

Les sécheresses de la région Nordeste du Brésil et leurs conséquences

JEAN-CLAUDE LEPRUN

Orstom, CGS, Institut de géologie,
1, rue Blessig,
67084 Strasbourg cedex, France

MICHEL MOLINIER

Représentation Orstom, CP09747,
70001-970, Brasília (DF), Brésil

ÉRIC CADIER

Orstom, Mission Orstom, AP 1711
6596 CCI, Quito, Équateur

GEORGES FOTIUS

Orstom, CPATSA-EMBRAPA, CP 23,
56300, Petrolina (PE), Brésil

OSMIL GALINDO

Département d'économie,
Fondation Joaquim Nabuco,
rua Dois Irmãos, 92,
Apipucos, 52071-440,
Recife (PE), Brésil

FRANCISCO DE
SOUZA RAMOS
HERMINIO RAMOS DE
SOUZA

Département d'économie,
Université fédérale de Pernambuco,
Varzea, 50740, Recife (PE), Brésil

Le Nordeste brésilien est une région qui a constamment été affectée par la sécheresse. La première à être répertoriée historiquement fut celle de 1499-1500 et, depuis le début de ce siècle, on dénombre vingt-sept années sèches soit, en moyenne, une année sur trois à quatre. La terrible sécheresse de 1877-1879 aurait fait 500 000 victimes parmi les habitants du Ceará et des États voisins, dont 119 000 à Fortaleza. En fait, comme on le verra plus loin, la notion de sécheresse est complexe et s'exerce sur toute la zone semi-aride du « polygone des sécheresses » (figure 1) qui occupe une superficie de près de 1 million de km² et regroupe environ 65 % de la population du Nordeste. Pour cette population, qui compte 17 millions de ruraux pratiquant une agriculture de subsistance vulnérable, toute année à alimentation des réserves d'eau et/ou à production agricole déficitaires est une année sèche supplémentaire difficile qu'il faut surmonter pour survivre. Ces sécheresses périodiques perturbent le fonctionnement de l'écosystème et ont des répercussions économiques, sociales et politiques importantes.

Cadre physique et humain de la région Nordeste

La zone semi-aride du Nordeste brésilien est comprise entre 3 et 15° de latitude S et 34 et 45° de longitude O (figure 1). Le climat présente deux régimes pluviaux différents. Celui des parties Nord et Centre est sous la dépendance du déplacement du front intertropical (FIT), celui de la partie Sud est sous l'influence de fronts froids venant du sud. Ces deux

régimes déterminent des dates différentes de début de saison des pluies et contribuent à la forte variabilité de la pluviométrie. Les paramètres climatiques moyens annuels importants sont la pluviométrie, qui oscille entre 400 et 800 millimètres (figure 1), la température (26 °C), l'humidité de l'air (60 %) et l'évaporation, dont la moyenne de onze postes approche 3 000 millimètres.

Le substrat des trois quarts de la région est constitué par les roches cristallines du socle précambrien au centre, le quart restant comprenant les roches sédimentaires, grès, schistes et calcaires des bordures. Le relief du socle cristallin est ondulé, à versants courts et affleurements rocheux fréquents. Un relief de plateaux modèle le substrat sédimentaire. Les sols rencontrés sur les roches du socle cristallin très peu altérées sont peu épais, riches chimiquement et contiennent encore une forte proportion de minéraux altérables. Ces caractères, liés à la faiblesse des précipitations et à une forte évaporation, conduisent à une minéralisation des eaux qui peut être élevée.

La végétation est constituée, pour l'essentiel, par la *caatinga* qui est une forêt basse et sèche de 2 à 5 mètres de hauteur, à strate graminéenne rare et à espèces ligneuses dominées par les légumineuses.

La faune, par manque d'eau et de nourriture une grande partie de l'année, est pauvre en espèces et en quantité. Elle est, de plus, très chassée. Essentiellement rurale, la population de la région semi-aride, dont la densité moyenne est de 16 hab./km², est issue du métissage d'Indiens et de Portugais et pratique une agriculture de subsistance non itinérante, peu mécanisée et assez primitive, à l'exception des marges du Rio São Francisco où l'irrigation est en pleine extension.

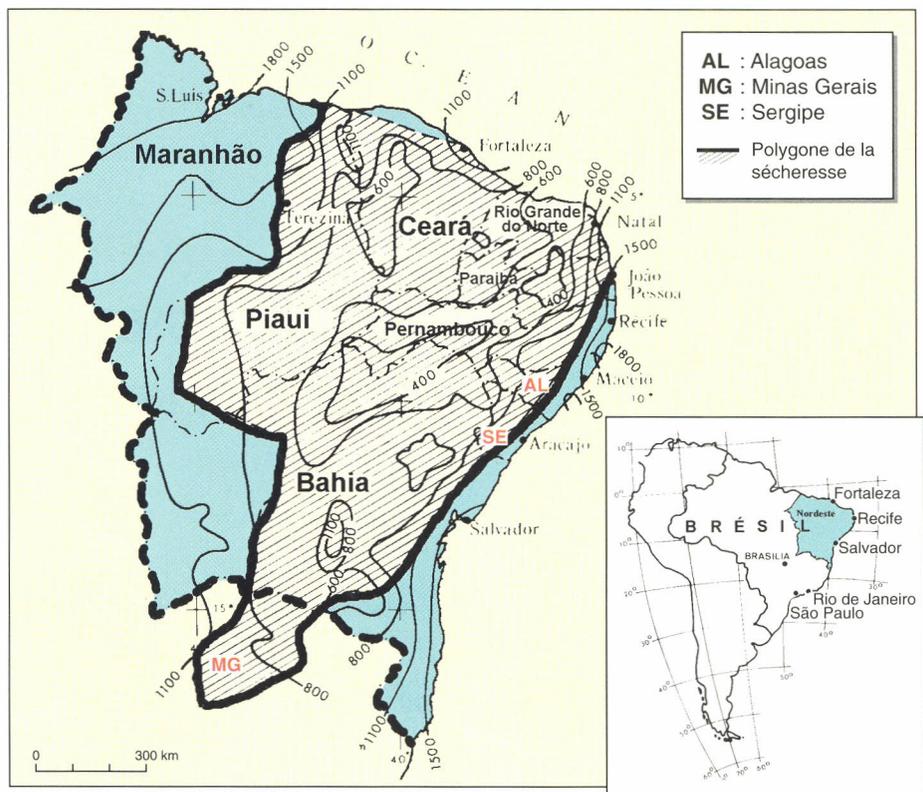


Figure 1. Situation géographique, courbes isohyètes et polygone de la sécheresse du Nordeste brésilien.

Références

1. Molle F. *Caractéristiques et potentialités des açudes du Nordeste brésilien*. Thèse Sciences, Université de Montpellier-II, 1991 ; 380 p.
2. Laraque A. *Comportements hydrochimiques des açudes du Nordeste brésilien semi-aride. Evolution et prévisions pour un usage en irrigation*. Thèse doctorat. Université de Montpellier, 1991 ; 323 p. + annexes.
3. Duarte. The effect of power rationing in Ceará. In : Magalhaes AR, Glantz MH, eds. *Socioeconomic impacts of climate variations and policy responses in Brazil*. Brasília : Fundação Grup esquel Brasil, 1992 : 81-92.
4. Soares F de A, Cartaxo SMS. The effect of climate on Ceara salt industry. In : Magalhaes AR, Glantz MH, eds. *Socioeconomic impacts of climate variations and policy responses in Brazil*. Brasília : Fundação Grupo Esquel Brasil, 1992 : 113-22.
5. Bret B. *Les hommes face aux sécheresses. Nordeste brésilien, Sahel africain*. Paris : IHEAL & EST - Samuel Tastet Ed. Mayenne, 1989 ; 422 p.
6. Andrade (de) MC. L'intervention de l'État et la sécheresse dans le Nordeste du Brésil. In : *Les hommes face aux sécheresses. Nordeste brésilien, Sahel africain*. Paris : IHEAL & EST - Samuel Tastet Ed. Mayenne, 1989 : 391-8.

La sécheresse, particularité climatique régionale

Complexité de la notion de sécheresse

Le Nordeste, région la moins arrosée du Brésil, a toujours été périodiquement éprouvé par la sécheresse provoquée par des totaux pluviométriques annuels déficitaires ou par une mauvaise répartition des pluies et, dans les cas les plus critiques, par la conjugaison de ces deux causes. En fait, ce n'est pas tant la faible quantité des précipitations annuelles que leur irrégularité au cours d'une même année qui est la cause principale des sécheresses. Dans la zone semi-aride, où la pluviométrie moyenne interannuelle varie entre 400 et 800 millimètres, cette irrégularité se manifeste à deux niveaux :

- tout d'abord, à celui de la distribution des totaux annuels dont les coefficients de variation (rapport de l'écart type à la moyenne) sont généralement de l'ordre de 0,35 à 0,40, valeurs qui sont supérieures à celles du Sahel et qui les placent au niveau des maxima mondiaux ;
- ensuite, à celui de la distribution saisonnière des précipitations. On pourrait,

d'ailleurs, souvent remplacer le terme de « saison des pluies » par une formule telle que « saison durant laquelle il peut pleuvoir » pour indiquer la période au cours de laquelle peuvent survenir des pluies et qui peut s'étendre sur plus de six mois alors que la durée totale réelle des épisodes pluvieux ne dépasse pas vingt jours au cours de certaines années déficitaires.

A cela il faut ajouter une grande irrégularité spatiale des précipitations qui s'accentue au cours des périodes sèches.

Les hauteurs des précipitations annuelles reflètent donc assez mal ce phénomène de sécheresse spécifique au Nordeste brésilien. On pourrait ainsi être amené à parler de « sécheresse agricole » pour caractériser des années qui peuvent être normales sur le plan des totaux annuels, mais dont la mauvaise distribution spatio-temporelle au cours de la saison des pluies a eu des résultats catastrophiques sur les récoltes. Il peut arriver qu'une année au total pluviométrique satisfaisant soit entrecoupée de périodes sèches de telle sorte que souvent, et malgré plusieurs tentatives de semis, aucun des cycles végétatifs culturels n'arrive à terme, alors que la végétation naturelle, moins exigeante, reste verte. C'est la fameuse *seca verde* (sécheresse verte). In-

versement, il suffit de trois mois de pluies avec un total relativement faible mais bien distribué pour assurer la récolte des produits de subsistance, grains en particulier, et on n'aura plus affaire à une « sécheresse agricole », mais bien à une « sécheresse hydrologique » si les précipitations n'ont pas été assez intenses pour provoquer les écoulements nécessaires au remplissage des réservoirs. En revanche, une année déficitaire et de mauvaise répartition des pluies pouvant être qualifiée de sèche du point de vue agricole peut être bonne pour remplir les açudes (réservoirs) si elle comporte quelques pluies abondantes intenses favorisant le ruissellement superficiel. Certaines années déficitaires, les précipitations peuvent n'être ni favorables à l'agriculture, ni favorables au stockage de l'eau et sont alors dramatiques pour la population. Plusieurs années consécutives d'années déficitaires ou à précipitations mal réparties provoquent une sécheresse calamiteuse aux conséquences catastrophiques.

Il existe donc différentes approches pour caractériser la gravité d'une période sèche. Le climatologue attachera plus d'importance à la valeur et à la période de retour des totaux pluviométriques. L'hydrologue cherchera à quantifier la faiblesse des volumes écoulés, la sévérité des étiages et la durée des périodes sans écoulement. L'agronome s'efforcera d'établir des indices de satisfaction en eau des diverses cultures et des pertes des récoltes correspondantes.

Les déficits pluviométriques

Le Nordeste brésilien est couvert par un réseau d'observation pluviométrique relativement dense et déjà ancien, avec trois cents postes et plus de soixante-dix années d'existence dont, en particulier, le poste de Fortaleza (Ceará) pour lequel on possède des données depuis 1849. Une étude exhaustive de tous les postes pluviométriques du Nordeste sur la période 1912-1983 a permis de déterminer l'écart à la moyenne, en pourcentage, des années les plus déficitaires (1915, 1919, 1932, 1958 et 1983), ainsi que celui de la moyenne des trois séries de cinq années consécutives généralement les plus déficitaires (1928-1932, 1951-1955 et 1979-1983). La figure 2 présente les lignes d'égal écart à la moyenne pour l'année sèche 1983 et pour la période de 1979-1983 de cinq années consécutives déficitaires. Elle montre que les régions généralement les plus éprouvées par les sécheresses sont celles du Nord et, en particulier, l'ensemble du Ceará, la limite Piauí-Ceará, le Rio Grande do Norte, la Paraíba et l'intérieur du Pernambuco. Au cours de la période 1912-1983, l'État de la Bahia n'a vraiment accusé

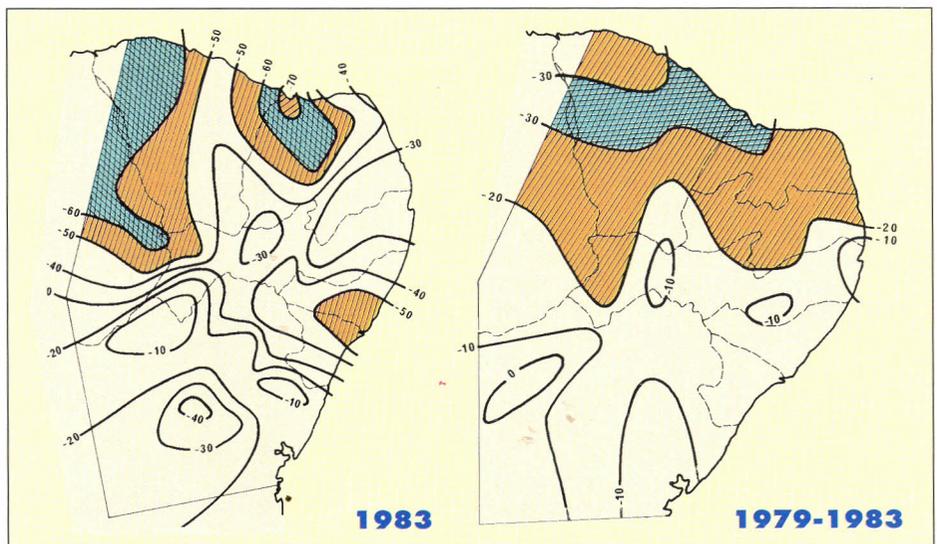


Figure 2. Écart à la moyenne pluviométrique interannuelle.

un déficit pluviométrique qu'en 1932 et de 1951-1955. Cependant, il a beaucoup souffert lors de la dernière sécheresse (1979-1983), non tant par le déficit pluviométrique que par l'irrégularité des pluies.

Les variations annuelles du régime pluviométrique

Une étude des principaux postes pluviométriques de cette région a montré que les hauteurs pluviométriques enregistrées à Fortaleza (Ceará), station située en de-

hors de la zone semi-aride et dont la moyenne pluviométrique interannuelle sur cent quarante ans est de 1 428 millimètres, représentaient assez bien les variations de la pluviométrie annuelle du Nordeste semi-aride. Celles-ci sont représentées sur la figure 3. On s'aperçoit que les variations d'une année à l'autre sont souvent importantes et les graphiques des suites chronologiques des totaux pluviométriques permettent difficilement de déceler une tendance. Afin de visualiser cette tendance, si elle existe, on a représenté, sur cette même figure,

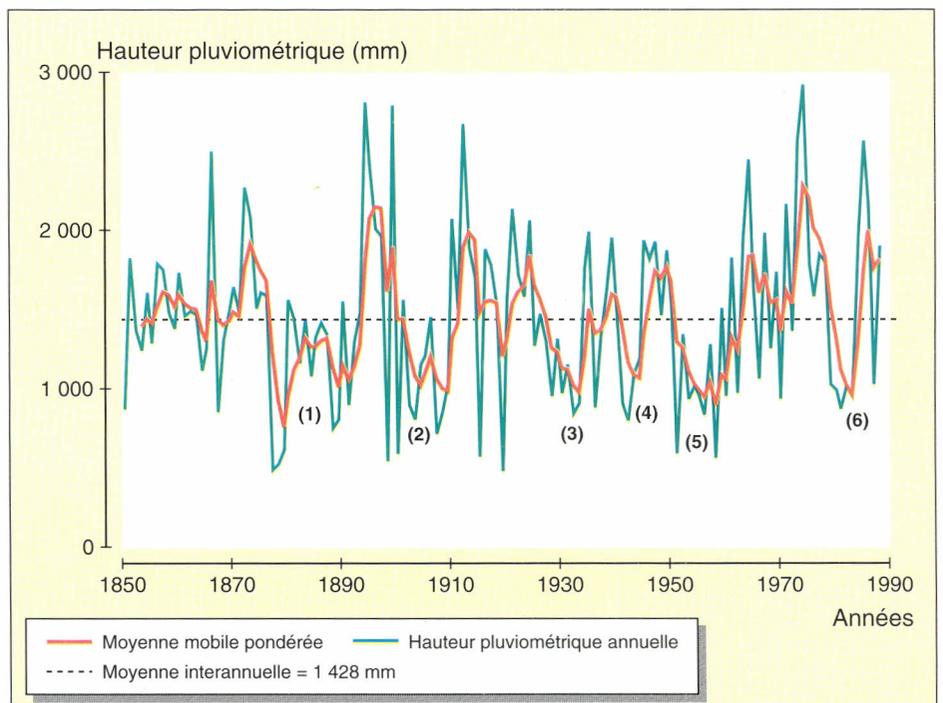


Figure 3. Pluviométrie annuelle à Fortaleza (Ceará).

la moyenne mobile pondérée sur cinq ans. Il est évident qu'elle ne prétend pas représenter exactement la réalité physique de l'évolution de la persistance dans les suites chronologiques et encore moins prouver qu'il existe des cycles, même si cette représentation laisse apparaître des « pseudo-cycles ». Mais elle a l'avantage de mettre en évidence les séquences d'années sèches et humides et de faire ainsi ressortir six périodes déficitaires depuis 1850. On peut, notamment, très bien distinguer la grande sécheresse de 1877-1879 qui, estime-t-on, a fait plus de 500 000 morts dans l'État du Ceará et les États voisins. On retrouve, également, les sécheresses du début du XX^e siècle entre 1900 et 1910 et, ensuite, celles de 1930-1935, 1951-1959, 1979-1983. Cette dernière période retiendra particulièrement notre attention.

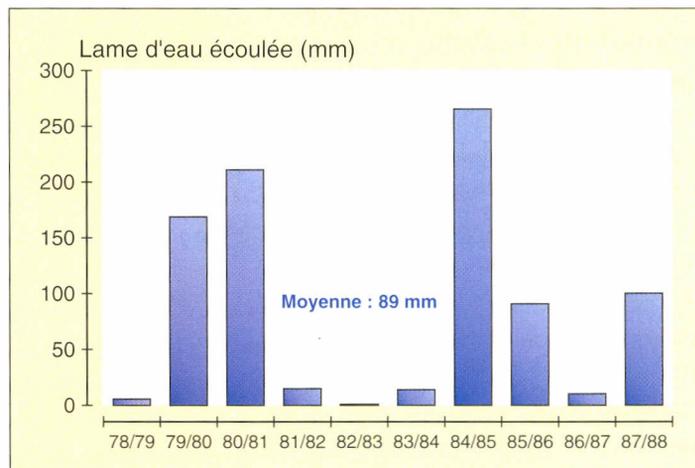
Même si on constate une certaine concordance entre les périodes humides et les périodes sèches pour l'ensemble de la région du Nordeste, il existe cependant une certaine hétérogénéité. Généralement, les contrastes entre les périodes excédentaires et déficitaires sont plus nets dans le nord et le centre du Nordeste que dans le sud. En effet, dans cette région, qui correspond à la moitié sud de l'État de la Bahia, les sécheresses catastrophiques sont moins fréquentes, alors que le Rio Grande do Norte et le nord du Ceará sont presque toujours très éprouvés. Dans ces régions, les inondations sont également très souvent catastrophiques.

Les variations journalières du régime pluviométrique

Il arrive très souvent, comme ce fut le cas lors de la sécheresse de 1979-1983, que les totaux annuels au cours d'une période déficitaire sur le plan agricole soient proches de la moyenne interannuelle. En fait, il faut descendre au niveau des pluies journalières pour mieux comprendre le mécanisme de ces sécheresses. Dans les zones où les précipitations annuelles sont inférieures à 800 millimètres (polygone de la sécheresse), la moindre irrégularité dans la distribution des pluies crée un grave problème pour l'agriculture. Or, il arrive très souvent qu'à une année de total pluviométrique normal corresponde une répartition journalière des pluies absolument désastreuse. Il n'est pas extrêmement rare que 50 % du total annuel d'un poste pluviométrique tombe au cours d'une semaine et 90 % pendant un seul mois.

Cette irrégularité temporelle est accompagnée d'une très forte irrégularité spatiale. Au cours d'un même mois, les hauteurs pluviométriques peuvent varier dans des proportions de un à cinq pour des régions voisines au climat identique.

Figure 4. Irrégularité des écoulements sur le petit bassin versant de Tava au Ceará.



Les problèmes du Nordeste sont donc plus liés à l'irrégularité spatiale et temporelle des pluies qu'au total pluviométrique annuel et les solutions de ces différents problèmes passent par la conservation et la bonne utilisation de cette eau.

Les conséquences hydrologiques de la sécheresse

Les différentes irrégularités des régimes hydrologiques

La zone semi-aride du Nordeste est caractérisée par une faiblesse et une grande irrégularité des écoulements. La faiblesse des écoulements peut être appréhendée par les observations suivantes : les rivières sont toujours intermittentes et il ne s'y écoule que 2 à 15 % du volume des précipitations, le reste étant repris par l'évaporation. Ces écoulements surviennent en quelques jours. Ainsi, 40 % du volume annuel s'écoulera en moyenne en moins de cinq jours. Le rio Jaguaribe, situé dans l'État du Ceará est, avec ses 90 000 km², le plus grand fleuve intermittent du monde. Alors que le total des précipitations en année décennale sèche représente encore 50 à 60 % de la moyenne, le volume écoulé ne constituera plus que 0 à 15 % de l'écoulement moyen, soit 0 à 2 % du volume des pluies.

Pour aggraver la situation, les années sèches arrivent souvent par « paquets ». L'écoulement accumulé au cours de trois années sèches consécutives, de période de retour de vingt ans, est de l'ordre de la moitié de l'écoulement moyen annuel et, donc, inférieur au volume de la crue décennale.

La distribution des écoulements est caractérisée par une irrégularité bien supérieure à celle des précipitations. Ainsi, sur le bassin de Tava, le total pluviométrique de l'année 1983 ne fut que de 216 millimètres, alors qu'il atteindra 1 170 millimètres deux ans plus tard ! La variabilité des écoulements a, de son côté, été beaucoup plus forte : on a observé trois cents fois plus d'écoulement en 1985 qu'en 1983. Cette irrégularité peut être de trois types :

- irrégularité dans l'espace, tout d'abord, puisque les lames écoulées moyennes annuelles peuvent varier entre plus de 1 000 millimètres dans les zones les plus humides et de 5 à 100 millimètres dans les régions sèches, où les coefficients d'écoulement moyens sont très faibles et varient entre 2 et 10 % du total précipité ;
- irrégularité interannuelle des modules ensuite. Dans les régions semi-arides, les distributions sont fortement asymétriques, les moyennes sont de l'ordre de grandeur du double des médianes et l'on observe couramment des coefficients K3 (rapport entre modules décennal humide et décennal sec) supérieurs à vingt ou trente. Pour certains bassins défavorisés, le module décennal annuel sec est nul. La figure 4 illustre l'irrégularité interannuelle des écoulements en zone semi-aride. Sur dix ans, les écoulements d'un petit bassin hydrologique ont, durant cinq années, été inférieurs à 20 % de la moyenne annuelle. On voit que, dans ce cas, la notion de moyenne perd une grande partie de sa réalité physique, puisque seulement deux années sur dix l'approchent ;
- irrégularité des écoulements au cours de l'année, enfin. Dans la zone semi-aride, les rivières sont pratiquement toutes intermittentes et une grande partie du volume annuel s'écoule en peu de temps. En moyenne, 21 % du volume annuel s'écoule en un seul jour, 40 %

en cinq jours consécutifs, 64 % en trente jours consécutifs. Lors des années sèches, les écoulements sont encore plus concentrés. Ainsi, en 1976, 94 % du volume annuel s'est écoulé en cinq jours seulement. Ces crues concentrées et brutales provoquent parfois des inondations, puis la rivière s'assèche de nouveau. La faible pluviosité de l'année 1993 amena à diminuer sensiblement la distribution d'eau à la population rurale et urbaine d'une grande partie du Nordeste, allant jusqu'à affecter les capitales du Pernambouc et du Ceará qui se virent obligées de pratiquer le rationnement à un niveau jamais atteint jusqu'à et qui, dans certains cas, s'éleva jusqu'à l'intolérable.

L'açude, moyen original pour lutter contre l'irrégularité des écoulements

L'irrégularité et l'extrême précarité des ressources en eau de surface du Nordeste impliquent la nécessité de stocker cette eau. Pour tenter de conserver un peu du précieux et fugace liquide, les habitants ont, depuis bientôt deux cents ans, chaque fois qu'ils l'ont pu, construit des açudes, nom donné, dans le Nordeste du Brésil, aux barrages et retenues collinaires de toute taille qui font aujourd'hui partie du paysage du sertão. Un adage local prétendait, au début de ce siècle, que « mieux vaut léguer à sa famille un bon açude qu'un riche et beau palais ». C'est l'aménagement hydraulique le plus répandu dans les zones sèches sur substrat issu du socle cristallin à sols peu épais et qui sont, de ce fait, dépourvues d'aquifères. On estime actuellement leur nombre total à plus de soixante-dix mille [1]. Dans certaines régions, à l'intérieur du Rio Grande do Norte par exemple, la densité approche un açude par kilomètre carré et le volume d'eau emmagasiné est alors faible, de l'ordre du module de l'écoulement, soit quelques milliers de mètres cubes.

• Les limites et les risques de défaillance des açudes

Les açudes perdent une lame de près de trois mètres d'eau par an par évaporation. Nombreux sont ceux qui perdent également de l'eau par infiltration profonde, en particulier lorsque le substrat rocheux comporte des failles ou des diaclases. Les açudes de moins de trois mètres de profondeur s'assècheront tous les ans, même si on ne les utilise pas. En cas de sécheresse, au bout de deux ans, tous les açudes de moins de six mètres de profondeur se seront asséchés, au bout de trois ans, ce sera le

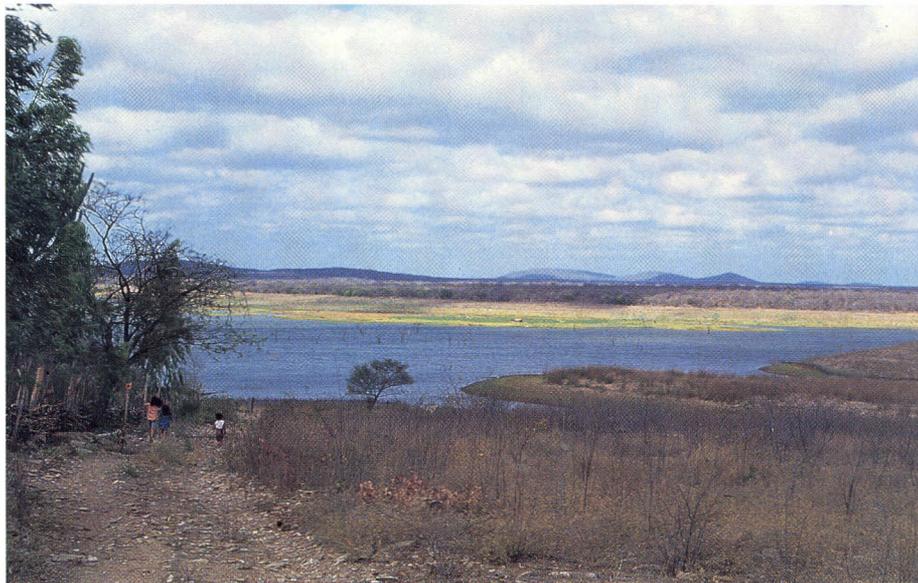


Photo 1. L'açude Saco II (Pernambouc) à la fin de la saison sèche en octobre 1994. Cet açude a séché en 1983 (Cliché J.-C. Leprun).

tour de tous ceux de moins de neuf mètres, etc. Il est encore heureux que l'évaporation de l'année décennale sèche ne soit supérieure que de 10 % à la moyenne. L'impression d'abondance et de sécurité donnée par ces très nombreux petits réservoirs est donc illusoire : en cas de sécheresse, ils s'assèchent presque tous et

l'eau ne subsiste que dans les plus profonds qui sont les plus rares. Ainsi, en juin 1993, année particulièrement sèche, sur une capacité totale de 17,8 milliards de mètres cubes accumulés dans les açudes publics fédéraux, seuls 42 % de cette capacité était disponible. En 1983, l'açude Saco II (photo 1), second en importance pour la

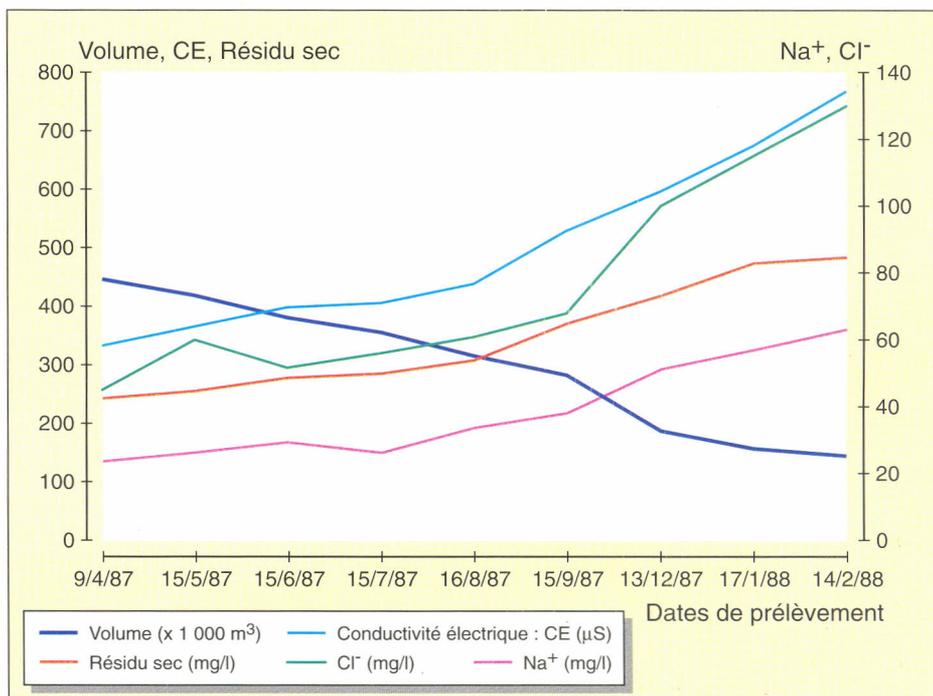


Figure 5. Variations de quelques paramètres physicochimiques de l'eau. Açude Moquem durant la saison sèche 1987-1988 (d'après Laraque [2]).

province du Pernambouc, a séché. La distance moyenne que doivent parcourir la population et le bétail pour trouver de l'eau s'accroît alors dramatiquement. Quant à l'irrigation, il n'en est souvent malheureusement plus question.

- *Les risques de salinisation de l'eau des açudes*

L'eau qui remplit l'açude provient de la pluie qui a ruisselé sur le sol ou transité à l'intérieur du sol et du sous-sol. Elle se charge en éléments minéraux divers. Ses taux de minéralisation, qui dépendent essentiellement de la nature des sols du bassin versant, vont considérablement augmenter durant la saison sèche du fait de l'évaporation. L'açude va donc concentrer les sels présents dans l'eau. Cette concentration dépend non seulement de la lame évaporée, mais aussi de la profondeur et de la forme de l'açude [1]. Plus la profondeur est faible et la forme étalée, plus l'évaporation va concentrer l'eau. Seuls les déversements de saison des pluies, les infiltrations profondes ou latérales et l'utilisation peuvent permettre une exportation des sels.

Laraque [2] a mesuré les caractéristiques physicochimiques des eaux d'un petit açude du Ceará durant toute une saison sèche (figure 5). Entre la fin de la saison des pluies de 1987 et la fin de la saison sèche de l'année suivante, les analyses fournissent les valeurs suivantes : conductivité électrique (μS , microSiemens, à 25 °C) : 333-769 ; résidu sec (mg/l) : 242-484 ; sodium (mEq/l) : 1,01-2,74 ; chlorure (mEq/l) : 1,26-3,66, ce qui conduit à des facteurs de concentration basés sur le chlorure de 1 à 2,9. Si la pluviosité de l'année suivante est fortement déficitaire et que l'açude reçoit peu d'eau, ce facteur de concentration de près de 3 va croître encore davantage sous l'action de l'évaporation intense de la longue saison sèche et l'eau va alors devenir impropre à la consommation humaine et animale ainsi qu'à l'irrigation.

Les conséquences pédologiques, agronomiques et biologiques de la sécheresse

Les impacts de la sécheresse sur le sol

L'eau de pluie qui atteint le sol s'infiltré ou ruisselle. L'infiltration dépend des conditions de surface du sol (présence

de litière, structure et porosité de l'horizon de surface) et des caractéristiques d'intensité/durée de la pluie.

Sous végétation naturelle (*caatinga*), le ruissellement superficiel est, en moyenne, de l'ordre de 3 à 5 % de la pluviométrie annuelle. Sur sol à couverture végétale dégradée et sur sol nu, ce pourcentage moyen augmente et passe à 20-30 %, et même parfois plus. Un premier effet des sécheresses, en particulier lorsqu'elles sont prolongées, est de réduire la protection du sol, d'augmenter le ruissellement et, donc, de diminuer l'infiltration et le stock d'eau utile pour les plantes. Lorsque les précipitations sont abondantes, les premières pluies reconstituent le stock d'eau du sol qui dépend de la nature de ce dernier (texture, porosité, densité, profondeur exploitée par les racines). L'eau des pluies suivantes va s'infiltrer et drainer en profondeur ou vers les points bas et les axes de drainage. Au début de la saison sèche, l'alimentation des plantes et l'évaporation vont se faire aux dépens de cette réserve. Dans le cas des sols profonds, comme les latosols de texture moyenne par exemple, la capacité de rétention en eau est d'environ 160 millimètres pour 2 mètres de profondeur. Dans le cas des sols peu épais qui sont les plus répandus dans le Nordeste, la quantité d'eau qui peut être stockée dans le sol ne dépasse pas 50 à 70 millimètres pour 50 centimètres de profondeur. L'épuisement de ces réserves en eaux va donc être plus ou moins rapide. En période de précipitations déficitaires, le stock d'eau du sol va rapidement diminuer sous l'effet de l'évapotranspiration qui peut atteindre 50 à 60 millimètres par mois au début de la saison sèche (entre novembre et février). Au bout de deux à trois mois, ce stock d'eau du sol est épuisé et les strates basses de la végétation atteignent leur point de flétrissement. Si ce stress hydrique se prolonge beaucoup, les arbres et arbustes qui ne puisent pas dans les couches plus profondes du sol ou de la roche peuvent mourir.

Il a été montré que les sols sous végétation de *caatinga* donnent naissance à des eaux de ruissellement moins minéralisées que celles sur sol nu. La diminution de la couverture végétale par la sécheresse va donc avoir pour effet d'alimenter les açudes en eaux plus riches en sels. Par ailleurs, les données de plus de dix années de mesure du pouvoir érosif des pluies dans le Nordeste indiquent que ce pouvoir peut être élevé même si le total pluviométrique est déficitaire. L'érosion occasionnée par quelques pluies agressives de périodes sèches, atteignant un sol sec sous une végétation clairsemée qui a perdu ses feuilles, peut être beaucoup plus élevée

Bibliographie

Brunel S. *Le Nordeste brésilien. Les véritables enjeux*. Paris : Fondation Liberté sans Frontières, 1986.

Cadier E. *Hydrologie des petits bassins du Nordeste brésilien semi-aride : transposition hydrologique*. Thèse de doctorat USTL, Montpellier, 1991 ; 414 p.

Carvalho (de) O. *A economia politica do Nordeste ; secas, irrigação e desenvolvimento*. Rio de Janeiro : Campus, 1988 ; 32 p.

Carvalho (de) O. ed. *Plano integrado para o combate preventivo aos efeitos das secas no Nordeste*. Brasilia : Minter, 1973 ; 267 p.

Carvalho (de) O, et al. *Variabilidade climática e planejamento da ação governamental no Nordeste semi-arido. Avaliação da seca de 1993*. Rapport IICA, 1994.

Castro J. *Une zone explosive, le Nordeste du Brésil*. Paris : Seuil, 1965 ; 225 p.

Cavalcanti C, et al. *Nordeste do Brasil : um desenvolvimento conturbado*. Recife : Funda ed. Massangana, 1991.

Chesf. *Balço energético da Região Nordeste do Brasil 1980-88*. Recife, 1991.

Chesf. *Plano de expansão 1992-2001*. Recife, 1991.

Courcier R. *Du goutte à goutte aux systèmes paysans. Le cheminement et les leçons du projet Petite irrigation-Nordeste de la Coopération technique franco-brésilienne*. Rapport Sudene-MAE français. Salvador, 1993 ; 50 p.

Cunha (da) E. *Os Sertões (Campanha de Canudos)*. Rio de Janeiro : Francisco Alves, 1940 ; 646 p.

Dubreuil P, Girard G, Herbaud J. *Monographie hydrologique du bassin du Jaguaribe*. Mémoires Orstom 1969 ; n° 28 ; 385 p.

Duque JG. *O Nordeste e as lavouras xerófilas*. Mossoro : Fundação Guimaraes Duque, Coleção Mossorense. Ed Escola Sup Agric, 1980 ; 238 p.

que pour des pluies bien réparties de périodes non déficitaires sur un sol à végétation fournie.

Impact de la sécheresse sur la végétation et la faune

La région semi-aride du Nordeste brésilien héberge une mosaïque de formations végétales réunies sous le nom local de *caatingas*, qui vont de la savane arbustive basse non steppique en raison de l'absence de graminées vivaces jusqu'aux forêts sèches denses, en passant par les fourrés et taillis et les formations arboréo-arbustives de transition. Ces trois derniers types de végétation dominant très largement et constituent les *caatingas* de la zone semi-aride à substrat cristallin du fait de l'exploitation des formations forestières originelles (photo 2).

Les espèces végétales qui composent ces *caatingas* sont constituées en majorité d'espèces ligneuses remarquablement adaptées à la sécheresse par toute une série de mécanismes : plantes succulentes stockant l'eau, à xylopoies, enracinement profond et souvent double, réduction du cycle reproductif, possibilité d'entrer en repos végétatif à tout moment, etc. Bien que les *caatingas* soient des formations décidues, une grande part des espèces qui les composent ne l'est que lorsque ses besoins vitaux ne sont plus satisfaits. Ceci explique, d'une part, que les *caatingas* puissent rester vertes pendant la majeure partie de l'année si la pluviométrie est suffisante et bien répartie dans le temps et, d'autre part, le phénomène de *seca verde*. Bien que considérée comme étant insignifiante, la strate herbacée peut, en année de pluviométrie excédentaire, croître de façon « explosive » pour disparaître ensuite durant plusieurs années, et en particulier durant les *secas verdes*.

Malgré leur remarquable adaptation au milieu, les *caatingas* souffrent cependant lors des grandes sécheresses. Certaines espèces à enracinement superficiel ne peuvent reconstituer leurs réserves et meurent. D'autres, mieux armées, survivent mais ne peuvent fructifier et se multiplier. A cela, il faut ajouter que la prédation animale sur la matière verte disponible sur l'ensemble des espèces phytophages augmente considérablement durant la sécheresse, les espèces les plus précoces et les plus recherchées étant les plus vulnérables. Il ne s'ensuit pas obligatoirement un changement de la composition de la flore car, parmi les mécanismes spécifiques de résistance aux conditions climatiques adverses, la dormance des semences permet de compenser les pertes chez les individus adultes. En outre, les nombreuses aires refuges (vallées, montagnes, *brejos* hu-



Photo 2. Aspect de la caatinga en fin de saison sèche, en octobre 1994 (Sumé, Paraíba). (Cliché J.-C. Leprun)

mides) permettent la conservation des espèces.

Le facteur du milieu qui conduit rapidement à des modifications profondes de la couverture végétale est l'homme. La pression anthropique qui s'exerce sur les ressources naturelles durant la sécheresse est forte : économie de cueillette, coupe pour l'alimentation du bétail, chasse intensive, etc. La diminution de la couverture végétale durant la sécheresse permet le développement des espèces pionnières héliophiles envahissantes, ce qui constitue un obstacle à la régénération des essences nobles.

La caractéristique principale de la végétation de la zone semi-aride est la pérennité vis-à-vis des conditions du milieu naturel. Le formidable pouvoir de régénération de la *caatinga* après la sécheresse, la mise en jachère ou le surpâturage (on a noté un recû équivalent à une phytomasse aérienne de près de 50 t/ha sur une jachère de cultures de tomates de cinq ans sur sol brun eutrophe du sertão de la Paraíba) permet d'effacer en quelques années les cicatrices des aléas climatiques et de la surexploitation temporaire. Mais la diversité biologique n'en est pas pour autant retrouvée et les épisodes secs répétés conduisent à un appauvrissement de la composition spécifique du milieu, que ce soit végétal et, davantage encore, animal, mésofaune en particulier (termites, fourmis, vers, etc.).

Les conséquences socio-économiques de la sécheresse

Dans le contexte de semi-aridité, les sécheresses, qui sont aperiodiques, causent des désordres particuliers qui réduisent la capacité productive de l'économie régionale. Sous cet aspect, l'économie et la société du Nordeste semi-aride sont plus vulnérables aux variations climatiques que celles des autres régions brésiliennes. Cependant, au-delà des particularités de l'écologie de la région, pour expliquer les effets économiques et sociaux des sécheresses, il faut faire appel à la faiblesse de son économie associée à la pauvreté d'une fraction importante de la population. En conséquence, les effets des sécheresses sont potentialisés, touchant les diverses couches sociales sous des formes différenciées.

Le Nordeste brésilien est en effet l'une des régions les plus pauvres du monde, malgré les taux élevés de croissance économique qui ont atteint jusqu'à 10 % par an au cours des années 70 ainsi que durant certaines années de la décennie 80. Les niveaux de rendement *per capita* sont très bas (environ 800 US \$ par an) et la distribution des revenus très concentrée. Par rapport à la propriété de la terre, approximativement 53 % des petites propriétés (inférieures à 20 ha) regroupent 6 % de la surface totale, alors que 15 % des propriétés au-dessus de 100 hectares s'approprient 75 % de cette surface. On estime que 44 % environ de la population totale et 60 % de la population rurale vivent au-dessous du niveau de pauvreté absolue.

Conséquences de la sécheresse sur la production industrielle et la consommation d'électricité

Le secteur industriel a maintenu pratiquement de manière constante ses activités et sa production durant la sécheresse de 1979-1983. Ce résultat est probablement dû au fait que l'on a affaire à une agriculture techniquement primitive, dont les répercussions sont réduites aussi bien en amont qu'en aval des autres secteurs de l'économie, à l'exception du coton, matière première de l'industrie textile. Ce résultat est donc insignifiant en tant que générateur de revenu pour la population rurale. L'injection d'argent frais par les aides gouvernementales et l'ouverture des « fronts de travail » ont cependant eu un effet multiplicateur sur les revenus et ont ainsi pu empêcher la réduction du revenu régional, voire même l'augmenter. L'énergie électrique est une composante essentielle du développement écono-

Bibliographie

Fundação Joaquim Nabuco. *A seca nordestina de 1979-80*. Recife : FUNDAJ ; 1983.

Galindo O, Castro (de) J. *Variabilidade climática e planejamento da ação governamental no Nordeste semi-árido. Avaliação da seca de 1993*. Recife : Mimeo, 1993 ; 36 p.

Khan AS, Campos RT. (1992). *Efeitos das secas no setor agrícola do Nordeste*. Fortaleza : ICID, 1992 ; 28 p.

Leprun JC, Silveira (da) CO. Analogies et particularités des sols et des eaux de deux régions semi-arides : le Sahel de l'Afrique de l'Ouest et le Nordeste brésilien. In : *L'aridité, une contrainte au développement*. Paris : Ed. Orstom, Coll. Didactiques, 1992 : 131-51.

Leprun JC. 1981 *A erosão, a conservação e o manejo do solo no Nordeste brasileiro. Balanço, diagnóstico e novas linhas de pesquisas*. Recife : Sudene, 1981, sér. Recursos de solos 15 ; 107 p. + 5 cartes + annexes.

Leprun JC. La conservation et la gestion des sols dans le Nordeste brésilien. Particularités, bilan et perspectives. *Cah Orstom Pédol* 1984-85 ; 21 : 257-84.

Leprun JC. Étude comparée des facteurs et des effets de l'érosion dans le Nordeste du Brésil et en Afrique de l'Ouest. In : Bret B, éd. *Les hommes face aux sécheresses. Nordeste brésilien, Sahel africain*. Paris : Ed. EST-IHEAL/Tastet, 1989 : 139-53.

Maghalães AR, Glantz MH, eds. *Socioeconomic impacts of climate variations and policy responses in Brazil*. Brasília : Fundação Grupo Esquel Brasil, 1992 ; 155 p.

Molinier M, Audry P, Desconnets JC, Leprun JC. *Dynamique de l'eau et des matières dans un écosystème représentatif du Nordeste brésilien. Conditions d'extrapolation spatiale à l'échelle régionale. Rapport final ATP Piren*. Recife : Orstom, 1989 ; 25 p., annexes 56 p.

mique d'une région et un bon indicateur du niveau de vie de la population et de l'impact socio-économique des périodes sèches. Le Brésil a opté pour l'hydro-électricité, ce choix étant fondé sur la disponibilité d'un potentiel important à des coûts de production relativement bas. Environ 90 % de l'énergie produite dans la région est d'origine hydraulique. L'entreprise responsable de cette production est la CHESF (Companhia Hidro Elétrica do São Francisco). L'évolution de la production peut être partagée en deux périodes distinctes : l'une, allant de 1980 à 1984, avec une croissance moyenne annuelle de 9,3 % et un niveau de production de 27 276 GWh en 1984 ; l'autre, de 1984 à 1988, quand le taux moyen annuel de croissance de la production est tombé à 2,2 %. Cette perte a été attribuée à l'insuffisance des ressources hydriques du Rio São Francisco, le principal fleuve de la région, durant cette période qui correspond à un épisode sec (l'année 1986 en particulier) et aussi au retard d'exécution de certains travaux d'expansion du système. L'année 1988 marque une inversion du mouvement du flux d'énergie : le Nordeste cesse d'être exportateur pour devenir importateur. Cette importation, qui provient de la région nord du pays, a correspondu à 30 % de l'offre globale en 1988 (figure 6). Des études montrent qu'il y a un rapport direct entre la variation du produit intérieur brut (PIB) et la variation de la consommation d'électricité. Pour la période 1970-1990, à une augmentation de 1 % du PIB correspondait une croissance de la consommation de 1,89 %. En ce qui concerne la structure de cette consommation, il a été vérifié que le secteur industriel était le principal demandeur avec 59 %, suivi du secteur domes-

tique (18 %). Duarte [3], a mis en évidence, en comparant la consommation de l'année sèche 1986 à celle de l'année 1987, une chute de consommation dans le secteur industriel de l'État du Ceará de 4 à 8 % selon les trimestres considérés. L'industrie de transformation a, à elle seule, réduit sa consommation de 14,3 %. En ce qui concerne la consommation du secteur résidentiel, elle a chuté de près de 56 % pour certains groupes de gros consommateurs. Ces diminutions ont été le fait du rationnement draconien décrété par l'État. La production d'électricité au Nordeste brésilien est très fortement dépendante du Rio São Francisco. Pour avoir une idée de l'importance de cette dépendance, il suffit d'observer l'année 1986. Cette année-là, le bassin amont du fleuve a subi une grande sécheresse et le débit du fleuve a diminué de 55 % par rapport à sa moyenne. Le niveau du réservoir de Sobradinho, qui est le plus grand lac artificiel du monde, est tombé à 26 % de la capacité totale, affectant la capacité génératrice du système. Étant donné l'augmentation de la demande à cette époque, le gouvernement a dû intervenir et un rationnement a été décrété. La consommation a diminué de 5,7 %, avec des impacts sur la production de biens et sur l'emploi. Il convient de rechercher des nouvelles voies de production ou d'autres moyens de remplacement, comme l'importation d'énergie de la région Nord ou des solutions au niveau local, telles les énergies d'origine éolienne, nucléaire et solaire. En ce qui concerne le gaz naturel et la production d'énergie à partir de la canne à sucre, ces options dépendent d'une politique de prix plus réaliste de l'énergie électrique, aujourd'hui exagérément bon marché.

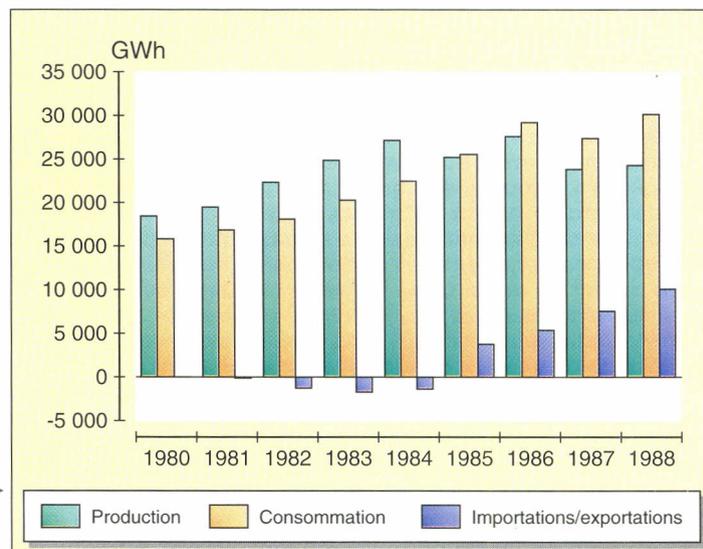


Figure 6. Flux d'énergie électrique dans le Nordeste brésilien (source : Chesf, 1991).

Conséquences sur la production et les activités agricoles

Les activités agricoles de la majeure partie de la région semi-aride se caractérisaient, jusqu'au milieu des années 70, par le système élevage/coton/cultures vivrières (haricot, maïs et manioc) et se sont, par la suite, déstructurées, en partie à cause des dégâts occasionnés par un insecte parasite du coton, le *bicudo* (*Anthonomus grandis* Boheman). La population pauvre (petits propriétaires, partenaires et travailleurs sans terre) qui vivait de ces activités est devenue plus vulnérable économiquement en perdant sa source de revenu monétaire, le coton, tout en conservant les cultures de subsistance. Outre cette perte, une réduction substantielle de la productivité des cultures alimentaires de base a été constatée.

Les activités de l'agriculture moderne, basées sur l'irrigation de l'horticulture et de l'arboriculture (légumes, mangues, vignes, bananes, citrons et melons en particulier), ont fait naître de nouveaux pôles de développement agro-industriel. Mais, limitées aux terres irrigables, ces activités de faible extension ne permettent pas d'absorber les travailleurs mis au chômage à cause de la lente extinction du système élevage/coton/cultures vivrières. Ce système, utilisant peu les techniques modernes et restreint aux grandes propriétés (en général au-dessus de 500 ha), est de toute façon sujet aux risques climatiques qui compromettent les investissements.

Malgré le caractère répétitif des sécheresses, il n'existe pas d'évaluations régionales systématiques, fondées sur des informations sûres, des effets des sécheresses dans le Nordeste semi-aride. La base de données utilisée ne permet pas ce type d'évaluation car elle ne distingue pas la partie semi-aride de l'ensemble de la région Nordeste qui inclut la zone littorale humide. Il faut donc passer par les données des États.

La sécheresse de 1958 a provoqué une forte chute de la production vivrière dans l'État du Ceará : diminution de 86 % de la récolte des haricots, 83 % de celle du maïs et 82 % de celle du riz par rapport à l'année précédente. En accord avec les estimations faites pour la période 1979-1983 et considérant toute la région Nordeste, la perte de production, si l'on prend comme référence la production de 16,5 millions de tonnes de l'année 1978, a été approximativement de 10 millions de tonnes de coton, haricots, maïs et manioc.

Pour illustrer l'ampleur de cette catastrophe, on peut citer quelques chiffres communiqués par la Sudene qui fournissent la superficie des zones sinistrées à la fin de chacune des cinq saisons sèches, de 1979 à 1983. En août 1983, une superficie de près de

1,5 million de km², soit 90 % du Nordeste, a été déclarée sinistrée. On estime alors à 24 millions le nombre total de personnes directement touchées par les effets de la sécheresse. Les États les plus éprouvés furent ceux du Piauí et du Maranhão (à 100 %), du Ceará, et du Rio Grande do Norte (à 99 %). À part le petit État de l'Alagoas, au moins 85 % du territoire de chacun des autres États ont été sinistrés.

Durant la sécheresse de 1993 qui, pratiquement, avait débuté en 1990, les pertes de production des cultures de subsistance (haricot, maïs et manioc) se sont montées respectivement à 26,2, 6,6, et 3,2 %. Quant à l'élevage, les pertes importantes sont à imputer en partie au déplacement des troupeaux vers des régions éloignées, moins affectées par la sécheresse. Malgré une plus grande résistance, l'élevage a été sévèrement touché en raison du manque d'eau et de nourriture. D'une manière générale, durant les années de sécheresse, la participation de l'agriculture à la production intérieure brute se réduit de manière significative en raison de la chute de la production qui est elle-même compensée par une élévation des aides gouvernementales consistant au paiement de salaires et au versement de contributions aux programmes d'urgence (196 millions de US \$ au cours de la sécheresse de 1987 et 540,6 millions de US \$ au cours de celle de 1993).

• L'industrie de la sécheresse

Dans le Nordeste brésilien, étant donné que la plupart des petits agriculteurs ne peuvent survivre durant une année sans produire, l'irrégularité climatique et la chute brutale de la production agricole génèrent une crise économique et sociale. Ce problème ne concerne pas seulement les années sèches, mais également les bonnes années. En effet, durant celles-ci, la grande masse des producteurs ruraux parvient à produire mais ne peut capitaliser, accumuler des moyens pour faire face à l'année sèche qui suit à cause de la forme particulière de l'organisation sociale et économique des régions semi-arides. La terre et l'eau sont des ressources détenues par peu. Dans le *latifundio* typique, les propriétaires de la terre organisent leur domaine pour pratiquer l'élevage extensif en associant la production de coton à la polyculture alimentaire (maïs et haricot). Pour ces tâches agricoles, des contrats de partenariat et de métayage sont passés avec les producteurs sans terre. Les propriétaires financent les semences et les amendements et reçoivent des producteurs la récolte au moment de la cueillette, quand les prix sont les plus bas. Une fois les comptes faits, il reste

peu au producteur sans terre. Sans capital, il entame un nouveau cycle de production en espérant les pluies pour semer dans les meilleures conditions. Lorsque la pluie ne tombe pas au bon moment, il ne produit plus assez pour vivre. Ces dernières années, la situation s'est aggravée avec l'anéantissement de la production de coton par le *bicudo*.

Les petits producteurs tentent de survivre en contractant des dettes et en dilapidant leur faible patrimoine. Dans certains cas, ils sont rabaissés à la condition d'indigents durant la sécheresse. Un autre effet social catastrophique réside dans l'accroissement de l'excédent de main-d'œuvre face au nombre d'emplois disponibles, qui pousse encore davantage vers le bas les revenus et les salaires déjà misérables.

Ainsi, alors que le petit producteur rural perd ses cultures et une grande partie de son troupeau au cours de la sécheresse, les grands propriétaires exploitent cette situation en rachetant à bas prix terres et bétail. C'est également par eux que passent, le plus souvent, l'aide alimentaire à distribuer et les « fronts de travail » à constituer. Ils disposent alors d'une main-d'œuvre quasi gratuite et font exécuter les grands travaux de terrassement situés sur leurs terres, en particulier la construction d'*açudes* dont l'eau leur servira. C'est la fameuse « industrie de la sécheresse », souvent décriée mais toujours effective.

• Incidence sur le chômage, les mouvements populaires et l'exode rural

Si l'on considère seulement les activités agricoles relatives au système traditionnel coton/cultures vivrières/élevage et qui s'échelonnent de la préparation du sol à la récolte, le nombre de personnes qui ont dû cesser leur activité durant la sécheresse de 1979-1983 a été estimé à 1,2 million, en prenant pour base les données de l'année 1978. Les effets de la sécheresse de 1993 ont, quant à eux, été exacerbés par des taux élevés de chômage et renforcés par la baisse du niveau des activités économiques, spécialement agricoles. Le manque d'aliments a alors obligé les agriculteurs atteints par la sécheresse à mettre en pratique le pillage des marchés, commerces, magasins publics et privés à la recherche des denrées capables de calmer leur faim et celle de leurs familles. Ces manifestations violentes ne sont pas sans rappeler celles des *cangaceiros*, il y a quelques dizaines d'années. Ces mêmes agriculteurs désespérés ont tenté, par des pressions auprès des organismes officiels d'appui au milieu rural, de trouver des solutions effectives à leurs problèmes. Entre 1979 et 1983, 96,5 % des districts de la région (au

Bibliographie

Molinier M, Cadier E. Les sécheresses du Nordeste brésilien. *Cah Orstom Hydrol* 1984-1985 ; XXI : 23-49.

Molle F, Cadier E. *Manual do pequeno açude. Construir, conservar e aproveitar pequenos açudes no Nordeste brasileiro*. Recife : Sudene-Orstom-TAPI, 1992 ; 521 p.

Nlimer E. *Climatologia do Brasil. Recursos Naturais e Meio ambiente*. Rio de Janeiro : IBGE, 1979 ; 421 p.

Piogier R. *Ressources en eau du nord-est du Brésil : les eaux fluviales*. Recife : Sudene-FAO, 1964 ; 111 p.

Rebouças A. da C. *Le problème de l'eau dans la zone semi-aride du Brésil. Évaluation des ressources. Orientations pour la mise en valeur*. Thèse de doctorat d'État en sciences. Université Louis-Pasteur. Strasbourg, 1973 ; 291 p.

Sà IB, Fotius GA, Riché GR. *Degradação ambiental e reabilitação natural no trópico semi-árido brasileiro*. Conferência nacional e seminário latino-americano da desertificação, Fortaleza, CE, 7 a 11-11-1994 (sous presse).

Silva SBR, Riché G, Tonneau JP, et al. *Zonamento agroecológico do Nordeste : caracterização dos recursos naturais e sócioeconômicos das unidades geoambientais*. Petrolina - PE. EMBRAPA-CPATSA, Recife : EMBRAPA-SNLCS, 1993 ; 387 p.

Souza Brazil Sobrinho (de) TP. *Historia das secas*. Fortaleza, 1958.

Sudene. *As secas no Nordeste*. Recife-PE : MINTER, Sudene, CDU, 1981 ; 80 p. + anexos.

Vasconcelos Sobrinho (de) J. *Processos de desertificação ocorrentes no Nordeste do Brasil : sua gênese e sua contenção*. Recife-PE : Sudene, 1982 ; 101 p.

nombre de 1 151) ont été atteints par la sécheresse, ce qui correspond à une population rurale de près de 12 millions de personnes.

Face à l'impossibilité de survivre en milieu rural, la population ne peut que migrer vers les autres régions brésiliennes ou vers les favelas des périphéries urbaines. Durant chaque sécheresse, on assiste à l'exode massif de petits producteurs des aires rurales vers le centre des districts, où ils constituent ainsi de véritables enclaves de misère et de pauvreté à la périphérie des villes et où ils sont obligés de se battre pour avoir accès aux possibilités d'emploi et d'assistance sociale déjà insuffisantes en temps normal. Les statistiques de l'IBGE (institut brésilien de statistiques) permettent de constater qu'entre 1980 et 1990, le taux d'accroissement de la population urbaine de la zone semi-aride a été supérieur à celui de la moyenne du Nordeste, alors que celui de la population rurale, malgré la natalité, est resté remarquablement stationnaire. Une grande partie des habitants de la zone semi-aride vit actuellement grâce aux retraites versées aux ruraux. Dans cette partie du Brésil, ce sont les vieux qui font vivre les jeunes.

Il ne fait aucun doute que ces migrations sont surtout la conséquence des conditions socio-économiques du milieu rural, caractérisées par la concentration de la propriété de la terre, les relations traditionnelles de travail, le manque d'emploi et l'absence des services de base (éducation et santé). Les sécheresses contribuent, en fait, à révéler les problèmes structurels de la pauvreté et de la misère et à renforcer le flux migratoire, phénomènes qui existent déjà en période normale. Le cadre récessif qui a caractérisé l'économie brésilienne ces dernières années accentue la vulnérabilité de cette population indigente quand surviennent les sécheresses.

• Conséquence favorable des sécheresses sur la production de sel marin

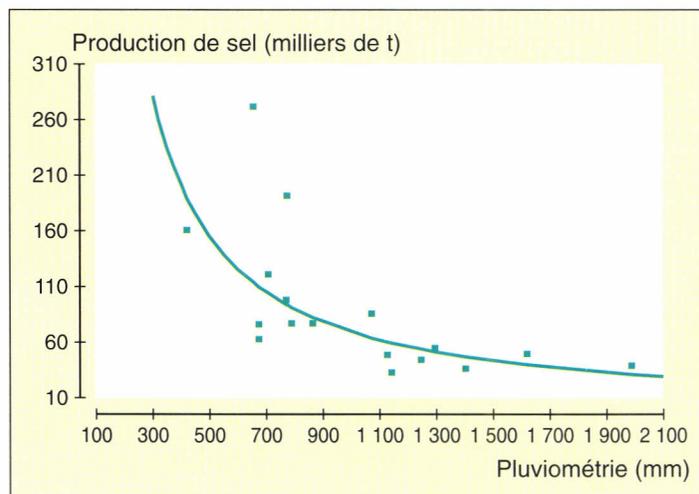
Le Nordeste est le premier producteur de sel marin du Brésil et les deux principaux États producteurs sont le Rio Grande do Norte et le Ceará. Ce secteur industriel est l'un des principaux réservoirs d'emplois des régions où il est implanté. La production de sel croît fortement durant les années sèches et décroît lorsque la pluviométrie remonte ainsi que l'illustre la figure 7.

Il est évident que, même si le secteur sel est l'un des seuls à profiter des années sèches, les aléas climatiques perturbent productions et prévisions de vente et nuisent à une exploitation rationnelle du produit.

• Impact des sécheresses sur les finances publiques

Dans ce domaine, on s'attend à ce que les sécheresses provoquent une perte substantielle des recettes fiscales qui réduirait la capacité des États à alimenter le flux des investissements publics. Les résultats d'une analyse faite pour le Ceará, couvrant la période 1970-1985, amènent à conclure que, contrairement à ce qui vient d'être énoncé, si la sécheresse cause une perte réelle de la production agricole et, en conséquence, du produit total, les réponses gouvernementales permettent de relancer l'économie. Cette relance se fait par le biais du paiement de salaires provenant des « fronts de travail » et de l'achat de biens. Cet apport d'argent frais stimule le secteur des services (en particulier celui de la construction civile par l'intermédiaire des « fronts de travail »), le commerce et les importations et augmente en conséquence la masse imposable. Ces résultats ont besoin d'être confortés par une analyse économique sérieuse pour les autres États du Nordeste.

Figure 7. Variation de la production de sel en fonction de la pluviométrie (d'après Soares et Cartaxo [4]).



• Impact des sécheresses sur la santé

Alors que durant les années « normales » l'état nutritionnel et sanitaire des habitants du sertão est relativement satisfaisant, bien que le régime alimentaire soit déséquilibré, les années sèches sont caractérisées par une élévation des décès entraînés par la malnutrition, les épidémies (choléra en particulier), les maladies infectieuses et parasitaires provoquées directement ou non par la sous-alimentation. Il est toutefois difficile de se faire une idée juste des variations des taux de mortalité et de morbidité dues à la pénurie d'aliments et à la qualité de l'eau. La presse a fait état de 3,5 millions de morts durant la sécheresse de 1978 à 1983, mais ces estimations n'ont jamais été confirmées ni prouvées. Ces chiffres paraissent même fantaisistes lorsqu'ils sont comparés aux données annuelles de mortalité et d'émigration. Empiriquement, il ne semble pas exister de relation entre la sécheresse de 1975-1983 et l'élévation du taux de mortalité, ce qui peut en partie s'expliquer par l'apport d'argent frais à l'économie locale des aides gouvernementales et qui ont pour effet d'élever le revenu réel des travailleurs ruraux et d'amplifier les possibilités d'achat de nourriture et de médicaments. Il faut cependant noter une reprise de la mortalité infantile durant cette période, alors qu'elle était en baisse les années précédentes. En fait, il semble bien qu'il n'y ait pas, dans le sertão, de manifestations de famine comme ce fut le cas dans le Sahel africain.

Les conséquences politiques des sécheresses

Les actions du pouvoir central, la création de la Sudene

Soumis à de telles conditions climatiques, les habitants du Nordeste ont systématiquement eu besoin, durant les années sèches, du secours du gouvernement pour survivre. C'est, répétée à chaque sécheresse, la tragédie de ceux qui doivent s'inscrire dans les programmes d'assistance créés par les gouvernements successifs, incapables depuis un siècle de modifier l'organisation socio-économique du Nordeste semi-aride. Dès 1856, le gouvernement impérial avait créé une commission pour traiter du problème des sécheresses. Puis, après chaque grande sécheresse de ce siècle, un nouvel organisme a été créé pour lutter contre le fléau. Ce fut d'abord l'Inspection des travaux contre les sécheresses en 1909, qui se transforma en IFOS (Institut fédéral de lutte contre les sécheresses) puis en DNOCS (Département national de lutttes contre les sécheresses) en 1945. La grande sécheresse de 1951-1953, puis celle de 1958 ont entraîné la création de la Su-

dene (Surintendance de développement du Nordeste) en 1959. Grâce à son premier responsable, Celso Furtado, économiste de renom, cet organisme a doté la région d'infrastructures indispensables et géré les incitations fiscales. La sécheresse de 1970 a provoqué la mise en place du Projet Sertanejo. Puis ce fut le tour du Projet Nordeste.

Les résultats des interventions de l'État

De notables progrès dans de nombreux domaines, comme ceux de l'infrastructure routière, sont à signaler. Le revenu moyen par tête de la région, qui était seulement de 80 US \$ en 1959, dépasse les 200 US \$ en 1970. Mais les sécheresses de 1970, puis de 1979-1983, vont être le révélateur de l'insuffisance des structures mises en place et des nombreux plans directeurs et nationaux lancés en dix ans par la Sudene. Ces deux sécheresses montrent que la politique de secours, qui a consisté en grande partie en un financement de chantiers de travail et en une aide directe et qui a coûté très cher au Trésor public (500 millions de US \$ au moment de la sécheresse de 1970), n'a pas réussi à résoudre le problème de la sécheresse. Le système se révélait incapable de trouver des solutions nouvelles et d'offrir une assistance efficace aux sinistrés. Ainsi, en 1983, 1 320 000 personnes étaient directement assistées par certains organismes spécialisés et la Sudene, et les « fronts de travail » profitaient surtout aux nantis. Par ailleurs, les *açudes* n'ont pas résolu le problème de l'eau : cette même année, 3 250 camions-citernes ont circulé dans le Nordeste pour approvisionner les populations. Dix ans après, en 1993, ces faits se sont répétés et accentués : la sécheresse a atteint la zone littorale humide et Recife et Fortaleza ont manqué d'eau durant de nombreux mois...

Conclusion, perspectives et suggestions pour le Nordeste

Pour régler le problème de l'eau, il est vital d'adopter une politique rationnelle de gestion des ressources en eau en cas de sécheresse. Cette politique doit être basée sur le principe de la constitution de réserves d'eau capables de résister à plusieurs années de sécheresses : *açudes* très profonds ou réserves d'eau souterraine (quand il y en a), tout en évitant la prolifération de petits barrages qui s'assèchent de toute façon. Il faut évidemment veiller à ce que l'eau des petits barrages soit rapidement utilisée avant qu'elle ne s'évapore. La mise en place de cette politique implique, par ses aspects techniques, financiers et législatifs, une intervention volontariste du gouvernement.

Pour ce qui est des ressources vivrières, et malgré le succès productif de certains périmètres irrigués et l'espoir que suscite raisonnablement la petite irrigation à partir des *açudes*, il semble bien que l'irrigation ne soit pas généralisable et qu'elle ne résoudra pas le problème de la production des cultures vivrières dans le sertão semi-aride. Car la structure foncière fait que l'on cultive de la canne à sucre sur le littoral humide, que l'on pratique l'élevage dans la zone intermédiaire à fort potentiel agricole qu'est l'Agreste, et que l'on s'escrime à faire pousser des cultures vivrières, et en particulier des grains, dans le sertão semi-aride où l'irrégularité des pluies et la faible rétention en eau des sols font que, trois années sur cinq, les récoltes sont compromises. La réforme agraire, de plus en plus hypothétique, ne laisse espérer aucune solution sûre à brève échéance, même si de meilleures mesures (gestion rationnelle de l'eau, augmentation de l'infiltration, emploi de plantes à cycle court, polyculture et diversification des cultures, stockage des excédents) et une législation plus équitable envers le petit producteur rural (encadrement, crédits, coopératives, règles de partenariat et métayages, etc.) sont prises et appliquées.

Au terme de cette analyse, il semble bien qu'il faille, comme le signalait Bret [5], « renverser la liaison souvent établie entre le climat et la pauvreté de la région : le Nordeste n'est pas pauvre d'abord parce qu'il subit des sécheresses périodiques, mais plutôt, parce qu'il est pauvre ». On peut également citer de Andrade [6] : « Le problème du Nordeste n'est pas climatique. Il est social et politique. Il sera résolu le jour où le gouvernement représentera réellement les aspirations populaires. »

Il est évident que la vulnérabilité des couches sociales des régions atteintes par la sécheresse dépend de l'activité économique de ces catégories de la population et des relations sociales de travail établies par le processus productif et le régime foncier. L'idée que le problème de la sécheresse ne se réduit pas à une simple dimension naturelle et technique de manque d'eau ou de perte de récolte et de bétail, mais à une dimension sociale bien plus ample, qui englobe des questions conjecturales et leurs implications telles que la faim, la maladie, le bas niveau des rendements et le coût de la vie, est partagée par bien des observateurs, mais par peu de décideurs. C'est en luttant contre la pauvreté, l'analphabétisme, la malnutrition et la maladie que l'on pourra vaincre les effets désastreux des sécheresses et effacer les images de faim, de chômage, de mauvaise distribution des revenus, d'indices élevés de mortalité infantile qui composent la toile de fond du Nordeste semi-aride ■