

Gestion de l'eau en système pluvial

Eric Sabourin, Rémi Trier

A l'échelle régionale, l'impact socio-économique et médiatique des sécheresses et la vague de modernisation agricole ont incité les pouvoirs publics à intervenir dans le domaine de l'irrigation, érigée en mythe. Mais ces opérations ne sont parvenues ni à remettre en cause la situation de dépendance des petits paysans, ni à valoriser de façon efficace les ressources disponibles. Sur le plan local, les interventions externes sont encore limitées ou associées aux mesures d'urgence. Or, la gestion des ressources hydriques dépend d'abord de la relation, variable selon les lieux, entre la demande et l'offre d'eau. L'exemple de la communauté de São Felipe vient illustrer la diversité des pratiques et des stratégies d'utilisation de l'eau. C'est à ce niveau local qu'ont été validées quelques améliorations des systèmes de gestion des ressources hydriques, individuelles et collectives, qui tiennent compte de la pluralité de leur usage.

Les ressources hydriques et les politiques de l'eau en zone semi-aride

Des ressources hydriques irrégulières et mal réparties

Les précipitations, généralement inférieures à 600 millimètres par an, connaissent une distribution très irrégulière dans le temps et dans l'espace (figure 13). L'évaporation est élevée (évapotranspiration potentielle annuelle entre 2 000 et

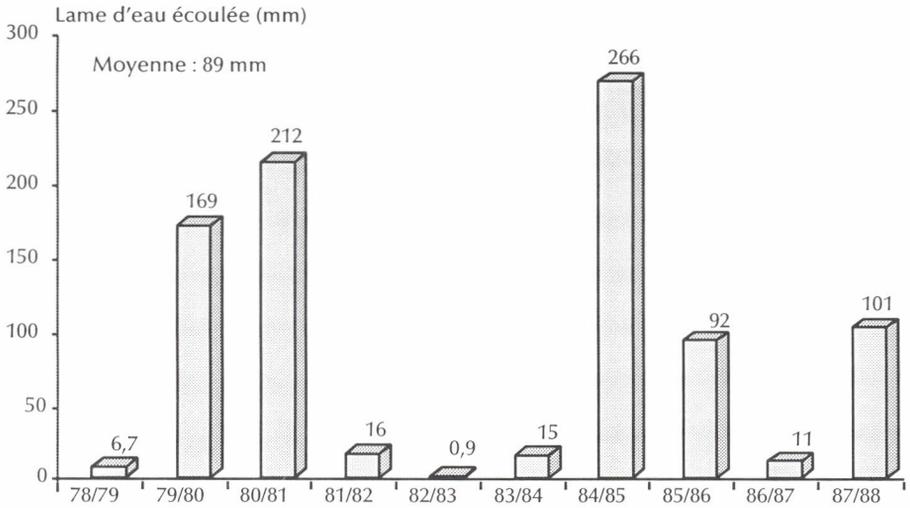


Figure 13. Distribution des précipitations dans le municipe de Tauá (CADIER, 1993).

3 000 millimètres). Enfin, il n'existe quasiment pas de fleuves pérennes, à l'exception du São Francisco et du Parnaíba.

Les conditions hydrologiques sont donc différenciées en fonction du climat et du relief, mais aussi du sous-sol. Les caractéristiques géologiques définissent deux structures contrastées. La zone sédimentaire couvre environ 40 % de la région semi-aride et compte d'importantes nappes d'eaux souterraines de bonne qualité. Mais ces aquifères, estimées à 400 milliards de mètres cubes, ne sont accessibles que par des forages profonds, qui exigent des systèmes de pompage puissants et coûteux (entre 100 000 et 500 000 francs selon la profondeur). Dans la zone cristalline, en revanche, les eaux souterraines sont rares et souvent chargées en sels. Les sols ras et peu perméables favorisent cependant les écoulements superficiels et donc les possibilités de stockage par la construction de barrages et de retenues collinaires, appelées localement *açudes* (MOLLE, 1991a ; 1991b).

Les politiques de l'eau dans le Nordeste

Près de deux millions de familles connaissent des périodes de difficultés d'approvisionnement en eau et sont à la merci des fortes sécheresses récurrentes. Pour réduire la gravité des problèmes sociaux, une série de grands travaux contre la sécheresse a été entreprise par les pouvoirs publics depuis l'époque impériale. MOLLE (1991a ; 1991b) démontre que, au cours du xx^e siècle, les investissements du gouvernement fédéral, par l'intermédiaire de son Département national des ouvrages contre la sécheresse (Dnocs), ont coïncidé avec les périodes de sécheresse.

Ces politiques, marquées par la concentration des investissements autour de barrages associés à de vastes périmètres irrigués et de grands réservoirs pour l'approvisionnement des villes, ont montré leurs limites (MOLLE, 1992). La construction de grands barrages a conduit à l'expropriation et à l'inondation de terres de bas-fonds fertiles occupées par la petite agriculture. La concentration a également engendré des coûts élevés de transport pour l'eau, qui doit transiter par des canaux et des camions-citernes. Les tristement célèbres *caminhão-pipa*, qui permettent de contrôler la distribution de l'eau, constituent l'un des instruments de domination des grands propriétaires et des élus locaux (BERNAT, 1992).

Les premiers systèmes de gestion productive de l'eau s'appuyaient essentiellement sur la mise en valeur des bas-fonds, développée depuis la colonisation du *sertão*. L'objectif était d'abord de pourvoir aux besoins humains et animaux. La mise en place de cultures qui valorisaient l'eau des *açudes* et des puits a toujours été secondaire. Elle s'est développée à partir de la construction d'*açudes* capables de maintenir une réserve d'eau d'une année sur l'autre (TRIER, 1995). De 1915 à 1967, plus de 600 *açudes* privés ont été construits selon un régime de coopération. L'Etat finançait les études et les équipements pour la construction, les communautés locales fournissaient la main-d'œuvre et le propriétaire sa terre. Celui-ci devait en contrepartie s'engager à « fournir de l'eau aux populations voisines pour leurs besoins domestiques ». L'accès à l'eau des populations locales a été diversement toléré par les propriétaires. L'abreuvement des troupeaux en période de sécheresse a souvent été contesté. Quant à l'utilisation des aires de décrue de ces *açudes* « communautaires », elle a été presque toujours refusée, y compris aux familles qui avaient contribué à leur construction.

Dans le cadre de la modernisation agricole des années 70, d'importantes infrastructures d'irrigation ont été mises en place par l'Etat fédéral avec l'appui de la Banque mondiale. Les projets d'irrigation publics, essentiellement concentrés dans la vallée du São Francisco et autour de grands barrages, occupent une superficie de plus de 100 000 hectares, pour une aire irriguée totale de 450 000 hectares dans le Nordeste (CARVALHO, 1997). Le discours qui accompagne ces projets illustre une idéologie technocratique fondée sur deux certitudes : la première est que l'irrigation est la solution pour le développement économique de la région, la seconde que, l'Etat assurant les infrastructures, le reste suivra. Cette position explique les difficultés de gestion de nombreuses infrastructures surdimensionnées. D'une part, la superficie et la qualité des sols des périmètres irrigués justifient rarement les investissements réalisés en termes de barrage et de canaux. D'autre part, le surdimensionnement des barrages et le non-respect des normes de drainage contribuent à la concentration des sels. Dans ces conditions, le désengagement de l'Etat amorcé dans les années 90 par le transfert de la gestion des périmètres publics aux organisations d'usagers a souvent eu des conséquences dramatiques. En outre, bien des agriculteurs, ou *colonos*, installés sur les périmètres associés aux grands barrages du Département national des ouvrages contre la sécheresse n'ont aucune tradition d'irrigation, leur système de production antérieur étant fondé sur l'élevage.

Les systèmes locaux de gestion de l'eau

La demande en eau de la zone rurale correspond à cinq types d'usage : humain (eaux de boisson et de cuisine), domestique (hygiène, lavage du linge et des ustensiles, etc.), animal (abreuvement des troupeaux), agro-industriel (par exemple, pour les petites unités de fabrication artisanale de fromage ou de farine de manioc) et agricole. La satisfaction de ces besoins, dont les exigences en quantité, en qualité et en périodicité sont différentes, dépend du volume et des caractéristiques de l'offre. Elle varie ainsi en fonction de deux facteurs : les types d'infrastructures et d'équipements de captation et de stockage de l'eau (cours d'eau, barrages, puits, puisards) et les formes de régulation de l'accès à l'eau (législation, normes et conventions d'usage). Nous nous bornerons ici à traiter de l'utilisation agricole des réserves en eau.

Le développement de l'agriculture familiale en zone semi-aride, essentiellement fondé sur l'élevage et les cultures alimentaires, passe par la garantie de l'accès des troupeaux à l'eau, par l'intensification fourragère et par la sécurisation des productions vivrières locales. Nous verrons comment ces trois éléments supposent une gestion décentralisée des ressources hydriques.

Les sources d'eau et les techniques de captage

Les systèmes locaux combinent généralement l'utilisation de trois infrastructures hydriques : la retenue collinaire ou *açude*, le puisard ou *cacimba* et le puits alluvionnaire ou *cacimbão*. Ces ouvrages peuvent être associés à d'autres sources d'eau. Ce sont le plus souvent des *caldeirões*, ou chaudrons, affleurements granitiques, généralement situés dans le lit des rivières intermittentes, qui, aménagés, clôturés et protégés, constituent des citernes ouvertes ou recouvertes de dalles de granite.

La retenue collinaire ou *açude*

Les *açudes* ont été introduits par les Portugais, qui maîtrisaient cette technique depuis l'occupation arabe. Selon MOLLE (1991b), *açude* pourrait être dérivé du mot *al saad*, barrage en arabe. La construction de l'*açude* consiste à barrer un cours d'eau intermittent par un mur de terre retirée du bassin hydraulique et compactée soit par damage manuel, soit à l'aide d'un tracteur (photo 2, en annexe). L'ensemble est complété par une tranchée-ancrage limitant les infiltrations sous la digue et par un déversoir ou évacuateur de crue, généralement aménagé en position latérale. Il existe différents types d'ouvrage de capacité variable suivant leur position dans le bassin versant et l'importance du cours d'eau barré (tableau 2). On compte aujourd'hui plus de 70 000 petits *açudes* dans le Nordeste. La résistance à l'assèchement, c'est-à-dire la durée pendant laquelle l'eau est stockée dans l'*açude* dépend :

– du remplissage, fonction de la taille du bassin versant, des écoulements qu'il produit (selon les types de sol) et des caractéristiques pluviométriques locales ;

– de la quantité d'eau retirée, par évaporation (plus l'*açude* est profond et plus elle sera faible), par infiltration ou par consommation (irrigation de complément, abreuvement des animaux et approvisionnement humain).

Le puisard ou *cacimba*

Le terme *cacimba* vient de la langue quibundo parlée par les esclaves descendants des Bantous, originaires d'Angola. Il s'agit d'une excavation peu profonde de l'ordre de 1 à 3 mètres, localisée dans le lit des cours d'eau intermittents ou sur les abords des points d'eau, notamment sur les rives des *açudes*. Les *cacimbas* destinées à l'approvisionnement humain ont un diamètre réduit qui permet de les recouvrir pour éviter la contamination. L'accès peut être favorisé par la construction de marches découpées dans l'argile. Les *cacimbas* destinées à l'abreuvement des animaux présentent une ouverture plus large. Situé sur des zones inondables annuellement, le puisard représente un investissement très faible, mais qui doit être renouvelé chaque année. Quand les alluvions sont suffisamment argileuses, les producteurs bouchent l'ouverture de la *cacimba* avec une planche ou une tôle et la recouvrent de terre, pour pouvoir la récupérer après les pluies.

Le puits *amazonas* ou *cacimbão*

Le puits *amazonas*, ou *cacimbão*, est un puits circulaire creusé dans les formations alluvionnaires, qui exploite l'aquifère phréatique situé à une profondeur de 5 à 20 mètres. Le niveau de la nappe subit de fortes variations en fonction des précipitations. La technique a été introduite par les Portugais, mais elle n'a été diffusée que récemment, avec l'intensification des projets de lutte contre la sécheresse et des chantiers de travail. Le puits *amazonas* est creusé à la main, parfois à l'aide d'explosifs. La paroi construite en briques artisanales peut être éventuellement renforcée par des colonnes de béton armé. La construction d'un puits de 10 mètres de profondeur et de 5 mètres de diamètre requiert environ un mois de travail et coûte près de 7 500 francs (MATOS, 1995).

Tableau 2. Classification des *açudes* (d'après MOLLE, 1991a).

	Volume	Capacité	Caractéristiques	Usage principal
<i>Barreiro</i>	5 000 à 10 000 m ³	Sèche chaque année	Excavation circulaire, déversoir rudimentaire	Abreuvoir à bétail, mare
Petit <i>açude</i>	10 000 à 50 000 m ³	Jonction entre deux périodes pluvieuses	Barrage en terre sur un ruisseau intermittent	Approvisionnement en saison sèche
<i>Açude</i> moyen	40 000 à 300 000 m ³	Jonction, même en année de sécheresse maximale	Digue en terre compactée compactée sur tranchée	Approvisionnement et irrigation de complément
Grand <i>açude</i>	plus de 300 000 m ³	Réservoir pérenne	Digue en terre, pierres ou béton, déversoir	Approvisionnement et irrigation

Outre l'approvisionnement humain et animal, le *cacimbão* peut être utilisé pour la petite irrigation manuelle d'un jardin ou d'un verger. L'exhaure est réalisée au moyen de seaux, de puisettes ou de pompes à nœud. Dans le cas d'une irrigation de complément à plus grande échelle, l'usage de motopompes électriques ou à moteur diesel est courant. L'utilisation de l'énergie éolienne est testée bien que peu diffusée. Il existe aussi quelques expériences de petite irrigation communautaire de jardins, de vergers ou de champs collectifs, généralement gérés par des groupes de femmes.

L'utilisation agricole de l'eau en système pluvial

L'agriculture de décrue

On trouve des références aux pratiques de culture accompagnant le retrait des eaux des fleuves de la vallée du Seridó, dans le Rio Grande do Norte, dès 1823 (MOLLE, 1991a). L'agriculture de décrue s'est étendue aux rives des *açudes*, petits et grands, essentiellement pour les cultures vivrières de cycle court à forte croissance racinaire — haricot (*Vigna*), patate douce (*Ipomoea batatas*), cucurbitacées — et pour les graminées fourragères des genres *Brachiaria* et *Echinochloa*. Ce système a contribué pendant plus d'un siècle au développement de l'élevage bovin extensif dans la région du Seridó (Rio Grande do Norte et Paraíba) grâce à la complémentation fourragère à base d'*andrequicê* (*Ichnanthus bambusiflora*), dont les rendements atteignent 30 à 60 tonnes de matière verte par hectare et par coupe (MOLLE et CADIER, 1992). La principale contrainte consiste à protéger les cultures des animaux en installant des clôtures.

L'agriculture de bas-fond

L'enjeu de la mise en valeur des bas-fonds est loin d'être négligeable. Environ 5 % de la zone cristalline, soit à peu près 3,5 millions d'hectares, sont recouverts de petites formations alluviales d'une profondeur moyenne de 3 mètres, associées à des nappes phréatiques. C'est autour de ces zones d'alluvions insérées dans les entailles du socle cristallin que se sont établies progressivement les populations du *sertão* afin d'assurer l'abreuvement de leurs troupeaux puis leur approvisionnement domestique lorsqu'elles se sont sédentarisées, et enfin l'agriculture. Les cultures vivrières ont été les premières installées : maïs, haricot et manioc principalement, mais aussi légumes (patate douce, cucurbitacées), puis les cultures semi-pérennes (canne à sucre, bananier) et finalement les arbres fruitiers (cocotier, papayer, manguiers, agrumes). Dans un second temps, les bas-fonds ont été utilisés pour les cultures fourragères : graminées des genres *Panicum*, *Pennisetum* et *Brachiaria*, et légumineuses arborescentes comme l'*algaroba*, *Prosopis juliflora*, originaire du Pérou.

L'agriculture pluviale

Bien que soumise aux aléas climatiques, l'agriculture pluviale constitue le principal système de culture de la région semi-aride. Il s'agit surtout d'une agriculture manuelle, destinée à assurer une culture alimentaire (maïs, haricot ou manioc) dont les excédents sont commercialisés. Les résultats agronomiques sont faibles du fait du déficit hydrique associé à l'emploi très limité d'intrants (engrais et fumure). Il faut distinguer le nord du *sertão*, qui ne bénéficie que d'une saison des pluies, concentrée entre novembre et avril, voire janvier et mars pour les zones les plus sèches, et le sud du *sertão* et l'*agreste*, qui bénéficient parfois d'un régime bimodal : des pluies d'orage (*trovoadas*), de novembre à mars, et des pluies fines dites d'hiver, de juin à septembre. Dans les deux cas, disposer de sources ou de réserves d'eau supplémentaires grâce aux puits ou aux retenues collinaires permet d'assurer le cycle des cultures pluviales par une irrigation ponctuelle, dite de complément ou de sauvetage.

Les populations du *sertão*, centrées sur l'élevage, n'ont quasiment pas développé de stratégies pour lutter contre l'érosion, économiser l'eau ou augmenter la captation *in situ*. En revanche, dans les zones d'*agreste*, de tradition plus agricole, on rencontre des pratiques de gestion de l'eau à la parcelle : l'aménagement de billons et de sillons, le semis perpendiculaire à la pente, généralement associé au billonnage, et les allées de cultures pérennes, le plus souvent de cotonnier arbustif, de *Gliricidia* et de pois d'Angole (*Cajanus cajan*), appelées *aleias* (ASPTA, 1997).

Un exemple de gestion locale de l'eau : la *comunidade* de São Felipe

Les ressources en eau et les systèmes de production

La communauté de São Felipe est située dans le municipe de Tauá, au sud-ouest du Ceará. Elle réunit 80 familles sur une surface totale de 600 hectares, qui correspond au bassin versant d'une rivière intermittente, le Riacho do Mocó. L'habitat est concentré autour d'un bas-fond qui compte quatre retenues collinaires, 22 puits alluvionnaires, un puits semi-artésien et divers puits sards. São Felipe a bénéficié d'investissements publics bien supérieurs à la moyenne de la région, mais qui n'ont abouti qu'à une juxtaposition d'infrastructures souvent mal planifiées. Le principal *açude*, surdimensionné, ne s'est pas rempli depuis plus de dix ans. La concentration de sels et la contamination des aquifères souterrains qui en ont résulté interdisent la consommation de l'eau de la plupart des puits (TRIER, 1995).

Sur les pentes du bassin versant, la végétation de *caatinga* a été peu à peu défrichée pour la culture du cotonnier. Il s'agit d'un système de défriche-brûlis avec jachères non labourées, dont la durée varie de quelques mois à une dizaine d'années. Depuis la disparition du cotonnier à la fin des années 80, les systèmes de production familiaux réunissent trois composantes :

- les cultures pluviales de maïs (*Zea mays*), de haricot rouge (*Vigna sinensis*) et de manioc (*Manihot esculenta* Crantz et *Manihot dulcis* Pax) ;
- les cultures de bas-fonds et de décrue — fruits, légumes et fourrages — sur des surfaces réduites ;
- un élevage mixte diversifié et semi-extensif, qui totalise 300 bovins et 1 000 ovins et caprins pour l'ensemble de la communauté (essentiellement du type 3 de la typologie des systèmes d'élevage).

La situation foncière est caractérisée par un morcellement accentué en petites propriétés de 10 à 15 hectares. Diverses familles sans terre exploitent en métayage les parcelles de propriétaires de la communauté ou de communautés voisines.

La diversité des pratiques et les stratégies d'utilisation de l'eau

La consommation humaine dépend, durant la saison des pluies, de l'accès aux puits et à l'*açude* non salinisé et, en saison sèche, de citernes individuelles, par ailleurs insuffisantes. Cet approvisionnement est complété par l'eau des puits alluvionnaires et par l'apport des camions-citernes. La stratégie d'approvisionnement varie selon la localisation au sein de la communauté, mais aussi dans le temps, entre saison des pluies, saison sèche, sécheresse et sécheresse prolongée (tableau 3). Comme l'approvisionnement de la population et des troupeaux constitue une priorité, c'est l'ensemble des pratiques d'utilisation des eaux qui est affecté par ces variations.

Tableau 3. Stratégies d'approvisionnement en eau de boisson des trois quartiers de São Felipe selon les périodes climatiques.

	Saison des pluies	Saison sèche	Sécheresse	Période de sécheresse prolongée
Salgado	Retenue collinaire	Citerne	Puits alluvionnaire	Puits alluvionnaire et camion-citerne
São Felipe 1	Puisard creusé au bord de l' <i>açude</i>		Puits alluvionnaire et puisards creusés sur le bassin d'inondation de l' <i>açude</i> asséché	
São Felipe 2	Puisard creusé au bord de l' <i>açude</i>	Citerne	Puits alluvionnaire	Puits alluvionnaire et camion-citerne

L'abreuvement des troupeaux est assuré par les retenues collinaires communautaires non clôturées. Cependant, celles-ci se sont asséchées peu à peu ces dernières années. Certains éleveurs disposent de puits alluvionnaires. Les autres creusent dans la cuvette des *açudes* à sec des puisards, qui servent également à l'approvisionnement en eau domestique. La pression en saison sèche est donc extrêmement forte et compromet la conduite et l'entretien des troupeaux.

L'agriculture pluviale du maïs et du haricot rouge est réalisée sur les pentes du bassin versant selon deux systèmes de préparation du sol : *toco* et *campo*. Le *toco* est caractérisé par une défriche-brûlis manuelle, un semis sans labour et la pratique de la jachère. On laisse les *tocos*, les souches des arbres. Le *campo* concerne les terres les plus fertiles, qui sont cultivées en continu après un labour au tracteur. Dans les deux cas, le semis est réalisé à la main, après les premières pluies, souvent dans le sens de la pente. Il n'y a pas d'utilisation d'engrais, ni d'apport de fumier. Le sarclage par binage et la récolte sont réalisés à la main. Après la récolte, la parcelle est pâturée par les animaux. Dans ces conditions, les cultures ne sont pas en mesure de supporter un étiage prolongé. Les déficits hydriques fréquents réduisent considérablement des rendements déjà faibles¹⁷, et peuvent provoquer la perte totale de la récolte en cas de sécheresse.

La mise en valeur de zones de bas-fonds plus humides constitue la principale réponse aux aléas climatiques. A São Felipe, on distingue trois systèmes de culture de bas-fonds.

- Les cultures de décrue sont conduites à la fin de la saison des pluies sur les berges fertiles des retenues collinaires. Elles concernent le haricot rouge, la patate douce ou les fourrages : *Pennisetum purpureum*, *Brachiaria* et *Panicum maximum*. Ce système présente plusieurs avantages. Le risque de perte de culture est limité du fait de l'humidité résiduelle. Les récoltes sont décalées dans le temps par rapport à la production pluviale, ce qui est crucial, aussi bien en termes de gestion de la main-d'œuvre que pour l'autoconsommation et la vente des excédents. Ces cultures sont peu exigeantes en travail. Elles ne requièrent pas de préparation du sol et le désherbage est réduit. Elles permettent de valoriser les rives d'*açudes* salinisés, en particulier par des fourrages tolérants à la présence de sels.
- Les plantations en aval des retenues collinaires, appelées cultures de *sítio*, bénéficient d'une humidité importante due essentiellement aux infiltrations. Ce type de mise en valeur, courant dans le *sertão*, est destiné aux cultures fruitières pérennes (manguier, bananier, cocotier) et à certaines cultures pluriannuelles (canne à sucre et canne fourragère) et fourragères (napier). Ce système est peu coûteux en main-d'œuvre, présente peu de risques et assure une production continue.

17. Pour le haricot, 300 kilos par hectare, et pour le maïs, 700 kilos par hectare.

- La petite irrigation manuelle à partir de l'eau des puits alluvionnaires et de certains puitsards est pratiquée par les femmes pour produire les légumes et les condiments destinés à l'autoconsommation. L'eau est captée par des puisettes ou des pompes à nœuds ou à bouchons.

São Felipe illustre bien la diversité des pratiques et des stratégies antialéatoires, caractéristiques d'une agriculture en zone semi-aride. La stratégie de mise en valeur des bas-fonds est essentielle. Elle peut être intensifiée par la multiplication des puits ou des retenues d'eau, au point de modifier la logique de fonctionnement du système de production. Ces changements culminent avec l'introduction de l'irrigation. D'abord manuelle, elle peut être renforcée par l'usage de siphons ou de pompes dès que la réserve en eau est suffisante pour sécuriser un cycle de culture pluviale. Il s'agit d'irrigation ponctuelle et de complément.

São Felipe, communauté typique de la situation dite d'agriculture sèche du *sertão*, met en valeur, en réalité, plusieurs systèmes d'irrigation de complément ou fondés sur la gestion des retenues d'eau. L'agriculture irriguée, dans le Nordeste, ne se limite donc pas aux seuls périmètres irrigués.

On observe une combinaison complexe entre divers aménagements ancestraux (*açudes*, puitsards et puits *amazonas*) ou récents (forages profonds et citernes de captage des eaux de pluies). Cependant, la programmation et la localisation de ces infrastructures laissent largement à désirer. Le surdimensionnement des *açudes* entraîne la salinisation des nappes et interdit l'usage des puits. La succession de retenues collinaires en chapelet sur une même vallée, sans dimensionnement préalable, en est un exemple. Si l'un des barrages cède sous l'effet d'une crue, celle-ci risque de détruire tous les ouvrages en aval. Il en va de même de la localisation et du drainage des ouvrages. Les risques de dégradation et de pollution du milieu sont importants : érosion, salinisation des sols et contamination des eaux en particulier. Cette situation est souvent due aux travaux des fronts d'urgence contre la sécheresse, qui privilégient des interventions visibles, fondées sur un fort investissement en main-d'œuvre et décidées par les élus locaux, généralement sans étude ni concertation préalables.

Penser et planifier la gestion de l'eau à l'échelle du bassin versant est indispensable en raison de la concurrence entre usages et usagers et de l'incompatibilité entre certaines pratiques (approvisionnement humain et animal, par exemple). Il s'agit d'abord de questionner la pertinence de l'utilisation agricole de l'eau en cas de concurrence avec la consommation humaine. Il convient ensuite de programmer la marge d'intensification de l'utilisation agricole dans le cadre d'un système global de gestion de l'eau pour la population et les troupeaux. Par exemple, dans le cas d'un morcellement extrême des rares terres de bas-fond, comme à São Felipe, le recours aux puits pour l'approvisionnement comme pour l'irrigation de complément est préférable à la construction d'un barrage qui inondera les terres les plus fertiles de la vallée. En effet, les puits

offrent une possibilité de gestion décentralisée et familiale de l'eau, sans pour autant empêcher un usage communautaire si leur débit est suffisant ou s'il s'agit d'horticulture intensive.

L'amélioration de la gestion locale des ressources hydriques

Des évolutions techniques mais des investissements limités

Les systèmes ancestraux ont peu à peu intégré de nouvelles techniques, endogènes ou non. Concernant l'approvisionnement domestique par exemple, les chaudrons ont donné lieu à diverses améliorations comme la construction de citernes (photo 3, en annexe), qui utilisent des impluviums naturels ou constitués par les toits en tuile des maisons (BERNAT, 1992). Dans certains domaines, peu d'efforts ont été réalisés. C'est le cas de l'augmentation de la capacité et de la productivité de l'exhaure de l'eau des puits par l'introduction de pompes manuelles plus performantes ou d'éoliennes.

Si l'Etat fédéral a réalisé de grands aménagements hydrauliques, force est de constater, en revanche, qu'il a peu investi en matière de gestion locale et décentralisée des ressources hydriques. Quelques systèmes ont cependant été expérimentés ces dernières années. Ils associent aux savoir-faire spécifiques et diversifiés des agriculteurs familiaux en matière d'utilisation des bas-fonds, des retenues collinaires et des puisards, des innovations techniques, validées ou réadaptées localement.

Concernant les eaux souterraines, les forages profonds en zone cristalline ont donné des résultats limités car, faute de méthodes de sondage appropriées et économiques, l'eau est la plupart du temps salée ou les débits sont réduits (COURCIER et SABOURIN, 1992). Les barrages souterrains sur les petits cours d'eau intermittents présentent l'avantage de limiter l'évaporation en retenant l'eau dans les alluvions, qui peuvent être mises en culture. Cependant, les modèles doivent être adaptés à chaque situation. Comme ils sont réservés à un usage agricole et ne permettent pas d'accumuler l'eau de boisson pour les animaux et les populations, ils ne répondent pas aux priorités des éleveurs du *sertão* (SABOURIN, 1994). Des études récentes ont cependant montré qu'ils pouvaient contribuer à assurer une alimentation régulière des puits *amazonas* construits en aval (MATOS, 1995).

L'utilisation intégrée et le multiusage des retenues collinaires

Chaque année, les écoulements sont concentrés sur quelques jours, ce qui provoque parfois des inondations. Ensuite, les cours d'eau s'assèchent rapide-

ment. Les eaux de ruissellement, si elles ne sont pas retenues, sont perdues. La plupart des retenues superficielles constituent des mares pour l'abreuvement du bétail et l'approvisionnement de la population en saison sèche, en dépit des problèmes sanitaires. Utilisée ainsi, l'eau est presque entièrement perdue par évaporation et infiltration (MOLLE, 1989). La valorisation de ces écoulements par la construction de retenues collinaires sur les cours d'eau intermittents vise un usage productif multiple et intégré. Celui-ci prévoit trois axes principaux de mise en valeur de l'eau sur une même retenue :

- les cultures de décrue de fourrages et de plantes à cycle court qui, en accompagnant le retrait des eaux sur les berges, offrent la possibilité d'une production de contre-saison ;
- la pisciculture semi-intensive, associant alevinage, alimentation des poissons et fertilisation de l'eau en matière organique, qui offre des débouchés économiques et constitue une source locale de protéines à bas coût ;
- la petite irrigation par gravité dans les bas-fonds situés en aval du barrage à partir de siphon qui permet de sauvegarder les cultures annuelles et de produire des fourrages, des légumes et des fruits irrigués durant la saison sèche.

La proposition a connu des adaptations différenciées en fonction du milieu et des systèmes de production. On peut ainsi distinguer trois cas de figure : le nord du *sertão*, le sud du *sertão* et l'*agreste*.

Le nord du *sertão*

Dans les Etats de Ceará, de Paraíba, de Pernambouc et de Rio Grande do Norte, il existe une tradition de construction de barrages en terre. On y rencontre de nombreux petits *açudes*, bâtis sans dimensionnement préalable, en fonction d'une logique d'approvisionnement de la population et des troupeaux. Outre leur densité élevée, qui limite fortement l'installation de nouveaux barrages sur les mêmes bassins versants, ces *açudes* sont généralement localisés sur des sites favorisant l'accumulation d'eau, dans des vallées encaissées, étroites ou rocheuses, qui ne permettent pas de pratiquer les cultures de décrue. Ils sont rarement situés en amont de bas-fonds irrigables ou dans des cuvettes favorables aux cultures de décrue. Enfin, leur utilisation pour l'approvisionnement en eau de boisson interdit l'intensification piscicole, qui suppose la distribution d'aliments et la fertilisation organique de l'eau (SABOURIN, 1997a).

Cette situation se rencontre dans le municipe de Tauá, dans le Ceará. Les producteurs qui ont accès à des *açudes* de port moyen ont été particulièrement motivés par les coûts réduits et l'efficacité, à l'échelle des micropérimètres de 1 à 3 hectares, de l'irrigation par siphon. Les principales difficultés résident dans la gestion communautaire de l'aire irriguée, très morcelée, et dans la nécessité de clôturer pour éviter l'entrée des animaux. Le choix entre cultures fourragères et production maraîchère a souvent été marqué par les difficultés, liées à l'enclavement de la région, de commercialisation des fruits et légumes périssables.

Par ailleurs, la diffusion de l'irrigation a été limitée par la présence fréquente d'infiltrations¹⁸ dans les murs des *açudes*, utilisées traditionnellement pour mouiller un verger ou une réserve de cultures fourragères. Les bas-fonds situés en aval du barrage bénéficient ainsi d'une humidité naturelle par infiltration. Certains sont même inondés, ce qui interdit la valorisation de l'irrigation par gravité. La priorité a été donnée par les producteurs à l'irrigation des cultures fourragères, qui s'intègre mieux aux logiques d'intensification des systèmes d'élevage. De même, ce sont les cultures fourragères de décrue (*Ichnanthus* sp., *Echinochloa* sp., *Brachiaria* sp.) qui ont intéressé les éleveurs qui ont accès, même temporairement, aux rives des grands *açudes* publics.

Le sud du *sertão*

Dans les Etats de Bahia, de Sergipe, d'Alagoas et dans le nord du Minas Gerais, en dehors des grands barrages pour l'approvisionnement des villes, on ne rencontre presque que des mares appelées *barreiros* ou *tanques* et des chaudrons granitiques. C'est le cas, par exemple, du municpe de Pintadas, où l'organisation des producteurs et la disponibilité de financements publics ont permis de construire récemment des *açudes* productifs dans l'ensemble du municpe (COURCIER et SABOURIN, 1992). L'organisation des agriculteurs en groupes de production en commun a rendu possibles des investissements inconcevables à l'échelle d'une exploitation : construction d'un petit barrage avec système d'irrigation, acquisition d'un moteur, d'animaux, etc. L'innovation technique a diffusé grâce à l'innovation sociale. Les groupes ont été constitués en 1988 pour une période de dix ans, qui correspond aux délais de remboursement des emprunts. Dans la plupart des cas, bien avant l'échéance de 1998, les agriculteurs ont décidé de reconduire l'expérience. Certains groupes ont réalisé de nouveaux emprunts pour construire un second *açude*, constituer un troupeau laitier ou implanter des cultures fourragères. Ces choix ne vont pas sans poser des problèmes. Les propriétaires des terres valorisées par la construction d'un *açude*, d'un couloir à ensilage ou d'un périmètre irrigué auraient pu les réclamer au bout des dix ans. Plus de trente petits *açudes* communautaires d'une capacité de 15 000 à 70 000 mètres cubes ont été construits à Pintadas, pour environ trois cents familles rurales.

Les propositions ont ensuite été étendues par l'Etat de Bahia à plus de vingt municpes de la région avec des succès divers (COURCIER, 1993 ; SABOURIN, 1994). Les résultats ont été satisfaisants en ce qui concerne la décentralisation de l'accès à l'eau. La construction de citernes pour l'approvisionnement humain a permis de consacrer quelques *açudes* à la pisciculture semi-intensive et, plus rarement, à l'irrigation communautaire. Celle-ci n'a fonctionné que dans les municpes où le projet s'est appuyé sur une organisation de produc-

18. Ces infiltrations, appelées *revências*, peuvent être accidentelles ou volontaires et, dans ce cas, aménagées dès la construction du barrage.

teurs. Dans la plupart des cas, les familles disposant des terres irrigables en aval de l'*açude* se sont approprié le système d'irrigation par siphon pour implanter des cultures fourragères (napier).

L'*agreste*

Les propositions d'utilisation intégrée de l'eau des retenues collinaires ont été testées dans les municipes d'Arapiraca (Alagoas), de Campina Grande (Paraíba) et de Garanhuns (Pernambouc). Les difficultés rencontrées ont été telles que ce type d'utilisation a été abandonné. Les bassins versants qui présentent des écoulements suffisants sont rares, en raison de l'alternance parfois rapide entre sols d'origine cristalline et zones sédimentaires. Il est difficile de trouver une couche imperméable pour asseoir le mur du barrage. Les sols sont souvent riches en sels et les risques de salinisation des eaux élevés (SABOURIN, 1994).

Mais, le problème essentiel tient à la forte pression démographique associée au minifundium. Du fait du morcellement des parcelles, les sites et les espaces qui peuvent recevoir des petits barrages sans compromettre l'accès aux terres fertiles sont rares, et ce, même en engageant des négociations complexes entre copropriétaires. Les eaux stockées sont en priorité utilisées pour approvisionner les animaux, voire la population, ce qui interdit la pratique de l'irrigation et limite l'intérêt de la pisciculture.

Les limites et les défis liés à la gestion décentralisée et locale de l'eau

Une première série de contraintes est liée à la structure foncière inégale qui limite considérablement l'accès à l'eau, surtout quand celui-ci suppose une modification des rapports entre grands et petits éleveurs, entre éleveurs et petits agriculteurs, entre propriétaires, métayers et paysans sans terre.

Les divisions successives par héritage égalitaire ont conduit au morcellement en bandes : les parcelles sont tout en longueur afin de garantir un accès, même limité, aux terroirs les plus fertiles des bas-fonds. Cette configuration rend particulièrement difficile une gestion à l'échelle du bas-fond ou du bassin versant, pour la construction d'ouvrages, pour l'utilisation de l'eau (décrue, irrigation, accès des troupeaux, clôtures) et pour la mise en place de mesures de conservation des sols (lutte contre l'érosion, reboisement, etc.). Les projets conduits par les organisations d'agriculteurs, comme celui de Pintadas, montrent comment le fait d'établir de nouvelles règles de gestion collective, ici la constitution de groupes de producteurs exploitant en commun ou la redistribution d'une partie des terres individuelles, permet de remédier à ce type de problème. Les contraintes et les innovations à envisager sont par conséquent autant d'ordre social et institutionnel que biologique ou technique.

Il y a également concurrence, voire conflit, entre les stratégies individuelles et collectives, voire entre les diverses options techniques. Toute intensification agricole ou piscicole de l'usage de l'eau, par exemple, entre en concurrence avec la logique d'approvisionnement humain et animal, qui est généralement prioritaire. C'est le cas dans les zones déficitaires, enclavées ou densément peuplées, lorsque la structure foncière restreint l'accès à l'eau et que les besoins de consommation ne sont pas satisfaits (SABOURIN, 1994). Les propositions d'utilisation productive des petits açudes ont été diffusées plus facilement dans le sud du *sertão*, où il n'existe pas de tradition d'utilisation des açudes. Le site et la dimension de nouveaux ouvrages ont pu être choisis en fonction d'usages productifs. Pour garantir l'approvisionnement humain, deux possibilités ont été utilisées : réserver certains açudes à l'usage humain et domestique ou associer la construction de citernes familiales aux projets de mise en place d'açudes productifs (SABOURIN, 1997b).

La promotion d'une gestion multiusage et décentralisée des ressources hydriques suppose la conjonction d'actions publiques (études de dimensionnement et financement des infrastructures) et d'actions collectives (organisations pour la gestion des infrastructures, de l'usage de l'eau et de la production). Il est des situations où seule une intervention de l'Etat peut modifier les équilibres sociaux qui bloquent les changements (réforme agraire, accès à l'eau des barrages). Par ailleurs, sans action collective pour relayer les politiques publiques par la mise en place de nouvelles formes de gestion locale des ressources, les changements restent limités.

La décentralisation des forages, des puits ou des réservoirs ne doit pas être érigée en slogan et opposer le petit açude communautaire au grand barrage public ou privé. Cette décentralisation est souhaitable dans la mesure où c'est bien à l'échelle locale qu'est organisée la production et que peut fonctionner l'action collective qui permet de gérer, à moindre coût et avec plus d'efficacité, la ressource en eau. Comme à São Felipe, elle suppose de promouvoir le dialogue, la concertation et la coordination entre différents types d'acteurs situés sur un même bassin versant. Elle s'applique aux travaux collectifs, ou *mutirão*, pour l'entretien des *caldeirões* et des petits barrages à Massaroca, et à l'organisation des groupes de producteurs de Pintadas, pour la construction et l'utilisation collective des açudes. L'action collective se révèle adaptée pour la gestion de ressources très localisées qui intéressent de petits groupes : femmes d'un quartier, agriculteurs occupant un même bas-fond, etc. Mais, la construction et surtout l'entretien des ouvrages communautaires, à Pintadas comme à Tauá, sont aussi l'occasion de conflits, qui mettent en évidence les limites de la gestion de biens collectifs. Les formes de l'appropriation individuelle ou collective ne sont pas sans incidence sur les processus d'exclusion, l'histoire du Nordeste le prouve. Ces conflits et les négociations qu'ils provoquent peuvent cependant faire apparaître des solutions nouvelles. La formulation de règles d'usage des biens communs et publics conditionne alors les stratégies et les

comportements individuels et collectifs et, par conséquent, les évolutions sociales et techniques.

Conclusion

Le cas de la gestion de l'eau dans le Nordeste semi-aride, comme celui de l'élevage, montre que l'amélioration des systèmes techniques de production est complexe. Elle ne dépend pas seulement de solutions techniques, mais aussi d'innovations économiques, sociales et organisationnelles. Elle s'appuie sur des processus d'apprentissage individuel et collectif et sur un ensemble de mécanismes d'information, d'expérimentation et de décision. Essentiellement mise en œuvre par l'action individuelle des producteurs à l'échelle de l'exploitation, l'innovation technique met en jeu d'autres niveaux d'organisation, ceux de l'action collective (communautés, associations, groupements de producteurs, etc.), ceux de l'action publique (municipalité, Etat) et ceux des acteurs privés (agro-industries, firmes d'intrants, banques, commerçants, etc.). On ne peut donc penser et mettre en œuvre l'amélioration des systèmes techniques de production par une simple opération de transfert technique organisée depuis les centres ou les stations de recherche.

La gestion de l'eau constituant un enjeu de pouvoir majeur dans le *sertão*, les changements techniques remettent en cause des ordres et des équilibres sociaux, d'une manière particulièrement exacerbée. En abordant le développement local par des entrées techniques (élevage, irrigation, gestion de l'eau), les projets comme ceux de Massaroca ou de Pintadas se sont rapidement heurtés à des limites. Ils ont mis en évidence les relations entre changement technique et facteurs sociaux et ont souligné l'importance d'une action qui intègre ces différentes dimensions et des niveaux d'organisation pluriels. Ces constats ont entraîné une extension du champ des recherches. De nouveaux thèmes, comme l'organisation locale, le rôle du marché, les politiques publiques, ont été abordés. De nouvelles disciplines ont été mobilisées pour comprendre les faits et les changements techniques, de la géographie humaine à la sociologie des organisations en passant par l'économie des institutions, des contrats et des conventions.