

*NOTES TECHNIQUES
DU CENTRE ORSTOM
DE N'DJAMÉNA*

N° 13

UTILISATION DU SOL
ET
POSSIBILITÉS D'IRRIGATION
DANS LA REGION DE N'DJAMENA



C. TOBIAS

LA RECHERCHE DE BASE AU SERVICE DU DEVELOPPEMENT

N° 13

UTILISATION DU SOL ET POSSIBILITES D'IRRIGATION
DANS LA REGION DE N'DJAMENA

par
Ch. TOBIAS

Au sud de N'Djaména, jusqu'à Guélangdeng, plusieurs expériences d'aménagement actuellement en cours montrent qu'une grande partie des sols développés sur les dépôts alluviaux de la zone comprise entre Logone et Chari peut être utilisée efficacement pour une production agricole si ces sols sont soumis à l'irrigation.

Le but de cette note est de présenter les différents types de sols que l'on rencontre sur les bords du Chari, d'analyser leurs aptitudes à l'irrigation et enfin de proposer une technique d'irrigation. Il semble en effet nécessaire d'attirer l'attention sur la possibilité de cultiver ces sols pendant pratiquement toute l'année en utilisant l'irrigation par aspersion : cette technique, qui n'est encore pratiquée qu'à titre expérimental au Tchad, semble particulièrement adaptée aux conditions de cette région.

LES CONDITIONS PHYSIQUES DU MILIEU NATUREL

Parmi les différents éléments du milieu naturel le climat et la nature du substratum géologique interviennent de manière prépondérante dans la question étudiée.

TABLEAU 1 : Précipitations moyennes mensuelles à N'DJAMENA
(moyenne établie sur 41 années)

| | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D | |
|----------|-----|-----|-----|-----|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| P mm | 0,0 | 0,0 | 0,2 | 7,5 | 32,4 | 64,6 | 154,0 | 241,6 | 99,0 | 21,1 | 0,5 | 0 | 620,9 |
| N jours | 0,0 | 0,0 | 0,1 | 1,5 | 5,0 | 8,1 | 13,1 | 17,8 | 10,1 | 2,8 | 0,1 | 0 | 58,6 |
| P cumulé | 0,0 | 0,0 | 0,2 | 7,7 | 40,1 | 104,7 | 258,7 | 500,3 | 599,3 | 620,4 | 620,9 | 620,9 | - |
| N cumulé | 0,0 | 0,0 | 0,1 | 1,6 | 6,6 | 14,7 | 27,8 | 45,6 | 55,7 | 58,5 | 58,6 | 58,6 | - |

TABLEAU 2 : Températures moyennes mensuelles à N'DJAMENA
(moyennes établies sur 27 années)

| | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D | Moyenne annuelle |
|------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------------------|
| Moy. max. | 33,4 | 35,7 | 39,2 | 41,2 | 40,0 | 37,5 | 33,1 | 30,6 | 32,7 | 36,4 | 36,5 | 33,9 | 35,8 |
| Moy. min. | 13,9 | 16,5 | 19,9 | 23,7 | 25,0 | 24,0 | 22,7 | 22,1 | 22,3 | 21,8 | 17,9 | 14,8 | 20,4 |
| Moy. Mens. | 23,6 | 26,1 | 29,5 | 32,4 | 32,5 | 30,7 | 27,9 | 26,3 | 27,5 | 29,1 | 27,2 | 24,3 | 28,1 |
| Ecart | 19,5 | 19,2 | 19,3 | 17,5 | 15,0 | 13,5 | 10,4 | 8,5 | 10,4 | 14,6 | 18,6 | 19,1 | 15,5 |

TABLEAU 3 : Humidité relative à N'DJAMENA
(moyennes établies sur 17 années)

| | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D | Moyenne annuelle |
|---------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|------------------|
| 06h 00 | 49 | 40 | 36 | 42 | 52 | 73 | 79 | 90 | 88 | 78 | 51 | 51 | 61 |
| 12h 00 | 15 | 11 | 11 | 17 | 27 | 37 | 57 | 69 | 59 | 35 | 16 | 15 | 31 |
| 18h 00 | 28 | 19 | 17 | 23 | 34 | 49 | 67 | 81 | 77 | 59 | 38 | 34 | 44 |
| Moyenne | 31 | 23 | 21 | 27 | 38 | 53 | 68 | 80 | 75 | 57 | 35 | 33 | 45 |

Les facteurs climatiques

Ces facteurs jouent un rôle considérable dans la nature et le type d'évolution des sols de cette région, et surtout dans leurs possibilités d'utilisation. (Les principales données climatologiques des stations de N'Djaména sont reportées dans les tableaux 1, 2 et 3).

Le climat est de type sahélien, avec deux saisons très tranchées :

- une saison humide de juin à septembre : les précipitations, de l'ordre de 600 mm/an, sont surtout concentrées en juillet et août ; il faut remarquer que cette pluviosité peut être très variable suivant les années (P = 602,8 mm en 1972, 314,7 mm en 1973, 990,1 mm en 1959!), et au cours d'une même saison des pluies.
- une saison sèche longue et chaude, avec une température moyenne annuelle voisine de 28° ; les écarts moyens de température, caractéristiques de ce type de climat, sont élevés entre janvier et mars (voisins de 19°) ; ils diminuent en avril, alors que les moyennes mensuelles atteignent les valeurs les plus élevées.

L'humidité atmosphérique est élevée pendant les mois pluvieux (80 % en août) ; puis elle baisse de manière très importante pendant les mois secs pour atteindre des valeurs extrêmes en février et mars (23 et 21 %).

Les vents, peu variables au cours de l'année, sont de dominante NE, et ne sont jamais très forts si l'on excepte les turbulences orageuses précédant les premières pluies de juin.

Les interactions des différentes données physiques du climat sur la production végétale apparaissent en étudiant l'évapotranspiration potentielle (ou E.T.P.)^{*} : celle-ci synthétise le comportement de la plante vis-à-vis du milieu, en ce qui concerne le bilan de l'eau.

* quantité d'eau évaporée par le sol et la végétation lorsqu'ils sont bien pourvus en eau.

| | | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D | TOTAL |
|--------------------------------|----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|-------|
| P mm | | 0 | 0 | 0 | 8 | 32 | 65 | 154 | 242 | 99 | 21 | 0 | 0 | 621 |
| E T P THORNTWALTE (mm) | moyenne mens. | 131 | 149 | 196 | 199 | 199 | 171 | 143 | 118 | 131 | 167 | 158 | 136 | 1 898 |
| | moyenne journ. | 4,2 | 5,3 | 6,3 | 6,6 | 6,4 | 5,7 | 4,6 | 3,8 | 4,4 | 5,4 | 5,3 | 4,4 | |
| E T P - P = Z mm | | 131 | 149 | 196 | 191 | 167 | 106 | -11 | -124 | 32 | 146 | 158 | 136 | |
| Apports d'eau mensuels (mm) | | 131 | 149 | 196 | 191 | 167 | 106 | - | - | - | 43 | 158 | 136 | |
| Apports d'eau journaliers (mm) | | 4,2 | 5,3 | 6,3 | 6,6 | 5,4 | 3,5 | - | - | - | 2,9 | 5,6 | 4,4 | |

TABLEAU 4 - Précipitations, Evapotranspiration et apports d'eau d'irrigation -

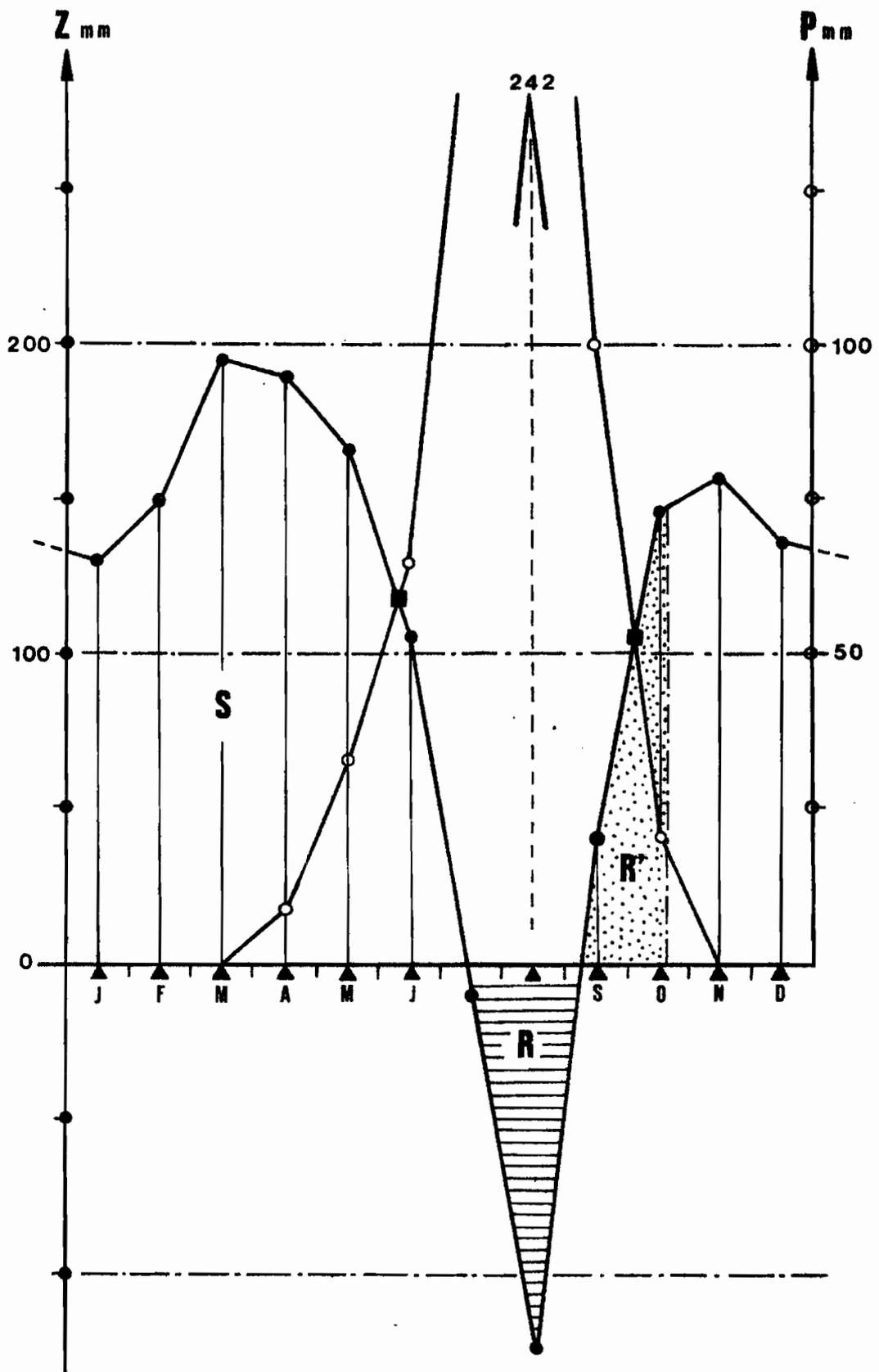


Fig. 1 : Relations ETP - Précipitations

Les pertes d'eau au cours d'une année par transpiration et évaporation sous un couvert végétal standard sont considérables, or en conditions naturelles, le bilan hydrique fait apparaître un déficit annuel d'eau très important. Si l'on veut assurer une culture continue, ce déficit doit être compensé par des apports d'eau d'irrigation. Dans le tableau 4 et la figure 1 on a représenté les variations de l'évapotranspiration (E.T.P.) et de la pluviométrie (P) au courant de l'année. On peut ainsi mettre en évidence trois phases distinctes (fig. 1) :

- en R : P est supérieur à E.T.P. : l'excès d'eau est utilisé à reconstituer la réserve d'eau du sol (saison des pluies).
- en R' : le départ d'eau par voie atmosphérique devient supérieur aux précipitations : le stock d'eau du sol s'épuise.
- en S : les réserves en eau utilisable par les plantes sont très faibles, et l'activité biologique est très limitée.

Ce schéma ne tient compte ni du ruissellement superficiel, ni de l'infiltration profonde jusqu'à la nappe, éléments qui interviennent peu dans la zone considérée.

L'évapotranspiration annuelle est sensiblement de 1 900 mm d'eau ; en se basant sur une pluviosité annuelle de 600 mm, les apports d'eau pour assurer une culture continue devront donc être de 1 300 mm/an, soit de 13 000 m³/ha/an.

Le stock d'eau accumulé pendant la saison des pluies peut assurer une alimentation hydrique environ jusqu'à la mi-octobre ; à partir de cette date, les apports par irrigation devront compenser exactement les pertes par évapotranspiration (l'importance de ces apports est reportée dans le tableau 4). Cette eau sera répartie de manière variable selon la période de l'année :

- pendant la saison des pluies, il est nécessaire, malgré le bilan positif, de prévoir une irrigation d'appoint pour compenser d'éventuelles périodes sèches (notamment en juin, pour assurer un bon départ des semis) ;

- après la saison des pluies, les doses d'eau à apporter augmenteront progressivement jusqu'en mars, avril et mai. Pendant ces trois mois, le dispositif d'irrigation en place doit, pour compenser les pertes par évapotranspiration, pouvoir assurer en moyenne un apport de 200 mm/mois, soit un volume d'eau de 2000 m³/ha/mois.

Le substratum géologique

La zone située entre Logone et Chari montre une mosaïque d'affleurements de formations alluviales ou fluvio-lacustres conditionnant très étroitement la répartition des sols. Cette mosaïque est très complexe en bordure immédiate du Chari, alors que l'ensemble apparaît plus homogène et sableux dans la partie médiane.

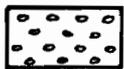
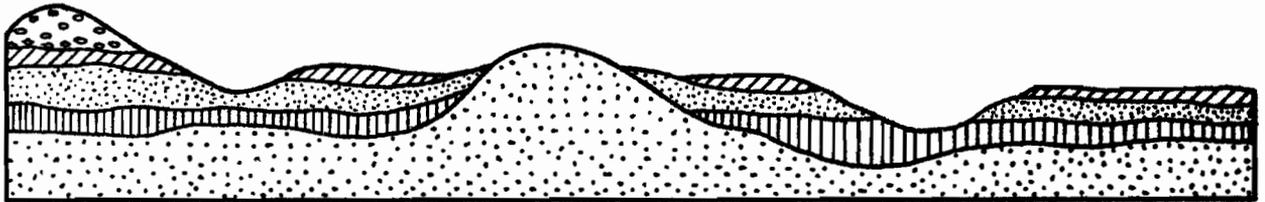
Avec J.PIAS, on peut distinguer 5 formations, dont seules les trois plus anciennes sont constantes (voir figure 2).

- la série alluviale la plus récente constitue les bourrelets de berge des axes fluviaux ; elle est de texture limoneuse fine et un peu micacée. Elle est activement utilisée aux environs de N'Djaména pour la culture maraîchère. Elle n'est pas toujours présente, et l'on observe alors en surface une série argileuse.
- la série argileuse récente est constituée par des sédiments de couleur foncée, déposés dans les dépressions actuelles sous forme de lentilles plus ou moins développées ; elle peut présenter quelques nodules calcaires.
- la série sableuse récente est constituée de sables fluviatiles parfois épais, dont la partie supérieure peut subir des remaniements éoliens et recouvrir par plaques la série argileuse précédente.
- la série argilo-sableuse à nodules calcaires est un sédiment fluvio-lacustre de couleur foncée, assez épais, avec de nombreux nodules calcaires.
- la série sableuse ancienne enfin est une puissante formation sableuse dont la mise en place est à rattacher à celle du Continental Terminal, qui est très développé au sud du Tchad.

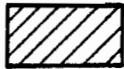
Fig. 2 : Coupe schématique simplifiée de la région inter Logone-Chari
(d'après PIAS)

CHARI

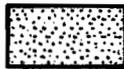
LOGONE



Série alluviale actuelle : bourrelets de berge



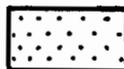
Série argileuse récente d'origine lacustre



Série sableuse récente d'origine fluviale



Série argileuse ancienne d'origine fluvio-lacustre



Série sableuse ancienne

Sur le plan pratique de la mise en valeur de cette région, il faut souligner la très grande hétérogénéité du matériau à l'affleurement. Ceci est particulièrement net dans les quelques kilomètres qui bordent le Chari, c'est-à-dire dans la zone présentant le plus d'intérêt pour l'aménagement de périmètres irrigués à proximité du fleuve.

Les ressources en eau

On peut envisager deux possibilités pour l'alimentation en eau d'irrigation : soit par pompage direct dans le Chari, soit par prélèvement dans la nappe phréatique superficielle.

La première formule ne pose aucun problème, tant sur le plan de la qualité que de la quantité de l'eau disponible dans le fleuve. La différence de niveau maximum entre le niveau du fleuve à l'étiage et les berges du Chari est de 10 mètres.

Le pompage dans la nappe présente deux difficultés : la qualité de l'eau prélevée dans les puits peut ne pas être satisfaisante à cause de la présence de sels ; de plus, le matériau dans lequel sont creusés ces puits est souvent assez imperméable, ce qui laisse prévoir un débit assez faible, incompatible avec les besoins de l'irrigation.

LES SOLS ET LEURS APTITUDES A L'IRRIGATION

Les caractères généraux des sols de cette région sont étroitement liés à la nature du matériau dans lequel ils se sont développés. On peut distinguer quatre types fondamentaux :

- les sols sur bourrelets de berge, limoneux, à excès d'eau plus ou moins prolongé (sols hydromorphes) ;
- les sols sur matériau sableux profond (sols ferrugineux tropicaux) ;

- les sols sur argiles récentes, caractérisés par des phénomènes de gonflement ou de dessiccation en fentes selon la saison (vertisols) ;
- des sols à caractères mixtes, le plus souvent au contact entre les sols sableux et les sols argileux, sableux en surface et argilo-sableux en profondeur (sols de "nagas" ou sols halomorphes, à évolution dominée par la présence de sels).

Le sol peut retenir une quantité d'eau donnée, qui est caractéristique de chaque type de sol : c'est la "capacité au champ" ou "capacité de rétention". Seule une fraction de cette eau pourra être utilisée par les plantes : c'est "l'eau utile".

Cette quantité d'eau disponible pour l'alimentation végétale peut être déterminée par des moyens physiques de laboratoire. On considère qu'en moyenne une tranche de sol de 60 cm intervient dans cette alimentation : la quantité d'eau correspondante est exprimée en litres / m², ou plus souvent en millimètres.

En connaissant la valeur de l'eau utile, on peut, pour chaque type de sol, déterminer les quantités d'eau à apporter et la fréquence des irrigations pour compenser les pertes d'eau par évapotranspiration du sol et de sa couverture végétale.

Les délais calculés théoriquement pour arriver à l'épuisement de la réserve en eau utile sont des valeurs limites : il est vraisemblable qu'avant cette date limite les végétaux explorant la tranche des 60 cm de sol commenceront à souffrir de la sécheresse, et ne se trouveront plus dans les conditions optimales de production. On doit en outre tenir compte d'autres facteurs susceptibles d'intervenir, qui sont d'ordre chimique (présence de sels par exemple) ou physique (apports d'eau conditionnés par la perméabilité des sols).

- Les sols hydromorphes sur bourrelets de berge

Ces sols étant de texture assez fine, l'ensemble du matériau est compact, la cohésion est assez élevée et la perméabilité faible.

La réserve d'eau utile est élevée, et peut être estimée à une lame d'eau de 160 mm pour une tranche de sol de 60 cm : ceci correspond sensiblement à l'évapotranspiration de 24 jours pendant la période la plus sèche. Pendant ces 24 jours, les réserves en eau utile permettent donc théoriquement d'alimenter les plantes en l'absence de pluie ou d'irrigation.

Il semble que l'on puisse sans trop de risques établir des programmes d'irrigation prévoyant des irrigations espacées de 7 jours : l'apport d'eau pour compenser l'évapotranspiration serait alors entre mars et mai d'environ 50 mm par opération.

- Les sols ferrugineux sur matériau sableux

La texture de ces sols est sableuse fine en surface, avec une augmentation de la teneur en argile en profondeur, qui peut atteindre 20 %. Le matériau est peu compact, la porosité élevée quand le taux d'argile est faible, mais la perméabilité demeure souvent faible.

L'humidité à la capacité au champ est faible, et la réserve d'eau utile est très faible : elle correspond à une lame d'eau de 30 mm, qui sera épuisée en 4 jours et demi pendant les mois les plus secs.

L'irrigation de ces sols nécessite des apports d'eau faibles mais fréquents : par exemple un apport de 14 mm d'eau tous les deux jours.

Ces données peuvent être quelque peu modifiées si le sol porte des cultures dont le système racinaire descend profondément, et permet d'explorer une couche de terre plus importante (cas du coton, dont les racines peuvent descendre à un mètre de profondeur).

- Les vertisols

Ces sols sont encore appelés "berbéré" au Tchad et "karal" au Cameroun.

La teneur en argile est élevée dès la surface ; elle augmente en profondeur, où elle peut atteindre 60 %. Cette très forte teneur en éléments fins donne à ces sols un caractère "lourd" très accusé ; de plus, la présence de minéraux argileux dits "gonflants" conduit à la formation de boue lorsque l'humidité est voisine de la saturation, et à d'importantes fentes de dessiccation à l'état sec.

La capacité de rétention est assez élevée, mais la teneur en eau utile pour les plantes est relativement faible, et correspond à une lame d'eau de 65 mm. Cette réserve d'eau sera donc épuisée en 10 jours pendant la période la plus sèche de l'année.

Le facteur limitant dans l'irrigation de ces sols est leur très faible perméabilité : pour éviter un engorgement superficiel par apport d'eau excessif, les apports devront être, comme pour les sols sableux mais pour d'autres raisons, réduits mais fréquents : on peut conseiller une irrigation de 20 mm tous les trois jours.

- Les sols halomorphes ou "nagas"

Un horizon sableux de surface, d'épaisseur variable, passe brutalement en profondeur à un niveau nettement plus argileux, à cohésion élevée et perméabilité faible à nulle.

L'utilisation de ce type de sols sous irrigation nécessite impérativement un sous-solage, qui brise au moins la partie supérieure du niveau argileux pour le rendre accessible à l'eau et aux racines.

La rétention d'eau est faible en surface, augmente un peu dans le niveau argileux profond : la réserve totale en eau utile sur une épaisseur de 60 cm de sol se situe autour de 32,5 mm. Celle-ci sera donc épuisée en cinq jours pendant les mois les plus secs.

Il sera préférable encore une fois de multiplier les apports d'eau, qui devront être faits tous les deux ou trois jours ; ceci évite en outre les remontées salines par ascension capillaire.

On doit noter en effet à propos de ces sols, à côté des données physiques peu favorables, des caractères physico-chimiques très défavorables dans le niveau argileux profond (présence de sodium et forte alcalinité).

Seuls les sols hydromorphes sur bourrelets de berge ont une réserve élevée en eau utile pour les plantes, permettant d'espacer les apports d'eau. Pour des raisons différentes, les trois autres types de sols ont des réserves en eau utile faible, ce qui nécessite des apports d'eau réduits mais fréquents.

CHOIX D'UNE METHODE D'IRRIGATION

Deux méthodes d'irrigation de surface peuvent être envisagées : l'irrigation par gravité et l'irrigation par aspersion. Le choix de l'une ou l'autre formule doit tenir compte des différents facteurs physiques locaux (répartition et aptitude des sols à l'irrigation, conditions topographiques, exigences climatiques, etc...), des données techniques inhérentes à chaque méthode, et enfin des impératifs économiques.

On va présenter les avantages et les inconvénients les plus apparents de chaque méthode ; cette comparaison, qui s'appuie sur certains faits précis d'expériences actuellement en cours, montre que l'irrigation par aspersion semble être la solution à préconiser sur le plan technique, mais la valeur accordée aux produits obtenus interviendra en dernier ressort dans le choix des investissements hydro-agricoles.

Travaux de mise en place du dispositif

Pour l'irrigation par gravité, le nivellement exécuté le plus souvent avec des engins lourds, doit être minutieux et s'appuyer sur une étude topographique préalable de détail. Ces travaux consistent en un nivellement

général des parcelles retenues, suivi d'un façonnage des planches. Rappelons que pour le nivellement d'ensemble, la limite de rentabilité généralement adoptée est de 750 m³ / ha de matériau déplacé : or ce chiffre risque d'être fréquemment dépassé en bordure du Chari, malgré l'apparente monotonie du relief. De plus, il faut fréquemment reprendre les travaux après la première année de mise en service, pour effacer les imperfections ou apporter des modifications.

Pour l'aspersion, les travaux de préparation du terrain sont très limités, et ne nécessitent qu'un nivellement assez sommaire : le dispositif peut s'adapter à des conditions topographiques diverses, et ne nécessite donc pas de levé topographique de détail préalable ni de travaux de terrassement importants. De plus, il évite l'aménagement d'un réseau complexe de canaux primaires d'amenée d'eau, de fossés et canaux secondaires de répartition, de dispositif de régulation, etc... Il est seulement nécessaire de prévoir des ouvrages d'évacuation de l'excès d'eau pluviale.

Des opérations importantes de nivellement de terrain peuvent avoir des conséquences néfastes sur les sols : mise à nu des niveaux argileux profonds par décapage de la surface, épandage superficiel du matériau stérile des termitières (assez nombreuses dans le secteur), enfouissement des niveaux humifères superficiels, etc...

L'aspersion : une utilisation efficace de l'eau

Cette technique est d'utilisation très souple, et permet en particulier des apports d'eau d'entretien de faible quantité rigoureusement contrôlés. Elle permet d'éviter l'érosion superficielle ou l'engorgement par excès d'eau. Inversement, elle ne permet pas les apports d'eau massifs qui sont parfois nécessaires après la saison sèche (mois d'avril-mai) pour amener le profil hydrique du sol à un niveau adéquat (à moins de disposer d'une densité d'aspersion très élevée). Par ailleurs, il n'y a aucune perte d'eau dans les tubes depuis la station de pompage jusqu'au champ, alors que l'on constate des pertes fréquentes à partir des canaux d'amenée classiques en zone sableuse.

Enfin, par cette méthode, l'irrigation peut être parfaitement régulière sur une parcelle de grande taille où les sols ont une composition homogène. Dans l'irrigation par gravité par contre, on constate fréquemment une inégalité dans la répartition de l'eau suivant que l'on se trouve à proximité du canal d'aménée d'eau (avec saturation du sol) ou à une grande distance (apports d'eau insuffisants). Inversement, sur une parcelle dont les sols sont hétérogènes, l'aspersion permet d'adapter les apports d'eau en fonction de cette hétérogénéité.

Dans les sols salés ou sodiques (comme c'est le cas pour les sols de nagas) l'aspersion, par son effet continu, tend à induire un lessivage des sols en profondeur, alors que des irrigations par submersion espacée peuvent amorcer une remontée des sols par capillarité. Notons enfin la possibilité -rarement exploitée- d'apporter des engrais en solution par aspersion.

Le vent peut être un facteur limitant dans l'utilisation de cette technique ; il ne semble pas que ce soit le cas dans la région considérée.

Par contre, cette méthode présente également un certain nombre d'inconvénients, dont les plus importants sont d'ordre économique :

- utilisation permanente d'énergie pour obtenir la pression,
- nécessité d'un personnel d'encadrement à haute technicité,
- déplacement des canalisations et arroseurs fastidieux, nécessitant un personnel assez important,
- le dispositif en place est calculé pour une capacité donnée qui ne peut être dépassée, et les pertes d'eau par évaporation atmosphérique sont plus élevées que dans l'irrigation par gravité.

Sur le plan général de la fiabilité des investissements l'irrigation par aspersion nécessite un blocage important de capitaux pour l'achat de matériel, dont les frais d'amortissement sont assez élevés. Cependant, ces frais concernent pour une grande part l'acquisition d'un matériel mobile, qui peut être aisément récupéré et mis en place dans un autre site en cas d'échec. Par contre, tous les investissements faits pour mettre en place un dispositif d'irrigation par gravité (nivellement, travaux d'aménée d'eau, etc..) sont définitivement bloqués et perdus en cas d'échec.

CONCLUSION

Les deux techniques d'irrigation nécessitent chacune des investissements élevés, de nature très différente, qui ne peuvent être justifiés que par une production sûre et à haut rendement.

Un des facteurs intervenant en premier lieu est la nature du sol : l'inventaire pédologique de détail préalable doit permettre de localiser les zones où les sols ont un potentiel de production élevé, notamment par leur richesse en éléments nutritifs minéraux. A cet égard, il y a lieu de porter l'attention sur les sols argileux développés sur alluvions récentes (bordure du Logone) et sur les matériaux fluvio-lacustres plus anciens.

Jusqu'ici, une étude de détail des investissements et du prix de revient du fonctionnement des deux méthodes au Tchad ne semble pas avoir été réalisée, et apporterait des arguments décisifs.

Sur le plan strictement technique, il semble dès maintenant acquis que l'irrigation par aspersion soit la méthode la mieux adaptée aux conditions locales.

BIBLIOGRAPHIE

- Africa and Irrigation**, (1961 - Proceedings of an International Symposium sponsored by WRIGHT RAIN Ltd - Salisburg, Southern Rhodesia
- Anonyme**, 1964 - Techniques rurales en Afrique - 1) Evaluation des quantités d'eau nécessaires aux irrigations - Ministère de la Coopération - Ministère de l'Agriculture - Paris
- Anonyme**, 1974 - Données climatiques mensuelles - Années 1964 à 1973 - ORSTOM - Contribution à la connaissance du Bassin Tchadien - Centre de N'Djaména - Bureau Central Hydrologique (Paris)
- Anonyme**, 1974 - More water for Arid Lands - Promising Technologies and Research opportunities - NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES Washington
- HENIN (S.)**, 1960 - Le profil cultural - Société d'Editions des Ingénieurs agricoles - Paris
- PIAS (J.)**, 1964 - Cartes pédologiques de reconnaissance au 1/200.000. Feuilles de Fort Lamy, Massenya, Mogroum - ORSTOM Fort Lamy, Paris
- Notice explicative des cartes pédologiques de reconnaissance Fort-Lamy, Massenya, Mogroum - ORSTOM Fort Lamy - Paris
- PILLSBURY (A. F.)**, **DEGAN (A.)**, 1961 - La pratique de l'Irrigation par aspersion Coll. F.A.O. - Progrès et mise en valeur n°88
- RIEU (M.)**, 1974 - Reconnaissance et étude des sols au sud de N'Djaména - Secteur expérimental de Darda - ORSTOM (Centre de N'Djaména) Société Cotonnaire du Tchad
- RIEU (M.)**, **FORGET (A.)**, 1975 - Reconnaissance pédologique en vue de la création de deux stations d'embouche au nord de N'Djaména - ORSTOM (Centre de N'Djaména)
- TOBIAS (Ch.)**, 1975 - Etude préliminaire du périmètre de RAF - Inventaire des sols et conditions d'utilisation de l'irrigation par aspersion - ORSTOM (Centre de N'Djaména)

NOTES TECHNIQUES DEJA PARUES

- N° 1** - L'ensemble Yaérés - Bas-Chari - Lac Tchad et la production piscicole au Tchad -
par A.ILTIS
- N° 2** - La cartographie des sols et la notion de régionalité -
Ses applications au Tchad -
par J.HERVIEU
- N° 3** - Les polders du Lac Tchad - Milieu naturel et formation des sols -
Conséquences de la sècheresse -
par M.RIEU
- N° 4** - Les ressources en protéines au Tchad - Disponibilités et
orientations nouvelles -
par A.CORNU
- N° 5** - Les méthodes de mesures en hydrologie et leur mise en oeuvre
en République du Tchad
par A.CHOURET
- N° 6** - Les poissons du fleuve Chari - Clef de détermination -
par L.LAUZANNE
- N° 7** - Mils et Sorghos du Tchad - Caractères, sélection et exigences
culturales -
par S.ASSEGNINO et J.HERVIEU
- N° 8** - Le lac Tchad et son système d'alimentation - Conséquences
des périodes de sècheresse -
par A.CHOURET
- N° 9** - Effets de la sècheresse sur les peuplements de poissons dans
le lac Tchad et le Delta du Chari -
V.BENECH
- N° 10** - Les techniques de pêche pratiquées dans la région du lac Tchad
et du Bas-Chari -
par J.FRANC
- N° 11** - Les activités de l'ORSTOM en République du Tchad
1) Historique - Organisation - Fonctionnement
- N° 12** - Evolution géologique récente du bassin du Tchad -
par P.MATHIEU