

ENV 6003

CHANGEMENTS CLIMATIQUES :

impacts, adaptation, mitigation

MODULE 7

L'Amazonie – victime des changements climatiques?

par Delaine Sampaio et Sebastian Weissenberger

SOMMAIRE

Introduction

1. Description générale

1.1 Le bassin amazonien en quelques chiffres

1.2 L'hydrologie

1.3 Le climat

1.4 Les sols

1.5 La forêt tropicale et la biodiversité

1.6 L'histoire et les populations

1.6.1 L'époque précolombienne

1.6.2 La colonisation

1.6.3 L'historique de la colonisation récente

1.6.4 La déforestation et l'utilisation du territoire

2. L'Amazonie et les changements climatiques

2.1 L'avenir de l'Amazonie sous un climat changeant

2.2 La politique du Brésil à l'égard des changements climatiques

2.3 Les émissions du Brésil

2.4 Les biocarburants

2.5 L'approvisionnement énergétique et l'hydroélectricité

2.6 Le Mécanisme de développement propre (MDP)

2.7 L'agriculture

2.8 Le développement de l'Amazonie au regard des changements climatiques

2.8.1 Les facteurs du déboisement

2.8.2 Les enjeux du développement en Amazonie

Conclusion

INTRODUCTION

Pour beaucoup d'entre nous, l'Amazonie était jadis cette contrée immense et mystérieuse où se côtoyaient tribus inconnues et animaux étranges dans une forêt impénétrable et où des enfants pouvaient naître d'une noix de coco et parler aux jaguars et aux tamarins. Bien que ces images romantiques soient loin de la réalité de l'Amazonie, le territoire reste cependant immense, 4,5 millions de km², soit plus de six fois la France, d'une richesse végétale et animale inégalée, traversé par le plus puissant fleuve de la Terre, apportant presque le cinquième de toute l'eau continentale aux océans. Il était jusqu'à récemment impensable que l'Amazonie puisse être menacée par l'Humain. Cependant, de plus en plus, les recherches récentes indiquent que c'est loin d'être le cas. La combinaison de la déforestation anthropique et des changements climatiques risque, selon les modèles, de mener à une disparition à grande échelle de la forêt amazonienne. Cette perte de végétation est elle-même la cause de l'émission de quantités considérables de GES qui auront un impact mesurable sur le climat mondial. Est-ce que ce scénario se réalisera? Il en tient grandement des actions entreprises par le Brésil pour enrayer la déforestation et conserver la forêt ainsi que la volonté de la communauté internationale pour l'encourager dans cette voie.

1. Description générale

1.1 Le bassin amazonien en quelques chiffres

Le bassin amazonien couvre une superficie de six à sept millions de km², selon les sources. Il se répartit sur neuf pays : le Brésil, le Pérou, la Bolivie, la Colombie, l'Équateur, le Venezuela, la Guyane, le Suriname et la Guyane française (figure 1). La majeure partie se trouve au Brésil. La plus grande partie du bassin, environ 70 % de sa superficie, est recouverte d'une vaste forêt tropicale ombrophile, ou *Hylaea amazônica* (Sioli, 1984). Les dimensions de la forêt amazonienne, la plus vaste forêt tropicale au monde, sont impressionnantes. Elle s'étend sur 2000 km de latitude et 4000 km de longitude.



Figure 1

LE BASSIN AMAZONIEN.

Le bassin amazonien est situé entre 5° de latitude Nord et 20° de latitude Sud. Il comprend trois régions principales : les boucliers continentaux de Guyane au nord-est, et ceux du Brésil au sud-est (44 % de la superficie), la région andine à l'ouest (11 % de la superficie), et la plaine amazonienne au centre (45 % de la superficie).

Source : Lycos MultiMania.

1.2 L'hydrologie

Le *Rio Amazonas* est le plus vaste fleuve au monde, avec un débit moyen d'environ 200 000 m³/secondes, ce qui représente 15 % de tous les apports d'eau douce à l'océan (Guyot *et al.*, 1994). Il n'est cependant pas le plus long, puisque le Nil le dépasse de 250 km, sur un total de plus de 6000 km. Il se forme au Pérou par la confluence des rivières andines Ucayali et Marallon. Plus loin, la rivière Napo venant de l'Équateur s'y jette. La première portion au Brésil

est nommée Solimões et le nom d'Amazone ne lui est donné qu'en aval de la jonction avec le Rio Negro. Le débit impressionnant de l'Amazone s'explique par sa situation en zone équatoriale. La pluviométrie y atteint 2460 mm en moyenne pour l'ensemble du bassin (Salati *et al.*, 1978; Molinier *et al.*, 1992). Son parcours le long de la vallée de l'Amazone est extrêmement sinueux en raison du faible dénivelé; celui-ci n'est que de 60 mètres entre la frontière Pérou-Brésil, à Tabatinga, et l'embouchure du fleuve, à la hauteur de Belém. L'Amazone apporte annuellement entre 600 et 800 millions de tonnes de sédiments à l'Atlantique.

On distingue trois types de fleuves :

- les fleuves d'eau blanche (Amazone-Solimões, Madeira), chargés de matière sédimentaire suspendue, d'un pH de 6,2 à 7,2 et d'une dureté totale élevée de 1,1° à 2,1°;
- les fleuves d'eau claire (Tapajos, Xingu), filtrés par des lits de sable et de pierre et contenant peu de substances dissoutes, d'un pH de 4,5 à 7,8 et d'une dureté totale de 0,5° à 1,4°;
- les fleuves d'eau noire (Rio Negro et ses affluents), chargés de substances organiques, mais contenant très peu de sels inorganiques, d'un pH acide de 3,8 à 4,7 à cause des acides humiques, et d'une dureté totale inférieure à 0,2 (figure 2).



Figure 2

LA CONFLUENCE DU SOLIMÕES-AMAZONE AUX EAUX BLANCHES ET LAITEUSES ET DU RIO NEGRO (RIVIÈRE NOIRE) AUX EAUX TRANSPARENTES FORTEMENT COLORÉES PAR LES SUBSTANCES HUMIQUES DISSOUTES À LA HAUTEUR DE MANAUS.

Sur plusieurs kilomètres, les deux cours d'eau ne se mélangent pas, mais cheminent côte à côte, créant un spectaculaire contraste visuel.

Source : ABC News.

1.3 Le climat

Le climat de l'Amazonie est principalement tropical, caractérisé par de fortes précipitations et des températures presque constantes (figure 3). Il y a deux saisons : une période relativement sèche, l'été (*verão*), de juillet à septembre, et une période relativement humide, l'hiver (*inverno*), de décembre à mai (Day et Davies, 1986). La saison des pluies peut s'expliquer par le fait que le continent austral est plus chaud de décembre à mai à cause du changement d'inclinaison de la Terre, ce qui entraîne une augmentation de l'évaporation à l'origine des pluies accrues.

La température moyenne annuelle varie entre 25,5 °C et 27,5 °C avec une différence de seulement 1,5 °C à 3 °C entre les saisons (Schnell, 1987). Les variations journalières (ex. 8 °C à 10 °C à Manaus) sont beaucoup plus prononcées que les variations saisonnières (Day et Davies, 1986). La pluviométrie est comprise entre 1750 mm et 3000 mm, parfois plus (Schnell, 1987).

En raison de sa situation proche de l'équateur, l'ensoleillement est presque constant durant l'année, 12 heures \pm 30 minutes par jour. L'insolation moyenne de l'Amazonie n'est que d'environ 50 %, à cause de l'important et constant couvert nuageux caractéristique des tropiques (Salati, 1985).

Durant la saison des pluies, la crue des fleuves atteint plusieurs mètres et de gigantesques plaines inondables, les *varzea*, dans la plaine alluviale, sont transformées en lacs. Environ 250 000 km² sont ainsi régulièrement inondés. Ces inondations périodiques contribuent à fertiliser les sols et jouent un rôle important dans l'écologie de la forêt ainsi que dans celle des écosystèmes aquatiques.

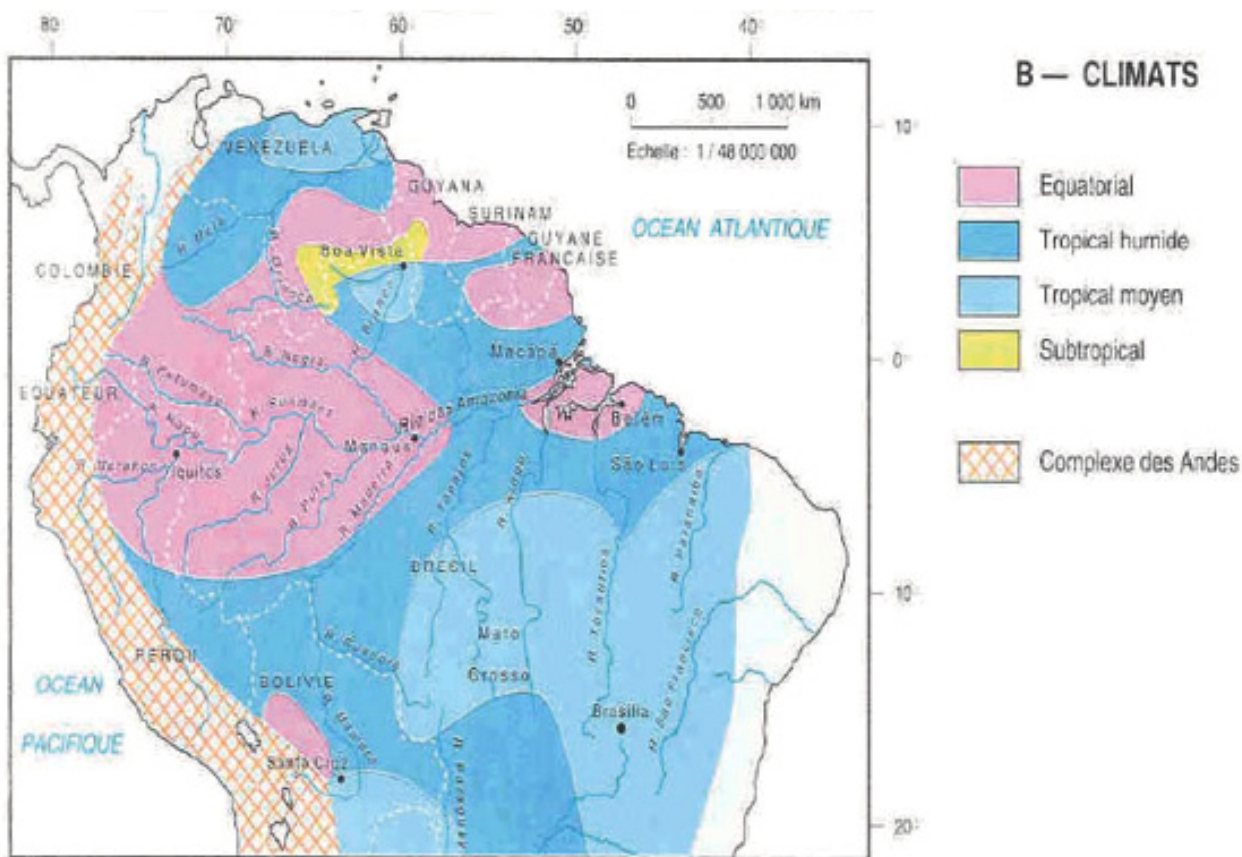


Figure 3

CARTE DES CLIMATS DU BASSIN AMAZONIEN.

Source : Ségalen (1995).

1.4 Les sols

Les sols de l'Amazonie représentent un paradoxe. En effet, bien qu'ils soient le support d'une végétation luxuriante et abondante, ils sont dans les faits assez pauvres et dépourvus de nutriments. (Sioli, 1985; Day et Davies, 1986). Ce n'est que l'assimilation et le recyclage rapide et efficace des nutriments au sein des écosystèmes amazoniens qui rendent cette richesse en végétation possible. Cela signifie cependant que ces sols sont fragiles et que la déforestation ou les changements climatiques peuvent gravement affecter leur fertilité.

La majorité des sols est constituée d'oxisols et d'ultisols (Day et Davies, 1986; Lucas *et al.*, 1996). Les oxisols sont caractérisés par de faibles teneurs en humus alors que les ultisols, plus riches en humus, sont par contre dépourvus de phosphore. Les deux types de sol sont acides, ce qui est caractéristique de régions où les précipitations dépassent 1000 mm/an (Fearnside, 1985).

La végétation a su s'adapter à ces sols pauvres et lessivés. Les nutriments provenant des feuilles, des branches et des arbres tombés sont rapidement absorbés par les mycorhizes et les racines superficielles de la litière forestière et n'atteignent jamais le sol proprement dit. Entre 10 % et 20 % de la biomasse totale meurt et tombe au sol chaque année, rendant le système très dynamique (Moran, 1981). Presque tous les échanges de nutriments s'effectuent en surface et 65 % à 85 % du système racinaire ne descend pas au-dessous de la couche superficielle du sol (Hadly et Lanly, 1983; Moran, 1981). La récupération de nutriments est tellement efficace que la concentration de certains nutriments dans les cours d'eau qui drainent la forêt est inférieure à leur concentration dans l'eau de pluie (Uhl *et al.*, 1983).

Les sols, à cause de leur minceur et des précipitations abondantes, sont vulnérables à l'érosion. Cela nuit gravement à la régénération de la végétation. En effet, bien que la forêt tropicale ne dépende pas du sol pour son approvisionnement en nutriments, celui-ci exerce un rôle important dans la régulation de l'eau (Goudie, 1984). En l'absence de litière forestière, le sol devient propice au compactage et n'est plus en mesure de retenir d'eau, ce qui nuit à la macrofaune, tels les vers de terre et les termites, qui y logent et, en conséquence, à tout l'écosystème forestier (Lal, 1987).

La vulnérabilité du sol à l'érosion augmente avec la superficie défrichée. De petites éclaircies, de l'ordre de deux ou trois hectares, retrouvent rapidement un couvert végétal et ne subiront que peu de perte de sol. Aussi, certaines méthodes de déboisement s'avèrent plus dommageables pour les sols que d'autres. Le défrichage par les méthodes traditionnelles et manuelles, à l'aide de haches et de machettes entraîne une érosion du sol moins grave que le déboisement par des moyens mécaniques, notamment avec des béliers d'abattage et des râpeaux déracineurs. Les taux d'érosion sont directement fonction de la végétation qui reste sur le site après le défrichage. Le défrichage avec les engins modernes provoque un ruissellement et une érosion accélérés, avec un ruissellement près de 70 fois supérieur et une perte de terre multipliée par un facteur de 1700 par rapport au défrichage traditionnel (Lal, 1987).

1.5 La forêt tropicale et la biodiversité

La biodiversité de l'Amazonie dépasse celle de toute autre région sur terre. Environ 90 000 des 250 000 espèces de plantes connues y sont endémiques. Jusqu'à 3000 espèces de poissons se retrouvent en Amazonie, environ 85 % des espèces d'Amérique du Sud. Il a été estimé que les forêts tropicales humides du monde pourraient abriter jusqu'à 30 millions d'espèces d'insectes. À titre d'exemple, un seul arbre en Amazonie centrale peut abriter 80 espèces de fourmis, alors que, dans un pays tempéré comme l'Allemagne, on en dénombre une centaine. Le nombre

d'espèces d'arbres peut atteindre 300 par hectare de forêt et le nombre total d'espèces d'arbres avec un diamètre de tronc supérieur à 15 cm est estimé à 5000, ce qui contraste avec les forêts nordiques qui ne comprennent que quelques espèces différentes.

La densité du couvert végétal dépend de la pluviométrie (Hadly et Lanly, 1983; OTA, 1984). Lorsque les précipitations excèdent 1600 mm/an, on trouve des forêts denses avec une voûte continue et étagée ainsi qu'une végétation de sous-bois abondante. Lorsque la pluviométrie est comprise entre 900 et 1200 mm/an, on trouve des forêts claires ouvertes, formées d'arbres et d'herbage avec une voûte forestière discontinue.

La régénération des espèces d'arbres s'effectue en plusieurs étapes. À la suite de la chute de vieux arbres, par faiblesse ou précipitée par des vents ou la foudre, de jeunes pousses sensibles à la lumière croissent rapidement. Celles-ci, qui pouvaient être en dormance dans le sol auparavant, attendent une percée de lumière. En effet, sous une canopée pleinement développée, aussi peu que 5 % de la lumière du soleil atteint parfois le sol. Plus tard, ces espèces seront remplacées par des espèces forestières à croissance moins rapide et moins sensibles à la lumière. Les germes et les graines peuvent être véhiculés par divers animaux comme les oiseaux ou les chauves-souris, des mammifères terrestres et parfois même des poissons! (Janzen, 1975, Uhl *et al.*, 1983). La régénération peut être très lente, surtout dans le cas d'éclaircies dépourvues de végétation résiduelle. Ainsi, certains estiment qu'il faut jusqu'à mille ans à la forêt pour recouvrir une éclaircie de 15 hectares dépourvue de toute végétation telle que laissée par la déforestation mécanisée (Uhl *et al.*, 1983).

1.6 L'histoire et les populations

1.6.1 L'époque précolombienne

L'Amazonie est habitée depuis plus de 20 000 ans (Schmidt, 2003). Un des plus impressionnants artefacts archéologiques est un cercle de 127 blocs de granit de 3 mètres de haut, possiblement un observatoire astronomique âgé de 2000 ans, découvert à Calçoene dans l'État de l'Amapá dans le nord-est de l'Amazonie (figure 4). Actuellement, la densité de population est faible, mais elle a probablement été beaucoup plus importante dans le passé. Les populations autochtones, dans toutes les Amériques, ont été décimées par les maladies apportées d'Europe au moment où les contacts se sont établis. En Amazonie, les épidémies ont été suivies par la persécution et l'assujettissement de nombreux groupes indigènes. Les faibles densités de population actuellement constatées dans les zones tribales traduisent davantage les effets des pandémies et des persécutions du passé que la capacité de charge

démographique des agro-écosystèmes indigènes amazoniens. En effet, des études dans la région de Xingu et dans le bassin du Beni en Bolivie indiquent que l'Amazonie pouvait soutenir une population plus importante que de nos jours et qu'elle était déjà aménagée à l'époque précolombienne, vers 1200 à 1600 av. J.-C. (Heckenberger *et al.*, 2003; Mann, 2000a). Des villes de plus de 800 habitants existaient déjà (Amazonas.de, 2002-2008). Sur l'île de Marajó, à l'embouchure de l'Amazone face à Belém, s'était développée entre 1400 et 500 av. J.-C. la culture Marajoara, comptant jusqu'à 100 000 personnes et caractérisée par une structure sociale complexe, la construction de monts de terre et des poteries polychromes élaborées (Schaan, 2004; Mann, 2005).



Figure 4

L'« OBSERVATOIRE » DE CALÇONENE.

Source : Photo AFP/SECAM. Dans AlunSalt.

Ces anciennes populations ont contribué à façonner le paysage de l'Amazonie. Selon certaines études, plusieurs des espèces dominantes trouvées actuellement sont celles qui étaient préservées ou replantées lorsque la terre était défrichée. La composition actuelle de la végétation serait ainsi le legs des civilisations passées (Gomez-Pompa et Kraus, 1992 et Roosevelt, 1994 dans McNeeley, 2002). Dans la région du Beni, une région de savane située dans le sud-ouest de l'Amazonie, entre les Andes et la rivière Guapari, un réseau complexe de canaux, de passages

et de champs surélevés (figures 5 et 6) ainsi que des pyramides de terre ont été découverts, qui auraient été abandonnés autour de l'an 1400 à 1700 (Mann, 2000a). Les populations auraient vécu de la culture de féculents, de patate douce, de manioc, de noix; elles auraient planté des palmiers et des arbres à fruits et se seraient aussi consacrées à l'aquaculture, comme semblent l'indiquer des bassins encore intacts aujourd'hui. Leur empreinte biologique semble subsister jusqu'à aujourd'hui puisque certaines des espèces cultivées existent encore aujourd'hui dans le paysage. Ainsi, l'espèce arboricole *Sorocea* utilisée pour faire de la bière ne se trouve que sur les champs surélevés. Un autre exemple est un palmier (*Astrocaryum murumuru*) qu'on retrouve dix fois plus fréquemment dans les zones autrefois aménagées que dans le paysage environnant (Mann, 2000a).

Il a souvent été mis en doute qu'il soit possible pour une population importante de pratiquer l'agriculture en Amazonie en raison de la qualité médiocre des sols acides, dépourvus de nutriments et présentant des concentrations élevées d'aluminium. Cependant, on remarque quand même de vastes étendues de terres très fertiles, qui recouvrent de manière discontinue jusqu'à 10 % des terres hautes (*terra firma*), terres non inondées lors de la période humide à l'inverse des *varzea*, soit un territoire plus grand que la France (Mann, 2000b). Ces sols, appelés *terra prato do indio* (terre noire des Indiens) auraient même été rendus fertiles fertilisés par l'intervention humaine. À la suite du brûlis pratiqué à petite échelle, les cendres auraient été mélangées par labourage avec le sol, l'enrichissant en nutriments, le rendant moins acide et réduisant la toxicité de l'aluminium, une pratique encore en cours de nos jours.



Figure 5

LES STRUCTURES DANS LE PAYSAGE DES LLANOS DE MOJOS DANS LA RÉGION DU BENI, QUI RESSEMBLENT À DES VESTIGES D'AMÉNAGEMENTS AGRICOLES.

Ces champs surélevés auraient été créés sur une période datant d'il y a 5000 ans jusqu'au XVI^e siècle, en même temps que des monts de terre atteignant 18 m de haut, reliés par des passages surélevés ayant pu regrouper des villages de 500 à 1000 habitants. Les causes de la disparition de la culture ayant créé ces structures sont inconnues. Il pourrait s'agir des épidémies, comme la variole, qui ont sévi au XVI^e siècle ou de sécheresses prolongées. La région a été découverte par les Européens en 1617 et régie par les Jésuites entre 1668 et 1767. Elle reste peu explorée de nos jours et possède une grande diversité culturelle.

Source : Photo par Clark L. Erickson. Dans Mann, Charles C. (2000). Earthmovers of the Amazon. *Science*, 287, 786-789.



Figure 6

LA RECONSTITUTION DE CHAMPS ÉLEVÉS PAR L'ÉQUIPE DE CLARK ERICKSON ET D'AGRICULTEURS LOCAUX.

Source : Photo par Clark L. Erickson. Dans Mann, Charles C. (2000). *Earthmovers of the Amazon*. *Science*, 287, 786-789.

1.6.2 La colonisation

La colonisation européenne a commencé en 1500 avec le Portugais Pedro Cabral, premier Européen à jeter l'ancre en Amérique du Sud (Salomon et Schwartz, 1999). Il s'ensuivit une période d'échanges avec les populations locales. L'arbre du Brésil, dont on peut extraire la brasiline, un colorant rouge violet pour les tissus, était particulièrement d'une grande valeur pour les Portugais. C'est de cet arbre que provient le nom du Brésil.

En vertu du traité de Tordesillas, qui a partagé le monde entre l'Espagne et le Portugal, les deux grandes puissances navales du XVI^e siècle, à partir d'un méridien tracé à 370 lieues à l'ouest des îles du Cap-Vert, le Brésil est tombé sous la domination portugaise tandis que le reste de l'Amérique du Sud est revenu à la couronne d'Espagne. Pour la première fois,

en 1541, Francisco de Orellana a parcouru l'Amazone dans toute sa longueur, au prix de nombreux affrontements avec les populations autochtones, dont les légendaires amazones, guerrières qui ont donné leur nom à l'Amazone. Progressivement, le rapport cordial entre les Portugais et les populations indigènes s'est dégradé et a fait place à une colonisation portugaise et à l'esclavage des Indiens. Les missionnaires jésuites et franciscains ont tenté de convertir au christianisme les populations de l'Amazonie. Les Jésuites se rangeaient souvent du côté de la population locale, les protégeant de l'esclavage et des persécutions, jusqu'à ce que le roi du Portugal les expulse du pays à partir de 1755 (Salomon et Schwartz, 1999).

Ce ne sont pas seulement des aventuriers, mais aussi des scientifiques qui parcoururent le fleuve et les forêts vierges, surtout depuis que les autorités portugaises eurent ouvert le pays aux voyageurs étrangers en 1808.

- En 1744, Charles-Marie de La Condamine fut le premier scientifique à descendre toute la longueur de l'Amazone de Quito jusqu'à Cayenne en Guyane française. C'est au cours de cette expédition qu'il découvrit le caoutchouc, le curare et l'utilisation de la quinine contre la malaria. En 1800, Alexander von Humboldt parcourut l'Orénoque jusqu'à l'Amazone.
- Entre 1817 et 1820, le botaniste Carl Friedrich Philipp von Martius et le zoologue Johann Baptist von Spix traversèrent le pays de Rio à São Paulo, jusqu'à Belém et ramenèrent 3541 animaux et 6500 plantes inconnues ainsi que des observations sur la culture autochtone.
- Entre 1815 et 1817, le prince Maximilian zu Weid explora la région entre Rio de Janeiro et Salvador de Bahia.

Avant le début de la colonisation, le nombre d'Indiens est estimé à cinq millions répartis en 900 tribus. Aujourd'hui, on compte encore environ 325 000 Indiens, répartis en plus de 200 peuples (Amazonas.de, 2002-2008). Selon d'autres sources, il y aurait eu 6,8 millions d'habitants indigènes au XVI^e siècle et 700 000 en 1992 (Grenand et Grenand, 1994, dans Grivenald, 1998). Ils représentent 0,16 % de la population du Brésil. Sous l'effet de la pression causée par l'arrivée des Européens et des épidémies, certains survivants ont cherché à éviter les contacts en se réfugiant dans des zones inaccessibles de la forêt. Une « détribalisation » s'est aussi produite, les résidants de certaines zones, quoique d'origine tribale, ont cessé de suivre les coutumes indigènes ou de faire partie d'un groupe identifiable. Des populations disséminées ont été rassemblées par les missions chrétiennes et relocalisées. Néanmoins, de nos jours, il n'existe que peu de tribus qui n'ont pas été en contact avec le monde moderne.

Certaines tribus ont aussi été touchées par les grands projets d'infrastructure. Il en a été ainsi des Waimiri-Atroari, dont le territoire a d'abord été traversé et rendu accessible par la construction de la route de Manáos au Venezuela. Ce territoire a ensuite perdu une superficie de 2360 km², l'équivalent du Luxembourg, lorsqu'il fut inondé lors de l'érection du barrage de Balbina (Melack et Wang, 1998). En 1900, la population était estimée à 6000, il ne subsiste plus maintenant que 350 individus (Amazonas.de, 2002-2008).

Plus récemment, les chercheurs d'or (*garimpeiros*) et d'autres colons pénètrent dans des territoires reculés, comme celui des Yanonamis à la frontière du Venezuela, et ont apporté des maladies contagieuses auxquelles les populations indigènes ne sont pas immunisées. Mais, depuis le début des années 1990, l'attitude de la FUNAI, l'organisme d'État, ainsi que des organisations autochtones au Brésil et au Pérou ont changé. Au lieu de viser un développement et une acculturation des autochtones des régions reculées de l'Amazonie, il est aujourd'hui admis qu'il s'agit d'un isolement volontaire qui se doit d'être respecté. L'intrusion de *garimpeiros*, de compagnies forestières ou pétrolières, de missionnaires et d'aventuriers est maintenant officiellement découragée.

Les populations amazoniennes sont très variées, autant dans leur culture que dans leurs langues. Il existe aujourd'hui autour de 300 langues amazoniennes réparties en 20 familles linguistiques, à l'exception d'une bonne douzaine de langues qui ne peuvent être attribuées à aucune famille linguistique (Dixon et Aikhenvald, 1999). La diversité linguistique de l'Amazonie est beaucoup plus grande de celle de l'Europe. L'Amazonie compte quatre grandes familles linguistiques et plusieurs familles et langues isolées. Cette diversité linguistique et culturelle est aujourd'hui hautement menacée. Beaucoup de langues ne sont plus parlées que par quelques individus, de même que beaucoup de tribus ne comptent plus que peu de membres. En Amérique du Sud, 38 % des langues sont considérées comme menacées, c'est-à-dire qu'elles ne sont plus parlées que par 600 personnes ou moins. Au Brésil, sur les 170 langues répertoriées, 128 sont dans ce cas (Grinevald, 1998).

En plus de la diversité culturelle et linguistique, ce sont de nombreuses connaissances traditionnelles qui ont été perdues du fait des épidémies et des persécutions. Le savoir traditionnel est généralement réparti dans la communauté et transmis oralement de génération en génération. En l'absence d'écriture, ce savoir ne peut plus être retracé après la disparition ou l'acculturation de la population concernée.

1.6.3 L'histoire de la colonisation récente

En 1960, l'Amazonie comptait environ 2,5 millions d'habitants. Le revenu par personne atteignait tout juste la moitié de celui qui prévalait à l'époque du boom du caoutchouc en 1910 (Mahar, 1989). À la suite de l'arrivée au pouvoir des militaires en 1964, le gouvernement a émis une série d'actes législatifs et de décrets, communément connus sous le nom de Operação Amazônia, dans le but de développer et d'intégrer l'Amazonie au reste du Brésil (Mahar, 1989). Ces plans incluaient un ambitieux programme de construction de routes pour relier l'Amazonie au nord-est et au sud du Brésil, des scénarios de colonisation par l'agriculture et des incitatifs fiscaux pour attirer de nouvelles entreprises industrielles et agricoles. La coordination de ces plans relevait d'une structure administrative formée de la SUDAM (Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia) et de la Banque de développement régional, la BASA (Banco da Amazônia). Les raisons derrière cette opération étaient surtout d'ordre géopolitique, car certains pays voisins avaient commencé à occuper la portion amazonienne de leur territoire, notamment le Venezuela et le Pérou. Depuis, la population s'est accrue à un rythme élevé (figure 7).

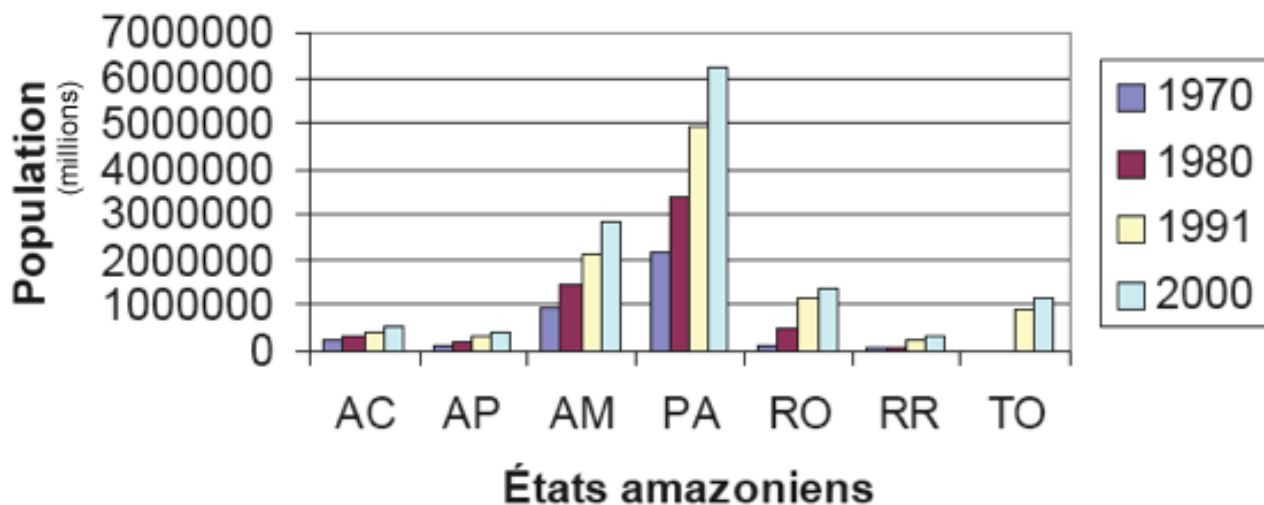


Figure 7

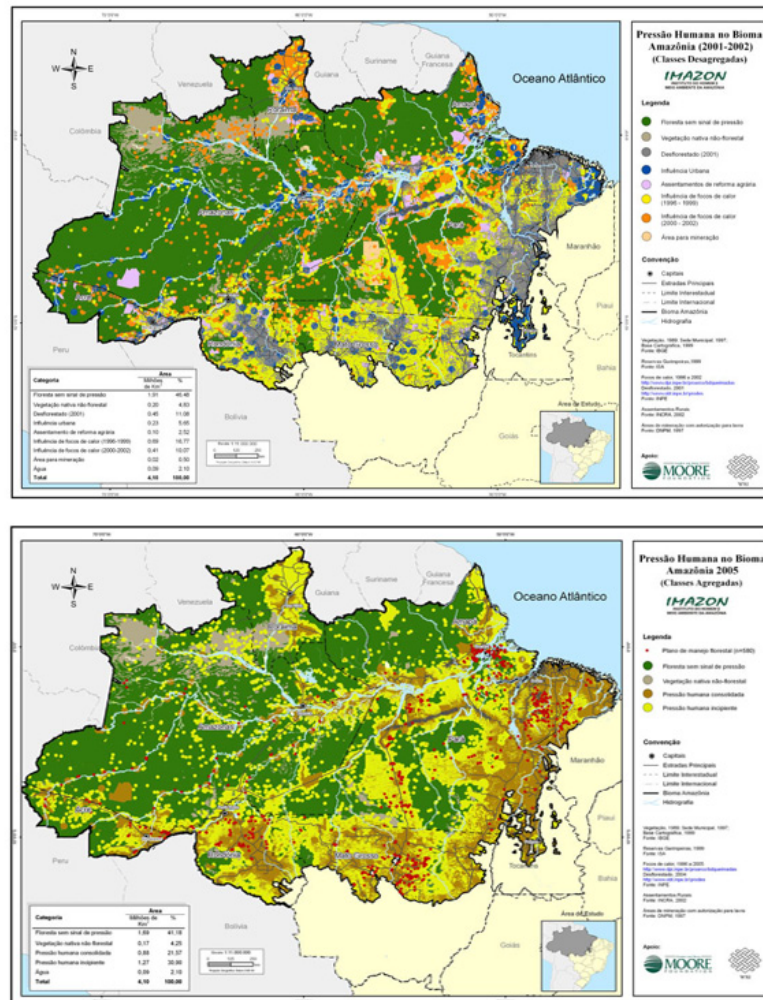
L'ÉVOLUTION DE LA POPULATION DANS LES SEPT ÉTATS AMAZONIENS ENTRE 1970 ET 2000.

AC : Acre, AP : Amapá, AM : Amazonas, Pa : Pará, RO : Rondônia, RR : Roraima, TO : Tocantins.

Source : IBGE, Censo Demográfico, (1970, 2000).

1.6.4 La déforestation et l'utilisation du territoire

Au début du XXI^e siècle, soit plus de trente ans après l'arrivée des premiers colons en Amazonie, la déforestation de la région a déjà affecté environ 23 %, du massif forestier initial, 17 % étant le résultat des réformes agraires (Pasquis et Machado, 2007). Environ 680 000 km² de couverture végétale ont ainsi disparu. Le déboisement n'est pas homogène, mais concentré dans certaines régions. En 2000, 85 % des terres déboisées étaient concentrées dans les États du Pará, du Mato Grosso et du Rondônia (Margulis, 2004). Le déboisement dépend de l'accès au territoire; environ 75 % de ce déboisement se produit à moins de 25 km et 85 % à moins de 50 km des routes municipales, d'État ou fédérales (Chomitz et Thomas, 2000, dans Margulis, 2004) (figure 8).



2001-2002

2005

Figure 8

LA PRESSION HUMAINE SUR LES BIOMES AMAZONIENS.

Source : Moore Foundation/World Resource Institute.

Les acteurs de la colonisation ont changé avec le temps. Au début, il s'agissait de petits fermiers, fuyant les problèmes fonciers du sud ou la pauvreté du Nordeste, qui ont profité de programme du gouvernement brésilien de développement de l'Amazonie. Plus tard, ces petits acteurs ont été remplacés par des investisseurs plus importants, comme les compagnies forestières, minières ou les grands éleveurs terriens, à qui ils ont revendu leurs terrains, souvent dans des conditions défavorables (Castro *et al.*, 2002, dans Margulis, 2004). Dans beaucoup de cas, les petits acteurs deviennent des employés de ceux à qui ils ont vendu leurs terres.

Traditionnellement, différentes méthodes de culture ont prévalu dans la forêt amazonienne, telles que la méthode du brûlis. À la suite du brûlis, les sols fertilisés par les cendres sont cultivés quelques années et laissés en jachère pendant une longue période, vingt ans et plus (Mahar, 1989). En plus de l'agriculture, les populations locales exploitent les produits de la forêt, une activité qualifiée d'« extractivisme ». Ces produits sont entre autres des essences forestières, des fruits comestibles, des fibres, du latex, des produits médicinaux, du miel, des écorces, etc.

Cependant, de nos jours, ces modes de subsistance traditionnels sont opposés aux intérêts des grands investisseurs, aux propriétaires fonciers en recherche de profits et de développement à grande échelle. Souvent, ces conflits d'intérêts se traduisent par des épisodes de violence. En particulier, les populations autochtones ont été durement touchées, bien que leurs territoires soient constitutionnellement protégés depuis 1934, mais ce statut n'est pas toujours respecté par les acteurs sur le terrain et assuré par l'autorité fédérale (Giroux et Soumis, 2000).

2. L'Amazonie et les changements climatiques

2.1 L'avenir de l'Amazonie sous un climat changeant

Les changements climatiques auront vraisemblablement des répercussions importantes sur le Brésil. Les modèles de circulation générale prévoient un réchauffement de 2 °C à 3 °C sur la région d'ici 2050 ainsi qu'une diminution des précipitations (figure 9). Déjà, durant les années 1990-2000, une augmentation des températures de 0,5 °C à 0,8 °C a été observée (Pabón, 1995a; Pabón *et al.*, 1999; Quintana-Gomez, 1999). Les tendances en ce qui a trait aux précipitations sont moins claires. Dans la partie septentrionale de l'Amazonie, les précipitations ont diminué depuis 1977 (IPCC, 2001), tandis que le contraire est observé dans la partie méridionale (Marengo *et al.*, 2000).

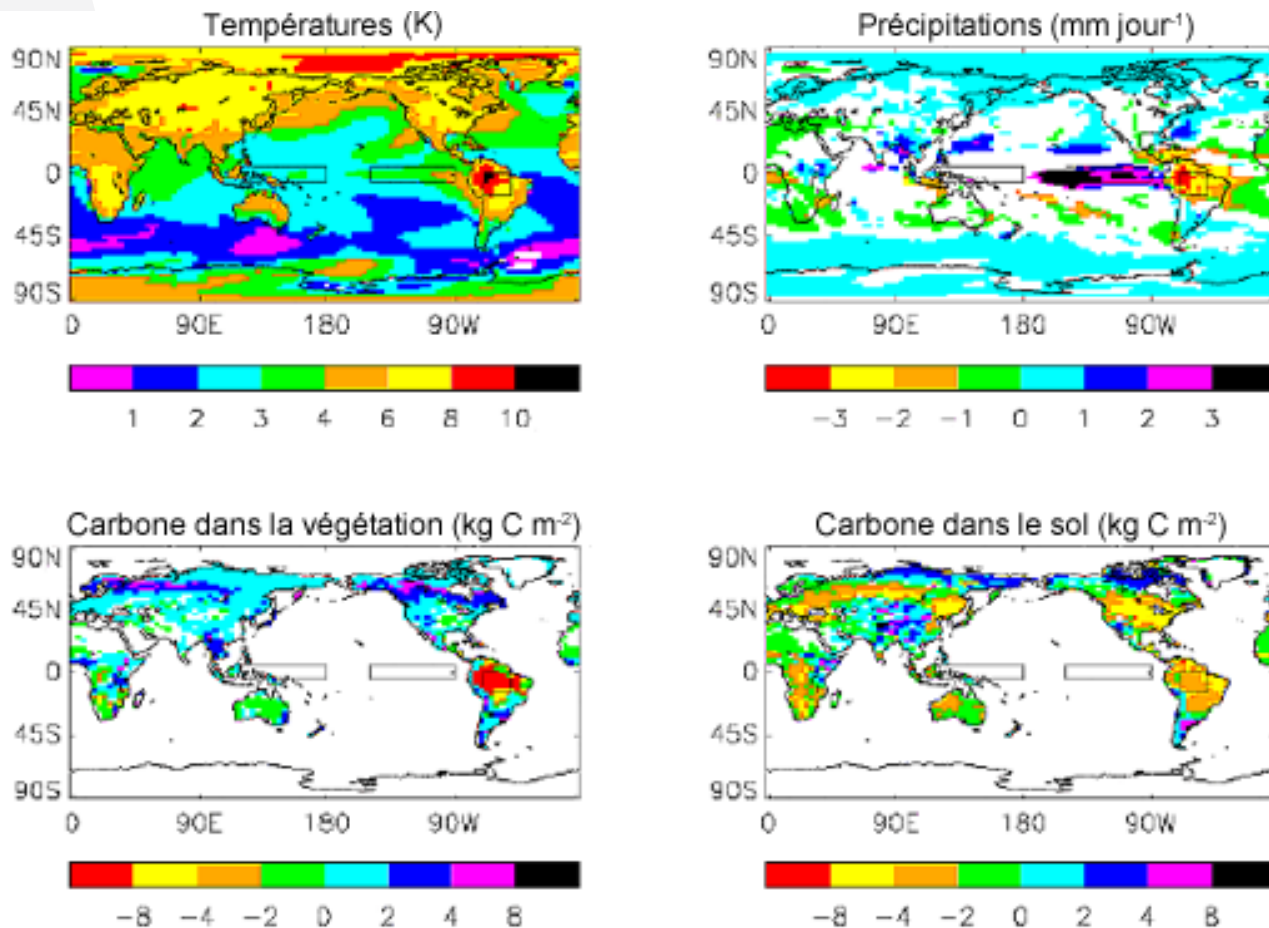


Figure 9

L'ÉVOLUTION DU CLIMAT DU BRÉSIL DE 1850 À 2100 SELON LE MODÈLE DU HADLEY CENTER.

Source : Cox et al. (2004).

Des sécheresses inhabituelles, accompagnées d'inondations catastrophiques, se sont produites au cours des dernières années. La sécheresse de juillet à octobre 2005 a été particulièrement sévère, à tel point que plusieurs affluents de l'Amazone sont devenus non navigables et que le gouvernement a déclaré un état d'urgence. De récentes études de la station de surveillance de la forêt amazonienne, installée à Santarém, rapportent que le fleuve Amazone a baissé de 15 mètres par rapport à son niveau habituel. Du jamais vu depuis quarante ans. Pour expliquer ce phénomène, des chercheurs brésiliens mettent en cause le réchauffement des eaux de surface de l'Atlantique. « La température élevée de l'océan constatée cette année est à l'origine de la formation des cyclones dévastateurs qui remontent en direction des États-Unis. Dans le même temps, cela provoque l'installation de hautes pressions sur les régions situées plus au sud. Or, quand les pressions sont hautes, il y a moins de pluie », expliquait Paul Lefebvre, chercheur de la station de Santarém, dans les colonnes du magazine britannique *Nature*.

Certains modèles prévoient à long terme une diminution drastique du couvert forestier de la forêt tropicale amazonienne (figure 10), même si la complexité de la rétroaction climat-végétation confère un certain degré d'incertitude à ces prévisions (Poulter *et al.*, 2007; Cowling et Shin 2006; Friend *et al.*, 1997; Cox *et al.*, 2000, 2004; White *et al.*, 1999). La végétation dans les zones déboisées ressemblera à des forêts mixtes, des savanes ou des déserts selon le degré d'humidité (Cramer *et al.*, 2001; Cramer *et al.*, 2004).

L'impact des changements climatiques est lié à celui du développement de l'Amazonie, surtout la déforestation à cause des activités forestières, de l'agriculture et de l'élevage. Selon des données satellites, une superficie de 520 000 km² aurait été déboisée entre 1978 et 2004 (National Institute for Space Research, 2005).

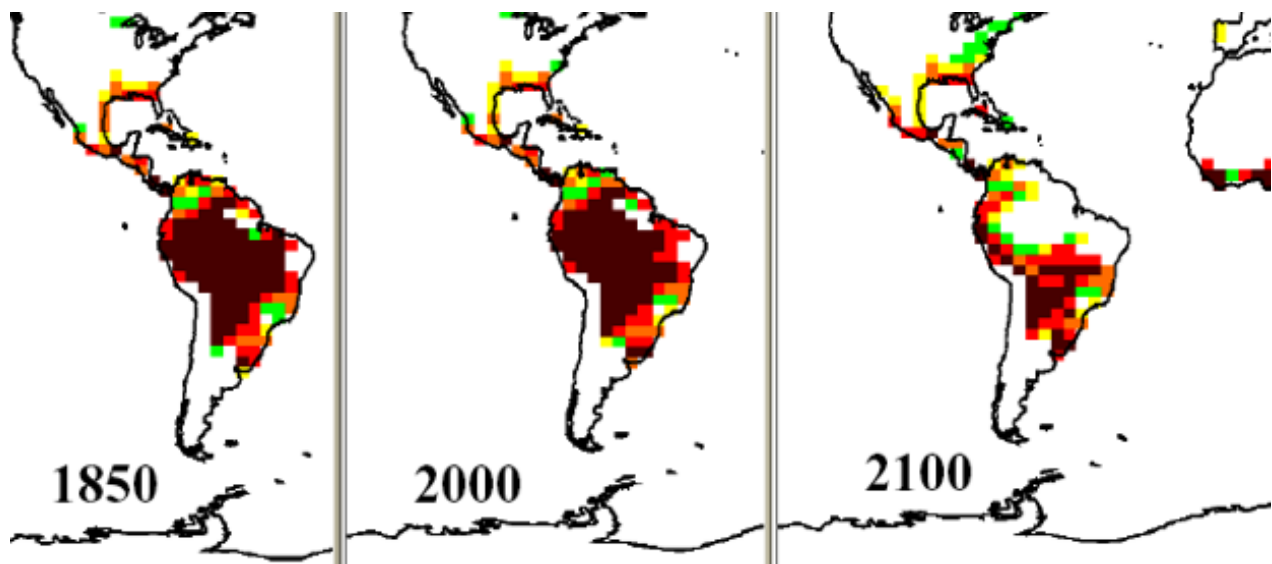


Figure 10

LE DÉCLIN DE LA FORÊT AMAZONIENNE À L'HORIZON 2100.

Source : Cox *et al.* (2004).

Une des conséquences de la diminution du couvert forestier sera une réduction du stockage dans les sols et la végétation du bassin de l'Amazonie (figure 11). Cela a une incidence sur le climat à l'échelle planétaire puisque ce carbone sera émis vers l'atmosphère. Il y a donc une rétroaction (*feed-back*) positive entre la diminution de la végétation et les changements climatiques dans le sens que les deux phénomènes se renforcent mutuellement.

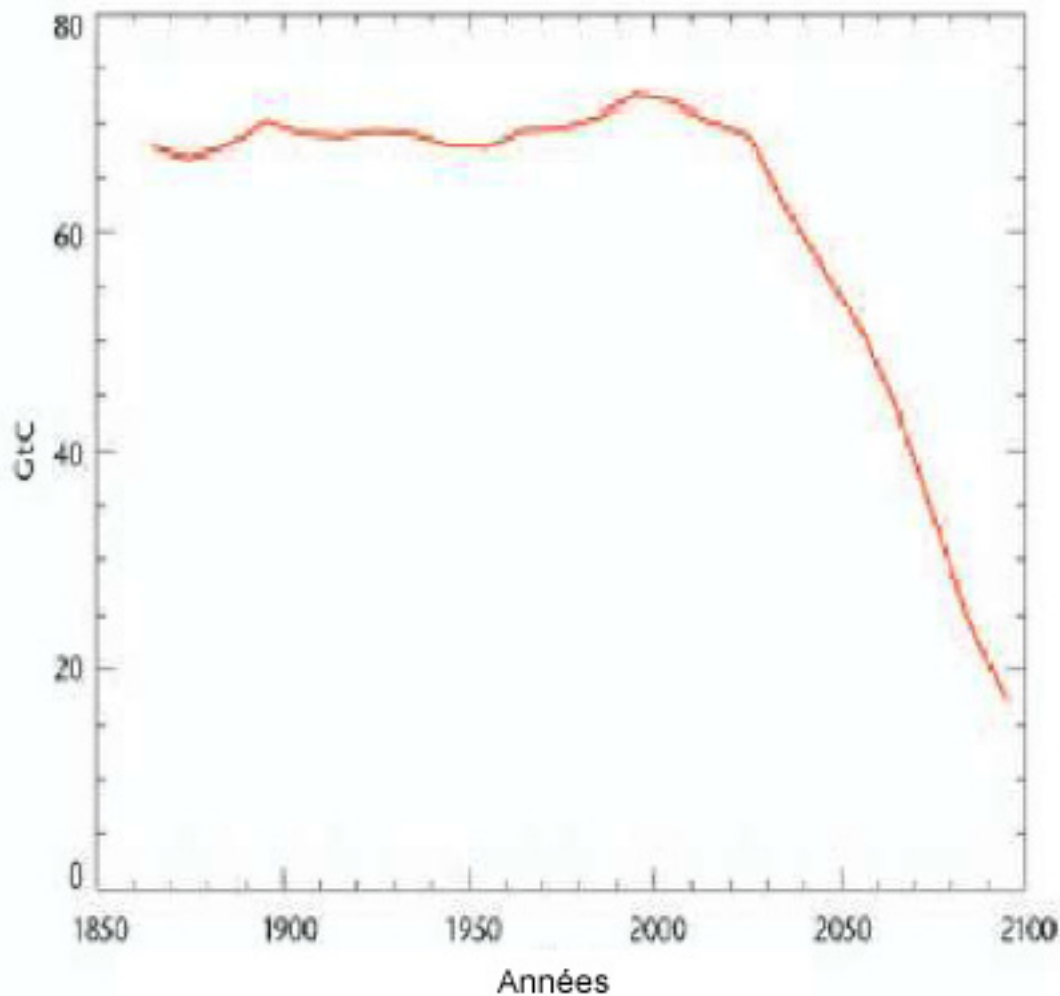


Figure 11

L'ÉVOLUTION DU STOCKAGE DE CARBONE DANS LES SOLS ET LA VÉGÉTATION AMAZONIENNES.

Source : Hadley Center (2005).

Il existe également des rétroactions entre la déforestation et les précipitations. La déforestation a ainsi un impact important sur le climat local (Chagnon et Bras 2005; Chagnon *et al*, 2004). Elle affecte autant la quantité totale de précipitations que le cycle hydrologique saisonnier.

Dans l'étude des patrons de précipitations, Il ne faut pas oublier l'influence du phénomène El Niño (lié à l'oscillation australe, les deux étant regroupés sous le terme ENSO ou El Niño – Southern Oscillation). Durant les années El Niño, des conditions plus arides prévalent dans le nord-est du Brésil, tandis que des précipitations plus fortes, menant souvent à des inondations, sont observées dans le sud du Brésil et dans l'Altiplano ainsi que sur toute la côté Pacifique de l'Amérique du Sud (GIEC, 2001; Horel and Cornejo-Garrido, 1986).

Au contraire, durant les années La Niña, le sud du Brésil est particulièrement sec tandis que la Colombie et les régions au nord du Brésil souffrent d'inondations (Rao *et al.*, 1986). À long terme, l'évolution locale du climat et de la végétation se superposera donc à l'évolution prévue de l'indice ENSO en fonction des changements climatiques. L'évolution du phénomène El Niño et de l'oscillation australe est empreinte d'un plus haut degré d'incertitude que les prévisions sur l'augmentation générale des températures. On s'attend cependant à une multiplication des épisodes El Niño, ce qui aurait entre autres pour conséquence une augmentation de la variabilité climatique. Dans le nord-est du Brésil, la plupart des phénomènes extrêmes qui se produisent sont directement liés à El Niño (GIEC, 2001).

On peut aussi anticiper l'apparition de feux de forêt plus fréquents en Amazonie dans les décennies à venir qui, comme en Asie du Sud-Est, rejettent des quantités importantes de particules fines dans l'atmosphère et affectent de manière significative la qualité de l'air en plus d'accélérer la disparition du couvert forestier (Nepstad *et al.*, 2001; Laurance et Williamson, 2001; Laurance *et al.*, 2001; Nepstad *et al.*, 2001; Cochrane et Laurance, 2002).

Ces feux de forêt ont eux-mêmes une influence sur le climat local. Les aérosols relâchés lors des feux inhibent la formation de gouttelettes de pluie dans les basses couches de l'atmosphère et réduisent ainsi la quantité de pluie au-dessus des régions déboisées (Andreae *et al.*, 2004; Koren *et al.*, 2004). Jusqu'à 70 % des précipitations dans les forêts tropicales sont générées par la précipitation à basse altitude de vapeur d'eau issue de l'évapotranspiration de la végétation (pluie chaude). Les feux de forêt et les précipitations forment ainsi une boucle de rétroaction menant à une accélération de l'assèchement de l'Amazonie.

Les conséquences écologiques d'un réchauffement, de l'assèchement et du déboisement de l'Amazonie peuvent aisément être imaginées. La modification des habitats obligera de nombreuses espèces à migrer, pour autant qu'elles en aient la capacité (Hare, 2003). La biodiversité sera grandement réduite. Certains modèles prévoient que 43 % des espèces pourraient disparaître d'ici la fin du XXI^e siècle (Miles *et al.*, 2004). Le réchauffement des eaux et les altérations du cycle hydrologique représentent le plus grand danger pour les espèces aquatiques. L'érosion qui résulte de la déforestation peut également affecter la qualité de l'eau, entre autres en augmentant la turbidité, le taux de métaux lourds et en réduisant le taux d'oxygène dissous et le pH.

La disparition progressive du couvert forestier amazonien rendra la vie des populations amazoniennes difficile. Une partie importante de celles-ci pourront se retrouver dans les grandes villes en recherche de moyens de subsistance.

Les impacts sur l'agriculture sont en général considérés comme négatifs (Rosenzweig et Hillel, 1998; Fearnside, 1999). Ces impacts varient cependant selon les espèces. Parmi les espèces les plus fréquentes au Brésil, ce sont surtout le maïs, les céréales et le soja qui risquent de souffrir de températures plus élevées et d'un climat plus sec (de Siqueira *et al.*, 1994). Les rendements de l'agriculture de subsistance dans le nord-est du pays risquent de chuter de manière inquiétante sous un climat modifié (Rosenzweig *et al.*, 1993), augmentant ainsi la pression sur les ressources de l'Amazonie. Selon les prévisions des modèles de circulation générale et les essais sur le terrain, les rendements de maïs ou de blé pourraient diminuer, ceux de soja diminuer ou augmenter, selon les mesures d'adaptation (GIEC, 2001). En Amérique latine, l'agriculture représente 10 % du PIB et emploie 30 % à 40 % de la population active. Dans certaines régions, comme le nord-est du Brésil, l'agriculture de subsistance pourrait être menacée, laissant planer l'ombre d'un exode rural vers les grandes villes.

Les changements attendus du débit des cours d'eau risquent d'avoir un impact sur l'hydroélectricité, dont dépend l'approvisionnement électrique du Brésil à plus de 80 % de ses 385,76 TWh annuels (IAEE 2003).

Un des risques liés à l'hydraulité est la recrudescence des inondations (Carpenter *et al.*, 1992). La variabilité plus grande du climat ainsi que la disparition du couvert végétal, qui agit comme une zone tampon, risquent de provoquer des crues éclair plus fréquentes (figure 12). Celles-ci peuvent être destructrices, causant des dommages matériels importants et mettant la population en danger. Dans les régions touchées par ce genre de crues, les décès sont fréquents. Les eaux de crue, emportant la terre, la végétation et les autres débris sur leur passage, se transforment en une boue souvent chargée d'objets qui apparaissent soudainement, ce qui rend ce type de phénomène extrêmement dangereux.



Figure 12

UN EXEMPLE DE CRUE ÉCLAIR QUI PEUT APPARAÎTRE EN L'ESPACE DE QUELQUES MINUTES.

Source : Wickenburg-az.com ©

2.2 La politique du Brésil à l'égard des changements climatiques

Le Brésil est le lieu de naissance de la Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques (CCNUCC), puisque celle-ci a été signée en 1992 lors du Sommet de la Terre de Rio de Janeiro. Le Brésil lui-même est exempté des objectifs de réduction d'émissions de la première phase du protocole de Kyoto, car il figure parmi les pays qui ne figurent pas à l'annexe B. Le Brésil a ratifié le protocole de Kyoto en août 2002. Lors des négociations initiales, le Brésil défendait la position de plusieurs pays en transition et en développement, à savoir que l'effort de réduction des émissions devrait être réparti selon la responsabilité historique des pays. Le critère serait donc les émissions cumulées depuis 1850, l'année de base qui correspond au début de la révolution industrielle. Un tel critère aurait évidemment été plus profitable aux pays en transition et en développement, dont l'historique de l'industrialisation, de l'utilisation du charbon et du pétrole, et donc d'émissions de CO₂, est plus récente.

Le Brésil, en tant que pays émergent qui ne figure pas à l'annexe B du protocole de Kyoto, n'est soumis à aucune cible de réduction durant la première phase du protocole. Dans le futur, c'est-à-dire la période après 2012, la position du Brésil reste ouverte. Le président Lula s'est cependant prononcé en faveur du protocole de Kyoto et contre la proposition des États-Unis d'engager des processus parallèles ne comportant pas de cible de réduction d'émissions.

« I hope to hear Bush's proposal live at the G8 (Group of Eight) meeting. The concrete fact is that there is no chance of President Bush's proposal eclipsing the Kyoto protocol and other multilateral decisions because his proposal is based on voluntary (cuts). » (Lula, dans Reuters, 1^{er} juin 2007)

Par rapport aux impacts des changements climatiques prédits pour le Brésil, cette position est compréhensible. Mais certaines des politiques du gouvernement de Lula (et d'autres avant et vraisemblablement après lui), dont le développement de l'Amazonie et de l'agriculture intensive, sont difficilement conciliables avec une politique de réduction des émissions de GES.

En plus du gouvernement, certaines municipalités du Brésil se sont engagées dans la lutte contre les changements climatiques. Les deux plus grandes villes du Brésil, Rio de Janeiro et São Paulo, font toutes deux partie du C40, un regroupement de 40 grandes villes, créé en 2005 à l'initiative du maire de Londres, Ken Livingston, dédié à collaborer en vue de réduire les émissions de gaz à effet de serre. Le C40 entend réduire les émissions au moyen de plusieurs outils : les politiques d'approvisionnement, la création d'une méthode de mesure de bilans urbains de GES, l'adoption de technologies environnementales, l'application de standards de construction, l'installation d'éclairage et de feux de circulation d'une plus grande efficacité énergétique, l'utilisation de systèmes énergétiques localisés et propres, le développement du transport en commun et la réduction du transit automobile, la récupération des biogaz des décharges municipales, l'amélioration des systèmes de distribution et la réduction des pertes d'eau (C40, 2007).

São Paulo, Betim, Goiânia, Porto Alegre, Palmas, Rio de Janeiro et Volta Redonda font également partie de l'initiative Cities for Climate Protection Campaign (CCP), lancée par l'International Council for Local Environmental Initiatives (ICLEI) qui rassemble 550 grandes municipalités à travers le monde dans un effort volontaire de respecter les engagements de Kyoto au niveau municipal. São Paulo, Betim et Porto Alegre développent des projets de récupération de biogaz (Braga, 2004). La ville de Porto Alegre réduit également son bilan de CO₂ en substituant le gaz naturel à l'essence dans son parc de taxis (Braga, 2004).

2.3 Les émissions du Brésil

Selon les données officielles de la UNFCCC (2008) et de l'UNEP (2008), le Brésil (659 tCO₂ éq./an en 1994) est le 7^e émetteur mondial derrière les États-Unis (7068 MtCO₂ éq./an), la Chine (4057 MtCO₂ éq./an), le Japon (1355 MtCO₂ éq./an), l'Inde (1214 MtCO₂ éq./an), l'Allemagne (1015 MtCO₂ éq./an), le Canada (758 MtCO₂ éq./an) et le Royaume-Uni (665 MtCO₂ éq./an). Ces données n'incluent cependant pas les émissions du secteur de l'ATCAT. En les incluant, le Brésil serait le 4^e émetteur mondial (1477 MtCO₂ éq./an) derrière les États-Unis (6294 MtCO₂ éq./an), la Chine (3650 MtCO₂ éq./an) et la Fédération de Russie (1664 MtCO₂ éq./an), ce qui indique l'importance de la déforestation en Amazonie. Les émissions du Brésil, sans inclure les ATCAT, proviennent principalement de la consommation énergétique et de l'agriculture (tableau 1).

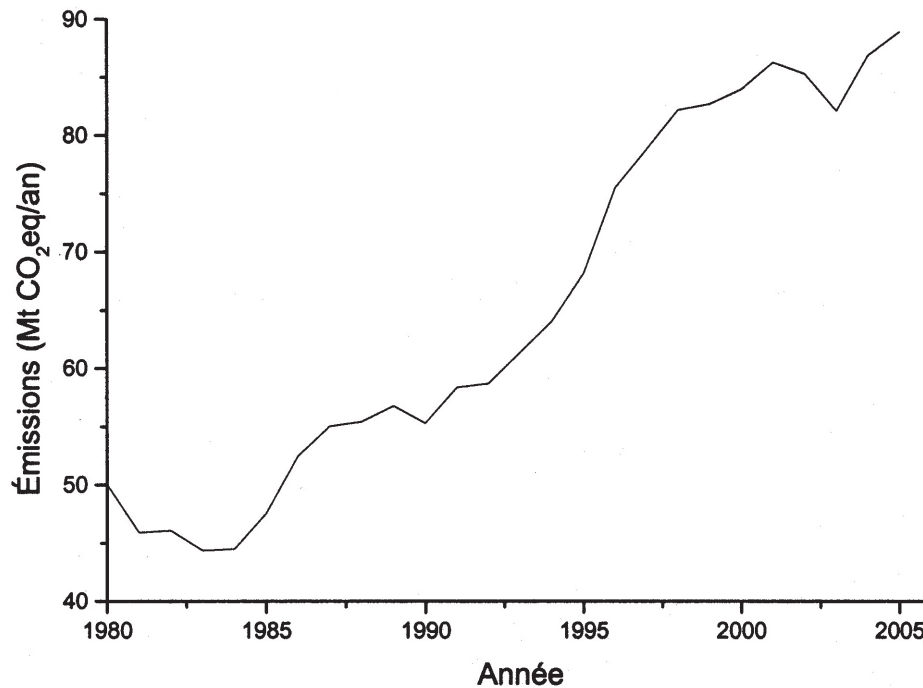
Tableau 1

LA RÉPARTITION DES ÉMISSIONS DU BRÉSIL SELON LES DIFFÉRENTS SECTEURS

Émissions de GES totales (Mt CO ₂ éq.)	658,98	100 %
Énergie	247,72	37,6 %
Processus industriels	21,27	3,2 %
Agriculture	369,31	56 %
Déchets	20,68	3,1 %

À noter la part importante de l'agriculture, beaucoup plus élevée que dans les pays industrialisés. Ceci est le résultat des émissions relativement faibles du secteur énergétique, grâce à l'hydroélectricité et aux biocarburants, et des émissions élevées du secteur agricole. Globalement, les émissions du Brésil ont augmenté au cours des dernières décennies (figure 13).

Figure 13



LES ÉMISSIONS DE CO₂ DE COMBUSTIBLES FOSSILES AU BRÉSIL DE 1980 À 2005.

Source : Carbon Dioxide Information Analysis Center (CDIAC).

Le Brésil n'est pas soumis aux objectifs de la première phase du protocole de Kyoto. Il n'a donc pas à produire de plan de réduction d'émissions. Le Brésil entreprend néanmoins des efforts de réduction dans certains domaines.

Un de ces programmes est le programme PROCONVE qui vise à améliorer l'efficacité et le niveau d'émission des véhicules. Ce programme auquel participe l'industrie automobile a commencé en 1986. Il inclut des inspections techniques, l'approbation nécessaire de modèles et l'amélioration des carburants (Machado Filho, 2001). Ce programme est cependant axé sur la réduction et non spécifiquement sur la diminution des émissions de CO₂.

Certaines industries ont amélioré leur bilan de GES. Les cimenteries ont réduit leurs émissions spécifiques de 40 %, même si cette réduction a été contrecarrée par l'augmentation importante de la production. Les alumineries, qui suivent la tendance mondiale, ont réduit les émissions de perfluorocarbones (PFC) de 24 % (Machado Filho, 2001).

En 2008, un programme d'inventaire volontaire de GES pour l'industrie a été mis en place. Initialement, 16 grandes entreprises dont Alcoa et Walmart y participaient (Fransen, 2008).

La plupart des experts s'entendent pour dire que les politiques climatiques du Brésil ne sont pas performantes. Ainsi, l'organisme Germanwatch, qui détermine chaque année un indice de performance par rapport aux changements climatiques, place le Brésil parmi les dix derniers de son classement (figure 14). Paradoxalement, les indicateurs d'émissions sont, quant à eux, assez positifs. Ceci s'explique par les faibles émissions par personne du Brésil, du fait du recours à l'énergie hydroélectrique ainsi qu'à l'utilisation de biocarburants. Cependant, les émissions issues des changements d'affectation des terres, donc du déboisement, ne sont pas incluses dans ce classement, ce qui le rend peu représentatif de la vraie situation.

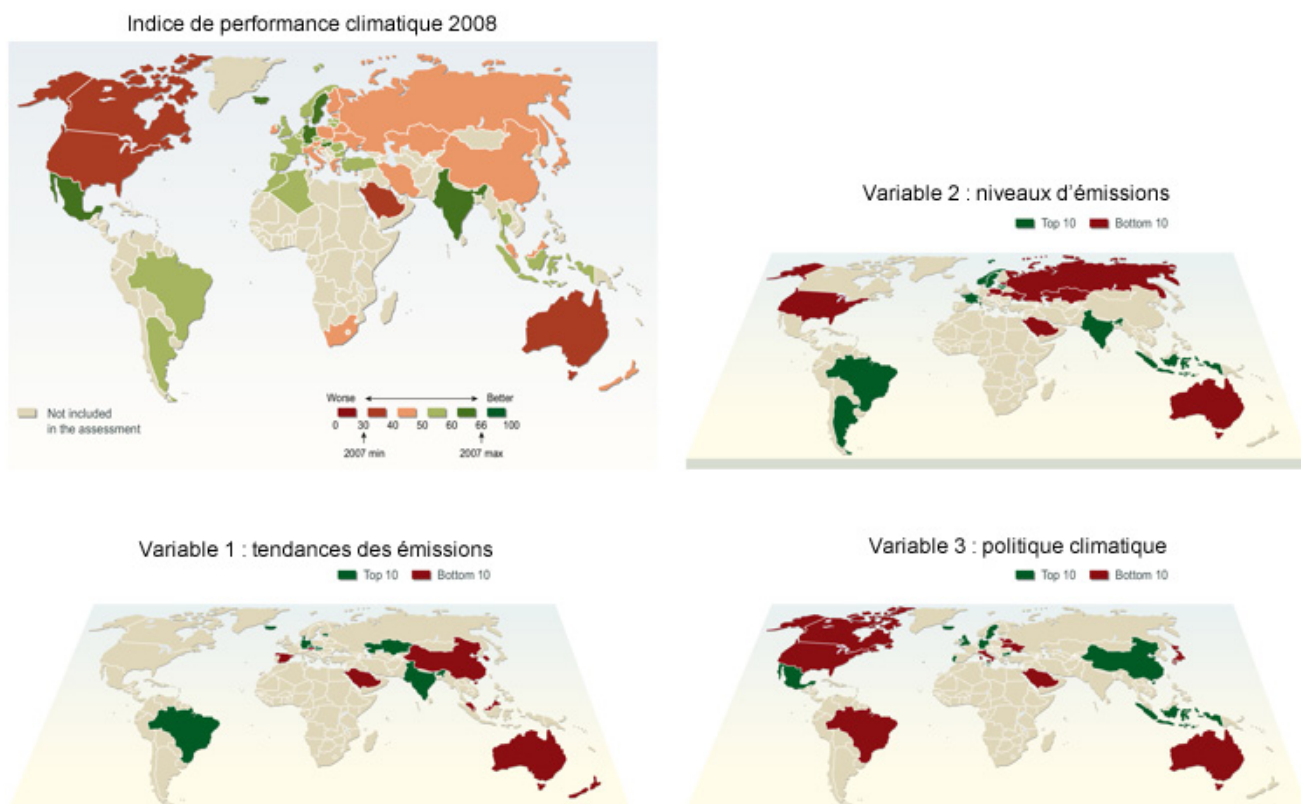


Figure 14

LE CLASSEMENT DE L'INDICE DE PERFORMANCE CLIMATIQUE ÉTABLI PAR L'ORGANISME ENVIRONNEMENTAL GERMANWATCH.

Source : www.Germanwatch.de

2.4 Les biocarburants

Un des chevaux de bataille du Brésil dans la lutte contre les changements climatiques sont les biocarburants. Le Brésil et les États-Unis sont les deux plus importants producteurs de bioéthanol au monde, totalisant presque les trois quarts de la production mondiale (figure 15).

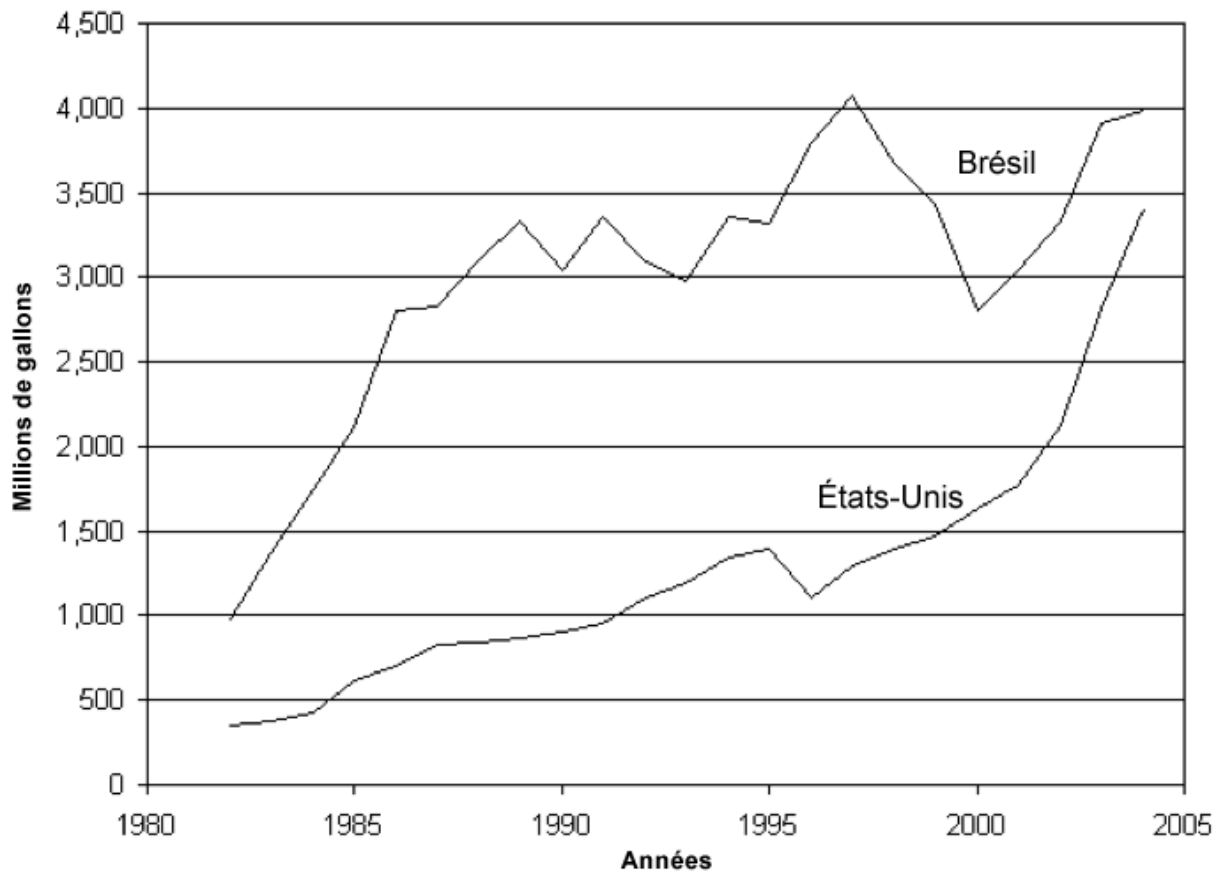


Figure 15

LA PRODUCTION DE BIOCARBURANTS AU BRÉSIL ET AUX ÉTATS-UNIS, LES DEUX PRINCIPAUX PRODUCTEURS MONDIAUX.

Source : Renewable Fuels Association; Sao Paulo Sugarcane Agroindustry Union (UNICA); Nastari.

La production d'éthanol au Brésil a une longue histoire puisqu'un vaste programme national, le programme PROÁLCOOL, avait été lancé dans les années 1970 à la suite du premier choc pétrolier. Durant cette période, entre 1975 et 1990, à l'apogée de sa production, celle-ci avait augmenté de 600 millions de litres à 11 milliards de litres. En raison de la chute des cours du pétrole au cours des deux décennies suivantes, ce programme a été peu à peu mis au rancart (figure 16). Dans les années 2000, cette filière a été de nouveau mise de l'avant. À partir de

2003, les véhicules Flexifuel, qui peuvent fonctionner avec un mélange d'essence et d'éthanol en n'importe quelle proportion, ont été introduits. En 2008, 85 % des véhicules vendus étaient des Flexifuel.

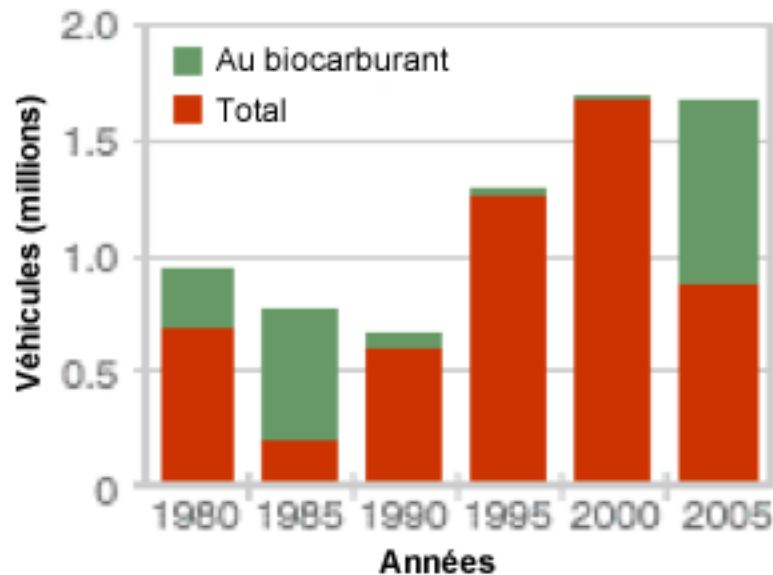


Figure 16

L'ÉVOLUTION DE LA PRODUCTION DE VÉHICULES FONCTIONNANT AUX BIOCARBURANTS AU COURS DE TROIS DERNIÈRES DÉCENNIES.

Source : Brazilian Association of Car Manufacturers (Anfaves). Dans BBC News-Business (2006).

L'histoire de l'éthanol remonte en fait plus loin, puisque ce combustible était déjà largement utilisé dans les années 1920 et 1930. Le Brésil est ainsi, depuis la première moitié du siècle dernier, un pays innovateur dans le domaine des biocarburants. La production a atteint un premier sommet durant la Deuxième Guerre mondiale, avec 77 millions de litres.

La particularité du Brésil est de produire l'éthanol essentiellement à partir de la canne à sucre, ce qui est beaucoup plus efficace que les autres plantes généralement utilisées, comme le maïs et le soja, en Amérique du Nord, ou la betterave, le colza et le blé, en Europe (figure 17).

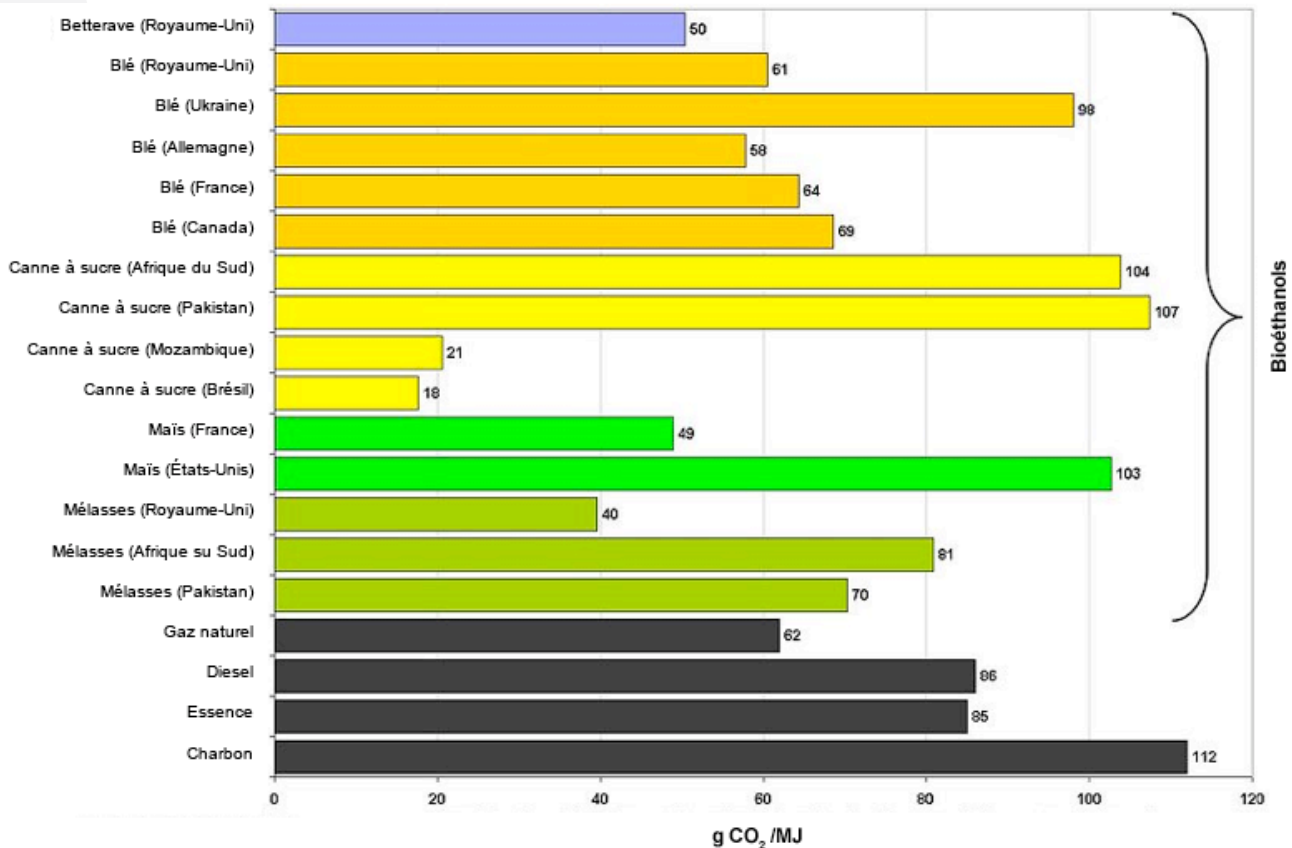


Figure 17

LE BILAN DE CO₂ DE DIFFÉRENTES SOURCES ÉNERGÉTIQUES.

Le bilan de CO₂ de la canne à sucre utilisée au Brésil est nettement inférieur à celui de toutes les autres plantes utilisées pour la production de biocarburant. Certaines cultures ont des bilans de CO₂ plus désavantageux que certains combustibles fossiles.

Source : Wikipédia.

En effet, la canne à sucre a une teneur énergétique plus élevée que les autres cultures. Elle obtient donc un rendement de biocarburant plus élevé par quantité récoltée. Autre facteur, la canne à sucre peut être récoltée plus d'une fois par année, ce qui multiplie le rendement par unité de surface. La canne à sucre nécessite aussi moins d'intrants et d'énergie, ce qui améliore son bilan climatique. Ainsi, Farrell *et al.* (2006) ont estimé que l'utilisation d'éthanol de canne à sucre peut réduire les émissions de GES de 87 % à 96 % par rapport au pétrole comparativement à 13 % pour de l'éthanol issu de maïs. Il ne faut pas oublier que les investissements en recherche effectués par le gouvernement du Brésil ont amélioré les techniques agricoles et de transformation. Le rendement par hectare, environ 40 tonnes, a plus que doublé depuis les années 1970.

2.5 L'approvisionnement énergétique et l'hydroélectricité

Grâce aux nombreux fleuves et cours d'eau qui le parcourent, le Brésil possède un important potentiel hydroélectrique, lui permettant d'avoir de relativement faibles émissions de GES dans le secteur de la production d'énergie. Il s'agit du pays industrialisé le plus dépendant de l'hydroélectricité (WCD, 1999). Quatre-vingt-quatre pour cent de son électricité provient des 600 barrages du pays (EIE, 2005). En 2005, la production hydroélectrique atteignait 333 TWh, deux fois plus que le Québec qui produisait à la même époque 165 TWh/an. La centrale d'Itaipu, la plus puissante au monde, produit à elle seule 88 TWh par an. Un grand nombre de centrales hydroélectriques sont situées en Amazonie. De nouveaux grands projets y sont projetés, tels que les deux centrales de plus de 3 GW, Jirau et Santo Antônio sur la rivière Madeira, un investissement de 11 milliards de dollars (Woods, 2009). En tout, dix nouvelles centrales devraient être construites d'ici 2010, principalement sur les rivières Xingu et Madeira (Ballvé, 2007). Elles sont entre autres destinées à alimenter des alumineries (Wallace, 2007). Le Brésil est un des principaux producteurs d'aluminium au monde. Or, cette industrie est très énergivore. L'hydroélectricité, à meilleur marché que les énergies classiques, représente donc un avantage compétitif important.

Le développement hydroélectrique en Amazonie pose des problèmes sociaux et environnementaux. Dans un climat tropical, les réservoirs sont souvent recouverts en partie par des plantes envahissantes. Les réservoirs altèrent aussi le cycle naturel de l'eau, basé sur des périodes de crue, d'étiage et de décrue. Ces interventions ont des effets sur la qualité de l'eau, les écosystèmes aquatiques et ceux des plaines inondables. Les impacts sociaux sont souvent importants. Dans la région d'Amazonie, les droits de propriété sont souvent mal établis et documentés. La question du déplacement des populations et de leur dédommagement devient dès lors difficile à régler de manière équitable. La pénétration du territoire représente un problème pour la diversité culturelle de la région amazonienne. C'est pour ces raisons que les récents projets de développement hydroélectrique ont été accueillis avec beaucoup de critiques par les milieux environnementalistes ainsi que par les organisations autochtones et par les autorités environnementales, qui ont hésité à délivrer les permis (Balvé, 2007).

Une donnée qui n'est pas prise en compte de manière systématique dans les inventaires d'émissions de GES est le fait que les réservoirs émettent aussi des GES, du CO₂ et du CH₄. Le méthane est particulièrement problématique en milieu tropical. Les températures de l'eau élevées font qu'à la différence des réservoirs de zones plus froides les nouveaux – et parfois aussi les anciens – réservoirs émettent des quantités importantes de méthane, 25 fois plus puissant en tant que GES que le CO₂. Les émissions de réservoirs hydroélectriques sont dans de nombreux

cas comparables et parfois même supérieures à celles de centrales thermiques classiques (REF Duchemin, Fearnside).

2.6 Le Mécanisme de développement propre (MDP)

En tant que pays qui ne figure pas à l'annexe B, le Brésil a le droit d'engager des partenariats en vertu du Mécanisme de développement propre. Le Brésil a été un des pays qui ont introduit l'idée du MDP et, avec plus de 200 projets enregistrés, il est un des bénéficiaires majeurs de ce mécanisme, avec le Mexique, l'Inde et la Chine. La génération et la cogénération d'électricité, en particulier des projets hydroélectriques, ainsi que la récupération de méthane de décharges et d'autres sources se taillent la part du lion (tableau 2). Sur le plan international, le Brésil se situe au troisième rang des pays hôtes du MDP, derrière l'Inde et la Chine. Il compte pour 13 % des projets et 8 % des réductions d'émissions.

Tableau 2

LA RÉPARTITION DES PROJETS DE MDP AU BRÉSIL

Projet	Nombre de projets		Réductions annuelles d'émissions		Réductions durant la première période	
Cogénération avec biomasse	67	32 %	3 542 906	14 %	25 123 062	13 %
Génération d'électricité	47	22 %	2 580 945	10 %	20 233 744	10 %
Décharges	26	12 %	9 548 888	37 %	72 256 339	37 %
Déchets	22	10 %	1 749 102	7 %	17 176 585	9 %
Récupération de méthane	21	10 %	627 157	2 %	5 671 471	3 %
Remplacement de combustible	14	7 %	1 592 855	6 %	11 491 620	6 %
Efficacité énergétique	9	4 %	70 700	0 %	629 449	0 %
Réduction de N ₂ O	3	1 %	6 123 220	24 %	42 862 540	22 %
Industrie chimique	1	0 %	17 137	0 %	119 960	0 %
Total	210	100 %	25 852 910	100 %	195 564 770	100 %

Source : Données de Miguez (2007).

Un exemple de projet de MDP en Amazonie est la construction d'une petite centrale hydroélectrique au fil de l'eau sur la rivière Braço do Norte, un affluent du Tapajos, dans l'État du Mato Grosso, un des neuf États de l'Amazônia Legal (Amazonie légale). Cette centrale au fil de l'eau produira 14 MW grâce à deux turbines installées et à un petit réservoir de 3 km². En comparant la production hydroélectrique avec les centrales du réseau existant (0,5364 kgCO₂/kWh), il a été estimé que des émissions de l'ordre de 45 000 tCO₂ par an seraient évitées. Le projet sera mené par des compagnies brésiliennes, Novo Mundo Energética S.A., C-Trade Comercializadora de Carbono Ltda, Lumina Engenharia e Consultoria Ltda., ainsi que par un partenaire étranger, EcoSecurities Capital Ltd., spécialisé dans les projets de MDP et dont le Crédit Suisse a acquis une partie importante des actions.

Un autre exemple de MDP, et un des plus grands projets de ce type, est la récupération de biogaz à São Paulo. La ville de São Paulo a obtenu 800 000 crédits d'émission grâce à la récupération de méthane de la décharge de Bandeirantes, une des plus grandes décharges au monde (7000 tonnes d'ordures par jour, la moitié de la ville). Ces crédits lui ont valu plus de 13 millions d'euros. En plus, la combustion du CH₄ génère de l'énergie pour 400 000 habitants. Bien que l'argent soit réinvesti dans les quartiers défavorisés, le projet est critiqué par des ONG de la société civile, car il ne s'attaque pas à la problématique fondamentale des déchets et de la contamination de l'eau. Au contraire, il tire profit d'un grand volume de déchets (Raves 2007).

Un type de projet de MDP qui est hautement contesté est la plantation de monocultures, à l'exemple du projet Plantar qui consiste en la plantation d'eucalyptus pour la production de charbon de bois utilisé en métallurgie dans le Minas Gerais, premier projet proposé comme MDP forestier. Le projet de 23 100 hectares est supposé générer 15 millions de tonnes équivalent CO₂ qui seront acquises par le Carbon Finance Unit, un organisme mis sur pied par la Banque mondiale pour le financement de projets de MDP (CFU, 2008). Les nombreuses critiques objectent qu'il n'est pas évident que de tels projets contribuent véritablement à la réduction des émissions de GES (FERN, 2003). Aussi, les monocultures d'eucalyptus, dont il existe au Brésil environ quatre millions d'hectares, équivalant à un peu moins de 10 % des terres agricoles du Brésil (GI, 2001-2008), principalement pour la production de cellulose, ont des impacts écologiques importants, réduisent la biodiversité, appauvrissent les sols et consomment beaucoup plus d'eau que la végétation native.

Elles posent aussi des problèmes sociaux importants puisque ce type de culture ne peut coexister avec d'autres types d'utilisation de la forêt, ce qui laisse les utilisateurs du territoire les plus pauvres sans ressources et les oblige souvent à migrer, et ceci souvent sans compensation, puisqu'ils possèdent rarement des droits de propriété dûment établis sur les terres qu'ils occupent. Il s'est aussi produit des incidents violents entre les habitants et les gardes des compagnies

forestières (FASE/WRM, 2007). L'Union européenne s'est toujours prononcée contre les MDP forestiers, mais certaines agences et entreprises européennes participent à l'élaboration de ces projets.

2.7 L'agriculture

Ce secteur compte pour 56 % des émissions de GES du Brésil, l'ATCATF non incluse (tableau 1). L'agriculture joue un rôle fondamental dans l'économie du Brésil, ainsi qu'en témoignent les chiffres suivants (Gouvernement du Brésil, 2008; IBGE, 2004).

- Le Brésil possède le plus grand cheptel bovin au monde avec plus de 200 millions de têtes. De plus, on compte plus de 30 millions de cochons, 10 millions de chèvres, 6 millions de chevaux et d'autres espèces. Les exportations de viande rapportent plus de un million de dollars au pays. Une grande partie de l'élevage s'effectue en Amazonie (figure 18).
- Le Brésil produit 80 % du jus d'orange de la planète.
- Le Brésil est le plus important exportateur de soja du monde. En tout, 110 millions de tonnes de différentes graines sont produites tous les ans.
- Le Brésil est le cinquième producteur dans le domaine de l'emballage dérivé de cellulose.

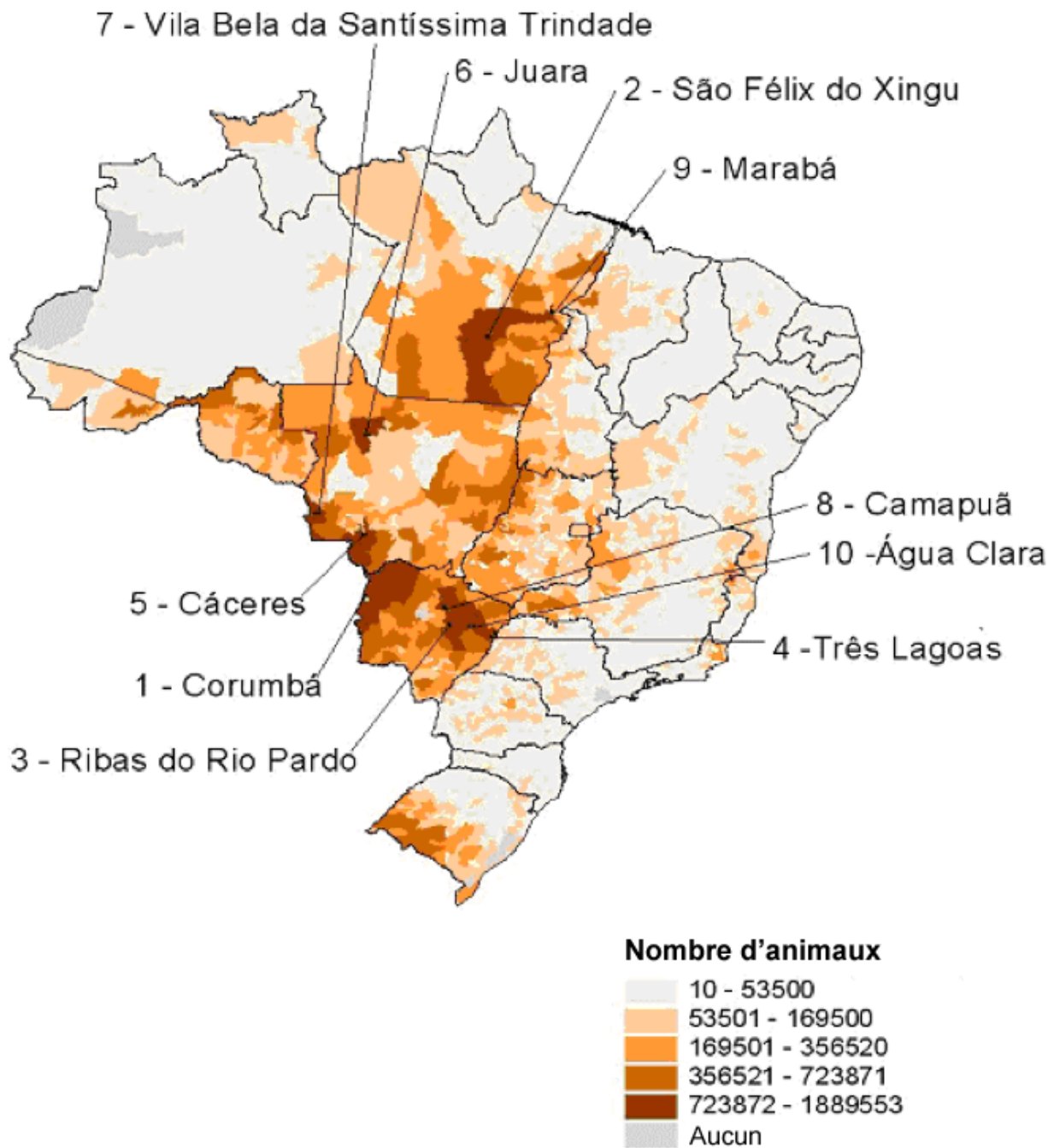


Figure 18

LES ZONES D'ÉLEVAGE AU BRÉSIL.

On s'aperçoit que la densité de population de bétail dans certaines régions d'Amazonie est très élevée. Le sud-ouest est un autre centre de l'élevage. Les États du Mato Grosso et du Mato Grosso do Sul possèdent les plus grands cheptels, totalisant chacun plus de 12 % du total national.

Source : IBGS.

Les territoires agricoles du Brésil, qui totalisent 60 millions d'hectares, sont surtout situés dans trois zones : la zone centre-ouest, une zone de savane, le nord-est, de caractère semi-aride, et la région septentrionale, une zone de transition. Le Brésil compte plusieurs programmes de développement agricole de longue haleine (Gouvernement du Brésil, 2008).

- Le Plan agricole et d'élevage favorisant ces secteurs d'activité.
- Pronaf, un programme permettant aux fermes familiales de bénéficier de nouvelles technologies en encourageant la recherche et le crédit. Plus de 800 000 habitants des zones rurales reçoivent des crédits.
- Un programme de crédit spécial pour les femmes et les jeunes agriculteurs.
- Le Programme de réforme des terres visant à doter plus d'un million de familles de terres allouées par l'État. Ce programme devrait créer deux millions emplois en zone rurale.

2.8 Le développement de l'Amazonie au regard des changements climatiques

2.8.1 Les facteurs du déboisement

Partout en Amazonie, la forêt fait place aux activités humaines. Le développement de l'agriculture intensive et l'expansion de la sylviculture grugent la forêt tropicale par les bords et par l'intérieur, là où les routes rendent l'accès possible. Le déboisement est une des sources les plus importantes de gaz à effet de serre au Brésil et menace l'intégrité de l'écosystème amazonien. Au cours des dernières années, le déboisement a ralenti (figure 19). On peut interpréter cela comme les résultats des politiques de protection mises en place ou bien comme conséquence de l'évolution des marchés mondiaux. Butler (2008) fait remarquer que le déclin de la déforestation durant la période 1988-1991 correspond à la décélération économique du Brésil durant la même période et que l'augmentation rapide de la déforestation durant les années 1993-1998 suit la reprise économique.

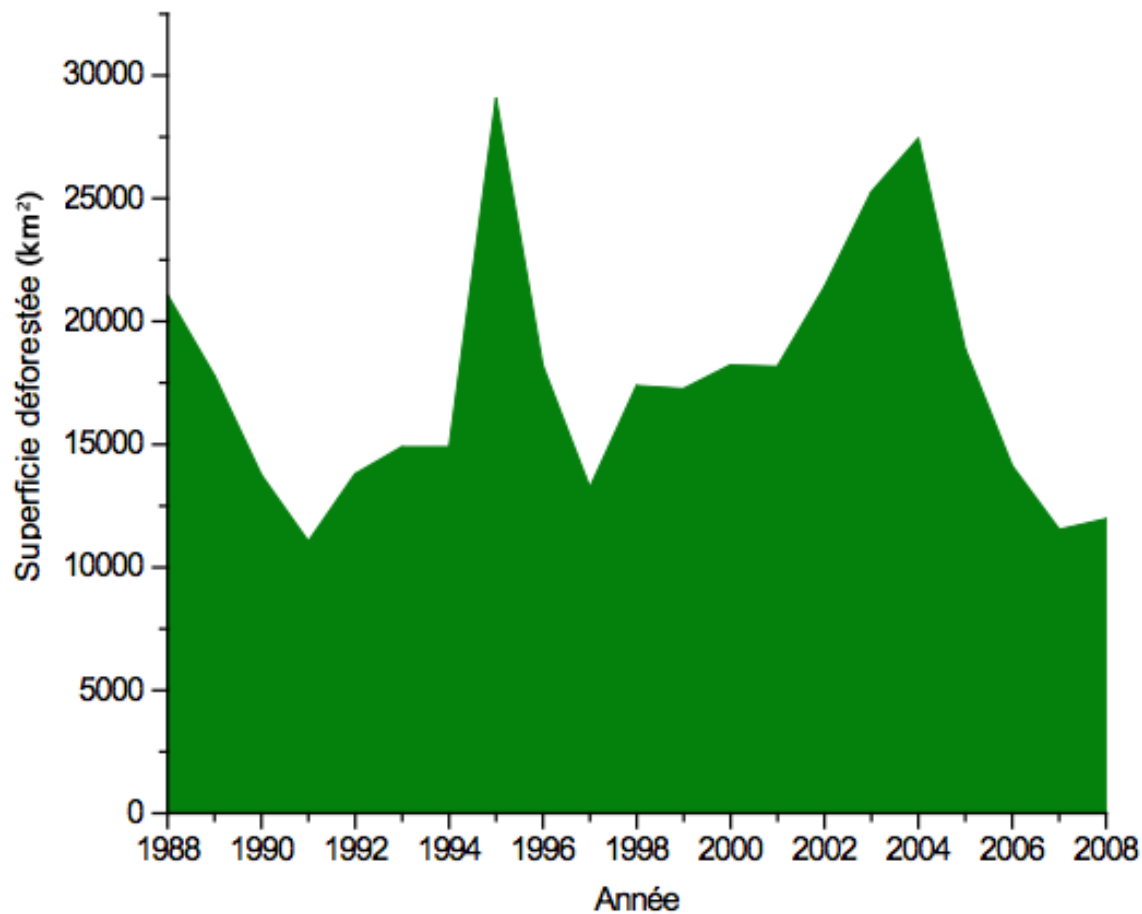


Figure 19

L'ÉVOLUTION DE LA DÉFORESTATION EN AMAZONIE.

Source : Données de l'Institute of Space Research (INPE) dans Butler (2008).

Les causes de la déforestation sont diverses (tableau 3). On constate que les aires de pâturage y contribuent pour une très grande part, beaucoup plus que l'agriculture de subsistance qui reste néanmoins un facteur très important. L'agriculture industrielle, l'extraction de bois et les autres activités industrielles (les mines, l'urbanisation, la construction de routes et la création de barrages) ne jouent qu'un rôle subordonné. L'agriculture industrielle, en pleine expansion, joue un rôle indirect important dans la déforestation de l'Amazonie.

Tableau 3

LES CAUSES PRINCIPALES DE LA DÉFORESTATION EN AMAZONIE

Pâturages	60 % à 70 %
Agriculture de subsistance	30 % à 40 %
Agriculture commerciale	1% à 2 %
Extraction de bois, légale et illégale	2% à 4 %
Feux, mines, urbanisation, construction de routes, barrages	2% à 4 %

Source : Données de l'Institute of Space Research (INPE) dans Butler (2008).

L'État du Mato Grosso est l'exemple le plus flagrant de la progression de la déforestation. C'est dans cet État que celle-ci est la plus intense. Son PIB provient à 40 % de l'agriculture qui y est pratiquée de façon industrielle et à grande échelle. Le gouverneur du Mato Grosso, Blairo Maggi, est en même temps le propriétaire de la plus importante compagnie exportatrice de soja au monde, la Grupo André Maggi. Il a été largement critiqué pour son attitude nonchalante vis-à-vis de la déforestation.

« Pour moi, une augmentation de 40 % de la déforestation ne représente rien et je n'ai aucune mauvaise conscience par rapport à ce que nous faisons ici. Nous parlons d'une superficie plus grande que l'Europe qui n'a à peine été touchée. Il n'y a donc pas de quoi s'inquiéter. » (*New York Times*, 17 septembre 2003)

Il existe des conflits par rapport aux politiques gouvernementales de protection de l'Amazonie. Certaines mesures ont été mises en place pour limiter la déforestation, mais elles sont perçues même au sein du parti au pouvoir comme des entraves au développement. Ainsi, dans des zones classées forêt amazonienne, seulement 20 % de déforestation est permise, alors que des zones de transition ou des zones de savane peuvent être occupées à 50 % par l'agriculture dans des zones de transition et 65 % dans les zones de savane (*cerrado*). Les producteurs agricoles demandent donc un rezonage des terres dans les États agricoles comme le Mato Grosso (Rother, 2003). Depuis le 1^{er} juillet 2008, les crédits octroyés par la Banque centrale du Brésil sont soumis à des critères environnementaux, mais devant la pression politique, certaines des règles ont dûes être assouplies (Gasnier, 2008). Les financiers internationaux, à l'image de la Banque mondiale qui a lancé un audit environnemental sur les prêts accordés au groupe Maggi, prennent cependant également conscience de l'impact du développement agricole sur la forêt amazonienne (Lilley, 2004).

Dans certains cas, le gouvernement brésilien agit résolument en faveur de la protection de l'Amazonie au détriment des intérêts commerciaux. Ainsi, en 2007, l'IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis), l'équivalent du ministère de l'Environnement, a ordonné la fermeture du terminal fluvial dans le port de Santarem, construit par l'entreprise Cargill, faute d'avoir effectué une évaluation environnementale (ENS, 2007). Ce terminal était destiné à l'exportation de soja en provenance de l'Amazonie, en particulier du Mato Grosso, vers l'Europe ou l'Asie où le soja est utilisé pour l'élevage des animaux. Il est relié aux régions de production en frange de l'Amazonie par la route BR-163, longue de 1800 km qui devrait être asphaltée dans le cadre du projet Avanca Brasil, un projet de 43 milliards de dollars échelonné entre 2000 et 2020 et en grande partie dédié à la création d'infrastructures de transport de soja (Fearnside, 2001).

La route BR-163 représente un autre exemple du dilemme entre le développement économique et la protection de la forêt amazonienne. Commencée dans les années 1970, et actuellement souvent impraticable durant la saison des pluies, elle est destinée à devenir une voie de transport importante de matières premières. Dans le passé, les 170 000 routes tracées à travers l'Amazonie pour l'extraction du bois ont été des voies d'accès pour des agriculteurs, des éleveurs, des sans-terre, des aventuriers et des spéculateurs (*grileiros*). Anticipant le danger de ce type de développement anarchique et destructeur de l'environnement, le gouvernement Lula a retardé de quelques années le projet d'aménagement de la route, le temps de trouver une solution à la gestion du territoire riverain. La solution consista finalement à déclarer une zone de protection sur le versant occidental de la route, au sein de laquelle seulement la foresterie durable et fortement supervisée pourra être entreprise (Nepstad *et al.*, 2002; Wallace, 2007).

La production de biocarburants n'affecte qu'indirectement l'Amazonie. En effet, les aires de culture de la canne à sucre sont géographiquement distinctes de la région amazonienne (figure 20). Actuellement, la production d'éthanol de canne à sucre accapare 3,6 millions d'hectares, ce qui ne représente que 1 % des terres arables du Brésil. Évidemment, une expansion de ces cultures en même temps qu'une augmentation de la production de soja et d'autres produits agricoles mèneront à une certaine pénurie de terres, qui pourrait être comblée aux dépens de la forêt amazonienne et des *cerrados*. Et l'effet de boule de neige se poursuit puisque les cultures agricoles, elles-mêmes en expansion pénètrent de plus en plus loin en territoire amazonien, refoulant les petits agriculteurs qui doivent se trouver d'autres terres.



Figure 20

LES PRINCIPALES ZONES DE CULTURE DE LA CANNE À SUCRE ET LES ÉCOSYSTÈMES LES PLUS IMPORTANTS DU BRÉSIL.

Source : José Goldemberg (2008). *Biotechnology for Biofuels*. University of São Paulo, Institute of Electrotechnics and Energy, São Paulo, Brazil. Dans Wikipédia.

L'extraction de bois n'est pas une des principales causes de la déforestation. Cependant, pendant des décennies, c'est l'activité forestière qui a ouvert le territoire et permis l'accès à d'autres usagers. Elle est donc un précurseur de la déforestation. La foresterie a évidemment d'autres impacts environnementaux comme la perte de biodiversité et d'habitat. Des méthodes d'extraction plus sélectives et un meilleur contrôle de la récolte illégale de bois tentent de remédier à ces impacts. Il faut aussi noter que la superficie soumise à une récolte sélective, non visible par les satellites puisqu'elle n'implique pas de coupes à blanc, atteint 12 075 à 19 823 km² par an (entre 1999 et 2002), ce qui représente 60 % à 123 % de la superficie

déforestée (Asner *et al.*, 2005). Entre 27 et 50 millions m³ de bois sont ainsi extraits. Cette activité relâche un flux de carbone d'un ordre de grandeur de 100 millions de tonnes par an (Asner *et al.*, 2005). Elle s'étend souvent dans des parcs et des réserves autochtones et suit en grande partie les routes traversant l'Amazonie (figure 21).



Figure 21

LES ZONES DE COUPE SÉLECTIVE DANS LA FORÊT AMAZONIENNE.

Asner *et al.* (2005) ont utilisé des techniques de télédétection avancées pour identifier les zones de coupe sélective, où seulement certaines espèces sont extraites d'un territoire. Elles sont identifiées en rouge sur la carte.

Source : The Carnegie Institution and Google-Earth.

Finalement, il ne faut pas oublier que la déforestation est autant un problème environnemental qu'un problème social. Les causes profondes de la déforestation sont en partie l'exploitation des ressources et les grandes compagnies, mais également la pauvreté et le manque de ressources de la population amazonienne.

2.8.2 Les enjeux du développement en Amazonie

L'Amazonie joue un rôle clé pour le Brésil en ce qui concerne les changements climatiques. Elle est la principale source d'émissions et la région la plus menacée. Plus que cela, l'Amazonie est un élément important dans la régulation du climat et du cycle hydrologique de toute la planète. Elle est aussi son plus grand réservoir de biodiversité. Il est donc inquiétant de voir que la plupart des simulations climatiques prévoient une quasi-disparition de la forêt amazonienne en l'espace d'un siècle ou d'un demi-siècle sous l'influence des changements climatiques tels qu'ils ont été anticipés.

Mais au-delà des changements inévitables du climat, du réchauffement continu et de l'augmentation probable des épisodes El Niño, l'influence de l'humain représente un paramètre d'extrême importance. Elle est le plus grand facteur d'incertitude dans les prévisions des modèles et peut avoir des répercussions importantes sur l'avenir de l'Amazonie. La rétroaction entre le changement du climat à l'échelle régionale et les changements d'utilisation des terres ont le potentiel de précipiter la disparition du couvert végétal et l'aridification du climat. Inversement, une lutte efficace contre la déforestation d'origine anthropique peut atténuer significativement les impacts des changements climatiques.

Le Brésil aurait donc tout intérêt à intensifier la lutte contre le déboisement et, en ce faisant, préserver la forêt amazonienne, le climat régional, les ressources en eau et en biodiversité et, en même temps, réduire de moitié son impact climatique. Même si, dans la plupart des inventaires, les émissions de gaz à effet de serre issues du secteur de l'affectation des terres, du changement d'affectation des terres et de la foresterie ne sont pas inclus, ces émissions sont cependant bien réelles et le CO₂ émis par la déforestation, bien que plus difficile à mesurer et à quantifier, est tout autant efficace comme gaz à effet de serre que celui émis par la combustion de combustibles fossiles. Dans cette optique, le développement hydroélectrique serait également à réévaluer, puisqu'il est maintenant avéré que les réservoirs, surtout en milieu tropical, génèrent d'importantes quantités de gaz à effet de serre.

L'équation n'est cependant pas si simple pour le Brésil, qui doit conjuguer avec un contexte socio-économique particulier, au sein duquel l'Amazonie joue un rôle important de facteur de développement. De tout temps, l'Amazonie a été vue comme le moteur de développement du pays, en raison de ses richesses naturelles. Le nom du Brésil vient du bois-brésil ou pernambouc (*Caesalpinia echinata*), première denrée d'exportation du pays dès le XVI^e siècle. Plus tard, le café, le caoutchouc, l'or, le sucre et le bois exotique contribuent à la richesse du Brésil. Au début du XIX^e siècle, 75 % du café mondial provenait du Brésil. Le

boom du caoutchouc des années 1840 à la Première Guerre mondiale fait de Manáos et de Belém les villes les plus riches du Brésil. C'est un baron du caoutchouc qui érigea le fameux Teatro Amazonas de Manáos. Le Brésil est le plus grand exportateur de sucre du monde. En 1625, l'entité du sucre importé en Europe venait du Brésil (Kaller-Dietrich et Mayer, 2008). L'or a de tout temps attiré les aventuriers de toutes sortes. Même si l'Amazonie s'avéra recéler moins d'or qu'espéraient les premiers Européens, des centaines de milliers de chercheurs d'or ou *garimpeiros* vivent aujourd'hui tant bien que mal de cette activité. L'extraction de bois, comme le précieux Mahagony, bois qui n'a pas de veinure puisqu'il n'y a pas d'été et d'hiver et donc de cernes annuels, reste évidemment une activité de premier ordre en Amazonie.

Le Brésil est un pays socialement et géographiquement hétérogène. Socialement, il est caractérisé par une grande inégalité sociale. L'écart des revenus y est très élevé. Une partie de la population vit dans un état de précarité chronique et pour cette frange de la société, la subsistance grâce aux ressources naturelles de leur environnement reste le mode de vie dominant. Géographiquement, on retrouve un clivage similaire entre le sud du pays, affluent et industrialisé, et le nord, plus rural et beaucoup moins riche. Ainsi, les populations retrouvées de nos jours en Amazonie dépendent de l'utilisation du territoire. Souvent immigrés d'autres régions plus pauvres, elles n'ont pas une connaissance intime du territoire et leurs réflexes d'utilisation de celui-ci sont souvent à l'encontre des bonnes pratiques souhaitables. Ainsi, l'agriculture par brûlis peut générer des revenus et des produits à court terme pour les paysans le pratiquant, mais mènent à long terme à un appauvrissement des sols et à une aridification croissante, surtout lorsque la pression démographique devient trop importante pour permettre des temps de jachère appropriés aux terrains. Pour les populations de l'Amazonie, la conservation de la forêt n'est donc pas une option économiquement viable sans une modification drastique du contexte socio-économique de la région.

Le développement industriel ne représente pas un progrès pour ces populations. L'établissement de fermes agricoles, d'élevage ou de plantation d'arbres oblige ces populations soit à migrer soit à travailler dans celles-ci comme salariés sous des conditions difficiles. Le gouvernement estime que 25 000 travailleurs travaillent sous des conditions qui s'apparentent à l'esclavage (Butler, 2008).

La question de propriété des terres est également une source de conflits sociaux. En principe, l'occupation d'une terre pendant un an et un jour donne un droit d'usufruit sur cette terre, inscrit dans la loi. Ces droits sont cependant rarement formalisés et inventoriés et sont difficile à faire respecter, la corruption et le manque d'instruction des populations aggravant

la situation. Ainsi, des conflits autour de la propriété des terres sont monnaie courante en Amazonie.

En outre, les gouvernements successifs et les milieux politiques et économiques influents poursuivent la logique de développement et d'ouverture du territoire en Amazonie comme locomotive du progrès, reflet de la devise du drapeau brésilien « ordem e progresso (ordre et progrès) » influencé par le positivisme d'Auguste Comte. En cela, l'élection d'un gouvernement issu du parti des travailleurs sous Lula Da Silva mène à une réorientation des priorités sociales du pays, mais ne change pas fondamentalement l'approche envers le développement de l'Amazonie.

Néanmoins, depuis une dizaine d'années, on perçoit un net changement d'attitude à travers les politiques gouvernementales. Une inquiétude grandissante vis-à-vis de la déforestation effrénée en Amazonie a mené à un certain nombre de mesures de protection comme la création de parcs et d'aires protégées (23 millions d'hectares entre 2004 et 2006 [Nepstad *et al.*, 2007]), l'application plus stricte de la législation environnementale comme dans le cas du port fluvial de Santarem, ou encore la coopération avec les tribus autochtones du Xingu pour le contrôle de la forêt. Dans certains districts, la coopération entre le gouvernement, fournissant par exemple des images satellites, et les tribus autochtones permettent un contrôle efficace du territoire et permettent d'enrayer la déforestation illégale (Wallace, 2007). Toutes ces mesures ont certainement eu pour effet de contribuer à infléchir le rythme de la déforestation durant la première moitié des années 2000. Entre 2004 et 2006, le taux de déforestation a diminué de moitié, aidé bien sûr en cela par la dégringolade des prix du soja et du bœuf (Nepstad *et al.*, 2007). En 2007, un nouveau plan ambitieux, le Pacte national pour la mise en valeur de la forêt amazonienne et l'élimination de la déforestation, sur un horizon de sept ans a été lancé par le gouvernement fédéral et quatre États d'Amazonie (dont le Mato Grosso) en collaboration avec des OGN et le secteur privé (Nepstad *et al.*, 2007).

Depuis, un nouvel élément vient compliquer la situation, qui est la mondialisation et l'éclosion des économies asiatiques et le besoin en ressources générées par celle-ci. C'est dans ce contexte que l'expansion de l'agriculture industrielle et des nouvelles technologies agricoles est à voir. Pour le Brésil, la demande mondiale en soja, en pulpe de bois et autres ressources agricoles représente une source de revenus importants. Ceux-ci se font cependant aux dépens de l'intégrité environnementale des forêts et des *cerrados*. De grands écosystèmes comme l'Amazonie et le Pantanal sont visés par le développement agro-industriel.

Ce nouveau volet de l'économie brésilienne s'effectue aussi à un certain degré aux dépens de l'égalité sociale puisqu'elle réquisitionne des territoires et concentre les moyens de production entre les mains d'un nombre restreints d'agents économiques. Étant intensif en investissements, ce mode de développement n'est ouvert qu'à des entreprises de grande envergure disposant de financement étranger.

Lors de la Conférence des Parties de Bali, la question de la déforestation dans les pays tropicaux a été mise à l'ordre du jour. En effet, le déboisement contribue pour environ 20 % aux émissions mondiales de GES et est surtout concentré dans les régions tropicales et dans des pays non soumis à des objectifs de réduction d'émissions, à l'image du Brésil. Un nouvel outil a été mis en place pour lutter contre la déforestation et la dégradation des forêts, le REDD (Reduced Emissions from Deforestation and Forest Degradation). Au moyen de différents instruments financiers, dont le Public Forest Stewardship Program mis en place par la Banque mondiale, il sera possible pour des pays soumis à des objectifs de réduction d'émissions de mettre en œuvre des projets de conservation et de protection des forêts dans des pays comme le Brésil à partir de la deuxième phase du protocole de Kyoto à partir de 2012.

Le Brésil serait le candidat par excellence pour profiter de ce nouvel outil. Avec 47 ± 9 GtC, il possède le plus grand réservoir de carbone de tous les pays tropicaux. Le coût lié à la protection de ce carbone serait beaucoup moins élevé que celui d'autres mesures de réduction d'émissions de GES. Calculé sur un horizon de temps de 100 ans, ce coût serait de 257 milliards de dollars (5,5 \$/tC) pour l'ensemble du territoire et de 123 milliards de dollars (2,8 \$/tC) si une exploitation des 6 % les plus rentables du territoire est permise (Nepstad *et al.*, 2007). Ce faible coût provient du fait que les usages principaux, l'élevage et la culture du soja, occupent de grandes superficies pour des revenus somme toute modestes. En particulier, l'élevage de bétail rapporte moins de 50 dollars par hectare par an.

Dans leur étude, Nepstad *et al.* (2007) proposent un plan de conservation permettant de réduire à zéro en dix ans la déforestation de l'Amazonie à un coût social augmentant de 72 millions à 530 millions de dollars par année. Ce plan inclut entre autres l'implication de 150 000 familles qui habitent l'Amazonie, lesquelles seraient soutenues par l'État et participeraient au contrôle de la déforestation tout en pratiquant des activités traditionnelles, en ce qui concerne les populations indigènes, ou encore la récolte de caoutchouc ou d'autres produits forestiers. Une compensation financière serait accordée aux propriétaires privés des terres pour ne pas défricher celles-ci. Au-delà de la préservation du carbone, le plan vise



à catalyser un différent mode de développement forestier en Amazonie, axé plutôt sur les produits forestiers obtenus de manière durable que sur un développement agro-industriel passant nécessairement par le défrichage ou la dégradation de la forêt. Les fonds qui pourront être théoriquement versés à partir de 2012, date d'entrée en vigueur des accords de la deuxième phase de Kyoto, par les pays industrialisés membres de l'annexe 1 permettront de faire pencher la balance du côté des modes de développement qui préserveront l'intégrité de la forêt.

CONCLUSION

Il faut donc espérer que, dans un futur proche, un mode de développement viable de l'Amazonie soit adopté, qui tienne compte des impératifs sociaux et environnementaux et amène un véritable progrès qui ne soit pas limité au court terme, aux bénéfices simplement monétaires obtenus aux dépens du capital naturel de l'Amazonie. Il existe des modes de développement diversifiés qui mettent en valeur toutes les richesses de la forêt tropicale. Les modes de développement axés sur la destruction de celle-ci ont le potentiel, en conjonction avec les changements climatiques, de mener à la disparition de celle-ci, ce qui représenterait un désastre d'une envergure colossale pour le Brésil et pour la planète tout entière.



Figure 22

UN PORTRAIT DE L'AMAZONIE DU FUTUR QU'IL S'AGIT D'ÉVITER.

Source : Ricardo Oliveira.

Références

- Almeida, C. 2008. Sugarcane ethanol : Brazil's biofuel success. *Science and Development Network*, 3 janvier.
- Amazonas.de. 2002-2008. Amazonas-Portal : Indianer – Indigenas.
- Andreae, M. O., Rosenfeld, D., Artaxo, P., Costa, A. A., Frank, G. P., Longo, K. M., Silva-Dias, M. A. F. 2004. Smoking rain clouds over the Amazon. *Science*, 303, 1337-1342.
- Asner, G. P., Knapp, D. E., Broadbent, E. N., Oliveira, P. J. C., Keller, M., Silva, J. N. 2005. Selective logging in the Brazilian Amazon. *Science*, 310, 480-482.
- Balvé, M. 2007. Brazilian president's push for dams in Amazon basin stirs controversy. *World Politics Review*, 20 août.
- Braga, A. 2004. Heavy Brazil presence at Kyoto Protocol's debates. *Brazzil Magazine*, 10 novembre,
[En ligne]. http://www.brazzilmag.com/component/option,com_frontpage/Itemid,1/
(Consulté le 13 août 2009)
- C40. 2007. C40 cities, [En ligne]. <http://www.c40cities.org/cities/> (Consulté le 13 août 2009)
- Carbon Finance Unit (CFU). 2008. Brazil : Planter sequestration and biomass use. *Catalyzing markets for Climate Protection and Sustainable Development*,
[En ligne]. <http://wbcarbonfinance.org/Router.cfm?Page=Projport&ProjID=9600>
(Consulté le 13 août 2009)
- Carpenter, S. R., Fisher, S. G., Grimm, N. B., Kitchell, J. F. 1992. Global change and freshwater ecosystems. *Annual Reviews Ecology and Systematics*, 23, 119-139.
- Chagnon, F. J. F., Bras, R. L., Wang, J. 2004. Climatic shift in patterns of shallow clouds over the Amazon. *Geophysical Research Letters*, 31, L24212,
doi :10.1029/2004GL021188.
- Chagnon, F. J. F., Bras, R. L. 2005. Contemporary climate change in the Amazon. *Geophysical Research Letters*, 32, L13703, doi :10.1029/2005GL022722.
- Cochrane, M. A., Laurance, W. F. 2002. Fire as a large-scale edge effect in Amazonian forests. *Journal of Tropical Ecology*, 18, 311-325.

- Cowling, S. A., Shin, Y. 2006. Simulated ecosystem threshold responses to co-varying temperature, precipitation and atmospheric CO₂ within a region of Amazonia. *Global Ecology and Biogeography*, 15, 553-566.
- Cox, P. M., Betts, R. A., Jones, C. D., Spall, S. A., Totterdell, I. J. 2000. Acceleration of global warming due to carbon-cycle feedbacks in a coupled climate model. *Nature*, 408, 184-187.
- Cox, M. P., Betts, R. A., Collins, M., Harris, P. P., Huntingford, P., Jones, C. D. 2004. Amazonian forest dieback under climate-carbon cycle projections for the 21st century. *Theoretical and Applied Climatology*, 78, 137-156.
- Day, J. A., Davies, B. R. 1986. The Amazon river system. Dans B. R. Davies, K. F. Walker (sous la dir.), *The ecology of river systems*. Dr. W. Junk Publishers, Dordrecht, Pays-Bas, p. 289-317.
- de Siqueira, O. J. F., Farías, J. R. B., Sans, L. M. A. 1994. Potential effects of global climate change for Brazilian agriculture : Applied simulation studies for wheat, maize and soybeans. Dans C. Rosenzweig, A. Iglesias (sous la dir.), *Implications of climate change for international agriculture : Crop modeling study*. EPA 230-B-94-003. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC, États-Unis.
- Dixon, R. M. W., Aikhenvald, A. Y. (sous la dir.). 1999. *The Amazon languages*. Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni.
- Domingos Gonzalez Miguez, J. 1998. Brazil in Kyoto. *Economy and Energy*, 8.
- Embassy of Brazil, Ottawa. 2007. Embassy of Brazil, [En ligne]. www.brasembottawa.org/en/environment/kyoto.htm (Consulté le 26 mai 2009)
- Energy Information Agency (EIA). 2005. <http://www.eia.doe.gov/> (Consulté le 26 mai 2009)
- Environmental News Service (ENS). 2007. Brazilian government shuts Cargill soy plant port. *ENS Newswire*, 29 mars.
- Farrell, A. E., Plevin, R. J., Turner, B. T., Jones, A. D., O'Hare, M., Kammen, D. M. 2006. Ethanol can contribute to energy and environmental goals. *Science*, 311, 506-508.
- FASE/World Rainforest Movement (WRM). 2007. *Brazil : An overview of monoculture eucalyptus plantations*. Transnational Institute.

- Fearnside, P. M. 1985. Environmental change and deforestation in the Brazilian Amazon. Dans J. Hemming (sous la dir.), *Change in the Amazon basin : Man's impact on the forest and rivers*. Manchester University Press, Manchester, Royaume-Uni, p. 70-89.
- Fearnside, P. M. 1999. Plantation forestry in Brazil : The potential impacts of climatic change. *Biomass and Bioenergy*, 16, 91-102.
- Fearnside, P. 2001. Soybean cultivation as a threat to the environment in Brazil. *Environmental Conservation*, 28, 23-28.
- Forests and the European Union Resource Network (FERN). 2003. Brazilian groups urge EU companies not to buy carbon credits from eucalyptus plantation. News release, 27 mars.
- Fransen, T. 2008. *Brazil launches its GHG protocol program*. World Resource Institute.
- Gagnier, A. 2008. Les autorités brésiliennes ne parviennent pas à freiner la déforestation de l'Amazonie.
- Le Friend, A. D., Stevens, A. K., Knox, R. G., Cannell, M. G. R. 1997. A process based, terrestrial biosphere model of ecosystem dynamics (hybrid v. 3.0). *Ecological Modelling*, 95, 249-287.
- GIEC. 2001. *Bilan 2001 des changements climatiques : conséquences, adaptation et vulnérabilité*. Rapport du Groupe de travail II du GIEC.
- Giroux, D., Soumis, N. 2000. Aspects de la problématique de développement et conservation en Amazonie brésilienne. *Vertigo* 1/1, [En ligne]. <http://vertigo.revues.org/index4028.html> (Consulté le 17 août 2009)
- GIT Forestry Consulting. 2001-2008. GIT Forestry consulting's blog eucalyptologies. Information resources on eucalyptus cultivation around the world, [En ligne]. <http://git-forestry-blog.blogspot.com/2008/02/eucalyptus-monocultures-taking-over.html> (Consulté le 26 mai 2009)
- Gomez-Pompa, A., Kaus, A. 1992. Taming the wilderness myth. *BioScience*, 42, 271-279.
- Goudie, A. 1984. *The human impact : Man's role in environmental change*. Blackwell, Oxford, Royaume-Uni.
- Gouvernement du Brésil. 2008. República Federativa do Brasil, [En ligne]. www.brasil.gov.br (Consulté le 17 août 2009)

- Grineval, C. 1998. Language endangerment in South America : A programmatic approach. Dans L. A. Grenoble, L. J. Whaley (sous la dir.), *Endangered languages : Language loss and community response*. Cambridge university Press, Cambridge, Royaume-Uni, p. 124-162.
- Guyot, J. L., Molinier, M., de Oliveira, E., Cudo, K. J., Guimarães, V. 1994. Nouveautés sur les débits monstrueux de l'Amazone. *Revue de Géographie Alpine*, 12, 77-83.
- Hadley, M., Lanly, J.-P. 1983. Tropical forest ecosystems. *Nature and Resources XIX*, 2-19.
- Hare, W. 2003. *Assessment of knowledge on impacts of climate change – Contribution to the Specification of Art. 2 of the UNFCCC*. WBGU Potsdam, Berlin, Allemagne.
- Heckenberger, M. J., Kuikuro, A., Kuikuro, U. T., Russell, J. C., Schmidt, M., Fausto, C., Franchetto, B. 2003. Amazonia 1492 : Pristine forest or cultural parkland? *Science*, 301, 1710-1714.
- Horel, J. D., Cornejo-Garrido, A. G. 1986. Convection along the Coast of Northern Peru, during 1983 : Spatial and temporal variations of clouds and rainfall. *Monitoring Weather Review*, 114, 2091-2105.
- International Atomic Energy Agency (IAEA). 2003. Federative Republic of Brazil. Energy and Environment Data Reference Bank (EEDRB), [En ligne]. <http://www.iaea.org/inisnkm/nkm/aws/eedrb/data/BR-elpn.html> (Consulté le 26 mai 2009)
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). 2004. Diretoria de Pesquisas, Coordenação de Agropecuária, Pesquisa da Pecuária Municipal 2003 e 2004.
- Janzen, D. H. 1975. *Ecology of plants in the Tropics. Studies in biology n° 58*. Edward Arnold Publishers Ltd, Londres, Royaume-Uni.
- Kaller-Dietrich, M., Mayer, D. 2008. *Geschichte Lateinamerikas im 19. und 20. Jahrhundert. Ein historischer Überblick*. Universität Wien.
- Koren, I., Kaufman, Y. J., Remer, L. A., Martins, J. V. 2004. Measurement of the effect of Amazon smoke on inhibition of cloud formation. *Science*, 303, 1342-1345.
- Lal, R. 1987. Needs for, approaches to, and consequences of land clearing and development in the tropics. In *Tropical land clearing for sustainable agriculture*. Proc. N° 3 IBSRAM, Bangkok, Thaïlande, p. 15-28.

- Laurance, W. F., Williamson, G. B. 2001. Positive feedbacks among forest fragmentation, drought, and climate change in the Amazon. *Conservation Biology*, 15, 1529-1535.
- Laurance, W. F., Williamson, G. B., Delamonica, P., Oliveira, A., Lovejoy, T. E., Gascon, C., Pohl, L. 2001. Effects of a strong drought on Amazonian forest fragments and edges. *Journal of Tropical Ecology*, 17, 771-785.
- Lilley, S. 2004. Paving the Amazon with soy : World Bank bows to audit of Maggi loan. *Special to CorpWatch*, 16 décembre.
- Lucas, Y., Nahon, D., Cornu, S., Eyrolle, F. 1996. Génèse et fonctionnement des sols en milieu équatorial. *Comptes rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, 322, 1-16.
- Machado Filho, H. 2001. Brazilian efforts towards reducing greenhouse gas emissions in the transport sector and in the energy intensive industry. *Workshop on Good Practices in Policies and Measures*, 8-10 Octobre, Copenhague, National communication to the UNFCCC.
- Mahar, D. J. 1989. *Government policies and deforestation in Brazil's Amazon region*. The World Bank, Washington, D. C., États-Unis.
- Mann, C. C. 2000a. Earthmovers of the Amazon. *Science*, 287, 786-789.
- Mann, C. C. 2000b. The good Earth : Did people improve the Amazon basin? *Science*, 287, 788.
- Mann, C. C. 2005. *1491 : New revelations of the Americas before Columbus*. Vintage Books, 326-333.
- Marengo, J., Bhatt, U., Cunningham, C. 2000. Decadal and multidecadal variability of climate in the Amazon basin. *International Journal of Climatology*, soumis.
- Margulis, S. 2004. *Causes of deforestation in the Brazilian Amazon*. The World Bank, Washington D. C., États-Unis.
- McNeely, J. A. 2002. Forest biodiversity at the ecosystem level: where do people fit in? *Unasylva*, 209, 10-15.
- Melack, J. M., Wang, Y. 1998. Delineation of flooded area and flooded vegetation in Balbina reservoir (Amazonas, Brazil) with synthetic aperture radar. *Verhandlungen der Internationalen Vereinigung für Limnologie*, 26, 2374-2377.

- Miguez, J. 2007. *Brazil and CDM : National framework and current status*. Ministério da Ciência e Tecnologia.
- Miles, L., Grainger, A., Phillips, O. 2004. The impact of global change on tropical biodiversity in Amazonia. *Global Ecology and Biogeography*, 13, 553-565.
- Molinier, M., Guyot, J.-L., De Oliveira, E., Guimaraes, V. 1996. Les régimes hydrologiques de l'Amazonie et de ses affluents. Dans *L'hydrologie tropicale : géoscience et outil de développement*. Actes de la conférence de Paris, mai 1995, IAHS Publications, Paris, 209-222.
- Moran, E. F. 1981. *Developing the Amazon*. Indiana Univ. Press, Bloomington, Indiana, États-Unis.
- Nepstad, D., Carvalho, G., Barros, A. C., Alencar, A., Capobianco, J. P., Bishop, J., Moutinho, P., Lefebvre, P., Lopes Silva Jr., U., Prins, E. 2001. Road paving, fire regime feedbacks, and the future of Amazon forests. *Forest Ecology and Management*, 154, 395-407.
- Nepstad, D., McGrath, D., Alencar, A., Barro, A. C., Carvalho, G., Santilli, M., del C. Vera Diaz, M. 2002. Enhanced : Frontier governance in Amazonia. *Science*, 295, 629-631.
- Nepstad, D., Soares-Filho, B., Merry, F., Moutinho, P., Oliveira Rodrigues, H., Bowman, M., Schwartzman, S., Almeida, O., Rivero, S. 2007. *The costs and benefits of reducing carbon emissions from deforestation and forest degradation in the Brazilian Amazon*. The Woods Hole Research Center, Falmouth, États-Unis, 26 p.
- Office of Technical Assessment (OTA). 1984. Technologies to sustain Tropical Forest Resources. Washington, D. C. U. S. Congress.
- Pabón, J. D. 1995a. Búsqueda de series de referencia para el seguimiento de la señal regional del calentamiento global. *Cuadernos de Geografía*, 2, 164-173.
- Pabón, J. D., León, G. E., Rangel, E. S., Montealegre, J. E., Hurtado, G., Zea, J. A. 1999b. *El Cambio Climático en Colombia : Tendencias actuales y Proyecciones*. Nota Técnica del IDEAM, IDEAM/METEO/002-99, Santa Fe de Bogotá, Colombia, 20 p.
- Pasquis, R., de Oliveira Machado, L. 2007. La récupération des terres dégradées : un enjeu socio-environnemental prioritaire en Amazonie brésilienne. *Confins*, [En ligne]. <http://confins.revues.org/index751.html> (Consulté le 26 mai 2009)

- Poulter, B., Heyder, U., Cramer, W., Gerten, D., Lucht, W. 2007. Constraining Amazonian ecosystem and biogeochemical responses to variability from IPCC AR4 climate scenarios. *Geophysical Research Abstracts*, 9, 07814.
- Quintana-Gomez, R. A. 1999. Trends of maximum and minimum temperatures in Northern South America. *Journal of Climate*, 12, 2104-2112.
- Rao, V. B., Satyamurty, P., Brito, J. I. B. 1986. On the 1983 drought in Northeast Brazil. *Journal of Climate*, 6, 43-51.
- Raves, C. 2007. São Paulo se donne de l'air grâce à Kyoto. *Libération*, 28 septembre.
- Roosevelt, A. 1994. Amazonian anthropology : Strategy for a new synthesis. Dans A. Roosevelt (sous la dir.), *Amazonian Indians : From prehistory to the present*. University of Arizona Press Tucson, Arizona, États-Unis, p.1-29.
- Rosenzweig, C., Hillel, D. 1998. *Climate change and the global harvest : Potential impacts of the greenhouse effect on agriculture*. Oxford University Press, Oxford, Royaume-Uni, 324 p.
- Rother, L. 2003. Relentless foe of the Amazon jungle : Soybeans. *New York Times*, 17 septembre.
- Salati, E., Marques, J., Molion, L. C. B. 1978. Origem e distribuição das chuvas na Amazônia. *Interciencia*, 3, 200-205.
- Salati, E. 1985. The climatology and hydrology of Amazonia. Dans G. T. Prance, T. E. Lovejoy (sous la dir.), *Amazonia*. Pergamon Press, Oxford, Royaume-Uni, p. 18-48.
- Salomon, F., Schwartz, S. B. 1999. *The Cambridge history of the native people of the Americas. Volume III : South America*. Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni.
- Schaan, D. 2004. *The Camutins chiefdom : Rise and development of social complexity on Marajo Island, Brazilian Amazon*. University of Pittsburgh.
- Schmidt, B. 2003. Die bedeutendsten Felsmalereien in Brasilien. *Topicos*, 2.
- Schnell, R. 1987. *La flore et la végétation de l'Amérique tropicale*. Masson, Paris.
- Sioli, H. 1984. The Amazon and its main affluents : Hydrography, morphology of the river courses, and river types. Dans H. Sioli (sous la dir.), *The Amazon*. Dr. W. Junk Publ., Dordrecht, Pays-Bas, p. 127-165.

Sioli, H. 1985. The effects of deforestation in Amazonia. *The Geographical Journal*, 151, 197-203.

Uhl, C., Jordan, C. F., Montagnini, F. 1983. Traditional and innovative approaches to agriculture on Amazon Basin Oxisols. Dans R. Todd (sous la dir.), *Nutrient cycling in agroecosystems*. Special publication, n° 23, University of Georgia, College of Agriculture Experiment Stations, p. 73-98 i.

United Nation's Environmental Programme (UNEP). 2008.
[En ligne] http://geodata.grid.unep.ch/mod_table/table.php (Consulté le 26 mai 2009)

United Nation's Framework Convention on Climate Change (UNFCCC). 2007. Carte interactive des projets de MDP,
[En ligne]. <http://cdm.unfccc.int/Projects/MapApp/index.html> (Consulté le 13 août 2009)

United Nation's Framework Convention on Climate Change (UNFCCC). 2008. United Nations Statistics Division, [En ligne]. unstats.un.org (Consulté le 13 août 2009)

Wallace, S. 2007. Farming the Amazon : Last of the Amazon. *National Geographic*, janvier.

White, A., Cannel, M. G. R., Friend, A. D. 1999. Climate change impacts on ecosystems and the terrestrial carbon sink : A new assessment. *Global Environmental Change*, 9, 21-30.

Woods, R. 2008. Huge hydro plant planned for Amazon. *Energy Tribune*, 17 janvier.

World Commission on Dams (WCD). 1999. The World Commission on Dams,
[En ligne]. www.dams.org (Consulté le 13 août 2009)