

QUELQUES ASPECTS DE LA PETITE IRRIGATION DANS LE NORDESTE BRÉSILIEN

F. MOLLE*, R. COURCIER*, E. CADIER**

RESUME

Le Sertão, zone semi-aride du Nordeste brésilien, à pluviométrie très irrégulière, est confronté de manière cruciale au problème du stockage et de l'utilisation des ressources en eau. Longtemps zone d'élevage et d'agriculture pluviale de subsistance, le Sertão connaît, depuis une dizaine d'années, une importante vague d'expansion de l'irrigation : cette évolution remet en cause la valeur symbolique des ressources en eau (réserve pour l'alimentation en cas de sécheresse) et favorise l'émergence de nouveaux systèmes de production. Les auteurs font le point sur les diverses composantes de ce développement et sur les principaux problèmes qu'ils rencontrent. Ils résument les travaux de la Coopération Française et de l'ORSTOM à ce sujet.

MOTS-CLES

Ressource en eau - Irrigation - Stockage de l'eau - Recherche - Technologie appropriée - Adoption de l'innovation - Ouvrage hydroagricole - Formation - Vulgarisation.

INTRODUCTION

Depuis les années 60, la coopération scientifique et technique française a participé aux travaux du gouvernement brésilien visant à mieux connaître et mieux utiliser les ressources en eau de la région semi-aride du Nordeste.

Commencés avec la participation à un vaste projet de mise en valeur d'une région aride de l'Etat du Ceara, et poursuivis par des études hydrologiques fondamentales, les travaux se concentrent, depuis quelques années, sur l'étude des ressources et des techniques adaptées à la petite irrigation. Cette voie de développement, décentralisée et adaptée à la situation sociale, écologique et économique du Nordeste, n'a que dix ans. Elle a démontré un réel dynamisme, mais se trouve aussi confrontée à une situation complexe. Cet article se propose de présenter quelques éléments permettant une meilleure compréhension des problèmes et évolutions de ce projet.

I - DISPONIBILITES ET UTILISATION DE L'EAU

La carte géologique du Nordeste fait apparaître deux zones principales, sensiblement égales quant à leur superficie : une zone cristalline et une zone sédimentaire couvrant l'essentiel de l'Etat du Piauí, du Maranhão, une partie de la Bahia, et du Rio Grande do Norte (fig.1).

1. Les ressources en eau

Les ressources en eau souterraines des zones sédimentaires sont considérables et accessibles par des puits classiques et l'on estime à 400 milliards de m³ les volumes exploitables annuellement. En revanche, dans le socle cristallin, largement imperméable, en dehors des grands cours d'eau, les ressources en eau proviennent principalement des barrages et des retenues collinaires dont le nombre avoisinerait 70.000. On évalue à 20 milliards de m³ le volume d'eau ainsi stocké, dont plus de la moitié (57%) correspond à 257 grands barrages publics (données de 1985 excluant le barrage de Sobradinho sur le fleuve São Francisco : 37 milliards de m³).

réserves
souterraines
ou stockage
superficiel

* ATD MAE - Brésil
** ORSTOM - Brésil

ORSTOM Fonds Documentaire

N° : 26.173 ex 1

Cote : B

M 22 MARS 1989

P1
P 134

Quelques données historiques :

L'histoire de la colonisation du Nordeste et partant celle du Brésil, a commencé par le **défrichage** et l'**exploitation** (pour la culture de la canne à sucre) des **zones côtières** dont les sols tropicaux rouges et épais étaient recouverts par une forêt dense. La partie intérieure du Nordeste, le Sertão, dont la position géographique devrait lui conférer un climat tropical, est en fait, de par un complexe phénomène climatologique, une région semi-aride moins accueillante : elle ne fut mise en valeur qu'à partir du **17^{ème} siècle**, quand l'augmentation de la population impliqua la nécessité de créer un élevage bovin pourvoyeur de viande et d'animaux de trait. La vie s'y est alors développée autour des grandes propriétés d'élevage extensif tandis que l'agriculture de subsistance restait limitée aux zones écologiquement favorables.

Au **siècle dernier**, le développement de la culture du coton a permis un nouvel essor de la région et favorisé la croissance latifundiaire sur la base de l'association élevage bovin + coton pérenne, en utilisant le plus souvent le travail de métayers.

Au **20^{ème} siècle** la situation internationale du coton et de l'intégration progressive de la région dans le contexte national provoque une crise des systèmes agraires caractérisée par l'exode rural et la paupérisation des paysans.

Cette structure traditionnelle s'est perpétuée au long des siècles, durement mise à l'épreuve par les sécheresses récurrentes que l'on connaît, la dernière d'entre elles (1979-1983) étant encore bien présente dans les esprits.

Un problème social et foncier

En dépit d'un gros effort d'investissement dans les infrastructures de base (routes, eau potable, électrification...) la situation sociale du Sertão reste excessivement préoccupante. Avec son taux d'analphabétisme, son taux de croissance démographique et sa mortalité infantile record, le Nordeste constitue un **réservoir de main-d'œuvre** pour le Sud du pays, industrialisé et prospère. Dans le Sertão, en dehors de certains pôles de développement comme la vallée du São Francisco, l'économie reste centrée sur les **productions traditionnelles** : maïs, haricots, briques, tuiles, bois, cuir, viande, dont dépend 80 % de la population.

La **situation foncière**, notoirement inique et déséquilibrée se résume en quelques chiffres : 5 % des propriétaires concentrent entre leurs mains 70 % des terres. Si les propriétés de moins de 10 ha n'occupent que 4 % de la superficie du Nordeste, elles sont en revanche la base de la production alimentaire. Les grandes propriétés, de plus de 1.000 ha, n'y contribuent pour leur part que dans une proportion de 7,5 %. Les premières produisent 72 % du riz, 68 % des haricots, 67 % du manioc, 57 % du maïs alors que pour les propriétés de plus de 500 ha les productions respectives sont dérisoires : 3 %, 3 %, 2 %, 5 %.

Quelques aspects de la petite irrigation dans le Nordeste Brésilien

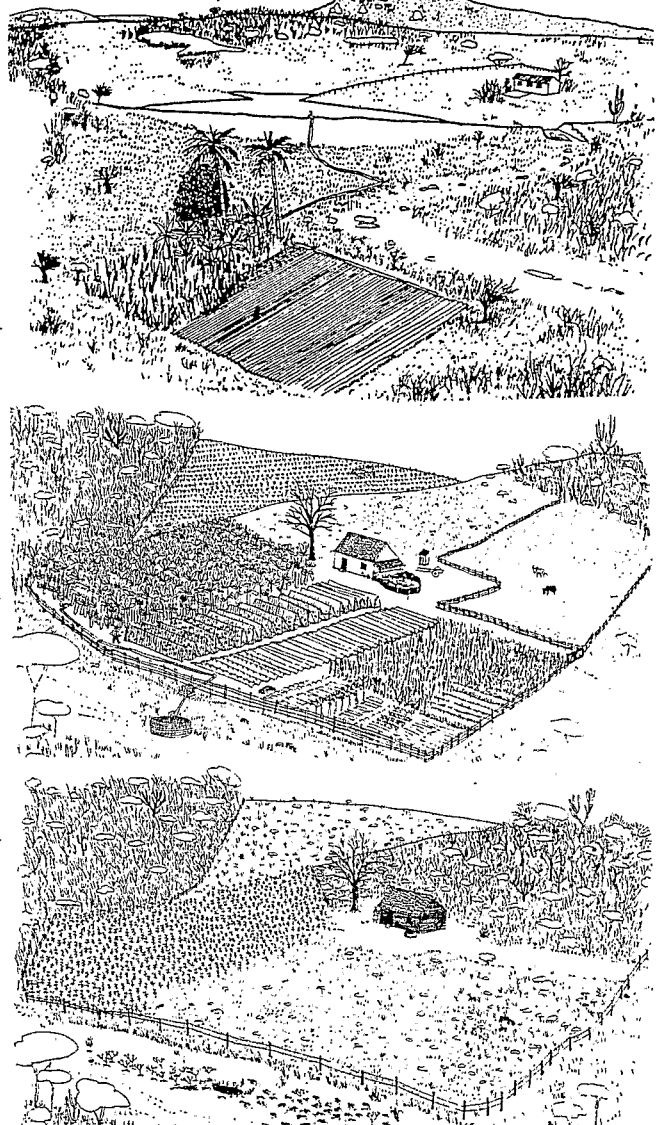


Fig. 1 - Les ensembles géologiques du Nordeste

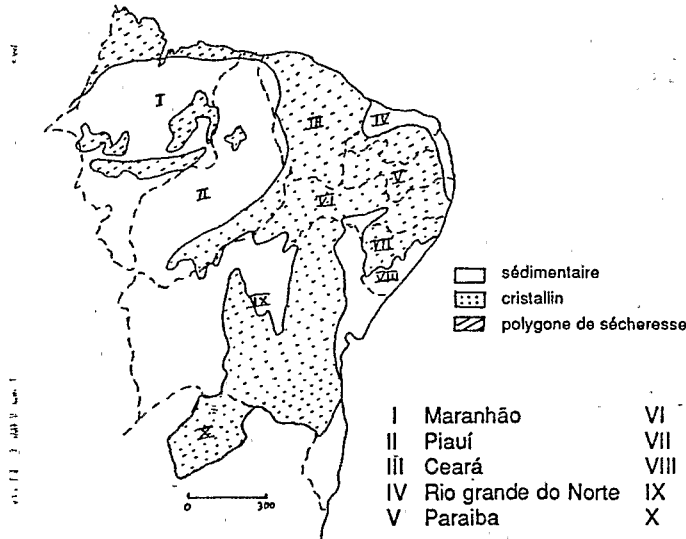
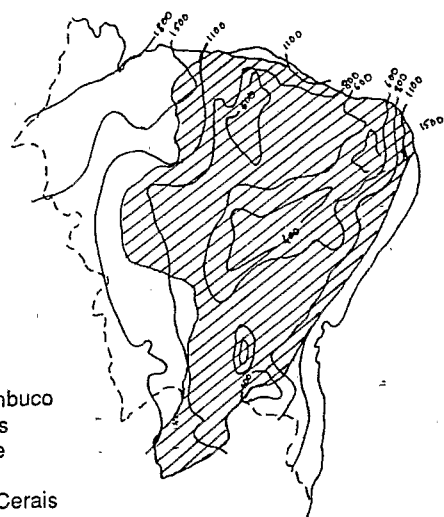


Fig. 2 - Isolhyètes et polygone de la sécheresse



un
ruissellement
faible

Pour un apport pluvial annuel moyen de mille milliards de mètres cubes, on estime qu'on pourrait, après stockage et déduction des pertes par évaporation, disposer d'un volume utile de 40 milliards de m³. Ces chiffres mettent en évidence la faible proportion des ruissellements et des infiltrations profondes, de l'ordre de 8 %. Le reste des apports hydriques est repris par l'évapotranspiration.

Dans les zones les plus arides les écoulements ne sont qu'exceptionnels alors que, par exemple, pour le bassin parisien ce taux est de 47 %.

En dehors des réservoirs superficiels, la zone cristalline possède des ressources souterraines limitées aux failles et aux fractures du socle ; elles sont souvent peu abondantes, salinisées et d'accès difficile.

et parfois un
accès à la
nappe phréatique

Il existe toutefois une exception notable : 5 % du cristallin, soit à peu près 35.000 km² est recouvert de petites formations alluviales, d'une profondeur moyenne de 3 mètres et en général très fertiles ; situés évidemment dans le fond des vallées, ils sont associés à des nappes phréatiques peu profondes et auxquelles, dans la pratique, on accède par des puits larges et de faible profondeur (appelés puits «amazonne») ou de simples trous («cacimbas»).

Ces réserves spécifiques correspondraient à un volume de 5 milliards de m³ ce qui, en fonction de la réalimentation annuelle, devrait permettre de disposer de 1 ou 2 milliards de m³/an.

irrégularité
des précipitations

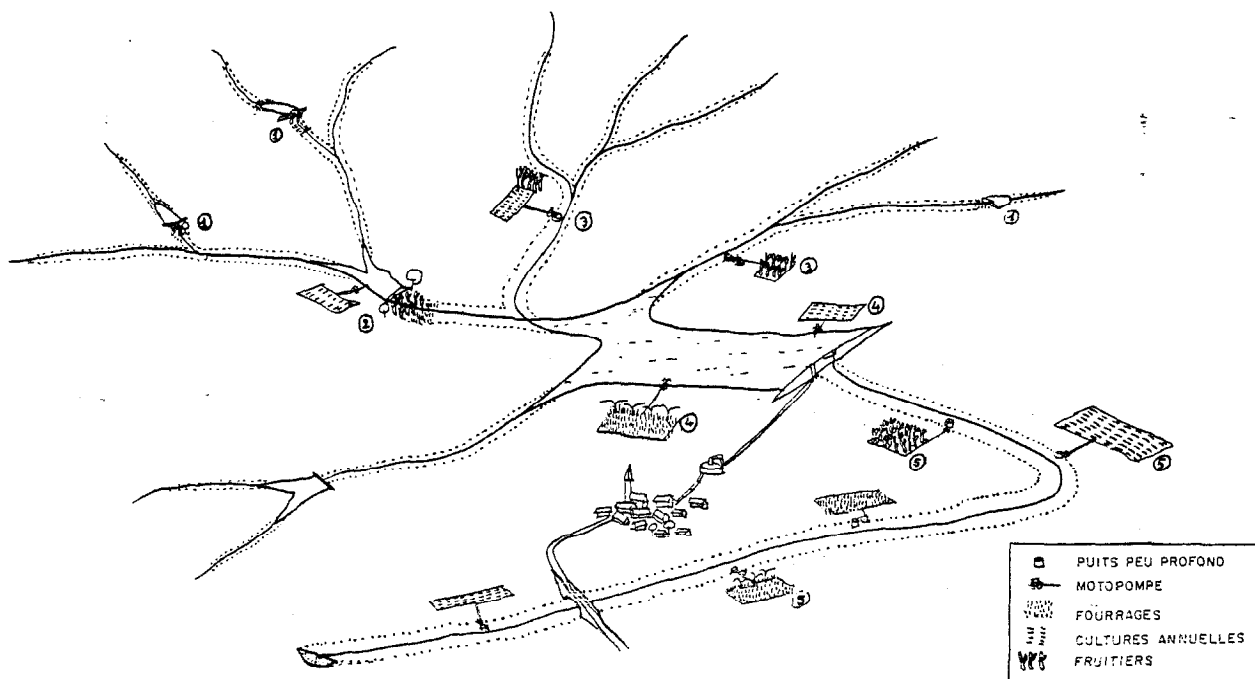
Pour compléter cet inventaire il convient d'évoquer le facteur principal qui permettra de comprendre la problématique de l'utilisation de l'eau dans le Nordeste brésilien : il s'agit de la grande irrégularité des précipitations, d'une part au sein d'une même année, puisqu'il n'est pas rare de voir 60 % ou 50 % du total annuel tomber en moins d'une semaine, d'autre part dans la variabilité interannuelle, comme le prouvent les inondations de 1985 faisant suite à 5 ans de sécheresse. Cette irrégularité rend le stockage et la gestion de l'eau problématiques et, en particulier dans la zone cristalline où les problèmes sont plus aigus et où se concentre notre travail.

2. Utilisation de l'eau

des aménagements
adaptés

De l'amont vers l'aval des bassins versants, on trouvera tout d'abord, sur les ruisseaux et les petites rivières intermittents, des retenues collinaires appelées «barreiro» ou petit «açude» (figure 3).

Fig. 3 – Les diverses situations de l'utilisation de l'eau



retenues
collinales
temporaires

Ces retenues, de volume en général inférieur à 10.000 m³, constituent des **points d'eau temporaires** pour le bétail et se trouvent généralement à sec à la fin de la période sèche. Elles servent aussi, plus rarement, à pallier les irrégularités de la saison des pluies et sont alors utilisées pour sauver les cultures pluviales (irrigation de «salvação»).

réservoirs
permanents

Plus en aval, on trouvera des retenues un peu plus conséquentes, les «açudes» moyens ; ces réservoirs, d'une capacité de l'ordre de 30.000 à 300.000 m³, même utilisés de façon contrôlée demeurent le plus souvent en eau toute l'année, en dehors des périodes critiques de plusieurs années consécutives de sécheresse. Notons que cet ordre de grandeur relatif aux volumes n'est qu'indicatif car la «résistance» de l'açude dépendra bien sûr principalement de sa profondeur (pour l'évaporation) et de son bassin versant (pour la réalimentation), sans parler des caractéristiques pluviométriques locales.

Ces açudes moyens sont utilisés pour l'alimentation humaine et animale et commencent à l'être pour l'irrigation. Traditionnellement, et ceci d'autant plus s'ils sont situés sur une de ces petites formations alluviales, les terres directement à l'aval de la retenue sont plantées d'arbres fruitiers, de fourrage ou de canne à sucre. Ces cultures bénéficient de l'humidité naturelle des alluvions et surtout des infiltrations provenant de l'açude.

La culture de décrue sur les bords humides des retenues est aussi, selon les régions, assez couramment pratiquée et l'on plantera volontier des fourrages, des patates douces, des pastèques ou des melons. L'irrigation, quand elle est pratiquée, se fait, soit sur les versants de la retenue, par pompage, soit dans la partie aval, des techniques gravitaires par siphons peu coûteuses pouvant alors être utilisées.

de petits puits
pour l'irrigation

L'irrigation se fait aussi très souvent à partir de **puits amazone** situés dans des formations alluviales un peu plus larges. Ces puits, souvent faits à la main avec des briques artisanales, permettent généralement l'irrigation de 1 à 2 ha avec des débits avoisinant 4 m³/h.

des retenues
pour l'alimentation
des villes

Les **grands açudes** en général publics, sont des ouvrages d'une taille suffisante pour assurer la pérennité de la ressource en eau : ils sont généralement conçus pour l'alimentation des villes, la régulation des crues, la pérennisation des rivières et parfois l'irrigation de grands périmètres.

La petite irrigation privée sur les bords des grands açudes est en pleine expansion.

Un phénomène similaire se produit sur les berges des rivières parfois pérennisées par les barrages.

pompage dans les
rivières ou
le fleuve

Le **pompage** se fait soit directement dans le cours d'eau, soit dans les puits amazone situés dans le lit majeur.

En dehors de cette irrigation à caractère décentralisé, il faut rappeler que plus d'un tiers de l'irrigation dans le Nordeste se fait à partir du São Francisco, grand fleuve qui prend sa source dans l'Etat du Minas Gerais et traverse le Sertão sur plus de 1.200 km.

II - LES CONDITIONS DU DEVELOPPEMENT DE LA PETITE IRRIGATION

1. Situation institutionnelle

gestion
étatique

L'irrigation dans le Nordeste n'a vraiment commencé que très tardivement, vers 1970, et on n'y comptait à cette époque que 3.000 ha irrigués. (De manière générale, le Brésil, qui se place au 5^{ème} rang mondial pour les ressources en eau, ne se trouve qu'au 31^{ème} pour ce qui est de leur utilisation). Le Nordeste possède actuellement environ 200.000 hectares irrigués : 80.000 par des grands organismes d'irrigation publique et le reste par l'irrigation privée. Au Brésil, on regroupe sous l'appellation «irrigation publique» l'ensemble des périmètres qui ont été financés et sont gérés par l'Etat. Au contraire on appelle «irrigation privée», les périmètres financés et gérés par les agriculteurs, même s'ils ont été largement subventionnés. Il faut signaler que les deux tiers de cette dernière sont constitués de petits projets implantés, ces dernières années, dans le cadre de programmes spéciaux (Sertanejo, Prohidro, Provarzeas, etc...) qui offraient des crédits subventionnés. Ces projets régionaux, par leur superposition quelque peu archaïque et la multiplication des organismes et des infrastructures qu'ils engendraient, n'ont été que des réussites partielles et d'ailleurs successivement abandonnés.

ou paysanne

Lancé en 1987 par le gouvernement actuel, le Programme National d'Irrigation (PRONI) s'est donné comme objectif de porter la superficie irriguée du pays, à la fin de 1990, à 3 millions d'hectares, dont un million pour le Nordeste (PROINE).

Ce projet ambitieux s'est vite trouvé confronté à la réalité et, pour l'année 1987, n'a atteint que 5 % de l'objectif annuel prévu. Dans le Nordeste, la petite irrigation privée est principalement prise en compte par le Projet d'Appui au Petit Producteur (PAPP), financé sur 15 ans par la Banque Mondiale. Il s'agit de petits systèmes ne dépassant pas généralement 4 hectares irrigués par famille, qui sont installés soit chez des propriétaires isolés, soit dans des communautés rurales organisées.

2. Les avantages de la petite irrigation privée

valorisation
du travail familial
et sécurité

peu coûteuse
et peu traumatisante

La petite irrigation privée, qui se conçoit comme une diversification du système de production de l'agriculteur, favorise une meilleure valorisation de la force de travail familiale, employée ainsi tout au long de l'année, et dont la production ne dépend plus autant de l'irrégularité des pluies. Les bénéfices provenant de la petite irrigation, même s'ils permettent de doubler le revenu familial, restent modestes ; ils induisent néanmoins une certaine sécurité et un début de capitalisation qui favorisent de façon déterminante la fixation des familles rurales dans leurs localités.

De plus, la petite irrigation privée ne demande que des investissements productifs modestes (500 à 2.000 \$/ha pour les systèmes les plus courants et 3 à 6.000 \$ pour une irrigation localisée). Elle permet, par rapport à la grande irrigation publique, l'économie des transformations foncières, des infrastructures d'installation des irrigants et de la gestion des nouveaux ensembles, sans oublier les drames provoqués par les expropriations, les déplacements de populations et les discontinuités sociales introduites.

La dispersion des irrigants pose bien sûr des problèmes particuliers (commercialisation, assistance technique, électrification...). Mais la petite irrigation, moins chère et plus intégrée aux réalités sociales, constitue une des voies prioritaires du développement du Nordeste et complète les grands projets d'irrigation comme ceux du Rio São Francisco. Son extension dépend aujourd'hui de nombreux facteurs dont la conjonction est indispensable.

3. La stabilisation de la politique du crédit rural.

provoquée par
une inflation
importante

et la crainte
des agriculteurs

Après deux tentatives de contrôle de l'inflation en 1986 et 1987, celle-ci a atteint quasiment 400 % en 1987. Dans ces conditions, l'Etat Brésilien a du, après 15 ans d'une politique de crédit rural non indexé sur l'inflation qui correspondait en fait à de très importantes subventions aux agriculteurs, mettre au point des conditions de crédit plus contrôlables en séparant subventions, intérêts et actualisation en fonction de l'inflation. Les agriculteurs, à qui on avait donné l'habitude de mêler ces trois éléments, en ne faisant apparaître que des intérêts souvent inférieurs à la moitié de l'inflation, ont fui en masse tous les programmes de crédit rural. Même le programme du PAPP, qui offre 50 % de subvention pour les petits agriculteurs, n'est pas accepté par les producteurs qui craignent que les prix agricoles ne puissent suivre l'inflation, c'est-à-dire quadrupler ou quintupler en un an comme en 1987. On peut penser aussi que les agriculteurs ayant connu des conditions plus avantageuses, lorsque l'inflation réduisait leur dette en termes réels de 30 à 40 % chaque année, attendent un retour à de plus importantes subventions.

L'incertitude quant à l'évolution de l'inflation et quant aux adaptations des conditions de crédit est totale, début 1988, et le risque d'une paralysie durable des crédits d'investissements n'est pas à écarter.

4. Les perspectives de commercialisation des produits agricoles

production
de légumes
et de fruits

vendus sur
les marchés locaux

ou transformés

culture
fourragère

Des revenus monétaires importants sont indispensables pour faire face aux investissements initiaux et aux coûts d'opération des systèmes d'irrigation, même les plus simples et les plus petits. Les agriculteurs du Nordeste peuvent difficilement compter, pour garantir ces revenus, sur la commercialisation des produits alimentaires traditionnels (maïs, haricots, manioc, riz...) qui sont largement concurrencés par les produits du Sud et du Centre Ouest. Par contre, la production de légumes et de fruits irrigués (tomates, oignons, poivrons, melons, pastèques, raisins, mangues...) s'est beaucoup développée depuis dix ans en profitant de la situation géographique, des conditions écologiques et du faible coût de la main-d'œuvre locale, et constitue une des meilleures options pour les nouveaux irrigants.

Jusqu'à présent, en dehors des petits marchés locaux dont la capacité d'absorption est limitée, les petits irrigants n'ont pas la possibilité d'écouler leurs produits frais sur les grands marchés nationaux et internationaux. Pour les produits transformés localement (concentré de tomates, confitures de banane et de goyave...) des agro-industries de toutes tailles s'approvisionnent déjà dans certaines régions semi-arides. On peut penser à favoriser l'installation de nouvelles agroindustries et, surtout favoriser l'organisation des irrigants en coopératives (formation, appui technique, financements et équipements) pour, d'une part renforcer les producteurs dans leurs négociations avec les industriels, et, d'autre part prendre en charge une partie du ramassage ou le premier traitement des productions et organiser des débouchés sûrs pour les produits frais.

En dehors de ces produits à haute valeur ajoutée, il faut citer la culture des fourrages irrigués dont le dynamisme est spectaculaire. Cette pratique permet notamment la soudure entre la fin de saison sèche et les premières pluies, éliminant la nécessité de l'achat de rations.

D'autres produits agricoles exigeant une main-d'œuvre importante, comme le coton herbacé, le raisin, le tabac, pourraient être plus diffusés dans le cadre du développement de la petite irrigation.

5. Les interventions foncières

pour légaliser
le droit à
la propriété

La concentration des populations le long des rivières et près des ressources en eau en général, pour garantir l'accès à l'eau potable, est une tendance de fond dans l'occupation de la zone semi-aride. Ainsi les zones qui sont utilisables pour la petite irrigation sont souvent socialement mieux distribuées que l'ensemble des terres. Cependant les terres exploitées par les petits agriculteurs le sont trop souvent sans reconnaissance légale, alors que les crédits subventionnés ne sont, en pratique, accessibles qu'à ceux qui prouvent légalement leur droit sur la terre. Il est donc prioritaire d'étendre les programmes de légalisation des situations foncières là où la petite irrigation peut être développée. Il importe aussi d'organiser la distribution des terres récupérées par le programme national de réforme agraire en fonction de l'utilisation possible des ressources en eau, en prévoyant de donner à chacun l'accès à la petite irrigation pour diversifier son système de production. Enfin la création de grands barrages inondant généralement des terres largement occupées, justifierait une redistribution foncière systématique du bord des plans d'eau pour réinstaller les populations déplacées et maximiser l'usage social des ressources créées.

6. La gestion des ressources en eau

pose déjà
des problèmes

Déjà, apparaissent dans certaines situations de sérieux conflits pour l'utilisation de l'eau. Il se pose donc un double problème de **planification de l'utilisation des ressources hydriques** et d'**équité dans leur distribution**.

Aujourd'hui, par exemple, la gestion de certains barrages est très aléatoire et dépend d'institutions variées qui réagissent, quand elles le peuvent, aux sollicitations des irrigants, en dehors de toute planification préalable et sans technique de gestion.

par manque
de règlement
et de technique

Pour limiter ces difficultés, il faut prévoir :

– Une réglementation qui exigera des autorisations pour l'implantation de nouveaux systèmes et la construction de nouveaux ouvrages ;

– L'organisation des utilisateurs qui devront mieux définir et exprimer leurs besoins, de façon à améliorer la gestion des retenues et des ressources en général ;

– La fixation des mécanismes institutionnels nécessaires aux arbitrages entre les divers utilisateurs (irrigation, eau potable, pisciculture, électricité, amont et aval...).

Actuellement plusieurs ministères de la Fédération et de plusieurs Etats du Nordeste admettent la nécessité de la gestion des bassins hydrographiques et des efforts sont en cours pour en définir les moyens et les méthodes. En l'absence d'un règlement global, l'indéfinition institutionnelle et légale risque malheureusement de perdurer.

7. L'électrification rurale

permettra une
motorisation
adaptée

Au Brésil et dans la région Nordeste, les rapports de prix sont très favorables à l'énergie électrique, ce qui est logique étant données les ressources hydroélectriques et la dépendance en carburants importés. Le coût du pompage avec des moteurs électriques est près du tiers du coût du pompage avec des moteurs diesel, les autres carburants étant encore moins intéressants. Les énergies alternatives n'ont pas eu de développement sérieux du fait de leurs coûts prohibitifs (cellules photovoltaïques) ou de limitations de puissance et de problèmes de réparation (éoliennes et biodigesteurs). La motorisation des pompes étant déjà largement diffusée, l'introduction de systèmes de pompage à énergie humaine ou animale, malgré les faibles investissements initiaux qu'ils permettent, semble peu adaptée à la situation.

Les programmes d'électrification rurale spécifiquement orientés vers l'irrigation semblent en bonne voie et des projets de grande envergure viennent d'être financés dans le cadre du programme national d'irrigation.

8. L'assistance technique et la formation

pour les
nouveaux
irrigants

La culture de nouvelles plantes, l'utilisation des équipements d'irrigation et la conduite de l'eau représentent une masse de connaissances pratiques à transmettre aux nouveaux irrigants.

Les organismes d'assistance technique et de vulgarisation prennent généralement en charge ces tâches de formation et élaborent les projets techniques pour chaque nouvel irrigant. Le développement et le succès de la petite irrigation dépend donc directement des capacités d'exécution des techniciens de terrain et de leur disponibilité pour en assurer le suivi. De façon plus générale de nombreux professionnels devront être formés dans les Etats au niveau des équipes de vulgarisation mais aussi de conception, de planification, de réalisation et d'opération des projets d'irrigation.

et pour les
professionnels

L'expérience récente a montré qu'il est préférable de former, notamment par des exercices pratiques, quelques professionnels triés sur le volet, plutôt que de pulvériser des connaissances théoriques à de nombreux techniciens dont une minorité seulement aura des chances de les valoriser.

9. La disponibilité de matériels fiables et adaptés

soumis à des normes

La nouveauté du marché des équipements d'irrigation a facilité l'apparition de matériels de qualité insuffisante. On rencontre ainsi des tuyaux de polyéthylène qui se fendent ou se cassent après deux ou trois ans ou des asperseurs qui s'usent en un an...

Heureusement les projets actuels de définition de nouvelles normes techniques et d'organisation de tests de matériel nous permettent d'espérer une amélioration de la qualité des produits. De plus, la maturation et le développement du marché de matériels d'irrigation et des travaux de recherche et d'adaptation permettront de diversifier les options technologiques disponibles.

III - LES TRAVAUX DE COOPERATION TECHNIQUE FRANCO-BRESILIENNE

technologie et développement

Depuis 1980 le projet TAPI, «Technologies Appropriées à la Petite Irrigation», s'attache à la mise au point, l'adaptation et la diffusion de technologies d'irrigation adaptées aux conditions écologiques et socioéconomiques de la région semi-aride du Nordeste Brésilien.

A l'heure actuelle, le projet se divise en deux branches principales : l'étude et le test de technologies de micro-irrigation et un projet de mise en valeur des açudes, réalisé en collaboration avec une équipe de l'ORSTOM.

Inscrit dans le grand Programme régional d'Appui au Petit Producteur (PAPP), le projet se consacre aussi à des travaux méthodologiques pour les composantes de crédit rural, de formation des agriculteurs, de vulgarisation et de recherche et afin appuyer les divers programmes nécessaires au développement de la petite irrigation.

1. Les technologies pour la petite irrigation

technique simplifiée de rampes perforées

Lors du démarrage du Projet, de nombreuses techniques ont été testées : l'utilisation de l'énergie solaire pour le pompage, l'irrigation par aspersion (canon, asperseur mobile), par gravité (tubes à vannettes) et localisées (rampes-perforées, microaspersion, goutte à goutte...). Très vite l'intérêt s'est concentré sur un système d'irrigation localisée, dérivé du système Bas-Rhône-Languedoc, dénommé localement «Xique-Xique» et spécialement bon marché puisque, après simplification, il fonctionne sans filtre et sans distributeur. Un manuel de conception des projets et d'utilisation de ce système simplifié de rampes perforées, la mise au point de systèmes adaptés de cultures associées de fruitiers et de cultures annuelles et la réalisation de nombreuses démonstrations à l'aide de plusieurs programmes de développement, ont permis la diffusion de cette technologie. Aujourd'hui le «Xique-Xique» fait partie de l'éventail des options offertes à l'agriculteur nordestin.

intéressante en zone limitées en eau

La diffusion du «Xique-Xique» a permis de démontrer l'intérêt des systèmes à haute efficacité et ceci spécialement dans les cas où la ressource en eau est très limitée (cas des forages ou des puits à petits débits) ou d'utilisation délicate (cas des eaux chargées en sels utilisées dans des sols drainants). Le plus grand frein au développement des systèmes d'irrigation localisés au niveau des plus petits producteurs est le coût initial des équipements. Mais l'expérience de diffusion limitée a pu montrer qu'avec des crédits subventionnés et un appui technique suffisant, ces systèmes peuvent être très intéressants pour des petits producteurs familiaux notamment du fait des économies d'eau, d'énergie et de main-d'œuvre pour l'irrigation.

devant être adaptées aux conditions locales

Depuis 1986, ayant constaté que les simplifications apportées au système «Xique-Xique» avaient fortement limité les avantages de la technique initiale (uniformité de l'irrigation et longueur des rampes), le projet TAPI teste en milieu réel six systèmes originaux d'irrigation localisée et divers matériels déjà diffusés en France et devant pouvoir s'adapter aux conditions du Nordeste. D'après les premières observations on peut citer l'intérêt suscité par des goutteurs autorégulants, un filtre flottant utilisé à l'aspiration en guise de crépine, un filtre performant utilisant un textile à poils synthétiques, les microtubes et minidiffuseurs d'un emploi simple. Pour la diffusion des nouveaux systèmes, le projet prévoit de participer à la rédaction de manuels, la création d'unités d'observation et de démonstration, et la formation de techniciens à l'irrigation localisée.

et utilisation de productions locales

Parallèlement à ces études, des tentatives sont faites pour utiliser des tuiles et des tuyaux en poterie pour les systèmes gravitaires en aval des açudes». Les très nombreuses petites briqueteries artisanales permettraient alors de produire localement des matériels très bon marché.

2. Mise en valeur des açudes

absence
de tradition
d'irrigation

Le nombre impressionnant d'açudes existants dans le Nordeste (de l'ordre de 60.000), alors que leur densité peut atteindre 0,6 açudes/km², contraste très vivement avec le peu d'utilisation qu'il en est fait. Dans une région où l'évaporation moyenne annuelle est de l'ordre de 2,00 m et peut atteindre près de 3,00 m., où les ressources en eau sont faibles et précieuses, on comprend mal cette sous-utilisation. On se souviendra premièrement qu'il n'existe aucune tradition de l'irrigation dans le Nordeste et que cette activité ne s'impose réellement que depuis peu, en commençant bien sûr, par ceux qui disposent de l'accès au crédit et au capital et de l'ouverture d'esprit nécessaire. Une deuxième explication nous est fournie par l'histoire des sécheresses périodiques qui a profondément marqué les mentalités et qui se traduit par des réticences psychologiques tout à fait naturelles : on n'utilise pas l'eau pour éviter de la gaspiller. Enfin l'on pourra citer des raisons d'ordre technique, spécifiques des açudes, et qui se rapportent à la difficulté d'évaluer les volumes disponibles, les pertes par évaporation, les quantités nécessaires pour irriguer une superficie déterminée, etc...

peur du
gaspillage

et manque
de techniques

a) Le programme «Développement de la petite irrigation à partir des açudes» : est né de la constatation d'une évidente sous-utilisation et de la conjonction des travaux hydrologiques menés par l'ORSTOM sur les écoulements dans des petits bassins versants représentatifs et ceux de la Coopération Française sur les technologies adaptées à la petite irrigation.

On peut résumer le projet en quatre phases dont les deux premières sont en voie de conclusion :

synthèse
hydrologique

• **PHASE 1** : Etude théorique approfondie de l'ensemble «pluie - bassin versant - açude - périmètre irrigué» : en utilisant les données d'écoulement sur les petits bassins, l'ORSTOM a élaboré une synthèse hydrologique permettant d'obtenir les lames d'eau annuelles (de diverses périodes de retour) à partir de la pluviométrie moyenne et de la classification du bassin versant en fonction de sa pédologie, de son relief et de sa couverture végétale.

connaissance
technique

D'autres études ont été menées sur la géométrie des açudes pour exprimer analytiquement les relations hauteur/volume et hauteur/superficie. La détermination des constantes géométriques, de ces relations se fait en fonction de relevés topographiquement hauteur/superficie et leur précision augmente évidemment avec le nombre de relevés dont on dispose.

modèle
de gestion

Un modèle de simulation informatique (P.O.M.A.C.) a été élaboré pour prévoir la gestion des réservoirs, dimensionner les açudes et les périmètres irrigués en fonction d'un risque déterminé. D'autres petits programmes de calcul ont été conçus comme aide de décision à la plantation (SIPAC) ou pour l'élaboration des projets exécutifs (SINELA, SIFAO...).

expérimentation
en zone pilote

• **PHASE 2** : Dans un deuxième temps, 10 projets-pilote d'irrigation à partir d'açudes ont été installés et équipés de manière à pouvoir accompagner le bilan hydrique de l'açude et les phénomènes hydrologiques (pluviomètres, règles limnimétriques, hydromètres).

Par ailleurs, un suivi agro-économique et des collectes mensuelles d'eau sont réalisés.

Cette expérience pratique permet :

- de rassembler des données propres à caler le modèle P.O.M.A.C.,
- de recueillir des données hydrologiques supplémentaires (pluie-écoulement) et des données sur l'évolution de la salinité dans les réservoirs,
- d'acquérir une expérience technique en ce qui concerne la mise en œuvre des systèmes d'irrigation (siphon, tubes à vannettes, etc...),
- de déterminer les points sensibles quant à l'acceptation et l'application de la méthodologie par le paysan,
- de disposer d'une base de démonstration pour une phase de diffusion ultérieure.

diagnostic de
la zone
d'implantation
du projet

• **PHASE 3** : Diffusion limitée : pour tester la méthodologie élaborée sur une zone pilote plus conséquente, un projet de mise en valeur des açudes de la région du Haut-Pajeu a été lancé avec la collaboration de l'Etat de Pernambuco. Cette région de 36.000 km² possède plus de 700 açudes, et près de 300 «barreiros». Il y est prévu l'implantation d'une soixantaine de projets. Dans un premier temps, une enquête de terrain (50 propriétés, tirées au sort, ont été visitées et étudiées) a permis une meilleure compréhension des systèmes de production locaux et surtout du rôle de l'açude dans la propriété, les raisons et les difficultés de son utilisation ou de sa sous-utilisation.

formation de
l'agriculteur

• **PHASE 4** : Diffusion générale : parallèlement à l'implantation des projets sera rédigé le «Manuel du petit açude», destiné à l'EMATER, organe de vulgarisation et de développement rural. Ce manuel contiendra toute l'information nécessaire au calcul des projets et à la gestion des açudes, en incluant l'élevage piscicole et les cultures de décrue.

et diffusion
de l'innovation

Après l'expérience pratique précédente et l'ajustement des méthodes et du manuel, une phase de diffusion générale dans les divers Etats nordestins sera lancée. L'équipe de la SUDENE devra participer à la formation de techniciens dans chaque Etat (video, visites de terrain, exercices, etc...) et s'associera aux projets locaux de mise en valeur des petits açudes.

b) Les expériences apportées par le projet

Revenant à l'expérience présente, on peut dégager un certain nombre d'observations générales :

•Trois types d'utilisation des açudes

les petits açudes
doivent être
utilisés
rapidement

Le type de mise en valeur adaptée à un açude donné dépend d'un grand nombre de paramètres et, dans la pratique, chaque cas est différent ; néanmoins, pour les açudes les plus petits et les «barreiros», on sera amené à faire la constatation suivante : avec deux à trois mètres d'évaporation par an et des infiltrations parfois très élevées, pour des ouvrages rudimentaires, on ne peut considérer ces réservoirs peu profonds comme des points d'eau sûrs. En conséquence, il est préférable de les utiliser tout de suite après la saison des pluies de manière à minimiser les pertes par évaporation. Il faut en effet se rappeler que pour un açude de géométrie moyenne et de 4 mètres de profondeur, la couche d'eau supérieure, située entre trois et quatre mètres représente 54 % du volume total. C'est ce volume qui sera perdu si l'on attend que cette couche d'un mètre s'évapore. L'agriculteur qui n'a pas de bétail ou qui dispose d'une autre source d'alimentation (açude, puit «amazona», «cacimba», cours d'eau...) qui dans la quasi totalité des cas, offre une plus grande sécurité, peut alors utiliser entièrement l'eau de son petit açude pour l'irrigation d'un ou deux cycles après la saison des pluies. Ainsi de cet açude de 26.000 m³ de la région de Jericó, Paraíba, permet l'irrigation de deux cultures successives sur un petit périmètre de 1,2 ha.

les moyens
assurent la
sécurité normale

Pour les açudes moyens, susceptibles d'assurer une régulation interannuelle avec une probabilité suffisante pour constituer des réserves d'eau en cas de sécheresse prolongée ; l'irrigation devra être choisie et dimensionnée de manière à conserver la sécurité de l'alimentation.

les grands
assurent
la survie

Certains açudes, à vocation communautaire et offrant une certaine sécurité d'alimentation, constituent parfois les seuls points d'eau disponibles pendant les périodes critiques et acquièrent de ce fait une importance particulière, justifiant un coût élevé.

La culture de décrue, quant à elle, est traditionnelle dans plusieurs régions et s'adapte bien sûr aux réservoirs les plus évasés.

Rappelons toutefois, qu'en été, un plan d'eau d'un hectare évapore chaque jour à peu près 80.000 litres, c'est-à-dire l'équivalent de l'alimentation en eau de 2.000 bovins : les volumes utilisés pour le bétail sont toujours dérisoires dans le bilan hydrique de l'açude.

De cette remarque il découle que la construction d'un grand açude pour le seul abreuvement animal sera anti-économique surtout, répétons-le, quand d'autres sources existent.

• Problèmes de gestion et solutions

nécessité de
règles simplifiées
de gestion de l'eau

La principale difficulté rencontrée par le paysan, dans la gestion de l'açude, réside dans l'évaluation des volumes et leurs rapports entre eux : volume disponible, volume évaporé, volume nécessaire pour le bétail ou l'irrigation. Ainsi cet agriculteur qui estimait que son açude de 380.000 m³ ne pourrait irriguer plus qu'un hectare de banane parce qu'il avait 50 bêtes qui s'y abreuvaient, ou cet autre qui laissa son siphon ouvert 10 jours durant pour «mouiller son herbe à éléphant». Dans la pratique le contrôle des volumes appliqués et donc de l'efficacité de l'irrigation, est difficile à obtenir sans une orientation technique régulière. Des règles simplifiées devront être élaborées pour donner des indications susceptibles d'être assimilées et appliquées (en particulier pour l'irrigation gravitaire). Le calcul des disponibilités en eau est souvent compliqué quand existe l'association açude-formation alluviale-puits amazona, ce dernier peut alors pallier les déficiences de l'açude, en particulier pour des cultures pérennes. Dans la pratique, cette association est extrêmement intéressante et contribue à conférer à ces petites formations alluviales une importance de premier ordre.

et de calcul
des superficies
à irriguer

Un autre aspect de cette difficulté est le dimensionnement de la superficie à planter et irriguer en fonction du niveau d'eau dans l'açude, des cultures choisies et des caractéristiques locales (forme de l'açude, évaporation, etc.). Des petits programmes de calcul et des abaques permettent de répondre à cette question.

Au niveau de la pratique de l'irrigation, on retrouve le problème du drainage. Les bas fonds en aval des retenues sont souvent mal drainés et on y voit parfois apparaître des phénomènes de concentration des sels.

- Coûts et matériels

Le coût de l'irrigation est extrêmement variable : pour un simple siphon de 3 pouces de diamètre (avec vanne et clapet) on peut irriguer 2 hectares pour 2.000 francs. Si un planage est nécessaire (3.000 FF par hectare) ou qu'un aducteur, voire des tubes à vannettes, mènent l'eau à la parcelle et la distribuent (100 francs le tube de 6 mètres de PVC), l'investissement en sera augmenté d'autant. Si l'irrigation se fait par aspersion, les coûts ne sont pas différents des projets d'irrigation classiques. Il faut ajouter à ceci la dépense constituée par le jeu de règles limnimétriques de l'açude (ou de poteaux indicateurs).

L'accent a donc été mis sur le développement des techniques gravitaires non consommatrices d'énergie et bon marché.

La technique du siphon a donné, en particulier, d'excellents résultats.

CONCLUSION

L'irrigation, qu'elle soit grande ou petite, publique ou privée, représente surtout depuis les dix dernières années un **élément de solution**, malheureusement partiel et limité, à la **misère** endémique du Nordeste brésilien. Sans négliger les possibilités d'amélioration de l'élevage et des cultures pluviales, la maîtrise de l'eau demeure un objectif principal pour se soustraire aux **irrégularités climatiques**. La petite irrigation, tant de nouvelles cultures que de fourrages supplémentaires, peut être considérée comme très bien adaptée à la réalité sociale. On peut cependant redouter certains effets pervers dus au **manque de planification et de contrôle technique** (surirrigation, salinisation, problèmes de gestion de l'eau ou de commercialisation...) et espérer que certains **obstacles structurels** (réalité foncière, crédit rural, législation...) viennent à disparaître progressivement.

Améliorer l'utilisation de l'eau en adaptant des techniques d'irrigation localisée, mettre en valeur le formidable potentiel des innombrables açudes constituent deux axes de recherches qui devraient contribuer à un meilleur usage des ressources hydriques du Nordeste.

Several aspects of small-scale irrigation in the nordeste region in Brazil. — F. MOLLE, R. COURCIER, E. CADIER

The Sertão, a semi-arid zone in the Nordeste region in Brazil with very irregular rainfall is confronted with a crucial problem of storage and utilisation of water resources. The Sertão was for a long time the site of animal husbandry and rainfed subsistence farming but there has been considerable expansion of irrigation over the past ten years or so. This evolution questions the symbolic value of water resources (reserved for consumption in case of drought) and is encouraging the emergence of new farming systems. The authors summarize the situation with regard to the various components of this development and the main problems that they are encountering. They summarize the work of French Cooperation and ORSTOM on this subject.

Keywords : Water resources, irrigation, water storage, research, appropriate technology, adoption of innovations, hydroagricultural works, training, extension.

Algunos Aspectos del riego en pequeña escala en el Nordeste brasileño. — F. MOLLE, R. COURCIER, E. CADIER

El Sertão, zona semi-árida del nordeste brasileño, cuyo calendario pluviométrico es muy irregular, enfrenta de manera crucial el problema del almacenamiento del agua y del uso de los recursos en agua. Esta región fue durante mucho tiempo, una zona de ganadería y de agricultura de secano, agricultura de subsistencia. Desde hacen diez años, se ha desarrollado de manera importante el riego en el Sertão: esta evolución ha transformado el valor simbólico de los recursos en agua (reserva para la alimentación en caso de sequía), y favorece la emergencia de nuevos sistemas de producción. Los autores hacen un balance de los diversos componentes de este desarrollo y de los principales problemas enfrentados. Hacen un resumen de los trabajos de la Cooperación Francesa y del ORSTOM, referentes a este tema.

Palabras clave : Recursos en agua - Riego - Almacenamiento de agua - Investigación - Tecnología apropiada - Adopción de las innovaciones - Infraestructura hidro-agrícola - Formación - Vulgarización.