Yurimaguas a pour conséquence le départ d'un grand nombre de cultivateurs vers d'autres régions.

Nous pouvons donc constater que la région de Yurimaguas a subi au cours de son histoire diverses phases de colonisation et de déforestation. Actuellement, peu de nouveaux «colons» sont établis dans la région et la croissance démographique est à un taux que l'on peut qualifier de normal (environ 4 % par an).

ces sols sont cultivés en riz lors de la saison des pluies, sous submersion. La qualité des sols est donc un facteur supplémentaire de déforestation le long des rivières.

TYPOLOGIE DES SYSTÈMES DE CULTURE

Lors d'une tournée sur le terrain, nous avons effectué avec les partenaires de l'INIA* une typologie des systèmes de culture, en nous appuyant sur une image satellitaire préalablement analysée en terme de motifs de paysages. Quatre principaux types de système de culture ont pu être identifiés :

□ **Type 1 : le long de la rivière Huallaga.** Ce système de culture présente une remarquable intégration d'activités agricoles variées (fig. 1) : coupes sélectives de bois dans la forêt (le «bosque alto»), cultures vivrières, arbres fruitiers, pâturages et élevage dans la zone de culture, pêche dans le río. La forêt y a été initialement défrichée par abattis-brûlis pour pratiquer les cultures de riz et de maïs. Ces exploitations sont vastes, situées sur de bons sols et disposant d'un accès facile vers les marchés. Les systèmes de culture sont durables : ils comportent des jachères de 8 à 12 ans. Il n'y a pas de pression ni sur les sols ni sur la forêt ; on peut donc considérer qu'il n'y a pas de dégradation.

□ **Type 2 : entre la rivière Shanussi et la rivière Paranapura,** près de la ville de Yurimaguas (fig. 2). Ce système est basé principalement sur des pâturages. Ces terres sont les premières à avoir été exploitées dans la région, il y a plus de cent ans, pour la production de caout-

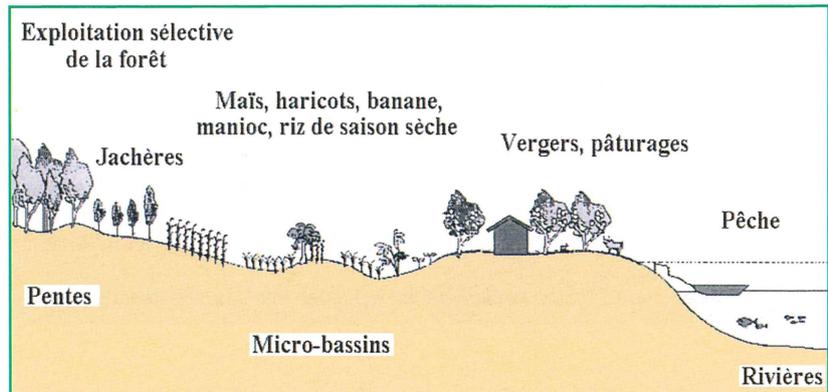


Figure 1. Système de cultures pratiqué le long de la rivière Huallaga (type 1).
Farming system type 1, along the Huallaga river.

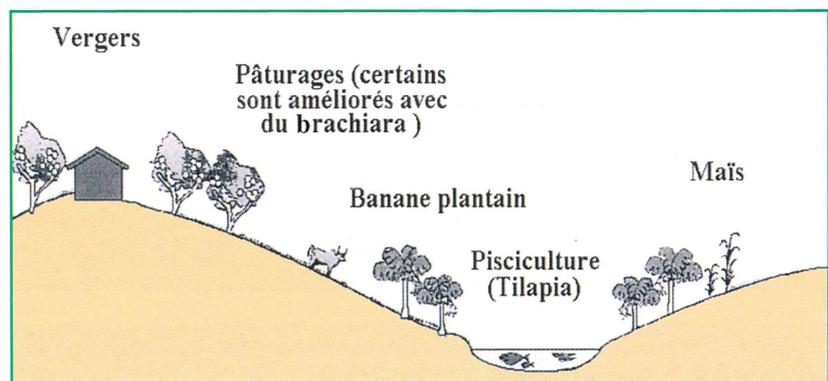


Figure 2. Système de cultures pratiqué entre les rivières Shanussi et Paranapura (type 2).
Farming system type 2, between the Shanussi river and the Paranapura river.



Pâturages sur des terres anciennes à Yurimaguas.
Pasture land on old soils around Yurimaguas.

* Instituto Nacional de Investigación Agraria, Pérou.

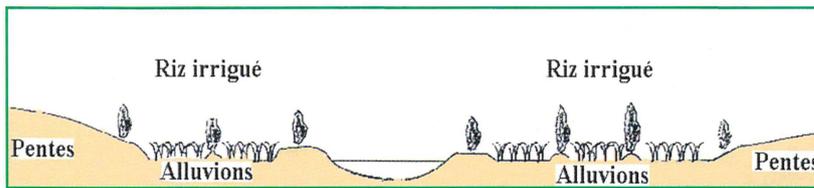


Figure 3. Système de cultures pratiqué dans les basses terres des rivières Huallaga et Shanussi (type 3).
Farming system type 3, in the lowland of the Huallaga river and the Shanussi river.

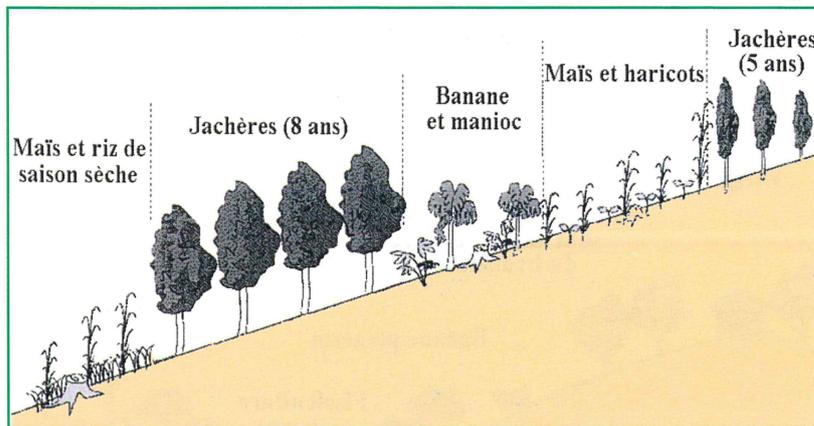


Figure 4. Système de cultures pratiqué sur les pentes à la lisière de la forêt (type 4).
Farming system, type 4, on slopes of forest margin.

chouc. Certains pâturages, encore autochtones, sont très dégradés par le surpâturage, mais la plupart ont été améliorés avec du braquiaria. Ces pâturages sont régulièrement brûlés en saison sèche pour contrôler les mauvaises herbes et les insectes.

Profitant de la topographie naturelle, les exploitants ont créé de nombreuses mares pour la pisciculture (Tilapia). Ils ont de plus intégré des arbres fruitiers près des habitations, et certains ont de petites parcelles de plantain et de maïs. Dans ce système de culture, il y a rarement des parcelles de forêt ou de jachère, et l'abattis-brûlis n'est pas pratiqué. La dégradation des sols par compaction est un commun dénominateur à ces terres de pâtures.

□ **Type 3 : sur les basses terres des rivières Huallaga et Shanussi** (fig. 3). C'est un système de culture « artificiel » basé sur la culture de riz irrigué (sud-est de Yurimaguas et autour de Pampa Hermosa) qui nécessite une main-d'œuvre compétente. Ces terres ont été initialement défrichées au bulldozer et la végétation a été brûlée. On y a installé des motopompes collectives pour l'irrigation et les rendements en conditions normales sont relativement élevés (4 à 5 t/ha). Mais des difficultés de gestion de l'irrigation ont entraîné des problèmes de trésorerie pour payer le carburant et la maintenance des motopompes. Certains agriculteurs ont donc déserté ces périmètres irrigués pour s'installer sur les pentes, en forêt, et pratiquer l'abattis-brûlis. Les parcelles irriguées sont ainsi

abandonnées aux mauvaises herbes (ces terres ne sont pas reprises par la forêt).

□ **Type 4 : les pentes à la lisière de la forêt** (fig. 4). Nous trouvons là un système « traditionnel » d'abattis-brûlis, pratiqué par les agriculteurs les plus pauvres et les plus récemment arrivés. Les exploitations sont de petites dimensions en dépit du faible prix de la terre à cet endroit (une « chacra » de 4 à 5 ha coûte 1 000 Sols, soit 420 US\$). La durée de la jachère est d'environ cinq ans avant le riz et huit ans avant le maïs (contraintes de fertilité).

Les cultures sont généralement associées : maïs avec riz ou haricots, ou plantain avec manioc. Les sols sont pauvres et les agriculteurs doivent se déplacer ou étendre leurs exploitations au détriment de la forêt. Ce système de culture est donc itinérant ; c'est la forme d'agriculture la plus destructive de la région.

Si l'on pénètre profondément en forêt, à plus de quatre heures de marche on rencontre les plantations de coca. Ces plantations ont été et continuent à être le principal facteur de déforestation ; toutefois les enquêtes deviennent quelque peu risquées quand on pénètre dans cette zone.

ÉVALUATION DE LA DÉFORESTATION

PROCESSUS DE CLASSIFICATION

La classification des images satellitaires a été réalisée par une procédure non supervisée, en identifiant 100 classes pour l'image panchromatique et 300 classes pour l'image multispectrale à laquelle ont été rajoutés deux indices calculés : VI - Simple difference - et NDVI - Normalized Difference Vegetation Index -. Ces classes ont ensuite été agrégées au cours d'un

processus interactif de photo-interprétation, en utilisant 40 points de contrôle au sol localisés avec un GPS (Global Positioning System) lors de la tournée de terrain.

Les classes sont :

- forêts «fermées»,
- forêts «ouvertes»,
- recrûs et jachères,
- cultures et pâturages.

Une classe supplémentaire appelée «autres» pour l'image panchromatique (1989) a été séparée en différentes classes pour l'image multi-spectrale (1995) :

- nuages, sables et zones urbaines,
- eau,
- ombres de nuages,
- sols nus de terres de cultures,
- zones brûlées.

Ce schéma de classification est quelquefois difficile à appliquer, particulièrement lorsqu'on cherche à différencier les forêts «fermées» des forêts «ouvertes», ou cultures et pâturages de recrûs et jachères. Mais nous avons retenu ce schéma car il est compatible avec celui de la FAO (FAO, 1993).

Dans la classification FAO, la différence entre forêts «fermées» et forêts «ouvertes» est le pourcentage de couverture foliaire (plus de 40 % et 10-40 % respectivement). Cette différenciation est toutefois difficile à appliquer dans la classification des réponses spectrales. Dans notre processus, ces deux classes ont été empiriquement séparées lors de la phase d'agrégation en classant forêts «fermées» les zones à plus fort NDVI.

Lors de la séparation entre cultures et jachères, des confusions sont apparues également du fait de la présence d'arbres résiduels dans les champs de culture ou du fait de l'association de plantes à forte couverture comme le plantain avec d'autres cultures. Ainsi, bien qu'ayant utilisé de nombreux points de contrôle au

sol, la précision de cette classification pour certaines classes reste un sujet de préoccupation.

Quoi qu'il en soit, l'information fournie en l'état par cette classification est cruciale quand on analyse les changements d'occupation des sols et leur distribution spatiale sur l'ensemble de la zone.

Il est toujours possible de rassembler ces classes en deux classes seulement : forêts («ouvertes» et «fermées») et non-forêts. Ce schéma simple per-

met alors d'être compatible avec le projet Pathfinder (ENRIC, 1994) et bien plus précis d'un point de vue spatial et statistique.

STATISTIQUES 1989 ET 1995 D'OCCUPATION DES SOLS

L'occupation des sols en 1995 sur l'ensemble de l'image est illustrée par la photo 3 (cf. p. 52) et les statistiques de 1989 et 1995 sont présentées dans les tableaux I et II ci-dessous.

TABLEAU I

STATISTIQUES D'OCCUPATION DES SOLS POUR 1989

| | Surface (ha) | Surface totale (%) |
|--------------------------------|----------------|--------------------|
| Forêts fermées | 174 363 | 63,2 |
| Forêts ouvertes | 52 734 | 19,1 |
| Total forêts | 227 097 | 82,3 |
| Recrûs et jachères | 23 466 | 8,5 |
| Cultures et pâturages | 18 450 | 6,7 |
| Total terres de culture | 41 916 | 15,2 |
| Autres | 6 934 | 3 |
| SURFACE TOTALE* | 275 947 | |

* Hors zone nuageuse.

TABLEAU II

STATISTIQUES D'OCCUPATION DES SOLS POUR 1995

| | Surface (ha) | Surface totale (%) |
|--------------------------------|----------------|--------------------|
| Forêts fermées | 123 035 | 34,0 |
| Forêts ouvertes | 113 197 | 31,2 |
| Total forêts | 236 232 | 65,2 |
| Recrûs et jachères | 41 718 | 11,5 |
| Cultures et pâturages | 44 168 | 12,2 |
| Sols nus | 8 195 | 2,3 |
| Total terres de culture | 94 081 | 26,0 |
| Nuages, sables, zones urbaines | 14 937 | 4,1 |
| Ombres de nuages | 11 563 | 3,2 |
| Eau | 5 485 | 1,5 |
| Total autres | 31 985 | 8,8 |
| SURFACE TOTALE | 362 298 | |

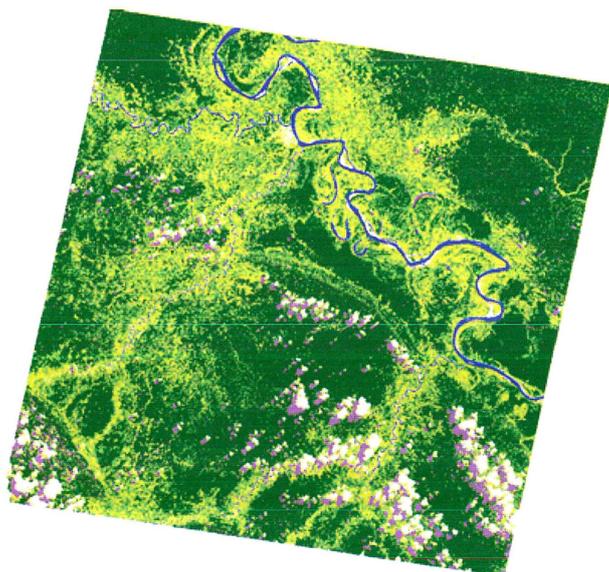


Photo 3. Occupation des sols sur l'image classée de juillet 1995.
Land cover on the July 1995 classified image.

- Eau libre
- Ombres de nuages
- Forêt
- Recrûs et jachères
- Cultures et pâturages
- Nuages et zones urbaines

TABLEAU III
STATISTIQUES D'OCCUPATION DES SOLS SUR UNE ZONE COMMUNE POUR 1989

| | Surface (ha) | Surface totale (%) |
|--------------------------------|---------------|--------------------|
| Forêts fermées | 32 033 | 33 |
| Forêts ouvertes | 31 265 | 33 |
| Total forêts | 63 298 | 66 |
| Recrûs et jachères | 14 767 | 15 |
| Cultures et pâturages | 14 007 | 15 |
| Total terres de culture | 28 774 | 30 |
| Autres | 3 842 | 4 |

TABLEAU IV
STATISTIQUES D'OCCUPATION DES SOLS SUR UNE ZONE COMMUNE POUR 1995

| | Surface (ha) | Surface totale (%) |
|--------------------------------|---------------|--------------------|
| Forêts fermées | 30 805 | 33 |
| Forêts ouvertes | 30 417 | 32 |
| Total forêts | 61 222 | 65 |
| Recrûs et jachères | 15 389 | 16 |
| Cultures et pâturages | 12 482 | 13 |
| Sols nus | 3 071 | 3 |
| Total terres de culture | 30 942 | 32 |
| Autres | 3 577 | 4 |

**CHANGEMENTS
D'OCCUPATION DES SOLS
ENTRE 1989 ET 1995**

Les différences entre les statistiques des tableaux I et II semblent importantes. Toutefois les zones couvertes ne sont pas exactement les mêmes, l'image de 1989 couvrant une région plus à l'ouest : le «bosque alto» (forêts denses).

Pour comparer les statistiques et les cartes de 1989 et 1995, les résultats sont présentés sur une zone commune aux deux images (95 000 ha) dans les tableaux III et IV ci-contre.

Pour 1995, les surfaces des nuages et des ombres (un total de 1 612 ha) ont été affectées dans les différentes classes d'occupation des sols selon le poids de ces classes. Ces statistiques sont présentées dans le tableau IV ci-contre.

Les changements entre 1989 et 1995 pour les deux classes principales (forêts et terres de culture) sont illustrés par le tableau V (cf. p. 53).

On peut observer que la déforestation est en grande partie compensée par les recrûs forestiers sur les terres abandonnées. Ceci ne veut pas dire toutefois que ces «recrûs» forestiers ont la même biodiversité que la forêt originale.

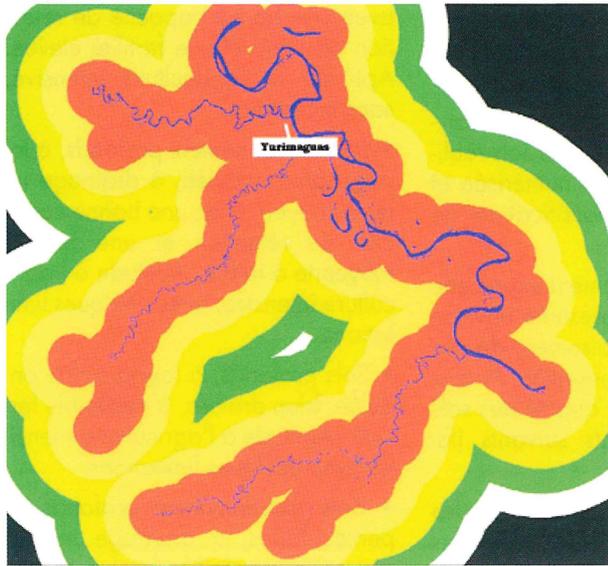
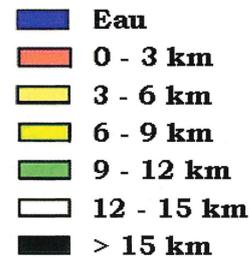


Photo 4. Zones-tampons d'égalles distances aux rivières.
 Buffer patterns at equal distances from the rivers.



Les pertes en forêts entre 1989 et 1995 sont d'environ 2 200 ha, ce qui représente 2,4 % de la surface totale de la région et 3,5 % de la forêt. Le taux de déforestation est donc d'environ 0,4 % rapporté à la surface totale et 0,6 % par an rapporté à la surface forestière. Ces chiffres peuvent être comparés à ceux du projet «FAO Forest Resources Assessment» entre 1981 et 1990, soit 0,4 % par an sur l'ensemble du territoire national.

LES FACTEURS DU PROCESSUS DE DÉFORESTATION

L'EFFET DU MARCHÉ

La ville de Yurimaguas est le principal marché de la région. Certains produits comme le plantain et le boeuf sont envoyés par bateau vers le marché d'Iquitos qui est plus lucratif. Mais, en raison de l'absence totale de route bitumée et de la grande distance qui sépare Yurimaguas d'Iquitos par la rivière, une grande partie des produits agricoles sont commercialisés à Yurimaguas. L'influence de cette ville se fait sentir à plusieurs kilomètres alentour malgré

une population atteignant à peine 40 000 habitants.

Les statistiques du tableau VI, p. 54, montrent l'occupation des sols sur l'image classée de 1995 dans un rayon de 11,5 km (environ 43 720 ha).

Si l'on compare, pour 1995, ces valeurs avec les statistiques de la zone, on constate que 21,7 % des terres de culture de la région (362 298 ha) sont situées à l'intérieur d'un rayon de 11,5 km autour de Yurimaguas (43 720 ha). On peut voir également, dans le tableau VII, p. 54, que la proportion de terres de culture est bien plus élevée près de la ville qu'au-delà des 11,5 km (46 % et 23 % respectivement).

TABLEAU V

CHANGEMENTS D'OCCUPATION DES SOLS ENTRE 1989 ET 1995

| 1989 | 1995 | Surface (ha) | Surface totale (%) |
|-------------------|-------------------|--------------|--------------------|
| Forêts | forêts | 47 008 | 49 |
| Forêts | terres de culture | 1 637 | 17 |
| Terres de culture | terres de culture | 14 968 | 16 |
| Terres de culture | forêts | 14 136 | 15 |
| Autres | | 3 329 | 3 |

L'EFFET DU RÉSEAU DE COMMUNICATIONS

Comme les terres de culture sont concentrées le long des rivières, des zones-tampons ont été calculées à distances régulières de la rivière : à 3, 6, 9, 12, 15 km et au-delà (photo 4). En raison de la forme et de l'interconnexion des rivières, les zones-tampons n'ont pas toutes la même surface : celle-ci décroît lorsque la distance à une rivière augmente.

Les surfaces des différentes classes d'occupation des sols dans chacune des zones-tampons ont ensuite été calculées pour 1995.

Les figures 5 et 6, p. 55, montrent que l'occupation des sols est fortement liée à la distance aux rivières.

La figure 5 montre que 70 % des terres cultivées dans cette région sont situées à moins de 3 km d'une rivière, et cette proportion diminue exponentiellement quand les distances augmentent.

La figure 6 montre le pourcentage de terres de culture et de forêts dans chaque zone-tampon. A une distance inférieure à 3 km d'une rivière, nous trouvons environ 40 % de cultures et 55 % de forêts. Entre 3 et 15 km, il se trouve un plateau avec environ 20 % de cultures et 75 % de forêts. La distance de 15 km correspond à une distance limite de marche (trois heures) des agriculteurs qui veulent commercialiser leurs produits. A des distances supérieures, la majorité des terres de culture correspond aux plantations de coca.

L'EFFET DE LA QUALITÉ DES SOLS

La qualité des sols est également un facteur du processus de déforestation le long des rivières. Pour analyser cet effet, une carte des sols réalisée par l'INIA* a été numérisée et superposée à la classification de 1989.

La zone de recouvrement entre cette carte et l'image représente environ 184 302 ha. Le croisement de ces deux couches d'information, l'occupation des sols et la qualité des sols donnent les résultats suivants (tableau VIII).

Ces résultats correspondent à des sols dont les caractéristiques sont les suivantes :

- Sols profonds, plats ou à faible pente, à drainage interne moyen,

avec une bonne capacité de rétention de l'eau et une fertilité élevée. Aptitude à l'agriculture intensive, sans limitations.

- Sols moyennement profonds, à topographie ondulée, à drainage interne moyen, avec une bonne capacité de rétention et une fertilité moyenne à faible. Aptitude à l'agriculture intensive, avec quelques limitations.

- Sols profonds, à topographie ondulée, bien drainés, à très faible fertilité. Aptitude à l'agriculture intensive avec quelques limitations.

- Sols moyennement profonds, à pentes fortes, à drainage interne moyen, à très faible fertilité et sensibles à l'érosion. Aptitude aux cultures pérennes et à la foresterie.

- Sols à pentes fortes, à faible fertilité, acides et sensibles à l'érosion. Aptitudes aux pâturages naturels et à la foresterie.

- Sols à pentes fortes, très sensibles à l'érosion. Pas d'aptitude culturale.

Ainsi nous pouvons observer que la plupart des terres cultivées sont situées sur les sols de type 1 et 2 (sols alluviaux le long des rivières), tous deux représentant environ 55,4 % de l'ensemble des terres cultivées. Ces résultats confirment que la qualité des sols est un facteur du processus de déforestation. Toutefois, la mise en culture d'une partie des sols de type 6, c'est-à-dire inaptes à l'agriculture, est surprenante. Elle est à relier probablement à la culture de la coca.

Mais nous pouvons également observer que 43,6 % des terres de culture sont des sols à faible fertilité ou à forte sensibilité à l'érosion. Elles correspondent aux zones suivantes :

- Près de Yurimaguas, entre les rivières Shanussi et Paranapura.

TABLEAU VI

STATISTIQUES D'OCCUPATION DES SOLS AUTOUR DE YURIMAGUAS EN 1995

| | Surface (ha) | Surface totale (%) |
|--------------------------------|---------------|--------------------|
| Forêts fermées | 6 836 | 16 |
| Forêts ouvertes | 12 877 | 29 |
| Total forêts | 19 713 | 45 |
| Recrûs et jachères | 8 098 | 18 |
| Cultures et pâturages | 11 038 | 25 |
| Sols nus | 1 256 | 3 |
| Total terres de culture | 20 392 | 46 |
| Nuages, sables, zones urbaines | 1 256 | 3 |
| Ombres de nuages | 163 | 0 |
| Eau | 2 196 | 5 |

TABLEAU VII

STATISTIQUES D'OCCUPATION DES SOLS EN 1995 DANS ET HORS D'UN RAYON DE 11,5 KM DE YURIMAGUAS

| | Ensemble de la région | Dans le rayon | Hors du rayon |
|-------------------|-----------------------|---------------|---------------|
| Forêts | 65 % | 45 % | 68 % |
| Terres de culture | 26 % | 46 % | 23 % |

* ONERN, FAO, ONRA, Carte d'aptitude des sols au 1/1000 000. Projet de développement des fonds de rivière Huallaga et Chiriyacu.

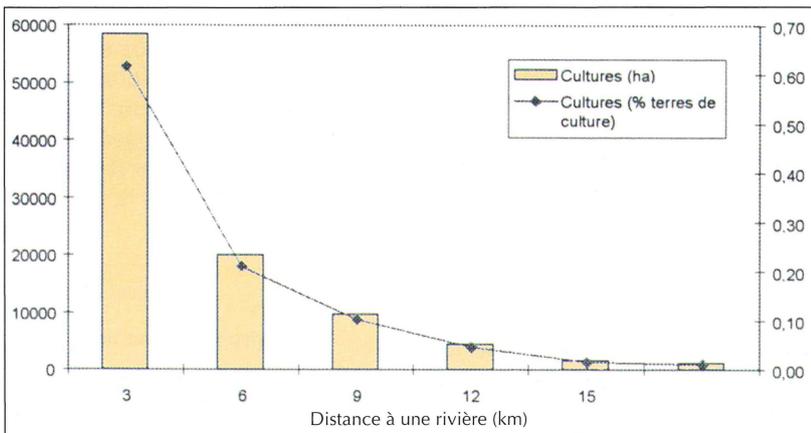


Figure 5. Relation entre la présence de terres de culture et la distance aux rivières.
Relationship between cropland and distance from rivers.

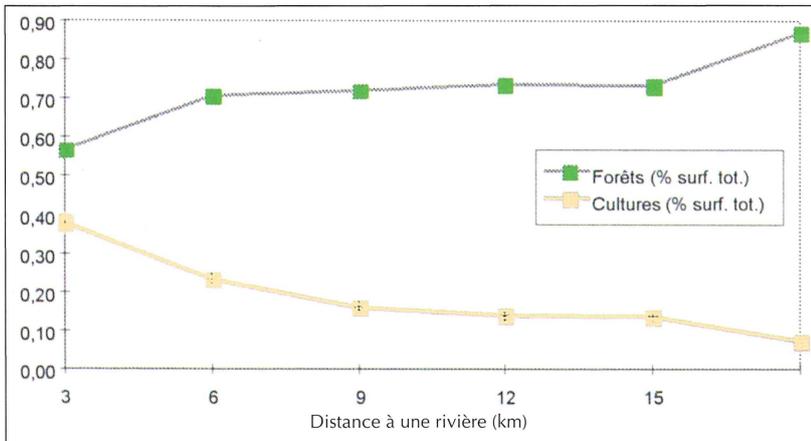


Figure 6. Relation entre l'occupation des sols et la distance aux rivières.
Relationship between land cover and distance from rivers.

TABLEAU VIII

QUALITÉ DES SOLS ET OCCUPATION DES SOLS

| Type de sol | Total (ha) | Forêts (ha) | (%) | Terres de culture (ha) | (%) |
|--------------|----------------|----------------|-------------|------------------------|-------------|
| 1 | 17 685 | 4 161 | 23,5 | 13 524 | 76,4 |
| 2 | 47 714 | 32 064 | 67,2 | 15 649 | 32,8 |
| 3 | 37 171 | 31 429 | 84,6 | 5 744 | 15,4 |
| 4 | 22 640 | 14 413 | 63,6 | 8 231 | 36,4 |
| 5 | 11 197 | 8 474 | 75,7 | 2 721 | 24,3 |
| 6 | 42 562 | 35 811 | 84,1 | 6 748 | 15,9 |
| Total | 178 969 | 126 352 | 70,6 | 52 617 | 29,4 |

C'est un système de culture de type 2 basé principalement sur les pâturages. Certains de ces pâturages ont été améliorés avec du brachiaria, mais la plupart sont encore très dégradés.

- Loin de Yurimaguas sur les pentes à la lisière de la forêt. C'est un système de culture de type 4 basé sur la pratique d'abattis-brûlis. Les agriculteurs y sont pauvres et ils n'utilisent aucun intrant dans leur système de culture. Etant donné la pauvreté de ces sols, cette utilisation des terres n'est pas durable.

Cette étude de caractérisation, qui utilise des observations aux sols et deux images satellitaires à haute résolution acquises en 1989 et 1995, permet de mieux évaluer et comprendre le processus de déforestation dans cette région du Pérou, située dans le haut bassin de l'Amazonie.

Une observation préliminaire permet d'identifier les principales structures du paysage : la ville de Yurimaguas et les principales rivières en tant que marché et voies de communication. Ensuite, l'analyse de l'occupation des sols, à l'intérieur des zones-tampons qui les entourent, confirme cette hypothèse ; en effet la plupart des terres de culture sont situées à faible distance.

La qualité des sols est aussi l'un des facteurs du processus de déforestation. Les meilleurs sols sont évidemment cultivés en priorité, en commençant par les sols alluviaux le long des rivières. Mais nous avons également observé que même des sols pauvres et sensibles à l'érosion étaient cultivés dans une proportion non négligeable. Dans ce cas, le principal facteur semble être l'accessibilité à la terre; il peut aussi correspondre à la pratique des cultures illégales dans des zones éloignées.

Une rapide tournée sur le terrain, en utilisant les images satellitaires, permet d'identifier quatre principaux systèmes de culture le long des rivières et à la lisière de la forêt. Parmi eux, un système basé sur l'abattis-brûlis n'est pas durable et dégrade la fertilité des sols et la biodiversité de la forêt. Ce système de culture est pratiqué loin de la ville par les agriculteurs les plus pauvres ; la plupart d'entre eux sont des colons. Il semble donc important d'offrir à ces agriculteurs des alterna-

tives à ce système de culture traditionnel.

Nous avons pu constater qu'avec un taux annuel de 0,4 %, la déforestation dans cette région reste à un niveau faible. Ce taux est dû en grande partie à l'importance des recrûs forestiers sur les terres agricoles abandonnées, ainsi qu'au manque de stimulation de la production agricole causé par la faiblesse des infrastructures et des marchés.

Toutefois même si la forêt semble avoir une forte résilience et si la dégradation du couvert forestier n'est pas spectaculaire, l'impact de la déforestation sur la biodiversité pourrait être significative car cette région possède l'une des plus riches biodiversités du monde. □

► Jacques IMBERNON
 CIRAD-Tera
 Campus international de Baillarguet
 B.P. 5035
 34032 MONTPELLIER CEDEX 1
 FRANCE

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

APODESA-FUNDEAGRO, 1992.

Deforestación, uso actual de las tierras de la cuenca del río Aguaytía y carretera Federico Basadre, Pucallpa, región Ucayali, Pérou, 22 p. (document interne).

FAO, 1993.

Forest resources assessment 1990. Tropical countries. FAO forestry paper 112. Rome, Italie, FAO, 59 p.

HECHT S.B., 1993.

The logic of livestock and deforestation in Amazonia. Considering land markets, value of ancillaries, the larger macroeconomic context, and individual economic strategies. *BioScience* 43 (10) : 687-695.

HOUGHTON R.A., LEFKOWITZ D.S., SKOLE D.L., 1991.

Changes in the landscape of Latin America between 1850 and 1985. I. Progressive loss of forests. *Forest Ecology and Management* 38 : 143-172.

LENA P., 1992.

Trajectoires sociales, mobilité spatiale et accumulation paysanne en Amazonie brésilienne: un exemple en Rondonia. *Cah. Sci. Hum.* 28 (2) : 209-234.

MORAN E.F., 1993.

Deforestation and land use in the Brazilian Amazon. *Human Ecology*, Vol. 21, No. 1, 1-21.

PANIZO C.S., 1994.

Uso de la biodiversidad y derechos de la propiedad genética. *In* : Biodiversidad y desarrollo sostenible de la Amazonia en una economía de mercado, memoria del seminario-taller, Pucallpa, Pérou, 11-15 octobre 1994, p. 65-80.

SKOLE D.L., CHOMENTOWSKI W.A., SALAS W.A., NOBRE A.D., 1994.

Physical and human dimension of deforestation in Amazonia in the Brazilian Amazon. *BioScience* 44 (5) : 314-338.

TOLEDO J.M., 1994.

Biodiversidad y desarrollo sostenible de la Amazonia en una economía de mercado. Memoria del seminario-taller, Pucallpa, Pérou, 11-15 octobre 1994, p. 294

R É S U M É

PAYSAGES ET DYNAMIQUES DE DÉFORESTATION EN AMAZONIE BRÉSILIENNE

La région de Yurimaguas a subi au cours de son histoire diverses phases de colonisation et de déforestation. Ces dernières années peu de nouveaux colons se sont établis dans la région. L'analyse d'images SPOT montre dans un premier temps des structures de paysages de déforestation traduisant l'influence du marché de Yurimaguas et du réseau de communication que représentent les rivières. Ces images, utilisées sur le terrain, ont permis de faire rapidement une typologie des systèmes de cultures pratiqués : quatre systèmes sont ainsi identifiés. L'analyse diachronique des images montre ensuite un processus de déforestation relativement lent : 0,4 % par an. Ce déboisement est analysé à l'intérieur de zones-tampons à égale distance de la ville et des rivières : des relations fortes entre la distance et le taux d'occupation des sols sont mises en évidence. Il est aussi observé qu'une grande partie des déboisements est compensée par le recrû forestier, ce qui montre la forte résilience de cette forêt. Il reste à évaluer l'impact de cette déforestation sur la biodiversité.

Mots-clés : Forêt tropicale humide. Déforestation. Culture itinérante sur brûlis. Télédétection. Paysage. Dynamique des populations. Pérou. Amazonie.

A B S T R A C T

LANDSCAPES AND DEFORESTATION DYNAMICS IN PERUVIAN AMAZONIA

The history of the Yurimaguas region has been punctuated by various phases of colonization and deforestation. Few new settlers have established themselves in the region in the last few years. In an initial period, SPOT image analysis shows deforested landscape structures which convey the influence of the Yurimaguas market and the communications network represented by rivers. When used in the field, these images have helped to draw up a swift typology of crop-growing systems in use. Four systems are identified in this way. Diachronic image analysis then shows a relatively slow deforestation process of 0.4 %. This deforestation is analysed within buffer zones situated at the same distance from the town and rivers. Marked links between the distance and land-use levels come to the fore. It is also noted that much of the deforestation is compensated by forest regrowth, which shows the conspicuous resilience of this forest, but the impact of this deforestation on biodiversity still remains to be assessed.

Key words: Tropical rain forest. Deforestation. Slash-and-Burn. Remote sensing. Landscape. Population dynamics. Peru. Amazonia.

R E S U M E N

PAISAJES Y DINÁMICAS DE DEFORESTACIÓN EN LA AMAZONIA PERUANA

La región de Yurimaguas ha sufrido diversas fases de colonización y deforestación a lo largo de su historia. Durante los últimos años la llegada de nuevos colonos a la región ha sido escasa. El análisis de las imágenes SPOT muestra unas estructuras de paisajes de deforestación que reflejan la influencia del mercado de Yurimaguas y de la red de comunicaciones que representan los ríos. La utilización de dichas imágenes sobre el terreno permitió la rápida realización de una tipología de los sistemas de cultivo utilizados, pudiéndose identificar cuatro sistemas. Posteriormente, el análisis diacrónico de las imágenes reflejó un proceso de deforestación relativamente lento : 0,4 %. Se analizó esta deforestación en el interior de zonas de amortiguamiento equidistantes de la ciudad y los ríos, poniéndose de manifiesto la importante relación entre la distancia y el nivel de ocupación del suelo. Se observa asimismo que una gran parte de las talas se compensan con la existencia de un latizal lo que muestra la resiliencia de este bosque, pero todavía no se ha evaluado el impacto de esta deforestación sobre la biodiversidad.

Palabras clave : Bosque húmedo tropical. Deforestación. Tala y quema. Teledetección. Paisaje. Dinámica de las poblaciones. Perú. Amazonia.

SYNOPSIS

LANDSCAPE AND DEFORESTATION DYNAMICS IN THE PERUVIAN AMAZONIA

JACQUES IMBERNON

Slash-and-burn agriculture is still widespread in some tropical forest regions. In Peru, this common cultivation practice is a prime cause of deforestation. The above-mentioned study focused on characterizing and monitoring deforestation dynamics in a Peruvian Amazon region, i.e. Yurimaguas. High-resolution remote-sensing imagery was used for landscape analysis and drawing up land-use maps.

MATERIALS AND METHODS

Two Spot satellite images were obtained in 1989 (panchromatic image) and 1995 (multispectral image), and a complementary field study was also undertaken during the latter period.

Visually observed spatial landscape structures were first pinpointed on the images, which were subsequently used in the field to typologize located and described cropping systems in the region. The images were then interactively classified on the basis of GPS-defined ground observations. The FAO image classification was adopted but, due to implementation errors, we simplified the scheme by pooling forest and non-forest classes, which was in line with the Pathfinder project classification. These classified images were then used to quantify and analyse deforestation dynamics – the main factors involved in deforestation processes were investigated through an analysis of the impact of landscape structures. The effects of these factors were quantified by correlating the intensity of agricultural land use and distances from landscape structures. Buffers were used to facilitate this calculation, e.g. for rivers, the distances considered were 3 km, 6 km, 9 km, 12 km, 15 km and more.

RESULTS

Some specific landscape structures were highlighted in this study, i.e. the drainage

system (with the main river distinguished apart from the tributaries), the town of Yurimaguas, and different soil types. These structures clearly form strip-like and circular patterns.

The cropping system typologies revealed four main systems : diversified, pastoral, irrigated, and slash-and-burn subsistence. Mainly the poorest farmers and recent settlers rely on this latter strategy, as they plant their crops along the forest boundaries. This shifting cultivation system is responsible for soil degradation, which prompts farmers to clear more forest in order to tap the new soil resources.

The land-use maps drawn up on the basis of Spot satellite images obtained in 1989 and 1995 did not show any market statistical differences between years, with an annual deforestation rate of only 0.4 %. However, the spatial observations revealed substantial changes in land-use patterns associated with shifting cultivation, along with high forest regrowth. Although the calculated deforestation rate was generally low, the deforestation process was actually widespread (about 2.5 % of the overall area yearly). This deforestation could therefore have a substantial impact on biodiversity, which is crucial as this region has one of the world's highest biodiversity levels.

The analysis of deforestation processes according to land-use intensity highlighted the importance of the drainage system, which is the main communication route in the region. 70 % of the cropland in this region is located within 3 km from rivers. The proximity of the town of Yurimaguas (the only market in the region) was also found to have a significant effect, as 46 % of the land within an 11 km radius around the town was used for growing crops, as compared to 23 % for the whole region. Finally, soil quality is also an important deforestation factor.

Farmers mainly plant crops in alluvial soils alongside the rivers (55 % of all cropland). However, it was found that a considerable amount of land with soils unsuitable for agriculture was deforested – which could be explained by the illicit cropping of coca in remote areas.

DISCUSSION

Remote-sensing assessments of deforestation in large forested areas are usually conducted on global (forest resources assessments of the FAO, and TRESS of the EC) or regional (Pathfinder of NASA) scales.

Deforestation and its causes and effects can be more fully understood by characterizing and monitoring the process on a smaller regional scale, e. g. Yurimaguas (Peru). At this small scale, the present study revealed that there are many errors in classifications based on high-resolution images, which could be overcome by pooling classes. This raises the question of the validity of deforestation maps drawn up from images obtained with low spatial resolution sensors.

Landscape analysis from high-resolution satellite images gives a human dimension to these investigations, i.e. enhancing simple analysis of deforestation maps through assessments of diversity with respect to agricultural situations and farmers' strategies. Our analysis of deforestation processes could be reinforced by quantifying the influencing factors, e.g. communications, market access and land quality. A spatial deforestation model could then be developed.

Finally, this study highlighted a high rate of forest regrowth, but it is not yet clear whether this phenomenon is just specific to the Yurimaguas region. Nevertheless, this significant phenomenon could temper certain panic-triggering discussions on the future of the Amazon forest.