

HOMMES TERRE & EAUX

Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires



Trimestrielle

Association Nationale des Améliorations Foncières de l'Irrigation et du Drainage
Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II

Association Nationale pour la Production Animale

Association Nationale pour la Production, la Protection et l'Amélioration Végétale

7ème ANNEE

VOLUME 7

NUMERO 27

JUIN 1978

EDITORIAL

Lors de la dernière Assemblée Générale de l'ANAFID (Association Nationale des Améliorations Foncières, de l'Irrigation et du Drainage) qui s'est tenue le 4 février 1978 à l'Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, sous la présidence de Monsieur le Ministre de l'Agriculture et de la Réforme Agraire, nous avons émis le souhait de voir naître une Fédération regroupant toutes les Associations et Sociétés œuvrant pour le développement rural. En effet, par ce souhait, nous avons estimé que les cinq Associations existantes, l'ANAFID (Association Nationale des Améliorations Foncières, de l'Irrigation et du Drainage), l'ANPA (Association Nationale pour la Production Animale), l'ANAPRAV (Association Nationale pour la Production, la Protection et l'Amélioration Végétales), l'AMSSOL (Association Marocaine des Sciences du Sol) et la SGM (Société de Géographie du Maroc) ont atteint un niveau de maturité tel qu'elles doivent étendre leurs champs d'action respectifs et de s'unir en une Fédération susceptible de leur ouvrir de plus vastes horizons de recherches et de développement.

Ce souhait s'est concrétisé le 5 avril 1978. Les bureaux des différentes associations et sociétés se sont réunis, d'une part pour examiner et adopter le projet de statut de la « Fédération des Asso-

ciations Nationales pour le Développement Rural » (F.A.N.D.E.R.), d'autre part pour élire le Bureau de cette Fédération.

Si jusqu'à présent, les différentes associations ont beaucoup œuvré pour le développement agricole du pays et pour la formation de leurs membres, nous pensons que leur regroupement en une instance unique, la FANDER, constitue un atout majeur pour le développement rural. En effet, le monde agricole est un monde extrêmement complexe, faisant appel à de multiples disciplines, et par conséquent à de nombreux spécialistes. Un programme de développement ou de recherche intégré ne peut donc s'envisager sans faire appel à la compétence de tous les techniciens appartenant aux différentes disciplines agronomiques. Nous ne pouvons donc que nous féliciter de cette création, et nous espérons que les activités de la Fédération soient aussi riches et variées que celles des différentes associations et sociétés qui la composent.

Le Président de la
Fédération National des Associations
pour le Développement Rural
(FANDER)

Abdellah BEKKALI

**FEDERATION DES ASSOCIATIONS NATIONALES POUR
LE DEVELOPPEMENT RURAL
(F.A.N.D.E.R.)**

ASSEMBLEE CONSTITUTIVE

L'Assemblée Constitutive de la Fédération des Associations Nationales pour le Développement Rural (F.A.N.D.E.R.) s'est réunie le mardi 5 avril 1978, à l'initiative du Président de l'As-

sociation Nationale d'Améliorations Foncières d'Irrigation et de Drainage (ANAFID), M. Bekkali Abdellah.

MEMBRES DU BUREAU FEDERAL

Président : Abdallah BEKKALI, Président de l'A.N. A.F.I.D.

Vice-Présidents : Houcine FARAJ, Président de l'A.N.A.P.P.A.V. ; Abdelmajid HAKAM, Président de la S.G.M. ; M'Hamed SEDRATI, Président de l'A.N.P.A. ; Abderrahmane ZAKI, Président de l'A.M.S.O.L.

Secrétaire Général : Mohamed BESRI, Secrétaire Général de l'ANAPPAN

Trésorier : Mohamed NOURI, Trésorier de l'ANPA.

Assesseurs : Messieurs les Secrétaires généraux de ANAFID : M. LAHLOU Othman. ANPA : Fouad GUESSOUS. AMSOL : BEN MILOUD. SGM : BEN HALIMA Hassan.

et Messieurs les Trésoriers de ANAFID : M. BENNANI Abdellatif. ANAPPAV : M. TAZI Mohamed. AMSOL : LAHLOU Mohamed. SGM : ELFASSI Driss.

S T A T U T S

PREAMBULE

L'intérêt de plus en plus grand suscité par les problèmes de développement rural et la contribution des Associations Nationales à caractère rural a conduit celles-ci à se regrouper au sein d'une Fédération nationale pour mieux coordonner leurs activités.

TITRE I

**DENOMINATION
OBJECTIFS ET SIEGE**

ART. 1 : Il est créé par les présents statuts une « Fédération des Associations Nationales pour le Développement rural » regroupant toutes les associations marocaines intéressées de manière directe ou indirecte par toutes les sciences et techniques contribuant au développement rural ».

Les Associations à l'origine de cette fédération sont les suivantes :

— l'Association Nationale des Améliorations Foncières de l'Irrigation et du Drainage (A.N.A. F.I.D.) ;

— l'Association Nationale pour la Production, la Protection et l'Amélioration Végétales (A.N.A.P. P.A.V.) ;

— l'Association Nationale pour la Production Animale (A.N.P.A.) ;

— l'Association Marocaine des Sciences du Sol (A.M.S. SOL) ;

— La Société de Géographie du Maroc (S.G.M.).

ART. 2 : Peuvent faire partie de la Fédération d'autres associations nationales poursuivant ses objectifs, et ce, à leur demande et après approbation du bureau Fédéral.

ART. 3 : Tout membre physique d'une des associations composant la fédération peut être considéré comme membre de toutes les associations de celle-ci et ce, selon les modalités fixées par la fédération à cet effet.

ART. 4 : La Fédération a pour objectifs :

— Coordonner toutes les activités des associations ;

— Promouvoir les échanges entre les différentes associations ;

— Contribuer à la diffusion de toute documentation étrangère ou marocaine auprès des associations ;

— Contribuer à la publication de revues, de bulletins internes, de rapports, de comptes-rendus sur des travaux terminés ou des recherches en cours et en assurer une large diffusion ;

- Contribuer à la formation permanente des adhérents aux associations constituant la fédération ;
- Encourager des programmes intégrés de recherches scientifiques et techniques ;
- Contribuer aux études de développement régional intégré ;
- Organiser toute manifestation susceptible de servir ces objectifs.

ART. 5 : La durée de la fédération est illimitée.

ART. 6 : Le siège social de la fédération est le domicile du président.

ART. 7 : La Fédération ne poursuit aucun but lucratif.

ART. 8 : La Fédération peut adhérer à toute organisation internationale s'intéressant aux problèmes de développement rural.

TITRE II ORGANISATION

ART. 9 : L'organe de la fédération est constitué par le bureau fédéral.

ART. 10 : Le Bureau fédéral est composé des Présidents, Secrétaires

généraux et trésoriers des Associations membres. Parmi ses membres, le bureau désignera :

- un Président
- 4 Vices-Présidents
- un Secrétaire général
- un trésorier
- des assesseurs.

ART. 11 : Le bureau fédéral est élu pour une année. Ses membres sont rééligibles.

ART. 12 : Les décisions du bureau fédéral devront être prises à la majorité simple des voix représentées. En cas d'égalité des voix, celle du Président est prépondérante.

ART. 13 : Le bureau fédéral est chargé :

- de la gestion de la Fédération
- de l'organisation de la représentation de la Fédération dans toutes manifestations nationales ou internationales qui l'intéressent ;
- de la préparation du programme d'activité de la Fédération.

Le Président assure l'exécution des décisions du bureau et le fon-

ctionnement régulier de la Fédération qu'il représente en justice dans tous les actes de vie civile. Le Secrétaire général est chargé des convocations, de la rédaction des procès-verbaux, de la correspondance.

TITRE III

RESSOURCES DE LA FEDERATION

ART. 14 : Les ressources de la Fédération proviennent :

- des cotisations des associations membres
- des subventions éventuelles des pouvoirs publics
- des intérêts et revenus des biens qu'elle pourra posséder.

TITRE IV

MODIFICATION DES STATUTS ET DISSOLUTION

ART. 15 : Les statuts peuvent être modifiés par les 2/3 du bureau fédéral.

La dissolution de la fédération est prononcée dans les mêmes formes que celles prévues pour la modification des statuts.

PROGRAMME D'ACTIVITE DES ASSOCIATIONS MEMBRES DE LA F.A.N.D.E.R.

14 Avril	: Réunion Comité Agrumes (A.N.A.P.P.A.V.)	Juin	: Sortie Meknès, aviculture (ANPA)
18 Avril	: Journées de la conservation des sols (AMSSOL)	Juin	: Dîner-débat. Les investissements dans l'agriculture (A.N.A.F.I.D.)
19-20-21 Avril	: Journées Céréales (A.N.A.P.P.A.V.)	9 Juin	: Réunion Comité technique Fourrage (ANPA-ANAPPAV)
2-4 Mai	: Réunion Comité technique ANAFID - gestion des réseaux - Tafilalet, Rachidia (ANAFID)	11-17 septembre	: Aménagement des bassins versants - Conférence internationale UNESCO-FAO
Mai	: Sortie dans le gharb - Lait (ANPA)	Octobre	: Séminaire FAO - SIDA sur l'amélioration génétique et l'insémination artificielle
12 Mai	: Journée de l'Azote (AMSSOL)	Octobre	: Conférence. Petite et moyenne hydraulique au Maroc (A.N.A.F.I.D.).
Mai	: Sortie Gharb et bassin du Tlata (AMSSOL)		
5-6-7 Mai	: Sortie Ouarzazate (ANAFID)		
14-15-16 Juillet	: Tournée dans le Nekkors (A.N.A.F.I.D.)		
17 Novembre	: Conférence sur l'Agriculture en bour au Maroc par M. Arafa Ahmed et Faraj Hoceine (A.N.A.F.I.D.).		

10^{ème} Congrès de la Commission Internationale des Irrigations et du Drainage à Athènes

22 mai - 3 juin 1978

PARTICIPATION MAROCAINE

Le 10^e Congrès de la Commission Internationale des Irrigations et du Drainage (C.I.I.D.) s'est tenu à Athènes, capitale de la Grèce, du 22 mai au 3 juin 1978.

Le Maroc y a été représenté par six délégués et y a présenté six communications que nous publions ci-après.

Par ses communications et par les interventions de ses délégués au cours du Congrès, le Maroc a pour la première fois, depuis son adhésion à la CIID en 1959 participé d'une manière active aux travaux de cette importante manifestation internationale.

ANALYSE DE RESULTATS EXPERIMENTAUX D'UN DRAINAGE SUR SOLS ARGILEUX LOURDS *

ABDELAZIZ TABET **

RESUME

Une expérimentation a été menée depuis quatre ans sur une parcelle de 12 ha pour définir les modalités de drainage d'une région importante (100.000 ha) constituée de sols argileux lourds gonflants et rétractiles. Le mode d'écoulement est très différent selon qu'on est en période pluvieuse ou d'irrigation du fait du gonflement de l'argile en hiver et de l'apparition d'importantes fissures en été (profondeur de fissures plus d'un mètre).

Les premiers résultats montrent que le comportement hydrodynamique du milieu sol est identique à celui d'un milieu hétérogène où se trouveraient en présence deux couches une très perméable dans la partie supérieure et une très peu perméable dans la partie inférieure.

Ce comportement a été mis en évidence par des observations fréquentes de débits des drains et de profils de rabattement de nappe. A partir de ces résultats, des lois de variation du débit en fonction de la charge ont été déterminées ce qui a permis de mettre en évidence une charge résiduelle h_R pour laquelle le débit s'annule alors qu'en théorie le débit s'annule pour une charge nulle. D'autre part nous avons calculé les valeurs de la conductivité hydraulique que nous avons comparé à celles trouvées par la méthode du trou de tarière.

Le calcul de la porosité de drainage montre une variation de ce paramètre avec la période (pluie ou irrigation) et au cours d'une même période avec la charge.

Ces observations nous ont amené à recommander pour le calcul des écartements des drains, la prise en compte de la charge résiduelle, pour le calcul des collecteurs de drainage, de prendre les débits en période d'irrigation comme débits critiques du réseau, enfin compte tenu des pertes énormes d'eau par les fissures dans le cas d'une irrigation gravitaire de préconiser l'irrigation par aspersion.

SUMMARY

An experimentation has been conducted for four years on a 12 ha. plot in order to define drainage modalities in an important region (100,000 ha) made up of heavy swelling and retractile clay soils. The flow is different whether we are in a wet or irrigation period owing to clay swelling in winter and the appearance of large scale cracks in summer (depth of cracks over one meter).

The first results show that the hydrodynamic behaviour of soil is identical to a heterogeneous environment where a very highly permeable layer is in the upper part and a less permeable one in the lower are found together.

The behaviour has been shown up by frequent observations of drainflow and the drawdown of watertable. From these results, variation laws in term of head were determined. This has permitted to show a residual head h_R for which the flow is equal to zero while in theory the flow is null value of charge. On another hand we have calculated values of hydraulic conductivity which we have compared with those found with the method of auger hole. The calculation of drainage porosity shows a variation of this parameter according to the period (rain or irrigation) and according to the charge during the same period.

These observations had led us to recommend, for the calculation of drain spacing, to take into account the residual charge, for computing drainage collectors to take the flows during the irrigation period as critical flows of the design of collector drain systems and finally, taking into account the enormous water losses by cracks in the case of the classical method of irrigation (furrows or flooding) to recognize the sprinkler or drip irrigation system.

0. INTRODUCTION

On désigne communément par sols lourds, tous les sols présentant un fort pourcentage d'argile (> 45 pour cent) qui leur confère certaines propriétés bien particulières.

A l'état humide ces sols sont plastiques, parfois battants, ayant une forte adhérence.

A l'état sec, ils sont durs et leur travail nécessite l'utilisation d'engins très puissants (tracteurs à chenilles, charrues spéciales etc....).

Du point de vue hydrodynamique, ils se caractérisent par une forte capacité de rétention et une très faible conductivité hydraulique.

Le drainage de ces sols a été considéré jusqu'à ces dernières années comme impossible ou plus exactement non rentable économiquement.

L'augmentation rapide des besoins en denrées alimentaires de la population du globe a amené en même temps que la recherche d'un accroissement de la productivité des terres cultivées par l'introduction de techniques modernes, à rechercher des méthodes d'assèchement et de bonification de certaines terres considérées jusque là comme incultes. Parmi ces terres figurent les zones basses, hydromorphes souvent marécageuses.

L'assèchement des anciens marécages de la plaine du Gharb (Maroc) par d'importants fossés d'assainissement en donne un bon exemple.

Si le creusement de fossés d'assainissement élimine la formation de marécage, il n'est par contre pas suffisant pour éliminer les eaux qui stagnent dans les terrains cultivés après une forte pluie ou à la suite d'une remontée de nappe.

Dans les sols lourds la formation d'une nappe phréatique est facilitée par la très faible perméabilité des couches inférieures. En général le seul exutoire de cette nappe est l'évaporation ou plus exactement l'évapotranspiration (si le sol est cultivé). Le rabattement de cette nappe à un niveau non nuisible aux cultures nécessite la mise en place de drains enterrés. Or compte tenu de la faible perméabilité de ces sols, le calcul de l'écartement de ces drains donne des valeurs très faibles (5 à 10 m). Un réseau de drain aussi dense coûterait tellement cher qu'il ne serait pas rentable aux prix actuels. C'est pourquoi dans certains cas l'introduction de certaines techniques associées peut s'avérer rentable.

Le mode de calcul de l'écartement des drains dans ces types de sols basé sur les théories classiques peut ne pas convenir. A ce propos une expérimentation a été entreprise sur les sols de la plaine de Gharb dans le Maroc Atlantique où on a recensé près de 100.000 ha de sols très difficilement drainables. Cette expérimentation devrait déboucher sur les modalités de drainage de ces sols.

Notre objet dans ce rapport est de présenter aux participants à ce Congrès les résultats tels qu'ils ont été obtenus. L'interprétation s'avère difficile dans le stade actuel de l'étude.

1. RAPPELS THEORIQUES

Les formulations théoriques qui ont été établies pour répondre aux questions que se pose l'ingénieur chargé des études de drainage, sont nombreuses et sont toutes basées sur une simplification du phénomène réel. Les principales hypothèses portent sur :

— La nature du milieu : le sol est considéré comme un milieu homogène, isotrope et indéformable. Le milieu est supposé entièrement saturé d'eau. La nappe repose sur un substratum imperméable horizontal, sa surface libre étant le lieu des points où la pression est égale à la pression atmosphérique.

* Experimental results analysis of drainage in heavy clayey soils.

** Maître de Conférence à l'Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II B.P. 704 Rabat-Agdal (Maroc).

—La nature de l'écoulement : l'écoulement est supposé dans les limites d'application de la loi de Darcy. Le mode de rabattement de la nappe est instantané.

1.1 EQUATIONS GENERALES DE L'ECOLEMENT

Dans le cas particulier du drainage, il s'agit de débarrasser le sol du surplus d'eau nuisible aux racines des plantes. Le calcul des ouvrages d'évacuation (drains) nécessite la connaissance des lois de transfert de l'eau dans le sol.

Pour un écoulement permanent, l'équation de Hooghoudt "bien que basée sur des développements mathématiques douteux" (Labye 1960) semble donner des résultats satisfaisants, il n'en est pas de même pour le cas d'un écoulement non permanent.

Cette équation donne pour le débit par unité de surface évacuée l'expression suivante :

$$q = \frac{4Kho^2 + 8Kdeho}{E^2} = \frac{4Kho}{E^2} (ho + 2de) \quad (1)$$

q : débit caractéristique m/j
 K : conductivité hydraulique m/j
 ho : charge au point milieu entre les drains m
 E : écartement des drains
 de : profondeur "équivalente" de Hooghoudt
 $de = f(D, E, r)$

D : profondeur du substratum imperméable à partir du niveau des drains

r : rayon hydraulique du drain.

Dans le cas d'un écoulement non permanent, l'application de la loi de Darcy et de l'équation de continuité à un écoulement unidimensionnel (Dupuit) permet de mettre l'équation du mouvement de la surface libre de la nappe sous la forme :

$$\frac{\partial H}{\partial t} = \frac{K}{\mu} \frac{\partial}{\partial x} \left(H \frac{\partial H}{\partial x} \right) \quad (2)$$

$H(x, t)$: Charge en un point du milieu

$$H = z + \frac{P}{\rho g}$$

K : conductivité hydraulique
 μ : porosité de drainage ou porosité effective

L'écoulement considéré dans ce cas est du type gravitaire se faisant sous la seule action d'une pression atmosphérique régnant à la surface libre et tel que d'un instant à l'autre le drainage de la zone "balayée" par la surface libre se fait instantanément. Ceci est vrai dans le sol à granulation grossière, par contre dans les sols à granulation fine le temps de ressuyage est très lent et l'on parlera plutôt d'une fonction $\mu(\theta)$ et comme μ est fonction du temps et de l'espace donc on a pour μ une fonction de l'espace et du temps, θ étant l'humidité volumique du sol.

Dans le cas où on a un substratum imperméable à une profondeur D des drains, l'expression de H devient : $H = h + D$, h cote de la surface libre à partir du niveau des drains ou charge.

Dans ce cas l'équation (2) devient

$$\frac{\partial h}{\partial t} = \frac{Ko}{\mu} \frac{\partial}{\partial x} (h + D) \frac{\partial h}{\partial x}$$

$$\text{Si } D \gg h \quad h + D \approx D$$

$$\frac{\partial h}{\partial t} = \frac{KoD}{\mu} \frac{\partial^2 h}{\partial x^2} \quad (3) \text{ équation type chaleur}$$

Les plupart des chercheurs se sont intéressés à la résolution de cette équation. Cette résolution nécessite la connaissance des conditions aux limites et initiales.

Les conditions aux limites portent sur la valeur de la charge sur la surface libre de la nappe, sur le substratum imperméable et sur les limites verticales du domaine.

Les conditions initiales partent essentiellement sur la forme de la nappe à l'instant $t = 0$. Glover (1964) suppose que juste après une irrigation la charge est partout égale à ho , ce qui suppose une forme rectangulaire de la nappe. Dumm (1964) donne à la surface libre l'allure d'une parabole du quatrième degré. Les formules de Guyon offrent l'avantage de donner des

expressions où la forme de la ligne d'eau apparaît sous forme de coefficients numériques.

La résolution a donné des expressions exponentielles de la variation de la charge au point milieu entre les drains en fonction du temps (Glover, Dumm, Guyon etc....) de la forme

$$h(E/2, t) = ho \exp(-\alpha t)$$

$$\text{le coefficient } \alpha = \frac{\pi^2 Kde}{\mu E^2} \quad \text{Glover Corrigée}$$

1.2 LIMITES D'APPLICATION DE CETTE APPROCHE DANS LE CAS DU MILIEU OU SE FAIT L'ETUDE

L'établissement de l'équation (3) suppose un certain nombre d'hypothèses dont nous allons voir les limites d'application dans le cas d'un sol argileux lourd.

Le sol lourd constitue un milieu "vivant". La perturbation est généralement une pluie ou une irrigation qui transmet au milieu une certaine quantité d'eau.

La distribution de cette eau dans le milieu est définie par l'humidité $\theta(x, z, t)$ qui se modifie continuellement. L'étude de ces modifications nécessite la connaissance des lois qui dirigent ces transferts de l'eau dans le sol.

A l'état sec, ces sols se caractérisent par la présence d'importantes fissures larges et profondes, ouvrant ainsi des chemins préférentiels à l'écoulement. A l'état humide, les fissures se ferment progressivement à la suite du gonflement de l'argile.

L'écoulement est donc loin d'être uniforme, il passe du type turbulent à la suite d'une irrigation au type laminaire une fois le sol humidifié.

Ainsi donc pour ce type de sol on passe d'une limite supérieure de validité de la loi Darcy à une limite inférieure.

Constance de la porosité effective (μ)

On a vu que toutes les tentatives de résolution de l'équation de la chaleur sont basées sur l'hypothèse qu'il existe une porosité de drainage non évaluée, représentant la fraction totale du volume du sol qui est drainé quand la nappe se rabat. Toute cette fraction est drainée, instantanément au moment du passage du niveau de la nappe.

Cette hypothèse n'est pas conforme à la réalité, où le volume d'eau drainé décroît graduellement avec l'augmentation de la tension de l'eau dans le sol.

Constance de la conductivité hydraulique

En milieu saturé la conductivité hydraulique dépend de la texture du milieu et de la viscosité du fluide. Pour dissocier ces deux facteurs, on a défini, une perméabilité intrinsèque dépendant uniquement de la porosité (KOZENY). Le milieu étant supposé homogène, isotrope et indéformable, la perméabilité est donc constante, si de surcroît la viscosité du fluide ne change pas il en sera de même pour la conductivité hydraulique.

En réalité plusieurs facteurs tendent à réduire dans les sols argileux la plus ou moins grande facilité à laisser circuler l'eau.

1.3 VARIATION DE LA CONDUCTIVITE HYDRAULIQUE ET DE LA POROSITE DE DRAINAGE

Si nous partons de l'hypothèse généralement admise qu'un écoulement non permanent est une succession d'écoulements permanents, on peut à chaque instant et pour une certaine hauteur de la nappe calculer la conductivité hydraulique et la porosité de drainage à partir des mesures de niveaux successifs de la nappe et du volume évacué par les drains.

Entre un instant t_1 et t_2 la nappe se rabat d'une hauteur dh . Si la surface dominée par le drain est $S = Ex l$ (l : longueur du drain) le volume ainsi balayé est:

$$V_S = l \int_{-E/2}^{E/2} h(x, t_1) dx - l \int_{-E/2}^{E/2} h(x, t_2) dx$$

Ces intégrales sont calculées par planimétrie des surfaces.

La quantité d'eau évacuée est: $V_e = \rho V_S$

Cette quantité d'eau a été évacuée par le drain elle est égale à:

$$V_e = \int_{t_1}^{t_2} Q dt \quad (\text{calculée par planimétrie})$$

Connaissant V_S et V_e on peut calculer $\mu = \frac{V_e}{V_S}$ (4)

Calcul de la conductivité hydraulique

Pour le calcul de la conductivité hydraulique, VAN SCHILFGAARDE part de l'expression du débit en écoulement permanent donnée par la formule de HOOGHOUTD.

$$q = \frac{4Kh}{E^2} (h + 2de) \quad (5)$$

On a de même

$$q = \mu(h) \frac{dh}{dt}$$

$$\frac{4Kh}{E^2} (2de + h) = -\mu(h) \frac{dh}{dt} \quad (6)$$

$\mu(h)$: porosité de drainage en fonction de la charge.

Si on produit l'hypothèse $\mu = cste$ dans l'équation (6) entre deux positions successives de la nappe h_1 et h_2 et qu'on intègre entre t_1 et t_2 on obtient une expression de la forme:

$$\frac{h_2(2de + h_1)}{h_1(2de + h_2)} = \exp \left(-\frac{8Kde}{E^2} t \right) \quad (7)$$

et si on se limite aux deux premiers termes du développement limité de la fonction exponentielle.

$$\frac{h_2(2de + h_1)}{h_1(2de + h_2)} = 1 - \frac{8Kde}{E^2} \Delta t.$$

ce qui donne:

$$K = \frac{uE^2}{4h_1} \frac{(h_1 - h_2)}{(2de + h_2)} \cdot \frac{1}{\Delta t} \quad (8)$$

On pourrait aussi utiliser la formule de HOOGHOUTD pour calculer K :

$$K = q \cdot \frac{E^2}{4h(2de + h)}$$

Le débit étant une fonction de la charge et de la conductivité hydraulique. Cette dernière, étroitement liée aux conditions d'écoulement dans le milieu puisqu'elle reflète la plus ou moins facilité qu'il a à laisser passer l'eau, est donc fonction de la charge. Au fur et à mesure que le rabattement se produit, c'est la valeur de K qui tend à fixer le débit drainé, les couches inférieures du milieu se bornant à transmettre les volumes d'eau reçu sans apport supplémentaire.

Les valeurs très faibles de la conductivité hydraulique que l'on trouve dans les sols cultivés après que les gros pores aient été drainés sont responsables du drainage très lent de ces sols, d'où de très longues durées de tarissement.

La formule de HOOGHOUTD suppose que le débit s'annule pour une charge nulle. Dans le cas où les couches inférieures ont une conductivité hydraulique très faible, le débit s'annule bien avant que la charge soit nulle. On a une "charge résiduelle" h_R . Par analogie avec cette formule l'expression du débit serait de la forme

$$q = \frac{8Kde}{E^2} (h - h_R) + \frac{4K}{E^2} (h - h_R)^2$$

Les formules précédentes de calcul de K deviennent dans ce cas:

$$K = \mu \frac{\Delta h}{\Delta t} \cdot \frac{E^2}{4(h - h_R)(2de + h - h_R)}$$

$$K = \frac{qE^2}{4(h - h_R)(2de + h - h_R)}$$

2. DISPOSITIF EXPERIMENTAL

2.1 SITUATION

La station expérimentale de drainage est implantée sur le périmètre de la ferme expérimentale de l'Institut National Agronomique, à 9 km au Nord de Moghrane sur la route Rabat-Tanger, en bordure de la piste d'accès aux bâtiments de la ferme (figure 1).

D'une superficie brute de 13 ha, la parcelle en forme de parallélogramme est bordée au Sud sur son grand côté (590 m) par une ligne électrique 22Kv. D'une largeur de 225 m, elle est limitée le long de ses petits côtés par la

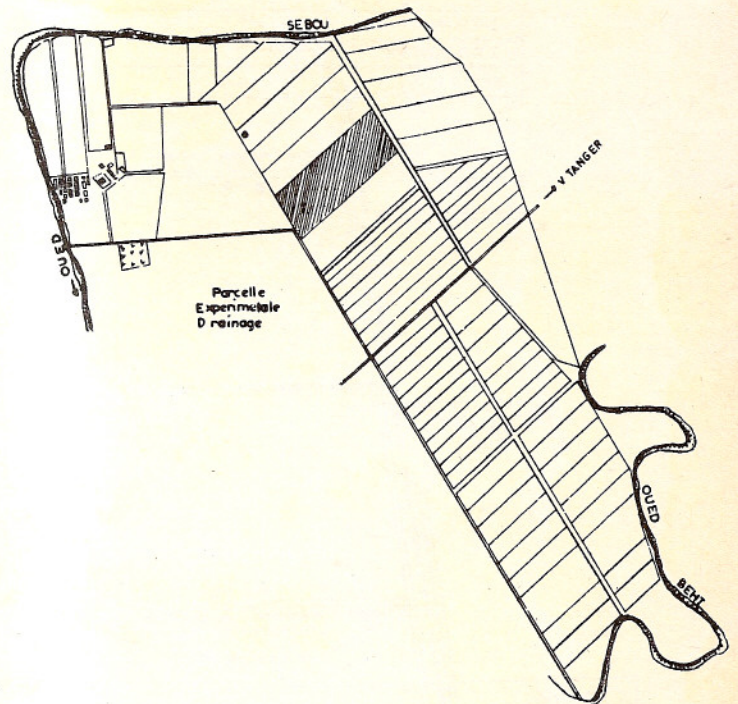


FIGURE 1: Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II Ferme d'application

piste d'accès et un fossé collecteur à l'Ouest, par un canal d'irrigation tertiaire à l'Est.

2.2 L'EQUIPEMENT DE LA PARCELLE

2.2.1 Irrigation

Le système d'irrigation adopté est le gravitaire.

L'équipement pour l'irrigation de la parcelle comprend un canal arroseur de 590 m de longueur, constitué d'éléments semi-circulaires $\phi 400$ mm en béton armé portés sur support. Le canal est calé de manière que le plan d'eau domine le terrain de 30 à 40 cm.

Le passage de l'eau du canal sur le terrain s'effectue au moyen de tuyaux en polyéthylène (siphons).

2.2.2 Le réseau de drainage souterrain

2.2.2.1 Disposition d'ensemble Fig. 2

Le sens du drainage est parallèle à celui de l'irrigation. Initialement les drains débouchaient directement dans les deux fossés. La très mauvaise tenue des talus de ces fossés créait des envasements importants se traduisant par l'enfouissement des débouchés des drains. Pour pallier à cet inconvénient, ces fossés ont été remplacés par des collecteurs souterrains $\phi 300$ mm en béton.

Les cultures pratiquées sont la canne à sucre sur deux soles et le reste en bersim (trèfle d'Alexandrie) ou en maïs.

Dans la sole "canne à sucre", on teste les matériaux constitutifs des drains ainsi que l'opportunité d'un matériau d'enrobage autour des drains. On dispose de:

- 2 drains en matière plastique avec enrobage de sable graveleux
- 2 drains en matière plastique avec enrobage de laine de verre
- 1 drain en terre cuite avec enrobage de sable graveleux
- 2 drains en terre cuite sans enrobage.

L'écartement de ces drains est uniformément fixé à 20 m en raison des doses d'irrigation élevées qu'exige la canne à sucre.

Dans les autres soles, on recherche l'écartement optimal des drains 3 écartements de 20 m, 40 et 60 m sont testés alors que les drains sont uniformément en matière plastique à fentes transversales sans enrobage.

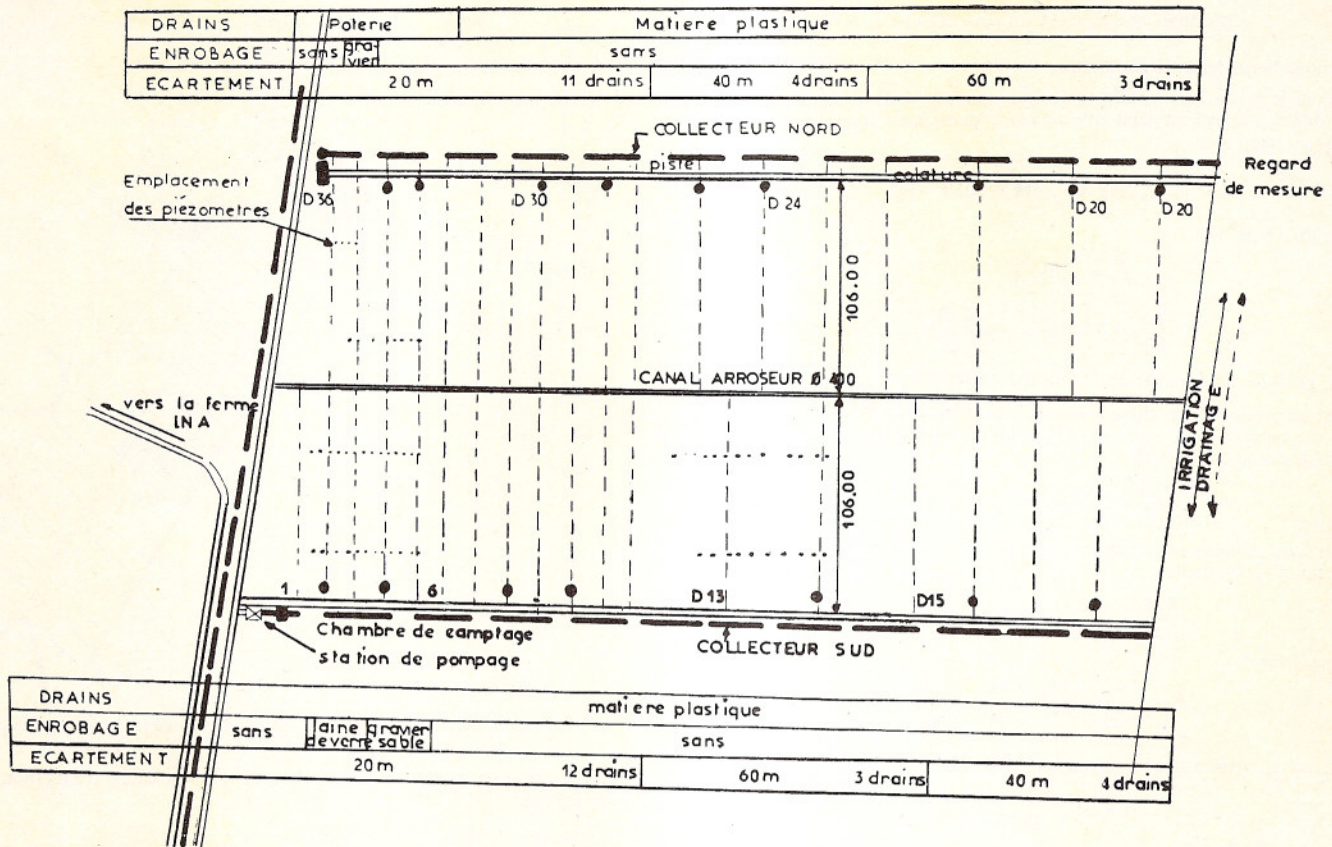


FIGURE 2: Parcelle expérimentale drainage

Pour chaque sol on dispose de:

- 5 drains écartés de 20 m
- 3 drains écartés de 40 m
- 2 drains écartés de 60 m

Les drains séparant des zones d'écartements différents, ainsi que ceux d'extrémités, n'entrent pas dans le processus d'expérimentation.

2.2.2.2 Caractéristiques des drains

Les drains en matière plastique sont formés de tubes emboîtables en PVC lisse de diamètre intérieur 60 mm. De fines fentes traversent la paroi du tube à intervalles réguliers.

Le dimensionnement des drains est basé sur les données prévisionnelles suivantes:

- débit moyen à évacuer sous irrigation: 2 mm/j soit 20 m³/ha/j
- superficie maximale intéressée par un drain: 120 m × 60 m = 0,72 ha
- débit moyen à l'extrémité du drain à écartement 60 m : 0,17 L/s.

Un drain en matière plastique de diamètre 60 mm à demi rempli posé avec une pente de 1,5 pour mille permet d'évacuer un débit de 0,38 L/s.

2.2.2.3 Pose de drains

Tous les drains sont posés avec une pente de 1,5 pour mille. La profondeur moyenne de pose est de 1,50 m.

L'extrémité amont des drains est munie d'un coude prolongé par un tube vertical débouchant en surface, au droit du canal arroseur: cette disposition permet, le cas échéant, de déboucher, le drain par simple injection d'eau.

- pose sans enrobage: la plupart des drains
- pose avec enrobage laine de verre: disposé en manchon de 20 cm de largeur et de 3,4 cm d'épaisseur autour du drain. Ceci ne concerne que les drains 2 et 3.

- pose avec enrobage sable graveleux disposé en couche de 20 cm autour du drain. Concerne les drains 4, 5 et 350

2.2.3 Les collecteurs

Initialement la parcelle était ceinturée de fossés collecteurs où débouchaient les drains. L'envasement continu de ceux-ci et les difficultés d'entretien nous ont amenés à les remplacer par des collecteurs souterrains.

Le collecteur Sud débouche dans la chambre de comptage pour la mesure de son débit. Ce débit est ensuite déversé dans un bassin de réception en béton armé jouant le rôle de bache de pompage.

Le collecteur Nord se déverse directement dans le bassin de réception par l'intermédiaire d'une conduite souterraine en béton de diamètre 250 mm et d'une longueur de 230 m.

Le dimensionnement des collecteurs est basé uniquement sur la profondeur minimale de débouché des drains souterrains. Les débits véhiculés par chaque collecteur sont en effet insignifiants.

2.2.4 Les colatures

Les colatures recueillent toute l'eau d'irrigation ou de pluie qui aura ruisselé donc non infiltrée.

La colature Sud est reliée directement au Bassin récepteur: un ouvrage est prévu à son aval pour la mesure exacte de son débit (jaugeur PARSHALL).

La colature Nord rejoint directement le fossé collecteur de l'autre côté de la piste. Un ouvrage d'une capacité de 2m³ et un dispositif de fermeture et d'ouverture brusque permet la mesure du débit.

2.3 PROCESSUS EXPERIMENTAL

L'expérimentation étant à buts multiples, le nombre de caractéristiques hydrodynamiques, pédologiques et climatiques à mesurer et à suivre est important. Compte tenu des moyens dont nous disposons nous avons porté notre choix sur les mesures suivantes:

2.3.1 Mesure des caractéristiques hydrauliques

2.3.1.1 Mesure des débits

2.3.1.1.1. *Débit des drains* : Un certain nombre de drains (16) sont munis de regards de mesure. Ces regards sont équipés de bacs déversoirs triangulaires préalablement étalonnés. Pour les très faibles débits enregistrés, la précision de ces déversoirs triangulaires s'est avérée insuffisante, nous avons donc généralisé le système de mesure par empolement.

2.3.1.1.2. *Débit des collecteurs* : A l'aval du collecteur Sud se trouve une chambre de comptage munie d'un réservoir triangulaire et d'un limnigraphe.

En ce qui concerne le collecteur Nord, aucun dispositif de mesure n'a été prévu pour le moment. Par contre, le volume total écoulé pourrait être déduit du volume total pompé à partir du bassin récepteur.

2.3.1.1.3. *Débit des colatures* : La colature Nord se déverse dans une capacité jaugée où des mesures de débit instantané pourraient être entreprises. L'eau de cette colature rejoint directement un fossé collecteur indépendant de la parcelle.

La colature Sud dispose d'un système de mesure du type PARSHALL.

2.3.1.1.4. *Débit d'irrigation* : Le canal d'irrigation est calculé pour véhiculer un débit de 30 L/s. Le volume d'irrigation est calculé aisément par chronométrage du temps d'irrigation. Cependant des vérifications périodiques sont entreprises car il n'existe aucun système régulateur de ce débit.

2.3.1.2 Mesure du niveau de la nappe

Un important réseau de piézomètres a été installé en divers points de parcelle. Il répond à plusieurs objectifs :

- étude et détermination de la résistance radiale autour des drains selon la forme des courbes de nappe obtenues. Ceci permettra de définir l'efficacité de l'enrobage pour les différents systèmes mis en place.
- étude des valeurs de la transmissivité
- vitesse de rabattement de la nappe.
- calcul de la porosité etc...

Les piézomètres sont des tubes en PVC rigide avec fente longitudinale. Leur longueur est de 2 m et leur diamètre est de 3 cm. La mesure se fait à l'aide d'une sonde à voyant lumineux, la précision peut atteindre 0,2 cm.

2.3.2 Mesure des caractéristiques climatiques

2.3.2.1 Pluviométrie

L'enregistrement continu de celle-ci est donné par un pluviographe. Deux pluviomètres ont été installés dans la parcelle.

2.3.2.2 Autres facteurs

Les autres facteurs tels que la température, l'évaporation etc... seront pris sur les relevés de la station météorologique de la ferme.

2.4 CARACTERISTIQUES PEDOLOGIQUES DE LA PARCELLE

Les sols se sont formés sur des alluvions récents de nature limoneuse et argileuse (Gharbien récent) qui ont été fréquemment remaniés au cours du XX^{ème} siècle par des inondations catastrophiques.

Au cours de la crue de Janvier 1970, 20 à 30 cm en moyenne d'épaisseur de sédiments se sont déposés sur la parcelle expérimentale de drainage. La crue a été particulièrement importante et le débordement qui s'est produit au droit de la station de pompage s'est conjugué avec une durée exceptionnelle de submersion de la parcelle (2 mois).

Des analyses de dépôts de crues ont montré que celui-ci était argilo-limoneux; la teneur en sable fin et sable grossier est nulle.

En plus de la détérioration du profil cultural, cette inondation a détruit le nivellement de la parcelle.

Les analyses menées par les services pédologiques de l'Office Régional de Mise en Valeur Agricole du Gharb montrent que la parcelle présente forme une seule unité pédologique "sol peu évolué" du type Dess lourd sur vertisol à partir de 170 cm de profondeur avec des signes d'hydromorphie faiblement marquée sous forme de petites taches rouilles provoquées par la remontée de la nappe pendant la saison pluvieuse.

La texture est donc homogène et très fine, on n'a pas constaté de grandes variations de texture parmi les profils ni dans les horizons.

Cette texture fine rend le sol difficile à travailler (battant et plastique en hiver, dur en été).

Conductivité hydraulique

La mesure a été faite par la méthode du trou de tarière (ERNST). Seulement quelques points ont donné des résultats exploitables. Les autres points ont donné des rabattements extrêmement faibles,

Des résultats obtenus il ressort que la parcelle ne présente pas une perméabilité homogène comme le laisserait croire la nature pédologique. Nous avons constaté en effet qu'au niveau des zones à écartement 20 m la perméabilité est plus forte que dans les zones à écartement 40 et 60 m.

Si nous partons du fait qu'à l'origine de l'équipement de la parcelle les perméabilités étaient les mêmes partout et ceci est fort probable nous sommes amenés à avancer l'hypothèse largement admise de l'évolution de la

Profondeur	0-2μ	2μ-20 ou L.F.	20-50 Lg	50-200 SF	200-2000 SG'
0.20	53.59	44.60	1.49	0.39	0.34
20.40	56.31	39.96	4.28	0.61	0.45
40.60	56.15	40.31	3.51	0.63	0.28
60.80	59.79	40.14	0.36	0.75	0.37
80.100	53.80	40.32	3.98	0.69	0.43
100.120	56.07	43.09	2.90	0.76	0.19
120.140	58.05	41.03	1.80	0.69	0.21
140.160	61.00	34.92	5.19	0.82	0.35
160.180	64.79	35.27	0.84	1.01	0.31
180.200	59.24	26.63	12.92	1.48	0.6
200.230	61.46	29.41	8.54	1.51	0.66
230.260	61.32	30.56	6.96	1.38	0.63

structure et par là de la perméabilité en fonction du temps. L'écartement 20 m favorisant mieux la circulation de l'eau dans le sol que l'écartement 40 et 60 m.

Les valeurs obtenues sont en moyenne:

zones à écartement 20 m $K = 0,61 \text{ m/j} = 0,2$ (écart type)

zones à écartement 40 et 60 m = $0,15 \text{ m/j} = 0,06$

La profondeur de HOOGHOUDT est déduite des abaques.

E_m	$K_{m,j}$	D_m	d_{e_m}
20	0.60	6	1.45
40	0.15	9	2.56
60	0.15	9	3.12

3. INTERPRETATION DES RESULTATS

3.1 COURBES DE TARISSEMENT

Le milieu sol sur lequel nous travaillons, se caractérise par la présence à l'état sec d'importantes fissures et profondes, ouvrant ainsi des chemins préférentiels à l'écoulement et à l'état humide par une fermeture progressive des fissures à la suite du gonflement de l'argile.

La réaction du sol est différente selon que l'excitation externe est la pluie ou l'irrigation.

En période de pluie, le milieu sol est à un certain degré de saturation proche de la capacité de rétention. Le front d'humidité qui apparaît à la

suite d'une pluie évolue de haut en bas, sa propagation est très rapide dans la mesure où l'intensité de la pluie est importante. Le temps de réponse du drain dans ce cas là est court et le tarissement est très lent.

En période d'irrigation, le milieu sol est sec, d'importantes fissures apparaissent en surface. Le système d'irrigation étant gravitaire, l'eau va combler en premier lieu les fissures d'où une progression du front d'humidité par le bas. Là aussi la réponse des drains est rapide, mais le temps de tarissement est court.

3.1.1 Mode de tarissement

Des courbes de tarissement que nous avons enregistrées, on peut tirer les conclusions suivantes.

- le temps de réponse des drains est dans tous les cas très court. En période d'irrigation, il est possible de constater un écoulement de drain avant que la zone dominée par celui-ci soit mise en eau (la zone voisine étant mise en eau). Ceci démontre bien l'existence d'un écoulement de fissures, l'eau étant boueuse. Par contre en période pluvieuse la rapidité de réponse des drains ne serait pas due à un écoulement de fissures mais à un remplissage instantané des micropores au-dessus de la nappe créant un effet piston sur l'eau de la nappe.
- le temps de montée est aussi très court, une à deux heures. Nous entendons par temps de montée, le temps séparant l'heure de début d'écoulement de l'heure où le débit maximum est noté.
- en ce qui concerne la courbe de tarissement proprement dite, aucune forme générale ne peut être dégagée des résultats obtenus. Les figures 3 et 4 montrent les principaux modes de tarissement observés.

Néanmoins il ne semble pas que les différences observées soient liées à l'écartement des drains mais beaucoup plus à une hétérogénéité dans la distribution des fissures.

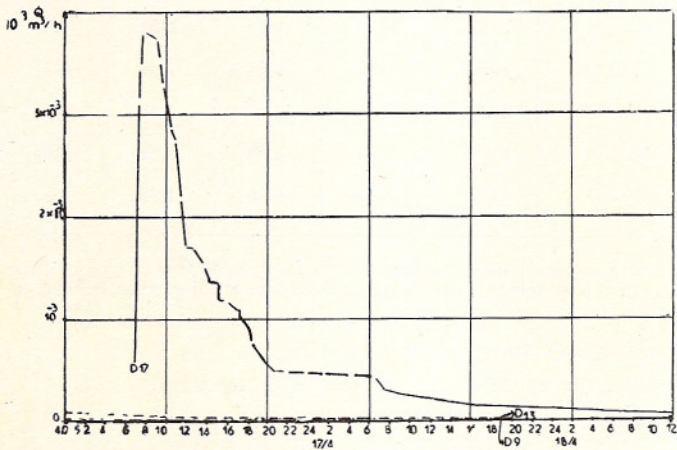


FIGURE 3(a) : Courbe de tarissement drain 17 E = 40 m

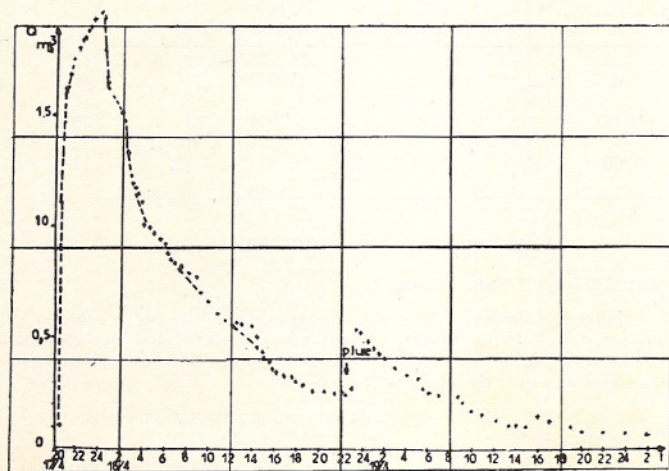


FIGURE 3(b) : Tarissement drain E = 4

3.1.2 Débit des drains

Les débits enregistrés au niveau des drains sont très différents selon que l'apport d'eau a pour origine la pluie ou l'irrigation.

Pour quelques périodes pluvieuses et d'irrigation et pour quelques drains nous avons représenté dans les tableaux qui suivent les débits maximums enregistrés.

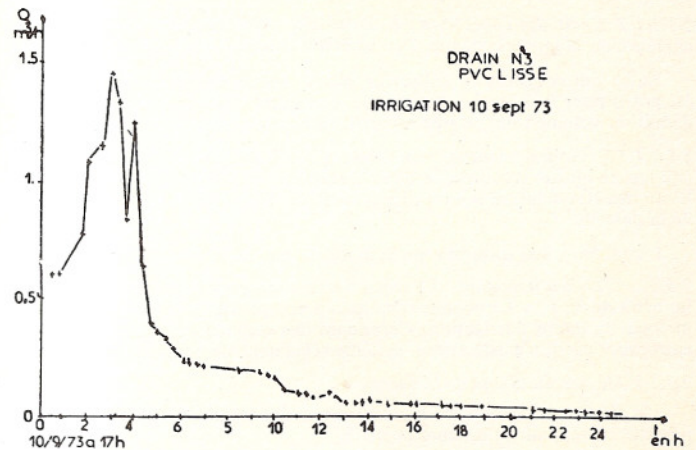


FIGURE 3(c) : Courbes de tarissement

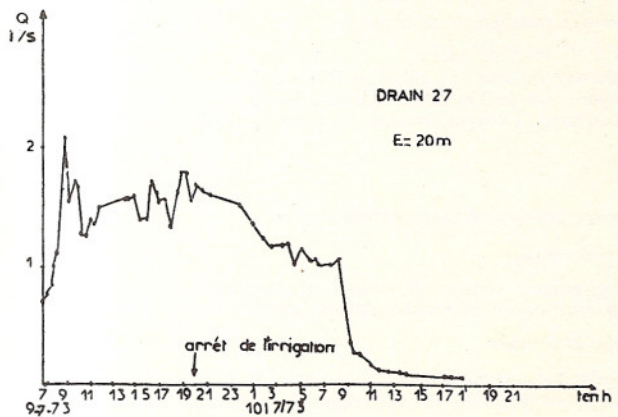


FIGURE 3(d) : Courbes de tarissement

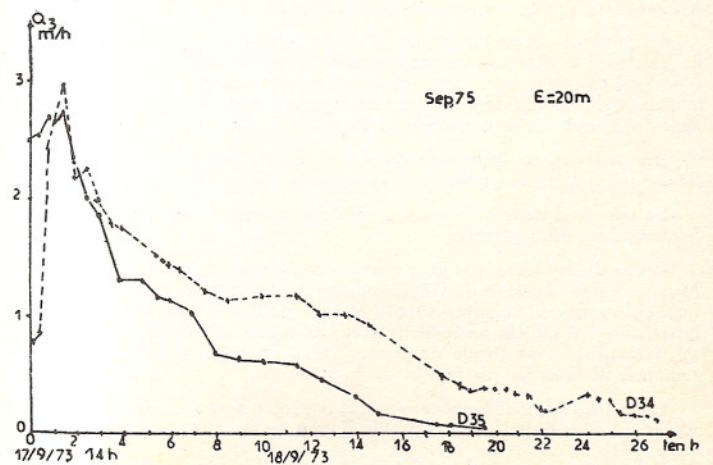


FIGURE 4(a) : Courbes de tarissement drain 34, 35, en poterie

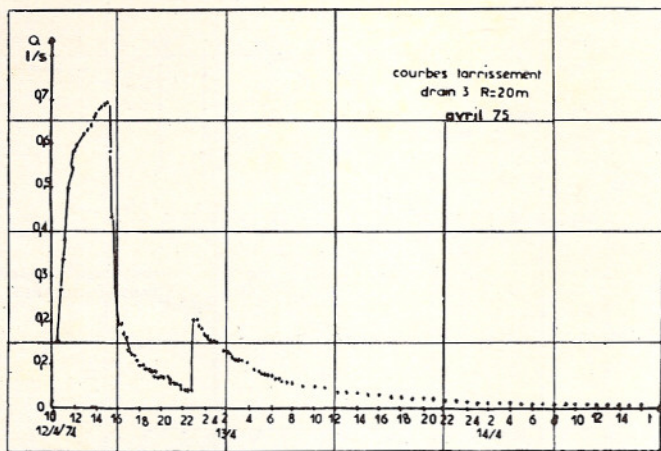


FIGURE 4(b)

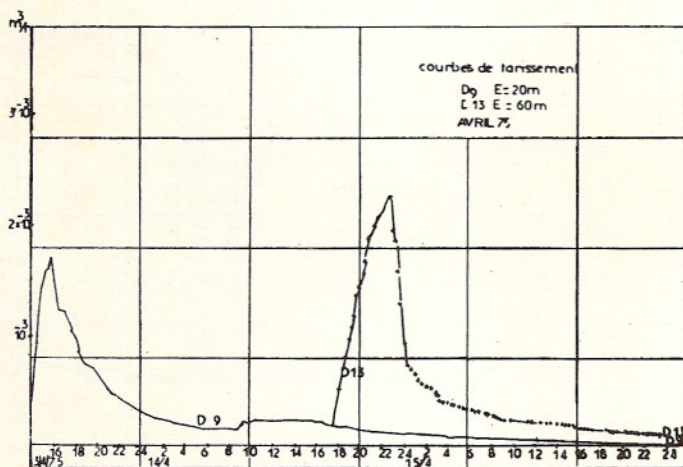


FIGURE 4(c)

Débit après une pluie en L/s

Date	Ecartement	20 m			40 m	60 m
		Drain	D 9	D 11	D 7	D 17
Mai 73	36.4 mm*	0.02	0.013	—	—	0.065*
Janv. 74	38 mm	—	0.021	0.024	—	0.024
Fév. 74	43 mm	—	—	—	0.05	0.05
Janv. 75	33 mm	—	0.038	0.047	—	—
Mars 75	31 mm	0.038	0.066	0.025	—	0.025

* Pluie venant après une irrigation.

Dans ces deux tableaux nous pouvons dégager les remarques générales suivantes :

(1) Les débits en période d'irrigation sont nettement plus forts que ceux enregistrés en période pluvieuse. Ceci est tout à fait normal quand on considère les doses apportées.

Débits maximums après une irrigation en L/s

Date	Dose mm	Drain	Débit max. L/s	Caractéristiques
25-11-70	96	D 35	0.56	E = 20 m poterie enrobage
5-73	125	D 9	0.22	E = 20 PVC sans enrobage
7-73	144	D 20	0.626	E = 60 PVC sans enrobage
	144	D 27	0.16	E = 20
9-73	84	D 3	0.145	E = 20 m PVC enrobage LV
	84	D 5	0.23	E = 20 m PVC enrobage gravier
27-10-73	108	D 13	0.4	E = 60 PVC sans
		D 15	0.66	E = 40 PVC sans
		D 17	0.73	E = 40 PVC sans
		D 18	0.17	E = 20 PVC sans
13- 4-75		D 24	0.63	E = 40
		D 13	0.68	E = 60
		D 7	0.28	E = 20
8- 5-75		D 17	0.77	E = 40
9- 5-75		D 3	0.148	E = 20
6- 6-75		D 5	0.25	E = 20
		D 13	0.56	E = 60

Seulement la dose moyenne de 100 mm par rapport à une pluie de 40 mm ne suffit pas à expliquer que le débit soit supérieur en période d'irrigation car une bonne partie de cet apport d'eau est perdu par ruissellement superficiel du fait d'une irrigation mal menée.

La rapidité avec laquelle se fait l'irrigation (apport important d'eau en un temps court) ne pourrait contribuer à amener le sol de l'état de fissuration à un état de gonflement total qui correspondrait à une saturation totale du sol. En fait une partie de l'eau d'irrigation est perdue par ruissellement, une partie par drainage qui apparaît dans ce cas comme une vidange de canalicules remplies d'eau. Le peu d'eau qui a pu être retenue par les particules solides ne peut ni chasser tout l'air piégé ni saturer le sol. Les courbes que nous avons présentées, montrent bien la vidange brutale en début de tarissement qui ne correspond pas à l'écoulement classique en milieux poreux.

(2) A une dose moyenne d'irrigation de 100 mm, les drains appartenant à différents écartements réagissent différemment.

Pour les drains en PVC à écartement 20 m, le débit maximum varie entre 0,1 et 0,3 L/s. La valeur la plus courante est d'environ 0,17 L/s. Les plus fortes valeurs enregistrées correspondent au drain 5 qui a un enrobage gravier. L'influence de cet enrobage existe certes mais son efficacité est insuffisante pour justifier son emploi.

Pour les drains en poterie à écartement 20 m, l'efficacité est nettement supérieure à celle des drains en PVC. Les débits maximum oscillent autour de 0,75 L/s. Néanmoins les risques de colmatage sont grands.

En ce qui concerne les drains à écartement 40 et 60 m nous n'avons pas constaté de grandes différences dans les valeurs du débit. Les valeurs obtenues pour l'écartement 40 m (D 15 et D 17) sont supérieures à celle du drain 13 (E = 60 m).

Si on rapporte ces valeurs des débits à l'unité de surface, on a ce qu'on appelle le débit caractéristique ou spécifique.

Ecartement	Débit max. moy.	Surface dominée	Débit spécifique
20 m PVC	0.17 L/s	0.2 ha	0.85 L/s/ha
40 m PVC	0.7 L/s	0.4 ha	1.74 L/s/ha
60 m PVC	0.54 L/s	0.6 ha	0.9 L/s/ha

Donc rapporté à l'unité de surface, il ne semble pas qu'il est une nette efficacité au point de l'évacuation du surplus d'eau de drains appartenant à un écartement par rapport à un autre, ce qui est en contradiction avec la théorie du drainage.

En fait ces débits maximums sont éphémères du fait qu'on a une montée brusque et une chute brusque du débit, ce qui correspondrait au remplissage et à la vidange des canalicules de gros diamètres. Du point de vue du calcul du réseau, on peut, au risque d'avoir un projet non économique, tolérer un réseau sous dimensionné durant ces périodes.

3.2 ANALYSE ET ETUDE DU MODE DE RABATEMENT DE LA NAPPE

3.2.1 Analyse qualitative

L'installation d'une série de piézomètres à différentes distances des drains et la mesure du niveau de la nappe à différents instants nous a permis de suivre les fluctuations de ce niveau dans l'espace et dans le temps.

Pour connaître le processus de rabattement et afin de pouvoir lier la mesure de la charge à celle du débit, nous avons adopté le principe d'observations rapproché (toutes les heures) pour les piézomètres dominants des drains dont on mesure le débit et tous les 2 jours pour les autres.

Les profils piézométriques que nous avons pu tracer, Figures 5, 6, 7 montrent un effet très localisé des drains sur le rabattement de la nappe en raison de la faible perméabilité du sol. Par ailleurs, suivant les mois pris en

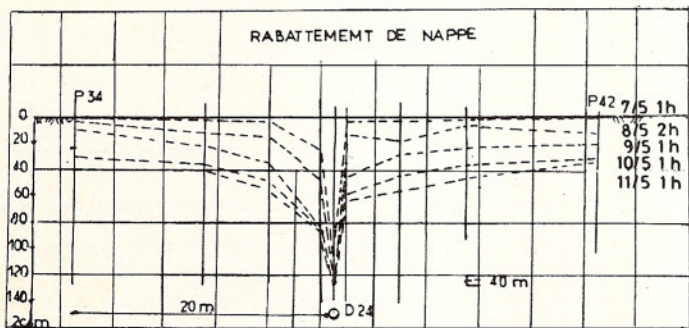


FIGURE 5

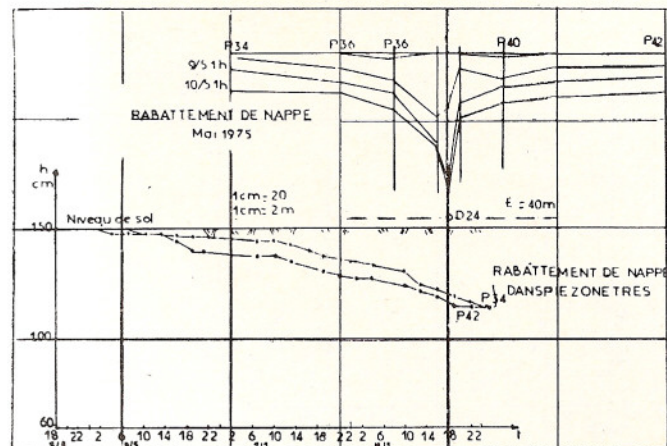


FIGURE 7 (a)

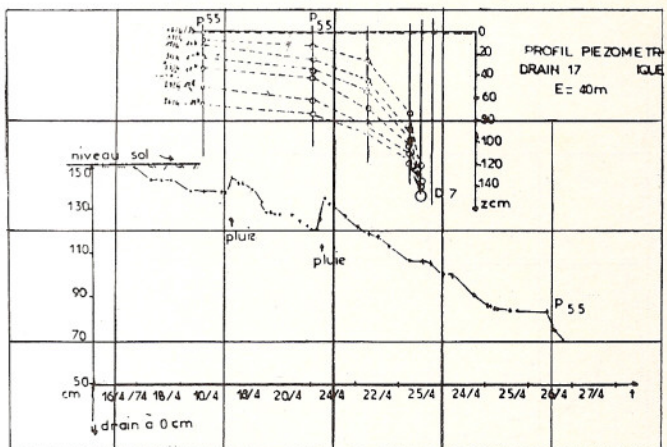


FIGURE 7 (b)

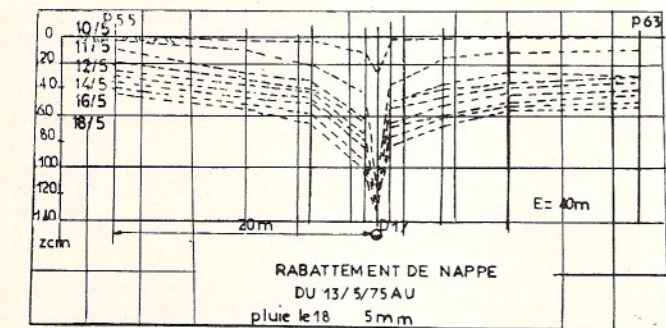


FIGURE 6

considération, la courbe de rabattement de la nappe entre deux drains a une forme plus ou moins plate mais ne s'approche pas du tout de l'ellipse.

On remarque en période d'été, une influence prépondérante de l'évapotranspiration sur le rabattement de la nappe.

La figure 8 nous montre des profils observés au niveau des drains appartenant à différents écartements. C'est ainsi que pour cette période du mois d'Avril 1975 on a en moyenne les rabattements suivants:

$$\begin{aligned} E = 60 \text{ m} & \quad \Delta h / \Delta t \approx 5 \text{ cm/j} \\ E = 40 \text{ m} & \quad \Delta h / \Delta t \approx 10 \text{ cm/j} \\ E = 20 \text{ m} & \quad \Delta h / \Delta t \approx 30 \text{ cm/j} \end{aligned}$$

Et pour un même drain, la vitesse de rabattement est importante dans les couches supérieures.

D'autre part, le débit s'annule bien avant que le niveau de la nappe n'ait atteint le niveau des drains. Il persiste une charge résiduelle h_R non suffisante pour permettre l'écoulement vers les drains.

Si par contre on s'intéresse aux fluctuations du niveau dans un piézomètre donné, on constate que :

Juste après une pluie suffisante ou une irrigation, le niveau monte rapidement et tout de suite après, le rabattement commence, Figures 9, 10, 11.

Les courbes $h(t)$ ne présentent pas de chute brusque du niveau, ni d'abaissement très lent comme nous l'avons vu pour les courbes $Q(t)$. Les Figures 10 et 11 montrent une variation presque linéaire de h avec t .

A partir des observations piézométriques et des débits correspondants, nous avons essayé de déterminer le mode de variation des fonctions suivantes en fonction de la charge :

- débit en fonction de la charge $Q(h)$
- porosité de drainage (rapport entre le volume d'eau écoulé par le drain et le volume de sol libéré par la nappe, dans le même temps)
- perméabilité ou conductivité hydraulique $K(h)$.

3.2.2 Débit en fonction de la charge

La théorie basée sur la loi de Darcy et l'hypothèse de DUPUIT admet une variation quadratique du débit en fonction de la charge.

Guyon (1960) étend cette loi de variation établie dans le cas d'un régime permanent au cas d'un régime non permanent. Elle est de la forme:

$$Q = Ah(O, t) + Bh^2(O, t)$$

Le terme linéaire est prédominant quand le substratum imperméable est à grande profondeur.

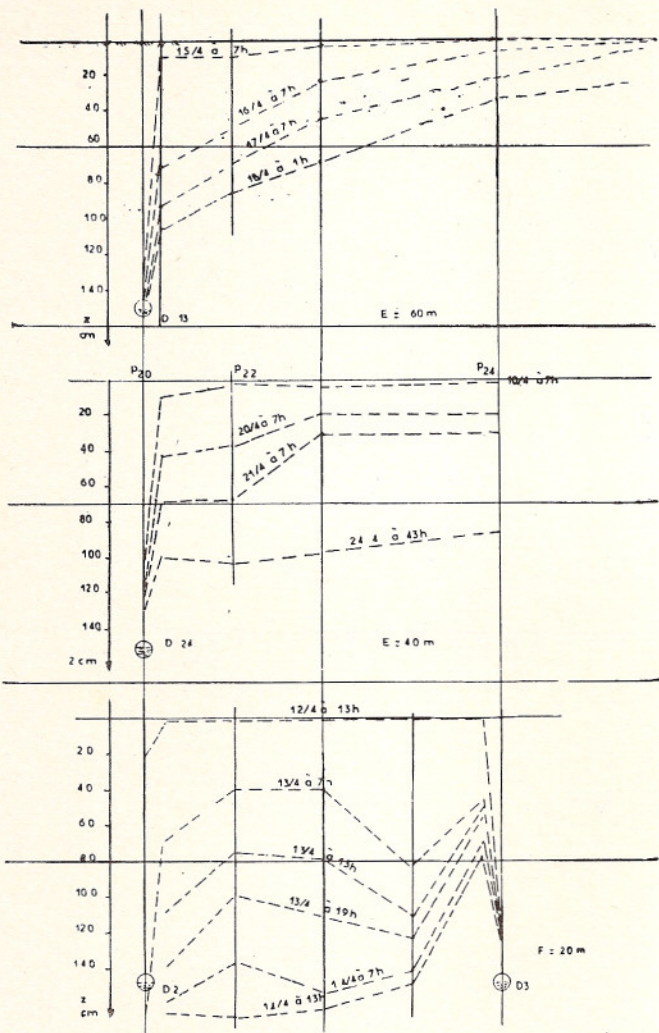


FIGURE 8 : Profils et rabattements de al nappe

La Figure 12 montre une variation parabolique, par contre les Figures 13 et 14 montrent une variation du débit indépendante de la charge pour $140 < h < 150$ cm. Nous avons observé pendant plusieurs heures une constante de la charge alors que le débit décroissait rapidement.

A partir de $h = 140$ cm nous avons une variation parabolique du débit mais qui ne semble pas tendre vers le point (0, 0). En effet le débit s'annule alors qu'on a une charge résiduelle de 50 à 60 cm. La conductivité hydraulique serait tellement faible dans les couches inférieures qu'elle ne permet aucun écoulement.

La loi de variation serait donc de la forme

$$Q = A(h-h_R) + B(h-h_R)^2$$

L'état de saturation et la structure des couches inférieures restent pour nous des inconnues. Antunes (1971) étudiant en laboratoire un système de drainage en sol lourd considère que la faible perméabilité des couches inférieures serait due à la compression "en bloc", à la teneur élevée en ions Mg^{++} entraînant une dégradation de la structure.

Cependant nous pensons que seul l'état énergétique de l'eau dans ces couches pourrait donner des informations sur les possibilités de mouvement.

Des mesures simultanées de profils hydriques et de tension de l'eau permettront une meilleure approche.

3.2.3 Calcul de la porosité de drainage

Comme nous l'avons évoqué dans le paragraphe 1.2.3, le calcul de la porosité de drainage peut se faire directement à partir des profils de la nappe à différents instants et des quantités d'eau écoulées durant ces instants.

Les calculs représentés dans les tableaux suivants, montrent que les valeurs de μ diffèrent selon que l'on est en période pluvieuse ou d'irrigation. Et, pour une même période, les valeurs de μ décroissent avec la charge. En fait la charge n'a aucune influence sur la valeur de μ , elle ne représente dans ce cas qu'une cote. Le volume des interstices occupés par l'eau de gravité décroît en fonction de la profondeur.

En moyenne nous avons les valeurs suivantes:

- période d'irrigation $\mu \approx 2$ pour cent à 0,8 pour cent
- période pluvieuse $\mu \approx 0,4$ pour cent à 0,1 pour cent.

Calcul de μ

T1 = D17	16/4 au 28/4/75										Période d'irrigation		
h_{max} P63	150	150	150	145	134	128	126	126	122	114	118	97	88
$Q_{(L),s}$	0.88	0.38	0.098	0.056	0.03	0.019	0.016	0.016	0.016	0.0143	0.013	0.0106	0.00933
μ %	7.3	5.1	1	4.6	0.4	1.05	1.07	0.33	0.78	0.59			
T2 = D17	9/5/75										Période d'irrigation		
h_{max} P63	150	147	132	120	133	148	114	109	105	100	96		
$Q_{(L),s}$	0.398	0.214	0.074	0.04	0.037	0.027	0.027	0.0217	0.019	0.017	0.0154	0.014	
μ %	1.96	2.25	1.16	0.8	0.8	0.88	0.63	0.7	0.7				
T3 = D11	28/12/73										Période pluvieuse		
h_{max}	149	130	135	129	126	124	121	115	108.5	102.7	101	96	90.6
$Q_{(L),s}$	49.26	33.68	24.82	20.4	16.8	15.8	13.2	9.6	9.0	8.4	7.8	6.42	4.8
10^{-8}													4.8

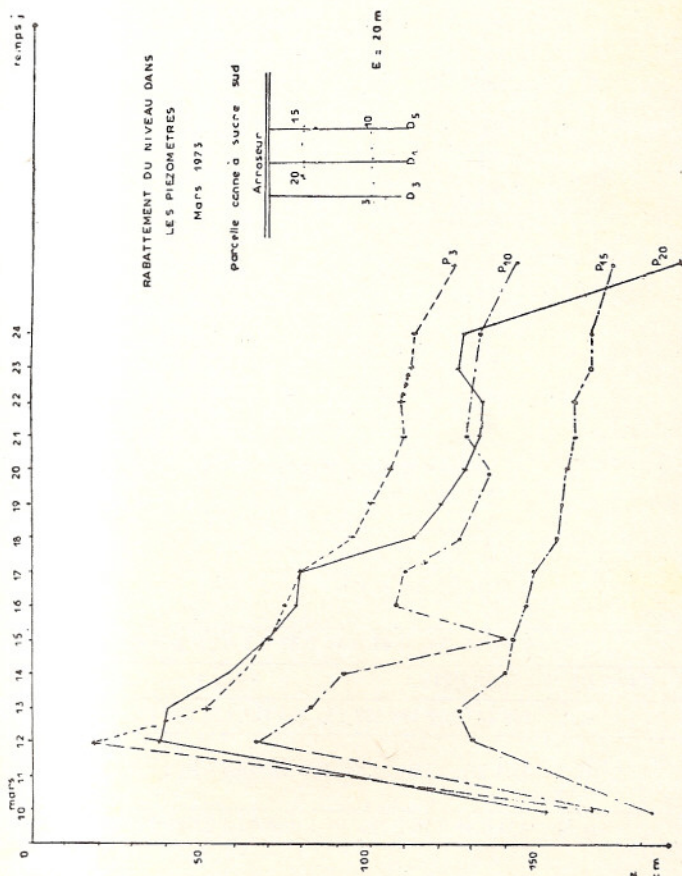


FIGURE 9

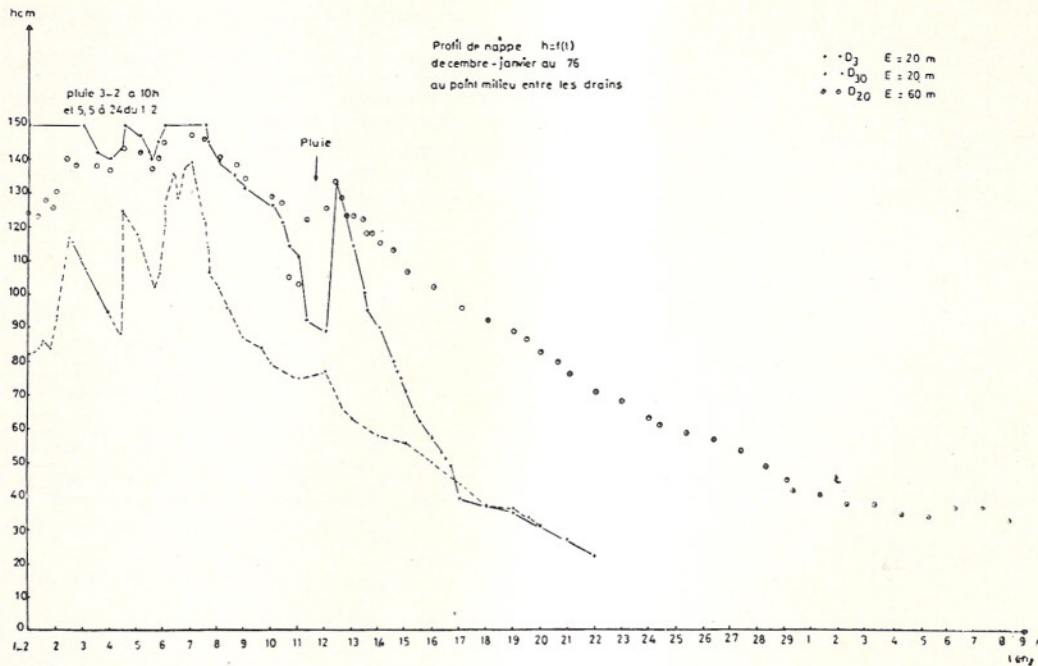


FIGURE 10

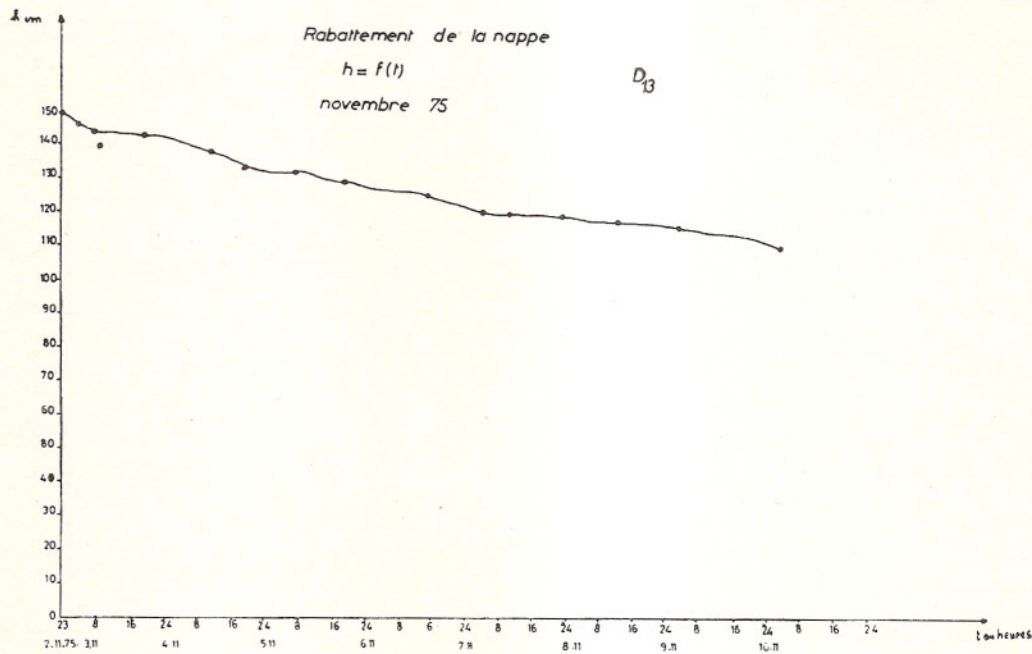


FIGURE 11

μ %	0.4	0.66	0.41	0.43	0.44	0.37	0.3	0.25	0.73	0.23	0.15	0.15		
$T4 = D7$	28/12/73		Période pluvieuse											
h_{max}	148	147	139	138	137	135	134	127	122	130	128	124	124	
Q 10^{-3} m^3/h	59.4	56.5	33.04	25.35	21.3	20	18.94	16	14	13.2	11.4	10.9	9.6	8.1
μ %	0.54	0.48	0.96	0.78	0.07	1	0.08	0.08	0.084	0.08	0.076	0.01		

3.2.4 Calcul de la conductivité hydraulique

Nous avons mentionné au paragraphe 1.2.3 différentes formules basées sur la loi de Darcy pour calculer la conductivité hydraulique K à l'aide des résultats expérimentaux.

Ces calculs montrent une variation assez nette entre les valeurs de K calculées suivant la couche du sol traversée par la "surface libre" de la nappe.

Ceci est conforme aux observations faites lors de l'étude du mode de tarissement des drains. Les couches superficielles présentent une grande facilité de passage à l'eau.

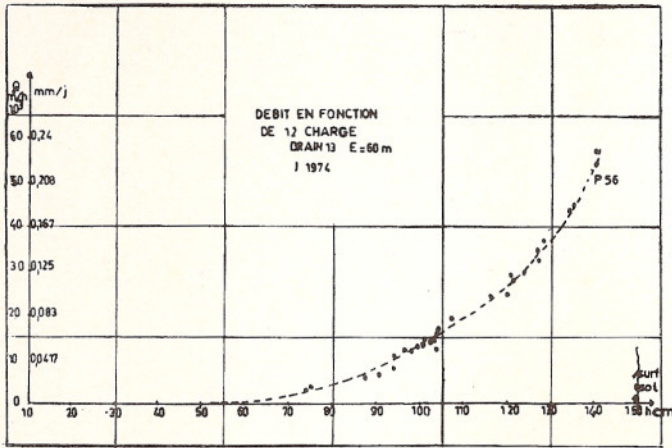


FIGURE 12

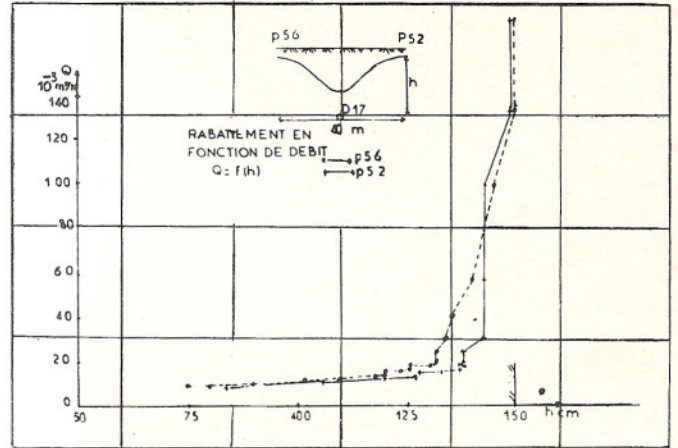


FIGURE 14

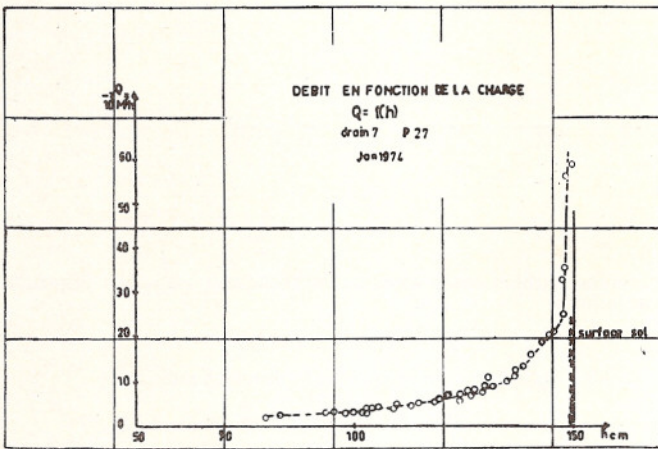


FIGURE 13

3.2.4.1 En période pluvieuse

Le calcul de K peut se faire par une représentation graphique Q/h en fonction de h . La formule de Hooghoudt donne une fonction de la forme:

$$Q/h = A + Bh$$

Les Figures 15 et 16 représentent respectivement ces fonctions pour le drain 13 et le drain 7. Un ajustement à une droite donnerait une valeur négative pour A . Or $A = 8 K de/E^2$ est une grandeur positive.

L'anomalie peut s'expliquer ainsi: la formule repose sur l'hypothèse que tout le profil est concerné par l'écoulement, ce qui n'est pas le cas ici car nous avons vu que le débit s'annulait pour $h = h_R \neq 0$

Sur les Figures 17, 18 et 19, nous avons représenté

$$Q/(h-h_R) \text{ en fonction de } (h-h_R)$$

Hormis les points correspondant à la couche superficielle (0-10 cm) les points expérimentaux s'ajustent bien à deux droites. Le changement de pente apparaît à 30 cm de profondeur ($h-h_R=0,6$ m) du sol.

Le profil présente donc deux couches de perméabilité différente.

Dans chacune de ces couches nous avons un écoulement d'un type particulier.

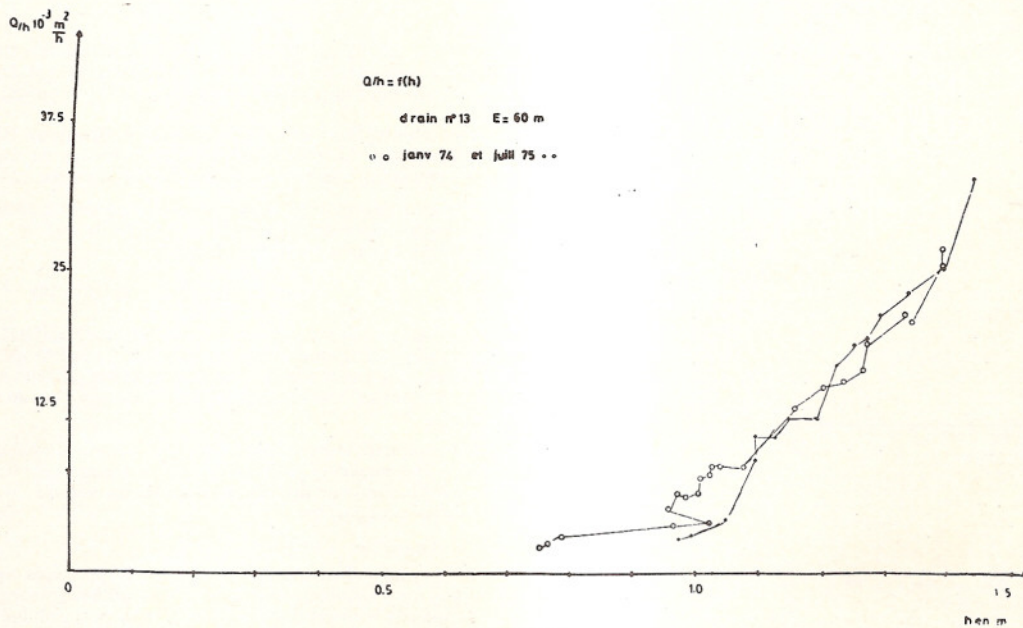


FIGURE 15

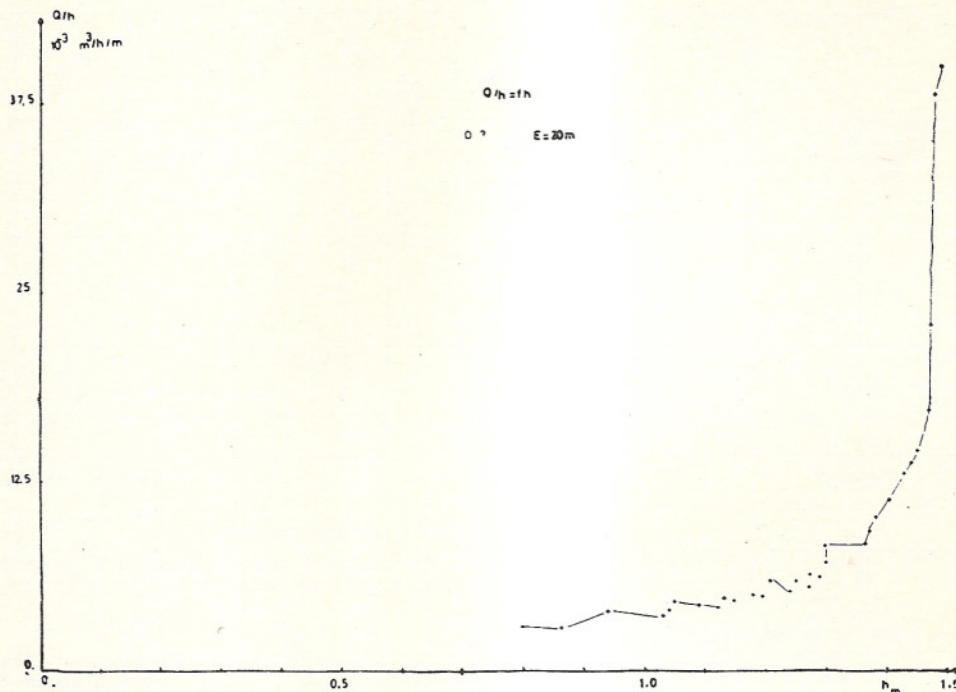


FIGURE 16

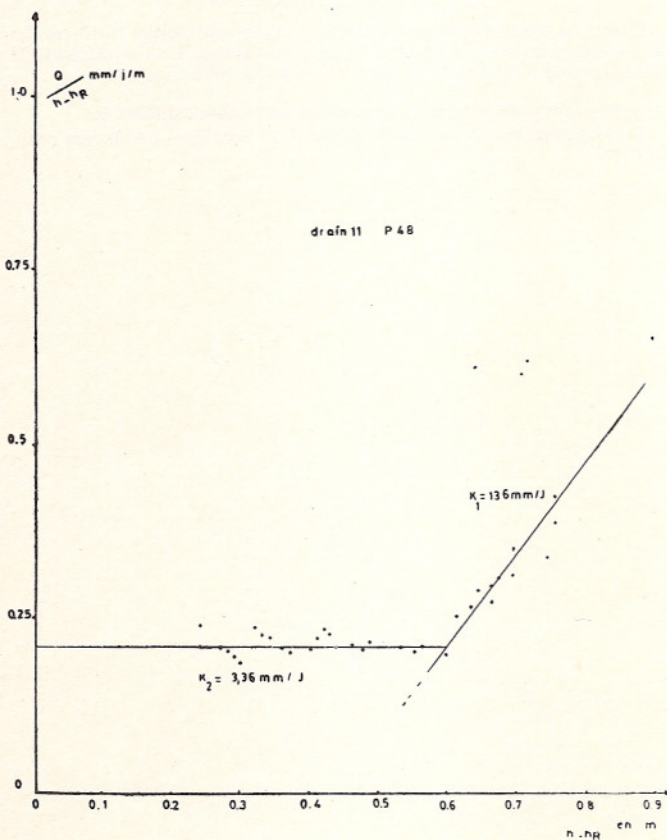


FIGURE 17

Dans la couche 1, l'écoulement est essentiellement vertical et l'équation est de la forme

$$Q/h-h_R = \frac{4K_1}{E^2} (h-h_R)$$

Dans la couche 2 on a un écoulement horizontal à radial.

$$Q/h-h_R = \frac{8K_2 de}{E^2} = cte$$

Les figures 17, 19 illustrent bien cette différence. On trouve

$$K_1 = 136 \text{ mm/j}$$

$$K_2 = 3,36 \text{ mm/j}$$

P. Cros (1970) prenant en compte l'existence de cette couche plus perméable a établi des formules de calcul de l'écartement des drains applicables uniquement pour la période pendant laquelle la nappe est dans cette couche.

Des observations similaires réalisées à Brouksby (G.B.) et rapportées par Devillers et Al. (1973) ont permis de mettre en évidence la variation de la perméabilité suivant la couche du sol traversée par le toit de la nappe.

A partir des mesures du débit, nous avons calculé la conductivité hydraulique pour différentes valeurs de $h-h_R$ ou h par la formule de HOOGHOUTD et par la formule approchée

$$q = \frac{4K_1(h-h_R)}{E^2} \quad (\text{Figure 20})$$

Les valeurs obtenues par la formule de HOOGHOUTD sont très faibles par rapport à celles mesurées "in situ" par la méthode du trou de tarière. Les valeurs obtenues par la formule approchée demeurent aussi plus faibles mais pas dans les mêmes proportions. Les périodes de mesure ne sont pas les mêmes.

La conductivité hydraulique calculée à partir du débit des drains semble donner une meilleure estimation que la mesure au "trou de tarière". En effet avec la méthode du débit des drains un volume beaucoup plus important de sol est concerné.

3.2.3.2 En période d'irrigation

En période d'irrigation le calcul de K par cette approche donne des résultats inexploitable, en deça de $h-h_R=0,6 \text{ m}$ (Figures 21 et 22) la Figure 22 donne par exemple pour le drain 13 une perméabilité très forte par rapport à celle mesurée au trou de tarière 1,74 m/j contre 0,15 m/j.

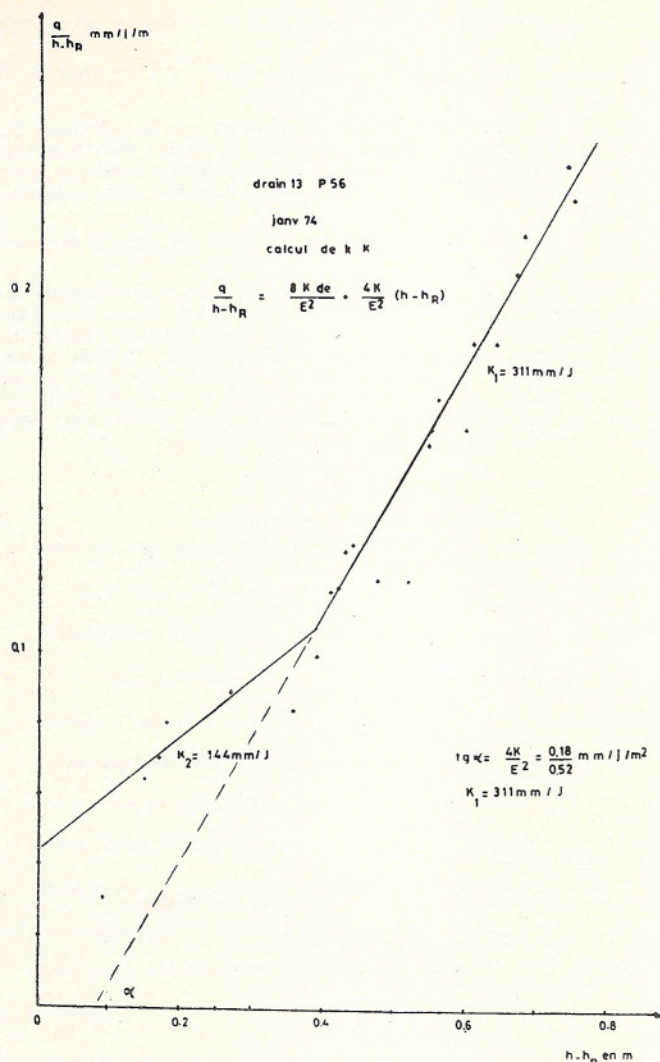


FIGURE 18

Cette analyse bien qu'incomplète puisqu'elle ne concerne pas plusieurs périodes de mesure nous permet néanmoins de nous poser quelques questions sur la nature de l'écoulement.

Il est évident que dans notre cas d'étude, il faut indépendamment distinguer deux périodes de mesure.

En période pluvieuse, le mode d'écoulement pourrait être similaire à celui observé dans les zones côtières basses des régions tempérées présentant un horizon superficiel nettement plus perméable. L'écoulement vers les drains se fait grâce à "l'effet de tranchée". (Cros 1970—Fukuda 1963).

En période d'irrigation c'est la distribution des fissures en surface et en profondeur laquelle distribution varierait en fonction de l'humidité, qui conditionnerait l'écoulement.

Bien entendu notre processus expérimental ne nous permet qu'une appréciation qualitative grossière du phénomène.

CONCLUSION

La dynamique de l'eau dans le sol est un problème primordial dans les techniques de l'ingénieur. Celle-ci est étudiée, sous deux aspects :

- Théorique utilisant les lois et formules de l'hydrodynamique
- Naturaliste, par l'observation et l'expérimentation dans des conditions réelles.

Dans l'analyse que nous avons faite, nous avons essayé de voir dans quelle mesure les hypothèses habituellement admises sont vérifiées dans le cas d'un sol lourd:

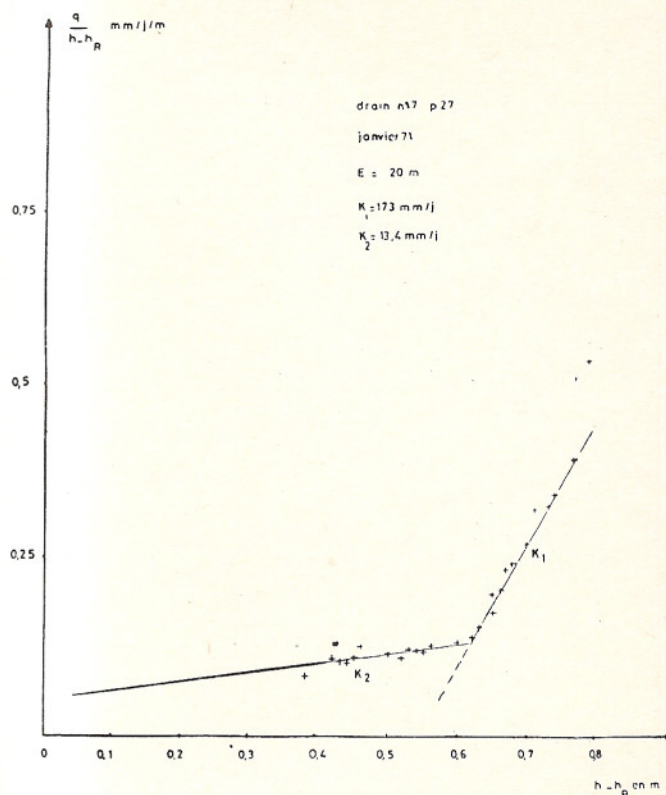


FIGURE 19

—constance de la porosité de drainage μ .

Les résultats montrent une variation de cette grandeur en fonction de la période de l'année donc des conditions climatiques. Lesquelles conditions climatiques influent sur l'état du sol du point de vue de sa teneur en eau et de sa structure. Les valeurs les plus faibles ont été obtenues en hiver après une longue période pluvieuse. La variation de μ dans ce cas en fonction de la charge est faible. On peut la considérer comme constante. Par contre en période d'été, les valeurs sont grandes (3 pourcent) et μ varie en fonction de la charge et surtout de l'état de saturation des couches inférieures. Le calcul de μ que nous avons fait à l'aide du rabattement de la nappe et des débits évacués reste entaché d'erreur puisqu'il ne prend pas en compte la micro-porosité dont l'influence ne se fait sentir qu'après vidange des macropores. Une meilleure estimation pourrait être obtenue par les profils hydriques et les débits évacués.

—Constance de la conductivité hydraulique

Dans un milieu pédologiquement homogène c'est-à-dire ne présentant pas de couches de textures différentes, on considère généralement que le profil a une conductivité K_0 constante (en milieu saturé). L'analyse granulométrique n'a montré aucune couche à texture grossière ou légère dans le profil alors que les calculs de K donnent des valeurs qui décroissent rapidement avec la profondeur.

En fait dans les sols à granulation fine il est très rare sinon impossible d'être en milieu saturé. Une fois les interstices de grandes dimensions vidés (grandes valeurs de K au début de l'écoulement) on a un écoulement en milieu non saturé et K varie en fonction du taux d'humidité θ .

—Mode de rabattement de la nappe

Dans les sols lourds la nappe apparaît en surface rapidement après une pluie ou une irrigation. Leur capacité de rétention étant importante, le reste à combler $\theta_R - \theta_0$ est faible.

Dans la théorie de BOUSSINESQ qui suppose un rabattement sous l'action de la pesanteur la fonction $h(t)$ est du même type que $Q(t)$. Or nous avons vu que la fonction $h(t)$ variait beaucoup plus lentement que $Q(t)$. Ceci ne serait pas seulement dû à l'inertie du piézomètre mais aussi à une frange capillaire importante surmontant la surface libre freinant le rabattement.

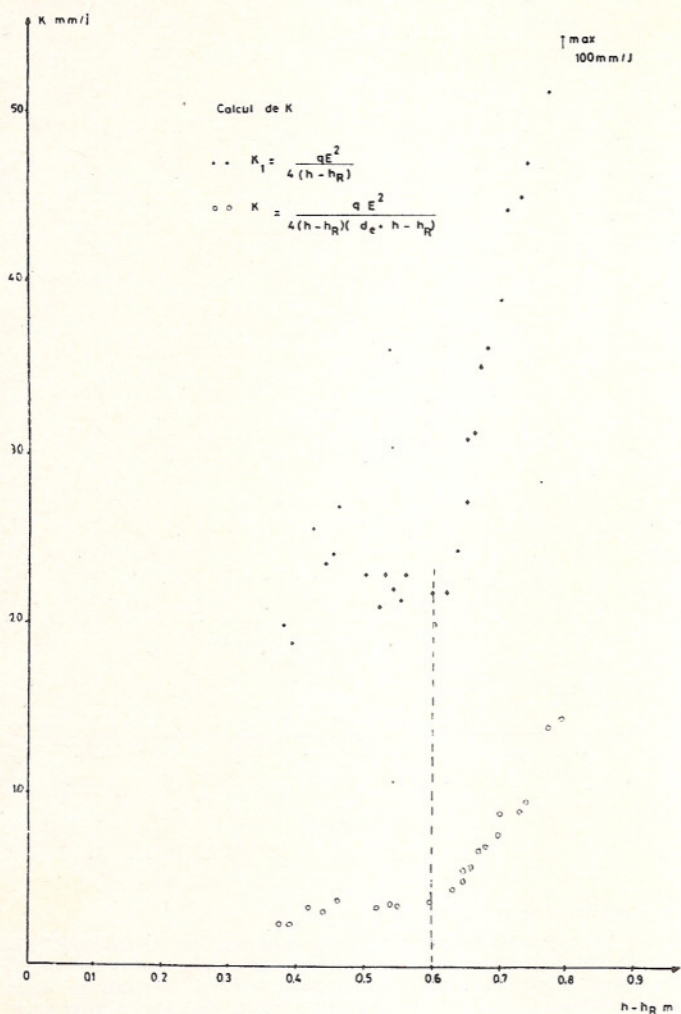


FIGURE 20

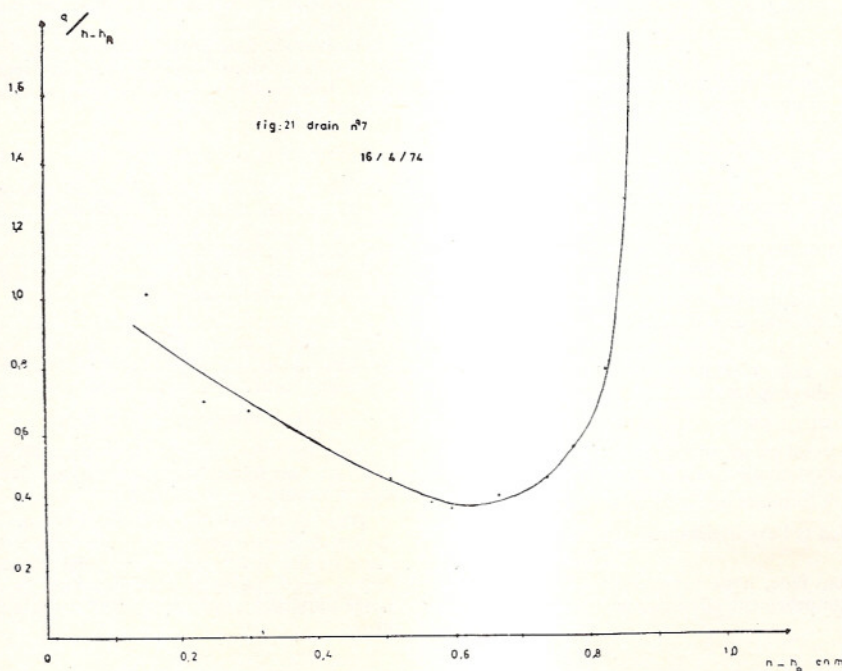


FIGURE 21

Notons que l'évapotranspiration contribue à ce rabattement en période d'été.

On a vu aussi que le débit s'annulait pour $h_R = h_R \neq 0$. Le milieu est-il saturé pour $h < h_R$?

La nécessité du drainage des sols lourds n'est plus à démontrer. En effet après une pluie suffisante ou une irrigation, il s'établit dans le sol une nappe qui engorge tout le profil cultural. Cet engorgement a selon sa durée des conséquences néfastes sur la culture qui se traduisent par un mauvais rendement.

Mais le drainage des sols lourds est difficile à appréhender dans son ensemble.

Le praticien n'a pas attendu les résultats théoriques pour introduire des améliorations, c'est ainsi que dans un certain nombre de pays comme l'Angleterre, la France, la Hongrie etc... On pratique des techniques de modelé de surface, de sous solage, drainage taupe etc... qui visent à faciliter l'écoulement superficiel ou à améliorer la structure interne du sol. Dans les zones arides et semi-arides, la présence de fissures larges et profondes faciliterait l'écoulement vers les drains mais comporte un risque d'importante perte d'eau en période d'irrigation quand elle est très recherchée.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AHUJA, L.R. and SWARTZENDRUBER, D., "Horizontal soil-water intake through a thin zone of reduced permeability," J. Hydrol., 1973, n 19, p 71-89.
- ANDREI, S., "Le drainage de l'eau dans les sols à granulation fine—Cahiers de recherche n 22," Eyrolles, Paris, 1966, Français (French).
- BEAR, J., "Dynamics of fluid in porous media," Amer, Elsevier Publishing Co., New York, 1922, pp 363.
- BEAR, J., ZASLAVSKY, and IRMAY, S., "Physical principles of water percolation and seepage," Arid Zone Research (UNESCO), 1968.
- "Drainage des sols lourds," Bulletin d'irrigation et de Drainage—N 6—ONU pour l'alimentation et l'Agriculture, 1971.
- CHAUVETEAU, G., "Essai sur la loi de Darcy," Thèse Doc. Ing. Toulouse, Oct 1965 Français (French).
- CHILDS, E.C., and TZIMAS, F., "Darcy's law at small potential Gradients," J. Soil Science, 1971, 22, n 3.
- CROS, P., "Contribution à la théorie du drainage des sols lourds," BTRC, n 110, 1971. Français (French).
- DEVILLIERS—FAVROT et JANIN, "Drainage et techniques associés en Angleterre et aux pays de Galles," CTGREF, Paris, 1973. Français (French).
- DUMM, D., "Subsurface drainage by transient—flow theory," J. irrig. drain. Div., Proc. ASCE, 1968, v 95, n IR4 p, 505-519.
- GARDNER, W.R., "Approximate solution of a non-steady-state drainage problem," Proc. Soil Sci, Spc. Arm., 1962.

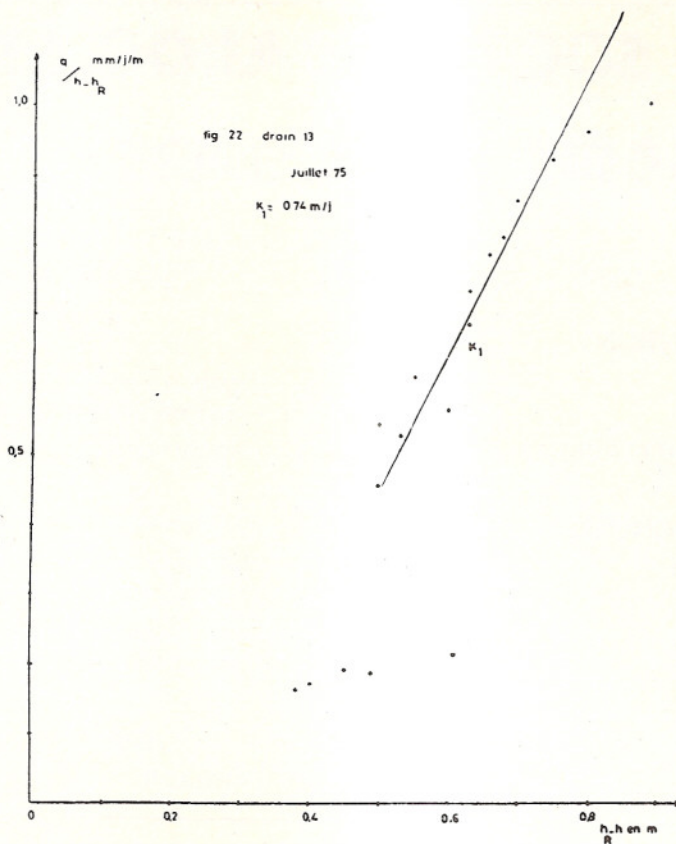


FIGURE 22

GUYON, G., "Considérations sur l'hydraulique du drainage des nappes," B.T.G.R., n 79, 1966. Français (French).

GUYON, G., et THIRRIOT, C. 4-1-67—"Sur le drainage des nappes en période de tarissement." C.R. A. S. (Paris), 1967-1-4, t. 264, série A, p. 44-46. Français (French).

HAMMAD, H.Y., "Design of tile drainage of arid regions," J. irrig. drain. Div., Proc. ASCE, 1964, v 90, n IR3, p 1-15.

HITOSHI FUKUDA, "Drainage in heavy soils—Theoretical consideration." Soil. Sci., 1964, v 97, n 4, p 281-285

OFFMAN, G.J., et SHWAB, C.O., "Tile spacing prediction—based on drain outflow," Trans. Am. Soc. Agric. Engrs., 1964.

KIRKHAM, D., and POWERS, W.L., "Advanced soil physics," John Wiley and Sons, Inc., New York, 1972, pp 534.

LABYE, Y., "Note sur la formule de Hooghoudt," B.T.G.R., n 49, 1960. Français (French).

LUTHIN, J.N., "Drainage of agricultural land," American Society of Agronomy, Madison, Wisc., 1957, p 104-106.

MUSY ANDRE, "Etude des sols et dimensionnement des ouvrages d'assainissement en terrain peu perméable," Ecole Poly. de Lausanne, 1973.

SCHNEEBELI, G., "Hydraulique souterraine," Ed. Eyrolles, 1966, pp 42. Français (French).

VACHAUD, G., "Etude du régime transitoire de l'écoulement de l'eau pendant le drainage des nappes à surface libre," La Houille blanche, 1968, n 5, p 391-405. Français (French).

van HOORN, J.W., "Principes fondamentaux du drainage des terres," Institut voor cultuurtechniek en water hinshouding Netherlands.

ETUDE DE L'INFLUENCE DES IRRIGATIONS ET RECHERCHES D'UN DISPOSITIF DE DRAINAGE PAR POMPAGE SIMULATION PAR MODELE MATHEMATIQUE EXEMPLE DES NAPPES DES TRIFFA ET DU GARET

(MAROC DU NORD-EST) *

I. ZERYOUHI
PH. CARLIER **

RESUME

Le développement des irrigations dû à la mise en valeur agricole des plaines du Maroc du Nord-Est a pour conséquence une forte remontée du niveau des aquifères.

Le réseau de drainage superficiel dans la plaine des Triffa s'est révélé peu efficace. Une solution a été proposée qui consiste en un drainage par pompage avec possibilité de réutilisation de l'eau pompée.

Dans la plaine du Garet, le drainage par pompage apporte aussi une solution au problème posé par la forte remontée du niveau piézométrique après la mise en eau du périmètre irrigué.

Pour analyser ces phénomènes une étude par simulation mathématique a été réalisée. Elle a permis d'évaluer le bilan de la nappe avant et après l'irrigation des plaines et de simuler l'effet du drainage par pompage.

ABSTRACT

The development of irrigation systems in the plains of North East of Morocco has led to a rise in ground-water level.

The superficial system of drainage in the plain of Triffa has been revealed to be inefficient. A solution to this problem was proposed. It consists of draining by pumping with the possibility of re-utilisation of the water so pumped.

In the plain of Garet, draining by pumping will also bring along a solution to the problem imposed by the rising of ground-water level after irrigating the area.

To study these phenomena, a mathematical simulation was conducted; the study led to an evaluation of the ground-water resources before and after the plain's irrigation. It, also, simulated the effect of draining by pumping.

* Study of the impact of irrigation and research of a drainage device by pumping—Simulation by mathematical model, example of ground waters of Triffa and Garet.
** Division des Ressources en Eau—Direction de l'Hydraulique, Ministère des Travaux Publics et des Communications.

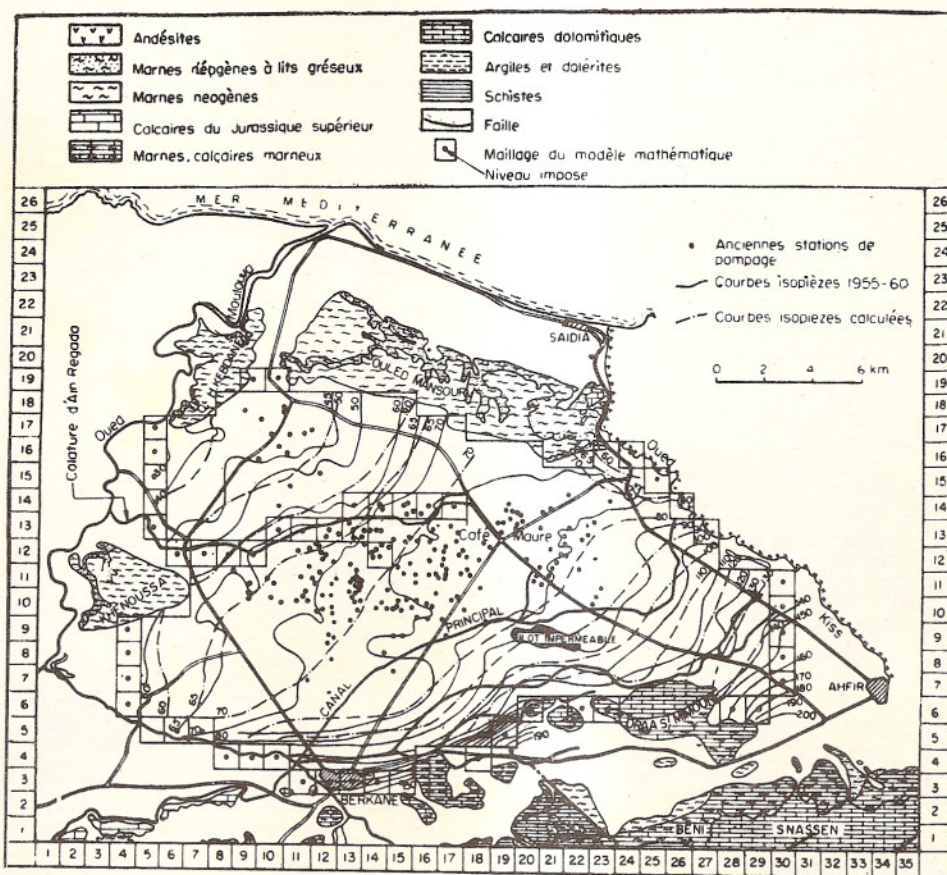


FIGURE 1 : Modèle mathématique de la nappe des Triffa—Piézométrie 1955

LA NAPPE DES TRIFFA

I. SITUATION GEOGRAPHIQUE ET BUTS DE L'ETUDE

La plaine des Triffa située à l'extrémité orientale du Maroc est délimitée à l'Est par l'Oued Kiss (frontière avec l'Algérie) à l'Ouest par l'oued Moulouya, au Nord par la Méditerranée et la ride des Oulad Mansour et au Sud par la chaîne des Béni Snassen (Figure 1). Sa superficie totale est de 750 km². Elle est incluse dans un bassin versant de 1.500 km² qui recouvre le versant nord des Béni Snassen.

La ville de Berkane au Sud de la plaine et la ville d'Oujda à 60 km plus au Sud-Est, écoulent les productions fruitières et maraîchères de cette région.

Du point de vue géomorphologique, la plaine des Triffa se présente sous forme d'un cône de déjection très large et très aplati depuis le piémont des Béni Snassen.

Au centre se trouve la cuvette de Madagh où les sols riches ont permis une culture moderne avec irrigation qui s'est développée en deux temps :

- avant 1955 une surface de 81 km² était irriguée, à partir de 400 stations de pompage qui prélevaient un débit approximatif de 2 m³/s;
- vers 1968 la mise en valeur de la plaine s'est largement développée par la venue d'eau d'irrigation non plus pompée dans la nappe phréatique mais venant de la Moulouya par irrigation gravitaire.

Progressivement ce nouveau procédé a remplacé les anciennes stations de pompages. Actuellement il n'existe plus aucune station de pompage en fonctionnement. Toute l'eau servant à l'irrigation, soit 4.200 m³/s, (débit fictif continu) provient du canal qui part de Mechra Homadi et irrigue environ 120 km².

Pour l'avenir, les services de l'Office régional de mise en valeur agricole de la basse Moulouya, prévoient la mise en eau d'une zone (n°4) appelée Haut Service qui se trouve au Sud de la plaine en bordure du massif des Béni Snassen.

Cette zone surélevée va alimenter par ses infiltrations la nappe phréatique qui se trouve déjà très près du niveau du sol dans le centre de la plaine (Figure 2).

Une étude par simulation mathématique doit permettre de prévoir les effets de cette mise en eau et chercher les remèdes à apporter, soit par drainage superficiel, soit par pompage, afin de maintenir le niveau de la nappe phréatique à une profondeur suffisante pour ne pas détériorer la qualité des sols et gêner les cultures.

II. DONNEES DE BASE

II-1 LIMITES DU MODELE—ORIGINE DES DONNEES

Le domaine aquifère représenté sur modèle s'étend sur une superficie d'environ 290 km² avec pour limites naturelles (voir également Figure 1) :

- au Nord, les hauteurs des Ouleds Mansour et des Ouleds Hajj Kebdane entre les oueds Moulouya et Kiss ont été considérées comme limite étanche à l'exclusion de la trouée qui les sépare où on a admis un niveau piézométrique imposé (cote 40 m environ);
- à l'Est, l'Oued Kiss puis l'Oued Arbal constituent une limite à charge imposée;
- au Sud, les premiers contreforts des Béni Snassen entre Kiss et Berkane constituent une limite étanche interrompue seulement par la dépression d'Aïn Reggada où le niveau piézométrique a été imposé (cote 200 m) pour traduire l'alimentation en provenance de cette zone;
- à partir de Berkane et vers le Nord-Ouest, la limite suit le cours de l'Oued Cherraa (niveau imposé à la cote de l'oued); puis du Sud au Nord une ligne de sources parallèles au cours de la Moulouya interrompue seulement par le noyau étanche du massif de Khenoussa.

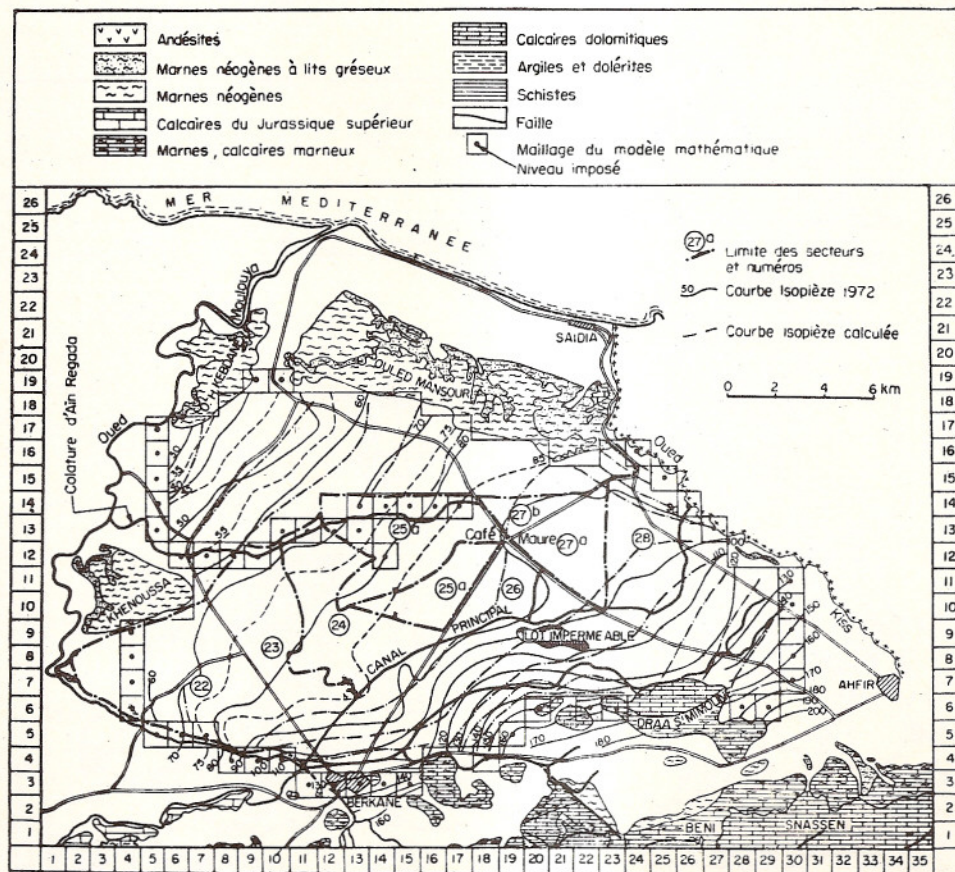


FIGURE 2 : Modèle mathématique de la nappe des Triffa—Piézométrie 1972

II-2 PIEZOMETRIE

La piézométrie est bien connue surtout dans le centre de la plaine où le réseau d'observation est très dense. Nous disposons de deux relevés complets. L'un de 1955, à l'époque où l'eau d'irrigation provenait exclusivement de pompages à la nappe, l'autre de 1972 alors que toutes les irrigations se font à partir du canal de la Moulouya (Figures 1 et 2).

II-3 CARACTERISTIQUES DU RESERVOIR

II-3.1 Géologie—Structure

La plaine des Triffa forme une vaste dépression synclinale remplie de sédiments néogènes et quaternaires.

Le substratum imperméable constitué sur des marnes bariolées ou bleues du Pliocène est surmonté d'une épaisseur variable de limons argileux et de galets du Quaternaire. Cependant on peut rencontrer des horizons lenticulaires parfaitement imperméables qui sont susceptibles de diminuer les qualités de l'aquifère.

Au centre de la plaine l'épaisseur de sédiments est de l'ordre de 50 à 100 m. Elle diminue assez nettement au droit de la ride anticlinale de Hassi Smia qui barre la plaine d'Est en Ouest au Nord d'une ligne Madarh—Café Maure matérialisée actuellement par le tracé du drain d'Ain Reggada.

II-3.2 Paramètres hydrodynamiques

L'étude des caractéristiques hydrauliques de la nappe a été effectuée grâce à des pompages d'essai réalisés sur 72 forages et puits entre 1958 et 1965.

Les valeurs extrêmes de la transmissivité varient de $1,8 \cdot 10^{-1}$ à $3 \cdot 10^{-5}$ m²/s. Le centre de la plaine met en évidence deux zones de transmissivité différentes séparées approximativement par la flexure d'Hassi Smia. Au Nord on a des transmissivités de l'ordre de $2 \cdot 10^{-2}$ m²/s, au Sud elles peuvent atteindre des valeurs beaucoup plus élevées.

Le coefficient d'emmagasinement a pu être calculé sur quelques forages, il est sensiblement le même pour toute la zone centrale: entre 2,2 et $2,6 \cdot 10^{-2}$.

On retiendra que la gamme de variation des transmissivités est très étendue (de 2 à 3.000 en valeurs relatives).

II-4 EMERGENCES—PRELEVEMENTS—INFILTRATIONS

De ce point de vue on a affaire à deux situations très différentes selon que l'on se place avant ou après la mise en service du canal de la Moulouya (1962).

II-4.1 Emergences

Les émergences naturelles ont toujours joué le même rôle quoiqu'avec des intensités différentes:

- les sources en bordure de la Moulouya (limite ouest du modèle) sont difficiles à jauger par leur constitution (Merjas plus ou moins diffuses). On sait seulement que leur débit a fortement augmenté depuis la mise en eau du canal,
- l'oued Kiss a été jaugé une fois seulement en 1972, à un débit de 200 l/s,
- l'écoulement vers la plaine côtière méditerranéenne par la trouée entre Ouled Hajj Kebbane et Ouled Mansour est impossible à évaluer directement.

Depuis 1962, le drainage naturel étant devenu insuffisant, on a creusé au centre de la plaine un réseau de colature qui limite la remontée de la nappe au droit de la flexure de Hassi Smia. Le canal principal de ce réseau évacuait en 1972 un débit moyen de 1,72 m³/s vers la Moulouya.

II-4.2 Prélèvements

Avant 1962, il existait environ 400 stations de pompage situées principalement au centre de la plaine (voir Figure 1). On sait que leur puissance installée permettait l'exhaure d'un débit continu de 3,6 m³/s. Mais en réalité ces stations ne fonctionnaient pas à pleine puissance et n'étaient en activité que 10 mois sur 12. De plus il faut tenir compte d'un certain retour à la nappe sur les parcelles irriguées si bien que le débit fictif continu réellement prélevé par les stations devait être plutôt de l'ordre de 2 m³/s. Toutes les stations ont été arrêtées avec la mise en service du canal.

II-4.3 Infiltration

L'infiltration naturelle des eaux de pluie peut être considérée comme négligeable. Les calculs d'excédent par les formules climatologiques (TURC mensuel en particulier) montrent de longues séries où l'évapotranspiration excède la pluviométrie (excédent nul) sauf pour quelques mois exceptionnellement humides (Tableau I).

En revanche, l'infiltration des eaux d'irrigation résiduelles est très importante dans l'état actuel. En effet le débit fictif continu apporté dans la plaine par le canal de la Moulouya est de l'ordre de 4.200 l/s pour les mois où l'irrigation est la plus forte. Si l'on retient un coefficient d'infiltration de l'ordre de 25 pour cent on obtient une alimentation de l'ordre de 1 m³/s.

TABLEAU I

Données climatologiques et excédent mensuel d'après la formule de TURC à Berkane—1968—1971

Années	Climatologie	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total ou moyenne
1968	Précipitations en mm	12	52	117	28	21,5	2	0	0	0	0	44	58	528
	Températures en °	13,4	12,8	13,3	15,3	18,1	22	26,7	25,3	22,6	20,8	37,1	12,7	20
	Excédent en mm	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9
1969	P	33	87	61	46	33	17	7	0	0	264	57	36	641
	T	13,1	11,6	14,8	14,8	19,1	21,6	24,2	25	21,4	17,6	16	11	17,5
	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	85	0	0	85
1970	P	59	2	33	20	12	0	0	0	0	5	8	26	165
	T	13,6	12,2	12,7	15,5	18,6	21,2	26,4	25,9	23,4	18,4	16,3	11,3	18
	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1971	P	72	0	73	44	90	30	0	0	3	0	78	35	425
	T	12,9	13	12,5	15,3	16,4	18,5	24,4	26,6	23	21,1	14,1	11,7	17,5
	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

II-5 CONCLUSIONS SUR L'ANALYSE DES DONNEES— DEMARCHE ADOPTÉE POUR L'ETUDE PAR MODELES

La caractéristique essentielle du système à étudier est que ses conditions d'alimentation et de prélèvement ont brutalement varié à la mise en fonctionnement du réseau d'irrigation par eau gravitaire, en substitution du réseau par pompage, ce qui a eu comme corollaire une variation importante des niveaux piézométriques au centre de la plaine.

Les cartes piézométriques correspondant à ces deux situations sont également bien connues et il est donc possible d'envisager un calage distinct pour chaque état.

On devra évidemment s'assurer que la répartition des transmissivités obtenue est identique pour les deux cas.

Le modèle une fois calé pourra être utilisé pour prévoir l'influence de la mise en eau du Haut Service, à l'amont de la zone actuellement irriguée.

III. CONSTRUCTION DES MODELES CALAGE

III-1 CHOIX DU TYPE DE MODELE

Dans la mesure où l'épaisseur de l'aquifère est encore relativement importante (30 à 50 m en moyenne) devant les variations piézométriques observées entre les 2 états extrêmes de 1955 et 1972 (10 m au maximum), on peut utiliser le modèle DRPER où la transmissivité est supposée indépendante de la piézométrie. On a représenté d'une part l'état de 1972. Les limites et conditions aux limites étaient identiques pour les 2 modèles, on a seulement modifié les débits intérieurs au domaine et représenté, pour la simulation de l'état 1972, le drain central du réseau de colature.

III-2 DESCRIPTION—CALAGE

III-2.1 Caractéristiques des modèles

- Type de modèle: DRPER
- Dimension des mailles: 1.000 m—nombre de mailles: 256
- Limites et conditions aux limites (Figures 1 et 2):
 - . Charges imposées: oueds Cherraa, oueds Kiss et Arbal, sources, la bordure de la Moulouya, trouée de Ouled Hajj Keddane vers la Méditerranée, débouché de la dépression d'Aïn Reggada au pied des Béni Snassen.
 - . Limite étanche: les massifs marneux des Béni Snassen au Sud, des Ouled Mansour et des Ouled Hajj Keddane au Nord.
- Prélèvements et infiltration:
 - . en 1955, aucune infiltration—prélèvements par pompage
 - . en 1972, aucun prélèvement—infiltration sur les zones irriguées.
- Piézométries de référence: 1955 et 1972 (Figures 1 et 2).

III-2.2 CALAGE

- Il a été conduit en 3 temps:
 - représentation de l'état 1955
 - représentation de l'état 1972
 - synthèse des deux calages précédents pour harmoniser les résultats et obtenir un modèle représentatif des deux états de référence à partir de la même répartition des transmissivités et des mêmes conditions aux limites à l'exception des débits prélevés ou infiltrés.

III-2.2.1 Représentation de l'état en 1955

Le calage d'un modèle représentatif de l'état piézométrique de 1955 a essentiellement consisté à résoudre les deux problèmes suivants:

- représenter la piézométrie au voisinage des limites en affichant aussi précisément que possible les conditions de niveaux, qui sont en général bien connues, et en modelant les transmissivités dont on ne dispose d'aucune mesure précise;
- rechercher une répartition cohérente des débits prélevés et de transmissivités au centre de la plaine;
- en ce qui concerne les *bordures* il a été relativement aisé de reproduire le gradient piézométrique observé au voisinage des limites à niveau imposé. Ce qui a permis d'obtenir la répartition des transmissivités dans ces zones et, surtout une évaluation des alimentations et émergences naturelles de la nappe (voir ci-après résultats).
- en ce qui concerne le *centre de la plaine* on connaît exactement la répartition des stations de pompage (Figure 2) et l'ordre de grandeur des transmissivités. En revanche il existait une grande incertitude sur

la valeur du débit prélevé exprimée en moyenne annuelle (débit fictif continu). Le chiffre le plus sûr concernait la puissance installée. Elle est connue pour chaque station et le cumul conduit à un débit total exploitable de 3.6 m³/s.

Les premiers passages sur modèles ont montré que ce chiffre était incompatible avec les valeurs de transmissivité mesurées par essais. La répartition relative des débits entre les stations a alors été conservée sur la base des puissances installées, mais toutes les valeurs ont été uniformément réduites par le moyen d'un coefficient de 0,5 soit un débit total prélevé de 1,8 m³/s, ce qui peut correspondre, selon une interprétation raisonnable (suggéré par le C.R. de Berkane) à un fonctionnement des stations au 2/3 de leur puissance maximale et un retour à la nappe de 25 pour cent.

III-2.2.2 Représentation de l'état en 1972

En conservant la répartition des transmissivités suggérées par le modèle de l'état piézométrique en 1955, le calage au voisinage des limites à niveau imposé est demeuré acceptable. Le point essentiel a été la recherche des débits de retour à la nappe sur les parcelles irriguées.

Comme pour les prélèvements de 1955, on peut estimer que la répartition des infiltrations est bien connue par la cartographie des parcelles irriguées. En ce qui concerne le débit total (fictif continu) à répartir entre ces parcelles, on a admis au départ une évaluation de 1 m³/s, soit 25 pour cent du débit apporté par le canal Bas Service aux secteurs irrigués (4,2 m³/s pour le mois de pointe).

Les premières simulations ont montré que l'injection d'un tel débit est absolument impossible sans drainage. Mieux le modèle montre que le simple fait de supprimer les pompes a pour conséquence une remontée de la nappe qui atteint le niveau du sol au droit de la ride anticlinale d'Hassi Smia.

Ce résultat nous a conduit à afficher avec le maximum de précision compatible avec le maillage, le réseau de drainage dont la construction a suivi de très près, et pour cause, la suppression des pompes et l'alimentation des zones irriguées par le canal Bas Service.

L'imposition de ce drainage et la réduction par tâtonnements successifs du débit de retour à la nappe (ramené progressivement à 900 l/s) ont permis de parvenir à un calage acceptable.

III-2.2.3 Synthèse

Les répartitions de transmissivités obtenues en fin des 2 opérations de calage décrites ci-dessus sont toutes deux compatibles avec les mesures de terrain mais ne sont pas exactement identiques.

Or, en toute rigueur, la meilleure garantie de représentativité du modèle est obtenue quand la même répartition des transmissivités permet de reproduire deux états différents.

En dernière phase, nous avons donc harmonisé les deux modèles précédents afin de parvenir à ce résultat, ce qui nous a conduit à:

- vérifier les conditions aux limites de manière à s'assurer que celles correspondant à des niveaux d'oued ou d'émergence étaient bien imposées de manière identique dans les deux cas (d'où les modifications légères des cartes piézométriques fournies par les hydrogéologues),
- ajuster, en dernier ressort, les débits imposés. En effet les deux valeurs retenues précédemment (soit 1,8 m³/de prélèvements en 1955 et 900 l/s de retour à la nappe en 1972) n'étaient pas tout à fait compatibles. Pour une même répartition de transmissivité, on obtenait soit un niveau trop bas en 1955 si le calage était bon pour 1972, soit un niveau trop haut en 1972 pour un calage correct en 1955. En réduisant uniformément tous les débits imposés sans modifier leur répartition, on est parvenu aux deux valeurs qui sont les plus compatibles avec l'ensemble des autres caractéristiques du modèle: 1,4 m³/s de prélèvement en 1955, 0,700 m³/s de retour en 1972. Notons que ces chiffres sont également cohérents avec les chiffres connus pour les débits extrêmes que constituent la puissance installée des stations (3.6 m³/s) et le débit du Bas Service pendant le mois de pointe (4.2 m³/s). En effet, si on admet que les stations fonctionnaient au 2/3 de leur puissance et que dans les deux cas le module fictif continu est sensiblement les 3/4 du débit de pointe et le retour à la nappe de l'ordre de 25 pour cent, on obtient:

—pour les prélèvements en 1955:

$$\frac{3,6 \times 2 \times 3 \times 3}{3 \times 4 \times 4} = 1,35 \text{ m}^3/\text{s} \text{ à rapprocher de } 1,4 \text{ m}^3/\text{s}$$

—pour les apports en 1972:

$$\frac{4,2 \times 3 \times 1}{4 \times 4} = 0,787 \text{ m}^3/\text{s} \text{ à rapprocher de } 0,700 \text{ m}^3/\text{s}$$

III-2.3 RESULTATS—CONCLUSIONS

Les Figures 1 et 2 donnent les *piézométries* calculées par le modèle au stade final du calage, en regard des piézométries de référence (1955–1972).

Ces deux piézométries ont été obtenues pour la même répartition de *transmissivités* reportée Figure 3. Cette répartition est tout à fait compatible avec les valeurs ponctuelles mesurées par essais et les indications fournies par la géologie. On retiendra en particulier:

- l'existence d'une fosse centrale à très bonnes transmissivités ($> 10^{-1}$ m²/s) au Sud de "Café Maure" de part et d'autre de la route vers Berkane. Ce chenal est encadré par des zones à très mauvaises caractéristiques: au Nord l'une correspond à l'anticlinal d'Hassi Smia puis longe l'oued Kiss, au Sud l'autre est en piémont des Beni Snassen;
- la trouée vers la Méditerranée entre Ouled Hajj Kebbane et Ouled Mansour présente localement des caractéristiques assez bonnes (10^{-2} m²/s).

En ce qui concerne les *débits*, le modèle permet d'établir un bilan cohérent de la nappe pour les deux états considérés. Il est résumé par le Tableau II.

On remarquera d'abord que la substitution d'une irrigation gravitaire à une irrigation par pompage se traduit globalement par une augmentation du bilan de 300 l/s. En ce qui concerne les échanges par les limites (c'est-à-dire en excluant prélèvements par pompage et infiltration des eaux d'irrigation) on note les points suivants:

- l'apport principal provient dans les deux états des Béni Snassen par la dépression d'Aïn Reggada d'une part (640 à 800 l/s) et à partir de l'oued Arbal d'autre part (520 à 680 l/s);
- l'oued Cherraa sans doute colmaté ou s'écoulant sur des terrains faiblement transmissifs alimente très peu la nappe (de 175 à 275 l/s);
- les sorties naturelles sont plus dispersées et drainent des débits peu importants. La principale est représentée par les sources disséminées en rive droite de Moulouya entre oued Cherraa et Djebel Khenoussa: 128 l/s en 1955, 234 l/s en 1972. Puis vient l'oued Kiss: 104 l/s en 1955,

TABLEAU II

Débits en l/s =	1955		1972	
	entrées	sorties	entrées	sorties
Sources entre Dj. Khenoussa et oued Cherraa		128		234
Oued Cherraa Piémont Berkane	793		637	
Dépression d'Aïn Reggada	275		174	
Oued Arbal	680		515	
Oued Kiss		104		195
Trouée Hajj Kebbane		34		96
Sources vers Moulouya		66		67
Prélèvements pompages		1 416		
Apports irrigation			713	
Colature Aïn Reggada				1 447
Total	1 748	1 748	2 039	2 039

195 l/s en 1972, ce qui est confirmé par le jaugeage récent (200 l/s) cité au paragraphe. Enfin les sources entre Djebel Khenoussa et Djebel Hajj Kebbane et l'émergence par la trouée située à l'Est de ce dernier massif drainent respectivement 66 l/s pour les premières qui semblent avoir peu varié et de 34 à 96 l/s pour la seconde relativement sensible à la disparition des pompages.

Il résulte tout naturellement de ce dernier point que la nappe a été incapable d'absorber l'augmentation d'apports créée par le changement du mode d'alimentation des secteurs irrigués, ce qui explique la montée du niveau depuis 1955 et la nécessité de mettre en place un dispositif de drainage le long de l'anticlinal d'Hassi Smia, zone la plus vulnérable du fait de ses mauvaises caractéristiques hydrodynamiques. Ce réseau, d'après le modèle, draine environ 1,5 m³/s ce qui est conforme au jaugeage connu: soit 1,7 m³/s.

En conclusion, on voit que le modèle rend remarquablement compte de toutes les données de terrain et explique très bien les phénomènes observés par suite du changement des conditions d'irrigation. Le fait qu'il permette avec une répartition de transmissivité unique de représenter deux états aussi différents que ceux de 1955 et 1972 est une garantie de représentativité rarement obtenue dans les études de ce genre.

IV. SIMULATION DE NOUVEAUX AMENAGEMENTS

IV.1 CONSEQUENCES DE LA MISE EN EAU DU HAUT-SERVICE

En 1975 il est prévu de mettre en eau le canal dit du "Haut-Service" et d'irriguer tout le périmètre dominé par ce canal: soit environ 5.700 ha (Figure 3).

La dose moyenne d'irrigation prévue sera de 8.000 m³/ha/an soit, en comptant un retour de 25 pour cent, un taux d'infiltration sur les surfaces irriguées de:

$$\frac{8000 \times 10^3 \times 10^2}{4 \times 3,15 \cdot 10^7} = 6,34 \text{ l/s/km}^2.$$

Ce module est compatible avec ce qui a été admis pour le Bas-Service puisqu'il donne pour ce périmètre de 11.170 ha un retour global de:

$$111,7 \times 6,34 = 708 \text{ l/s (713 sur le modèle).}$$

Dans les mêmes conditions on obtient pour le Haut-Service

$$57,00 \times 6,34 = 360 \text{ l/s.}$$

Ce débit a été imposé sur le modèle et on a obtenu par simulation la carte d'accroissement des nouveaux figurée (Figure 3).

On voit que la mise en activité du Haut-Service se traduira par une remontée nette du niveau piézométrique qui dépassera largement 3 m en amont du canal principal et atteindra 1 à 2 m au centre de la plaine (où les niveaux tendent déjà à être excessivement proches du sol). Le débit du drain d'Aïn Reggada augmentera d'environ 250 l/s.

Il faut donc prévoir un dispositif de drainage.

IV-2 RECHERCHE D'UN DISPOSITIF DE DRAINAGE PAR POMPAGES

On a étudié à l'aide du modèle la possibilité de faire un rabattement par pompages. Cette solution présente, dans le cas présent, certains avantages:

- elle permet de contrôler précisément les niveaux aussi bien dans l'espace que dans le temps en jouant sur les débits d'exhaure et l'emplacement des forages;
- elle ne nécessite aucun travail de terrassement;
- elle peut avoir un effet étendu et créer des rabattements importants, mais elle n'est pas exempte d'inconvénients:
 - coût d'exploitation des ouvrages (quoique l'entretien d'un réseau de drainage gravitaire ne soit pas toujours négligeable),
 - nécessité d'évacuer l'eau.

Cette dernière sujétion peut être éliminée si l'eau pompée est utilisable pour l'irrigation.

Ainsi, dans le cas des Triffa, une solution élégante consisterait à implanter les forages près des canaux principaux et y rejeter l'eau pompée en diminuant d'autant le débit dérivé de la Moulouya.

Une telle solution a été testée sur le modèle. La Figure 4 donne les conditions d'implantation et de débit des ouvrages ainsi que les rabattements provoqués en supposant, toujours, le Haut-Service en activité.

Il apparaît possible d'annuler pratiquement toute remontée en amont du canal principal et même de provoquer un rabattement d'1 à 2 m au centre de la plaine en réalisant des pompages d'une part le long du canal principal (8 pompages ne 600 l/s au total), d'autre part le long du canal Haut-Service

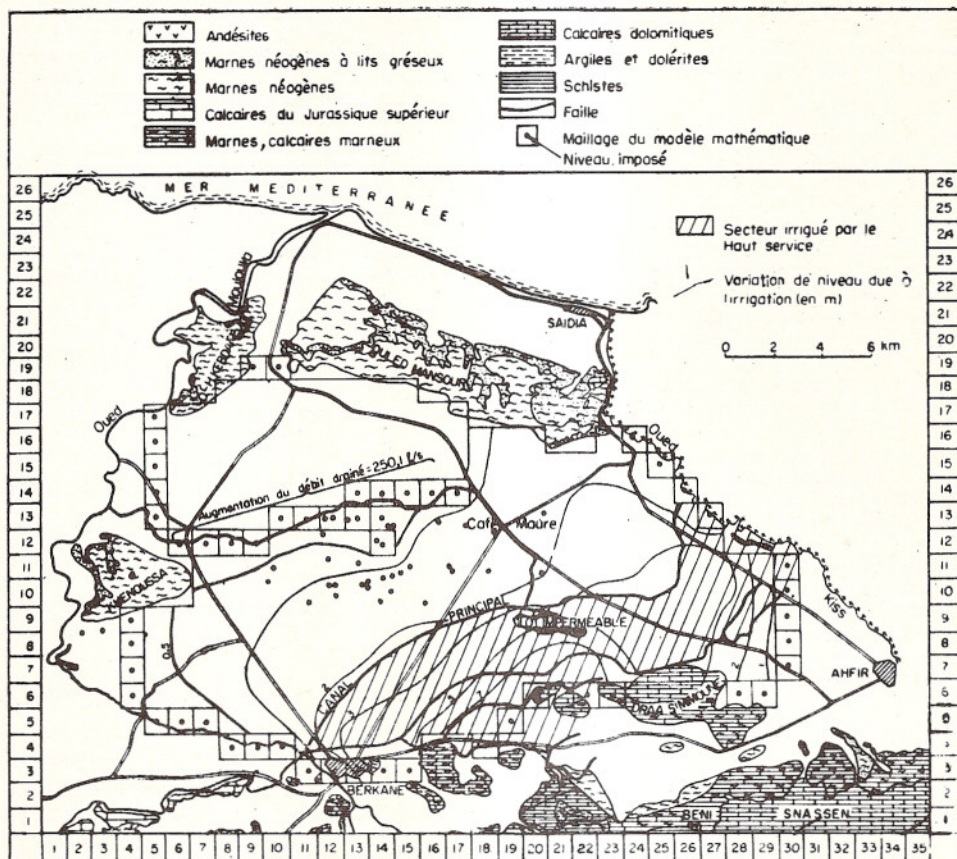


FIGURE 3 : Modèle mathématique de la nappe des Triffa—Influence de la mise en eau du Haut Service

(3 forages de 90 l/s au total). Ces pompages pourraient rejeter leur eau dans les deux canaux la qualité chimique de l'eau étant acceptable. Les rabattements à attendre aux ouvrages pour des forages de 0,1 m de rayon seraient inférieurs à 5 m (sans tenir compte des pertes de charge singulières). Le débit du drain d'Ain Reggada serait diminué d'environ 300 l/s.

Il est évident qu'on peut modifier dans une certaine mesure le dispositif proposé pour essayer de l'adapter à certains impératifs des aménageurs. En particulier, il est probable que quelques forages implantés entre Madarh et Café Maure augmenteraient encore l'efficacité du drainage à l'aval. Mais leur eau devrait sans doute être rejetée au drain, par conséquent perdue. Cette hypothèse a été volontairement exclue et le cas simulé correspond donc à une solution minimale quant aux frais d'investissements et maximale quant au bénéfice (dans l'hypothèse où l'eau pourrait être rejetée dans les canaux d'irrigation). Elle devrait donc illustrer le plus clairement possible l'efficacité et les avantages que l'on peut attendre du système et l'importance des travaux et frais d'exploitation qu'il peut entraîner : au minimum 11 forages débitant au total 690 l/s sous 5 à 10 m de rabattement (en comptant avec les pertes de charge).

V. CONCLUSION GENERALE

Le développement de la mise en valeur de la plaine des Triffa et en particulier le changement du mode d'alimentation des secteurs irrigués a eu des effets considérables sur la nappe phréatique. Avant 1955, toute l'eau à usage agricole provenait de pompages à la nappe. A cette date tous les pompages ont cessé et, depuis, l'alimentation des secteurs d'irrigation provient d'une dérivation des eaux de la Moulouya par un canal dit du Haut Service. Il en est résulté une forte remontée de la nappe qui a nécessité la mise en place d'un important réseau de drainage.

Pour analyser plus en détail ce phénomène un modèle mathématique de la nappe a été construit. Son objectif était de représenter les deux états observés : en 1955 avant cessation des pompages et mise en place de l'irrigation gravitaire et en 1972 après plusieurs années de fonctionnement du nouveau système d'irrigation.

Cet objectif a été atteint selon un processus de calage par essais successifs en s'appuyant sur l'ensemble des données hydrogéologiques : le modèle permet une bonne représentation des deux états observés aussi bien en ce qui concerne la piézométrie que les débits (au moins ceux qui sont connus par jaugeage) avec des conditions aux limites très bien déterminées et la même répartition des transmissivités. On peut donc penser que sa représentativité est excellente. Ce qui permet d'avancer un bilan détaillé de la nappe pour les deux situations examinées, et surtout d'étudier l'influence de la mise en eau de nouveaux secteurs d'irrigation et de proposer des solutions pour limiter ou supprimer les remontées de nappes qui en résulteraient sans aucun doute.

LA NAPPE DU GARET

I. SITUATION GEOGRAPHIQUE ET BUTS DE L'ETUDE

La plaine du Garet est située au Sud-Sud-Ouest de Nador, c'est un bassin de 250 km² limité au Nord par le massif des Beni Bou Ifrou, à l'Ouest par le Jebel Tistoutine, au Sud par la chaîne des Kerker-Ziata et à l'Est par des collines formant l'extrémité des Kebbana. A l'Ouest la plaine du Garet communique avec la plaine du Bou Areg.

Du point de vue géomorphologique, la plaine du Garet est une dépression comblée de dépôts du Pliocène souvent conglomératiques et de calcaires lacustres durs et assez épais dans l'Est de la plaine oùaffleure une croûte de calcaires villafranchiens assez durs.

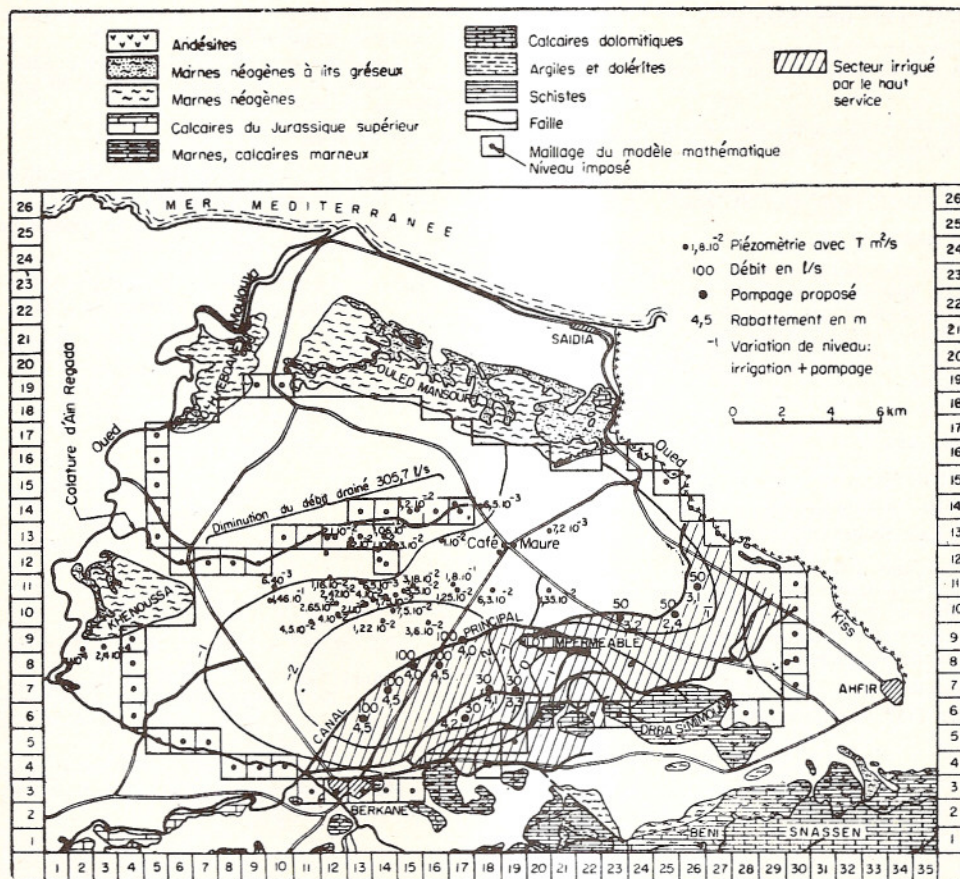


FIGURE 4 : Modèle mathématique de la nappe des Triffa—Simulation d'un dispositif de rabattement par pompages

Actuellement environ 1.150 hectares de terres sont irrigués par pompage dans des puits (environ 170 puits).

Pour l'avenir les services de l'Office Régional de Mise en Valeur Agricole de la basse Moulouya prévoient la mise en eau d'une zone de 12.500 hectares bruts dont 10.000 hectares intéressent la plaine du Gare (le reste est situé dans la plaine du Kerte).

L'étude par simulation mathématique a pour but de prévoir les effets de la mise en eau de ce périmètre irrigué sur l'aquifère de la plaine.

II. DONNEES DE BASE

II. 1 LIMITES DU MODELE—ORIGINE DES DONNEES

Le domaine aquifère représenté sur modèle s'étend sur une superficie d'environ 250 km² avec pour limites naturelles:

- au Nord : les Beni Bou Ifroug ont été considérés comme une limite étanche sauf la trouée séparant ces collines du Jebel Tistoutine;
- à l'Ouest : le seuil séparant la nappe du Gare de celle du Kerte constitue une limite étanche;
- au Sud : la chaîne des Kerter—Ziata constitue à la base une limite à charge piézométrique imposée;
- à l'Est : l'extrémité du massif des Kbdana est une limite étanche;
- l'Oued Selouane draine la nappe aux environs de Monte Arrouit, le niveau a été imposé à la cote de l'oued.

II. 2 PIEZOMETRIE

La piézométrie de la plaine du Gare est bien connue, le réseau d'observation permanent comporte 50 piézomètres et puits témoins relevés tous les deux mois.

II. 3 CARACTERISTIQUES DU RESERVOIR

L'aquifère de la nappe phréatique de la plaine du Gare est constituée dans sa majeure partie par des formations lacustres du Villafranchien calcaires blancs et jaunâtres et au Sud-Ouest de la plaine par des limons à galets et graviers.

Le substratum imperméable de la nappe phréatique est formé de marnes barriolées du Pontico-Pliocène, au Sud de la plaine l'imperméable se trouve dans le Quaternaire.

L'étude des caractéristiques hydrauliques de la nappe a été effectuée grâce à des pompages d'essai réalisés sur 14 forages.

Les transmissivités mesurées varient de 10 à 1200.10⁻⁴ m²/s, la disparité de ces valeurs est due à l'hétérogénéité de l'aquifère. La partie amont de la plaine est plus transmissive que la partie aval et centrale.

Le coefficient d'emmagasinement *S* est 1,5 à 3 pour cent.

L'allure des courbes isopièzes est liée aux variations des valeurs des transmissivités. Au Sud et au Sud-Est de Monte Arrouit la faible pente de la nappe est le reflet de la bonne perméabilité de l'aquifère, c'est dans cette région que la majorité des puits d'irrigation ont été creusés.

II. 4 EMERGENCES—PRELEVEMENTS—INFILTRATION

La seule émergence importante est l'oued Selouane alimenté par le drainage de la nappe phréatique.

Les prélèvements par pompage pour l'irrigation se font par environ 170 stations de pompage représentant une superficie irriguée de 1.150 hectares. Le débit prélevé à la nappe est de l'ordre de 300 l/s (évapotranspiration annuelle de 0,25 l/s/ha).

Le coefficient d'infiltration naturelle des eaux de pluie a été pris égal à 20 pour cent de la pluviométrie moyenne interannuelle (350 mm), ce qui semble être un maximum et représente 2,2 l/s/km².

II. 5 CONCLUSION SUR L'ANALYSE DES DONNEES

Le système à étudier est caractérisé par une nappe avec une piézométrie assez régulière alimentée par la bordure Sud et l'infiltration des eaux météoriques.

Le modèle une fois calé pourra être utilisé pour prévoir l'influence de la mise en eau du futur périmètre irrigué sur l'aquifère.

III. CONSTRUCTION DU MODELE

III. 1 CHOIX DU TYPE DE MODELE

Dans la mesure où l'épaisseur de l'aquifère est relativement importante (20 à 80 m sauf aux environs immédiats de Monte Arrouit où elle est de 5 m) devant les variations piézométriques (les fluctuations annuelles dépassent rarement 2 m et les extrêmes interannuelles 4 m).

On peut utiliser le modèle DRPER où la transmissivité est supposée indépendante de la piézométrie.

III. 2 DESCRIPTION—CALAGE

III. 2.1 Caractéristiques du modèle

- (1) Type de modèle = DRPER
- (2) Dimension des mailles : 1000 m—nombre de mailles = 255
- (3) Limites et conditions aux limites (Figures 5 et 6)

Charges imposées = bordures Sud, trouée entre Beni Bou Ifrou et Jebel Tistoutine—sortie aval de la nappe vers la plaine de Bou Areg—drainage par l'Oued Selouane amont

Limites étanches = bordures Est, bordure Nord (Jebel Tistoutine et Beni Bou Ifrou) et seuil vers la plaine du Kerte à l'Ouest.

- (4) Prélèvements et infiltration

Pompage de 300 l/s sur 1150 ha; infiltration de 2,2 l/s/km de la pluviométrie.

III. 2.2 Calage

Le calage a permis de représenter un état moyen de la nappe avant l'irrigation par l'eau de la Moulouya (état de 1971).

La piézométrie aux limites imposées a été représentée en affichant les conditions de niveaux bien connues et en modélant les transmissivités assez mal connues. Ce qui a permis d'obtenir une évaluation des alimentations et émergences naturelles de la nappe.

Au centre de la plaine on connaît la répartition des stations de pompage et l'ordre de grandeur des transmissivités.

Les premiers passages sur modèles ont conduit à augmenter le coefficient d'infiltration de la pluie (porté de 10 à 20 pour cent) et à accroître la transmissivité en amont de l'aquifère.

III. 2.3 Résultats

La Figure 5 donne le résultat du calage du modèle au stade final, en regard de la piézométrie de référence.

En ce qui concerne les débits, le modèle permet d'établir un bilan cohérent de la nappe résumé ci-après :

Entrées : précipitations sur 255 km ²	255 × 2,2 l/s =	560 l/s
apports par la bordure S sur 23 km		550 l/s
TOTAL :		1110 l/s
Sorties : écoulement vers le Bou Areg =		500 l/s
drainage par l'Oued Selouane =		306 l/s
pompages sur 1.150 ha =		316 l/s
(avec un retour de 25 pour cent)		1122 l/s

La différence entre les 2 chiffres est due aux arrondis, ces valeurs sont à considérer comme des ordres de grandeurs et non comme des valeurs absolues.

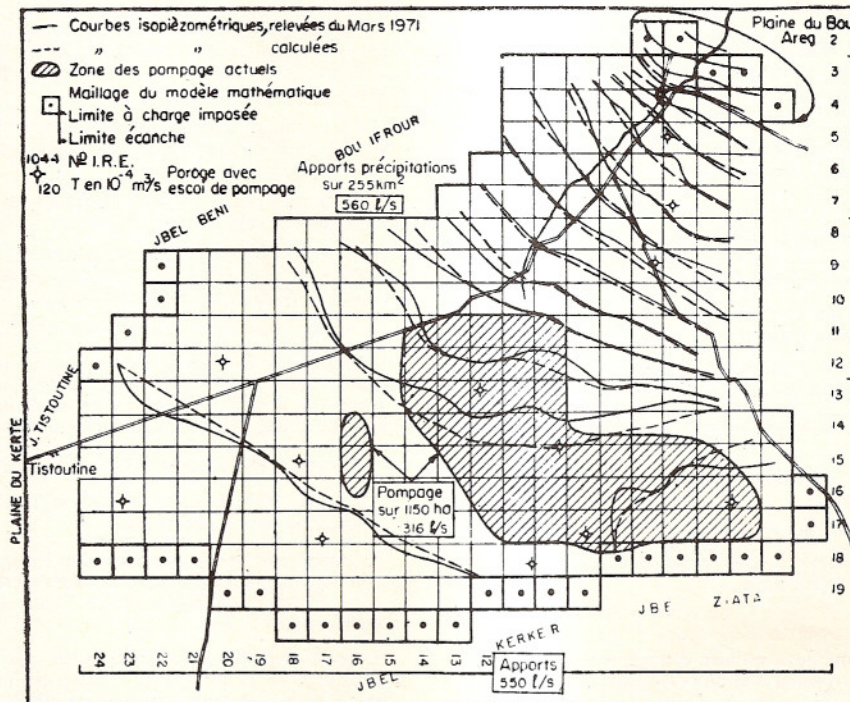
IV. SIMULATION DE NOUVEAUX AMENAGEMENTS

Un canal "haut service" de 40 km de longueur va permettre l'irrigation par les eaux de la MOULOUYA de 12.500 ha équipés soit 10.000 ha net irrigués, 9.000 ha intéressent le Gare et les 1.000 ha situés le plus à l'Ouest concernent la plaine du Kerte.

Le taux d'infiltration sur les surfaces irriguées retenues pour le modèle est de 800 m³ par hectare soit 10 à 15 pour cent de la dose moyenne d'irrigation, où par maille de 1 km² =

$$\frac{800 \times 10^2}{8,15 \cdot 10^7} = 2,5 \text{ l/s/km}^2$$

Ce module est relativement faible mais la méthode d'irrigation employée dans ce périmètre est l'aspersion qui limite les pertes d'eau.



Dans ce cas le niveau piézométrique baisse d'un maximum de 12 m dans la zone des pompages. Le prélèvement entraîne une baisse du drainage par l'Oued Selouane (le débit de l'Oued diminuera de 167 l/s) le reste étant pris sur l'écoulement vers le Bou Areg (diminution du débit de 23 l/s).

Ces diverses hypothèses sont viables d'un point de vue hydraulique; mais il reste une inconnue: l'évolution géochimique de la nappe. La salinité de cet aquifère est élevée et l'infiltration des eaux d'irrigations augmentera

encore la teneur en sel, à moins de procéder à d'importants lessivages des sols.

V. CONCLUSION GENERALE

La nappe de la plaine du Garet réagit fortement à l'apport d'eau supplémentaire due aux irrigations; des pompages au débit unitaire de 15 à 40 l/s par forage de 50 à 80 mètres de profondeur situés dans la partie amont de la nappe permettront un drainage efficace de la plaine.

S. T. A. I. P.

**Société des Travaux Agricoles Industriels
et Publics**

•

CASABLANCA - 6, RUE D'ARCACHON

Tél. : 413-95

•

**Tous Travaux Défrichement, de Sous-Solage
de Nivellement et de Drainage**

ORGANISATION DE LA GESTION, DE L'EXPLOITATION ET DE L'ENTRETIEN DES RESEAUX D'IRRIGATION ET DE DRAINAGE DANS LES GRANDS PERIMETRES IRRIGUES DU MAROC *

LAHLOU OTHMANE **
BENNANI ABDELLATIF ***
AIT KADI MOHAMED ****

RESUME

La gestion des réseaux et leur entretien est intimement liée à la nature des équipements, à la mise en valeur appliquée et aux conditions sociales, économiques et techniques des agriculteurs intéressés. Le Maroc, dans le cadre de sa politique axée sur le développement de la production agricole basée en majeure partie sur les périmètres irrigués, connaît un rythme d'équipement hydro-agricole important. Ainsi 484.000 ha seront équipés à la fin de 1977 et 1.000.000 ha à l'horizon 2.000.

La présente communication essaie de présenter le problème de la gestion des réseaux dans le cadre général où elle se pose au Maroc.

A la lumière des problèmes observés dans les différents périmètres, la présente note fait le constat des difficultés actuelles et introduit les bases de l'organisation efficace de la gestion des réseaux. Il est définitivement admis que cette attribution doit revenir à un service indépendant qui doit être doté de moyens adéquats lui permettant de s'acquitter convenablement de sa tâche. Par ailleurs, l'efficacité de la gestion est d'autant améliorée que la participation des intéressés eux mêmes à la répartition de l'eau et à la surveillance des eaux est effective.

La meilleure gestion serait celle où les services techniques s'occuperaient des équipements externes et les agriculteurs ou coopératives d'agriculteurs des équipements internes. En définitive, la bonne gestion s'identifie à l'intérêt et à la motivation que portent les agriculteurs à l'utilisation et à la valorisation du facteur de production eau.

SUMMARY

The management of irrigation networks and their upkeep is intimately tied to the nature of the equipment, to the applied putting into value and to the social, economic and technical conditions of the interested agriculturists. Morocco, within the cadre of its policy directed towards the development of agricultural production dependent in most part upon the irrigated surface within the perimeters, develops intensively its hydro-agricultural equipment. Thus 484,000 ha will be equipped up to the end of 1977 and 1 million ha by 2000.

This note attempts to present the problem of management of irrigation networks within the general cadre applicable to Morocco.

In the light of the problems observed in the different areas within the perimeters, the present note demonstrates present day difficulties and introduces the bases of efficacious organization of management of the networks. It is definitely admitted that this task must be given to an independant service which should possess adequate means of carrying out its job suitably.

Besides, the effectiveness of management will be improved in relation to the participation of the interested agriculturists themselves in the distribution and the surveillance of the water. The best management would be that in which technical services would look after the external networks and the agriculturists or the agricultural cooperatives would look after the internal networks.

* Organisation of administration, operation and maintenance of irrigation and drainage network in large irrigated areas of Morocco.

** Ingénieur Civil du Génie Rural, Directeur de l'Office Régional de Mise en Valeur Agricole du Loukkos.

*** Ingénieur Civil du Génie Rural, Chef du Bureau d'Etudes à l'Office Régional de Mise en Valeur Agricole du Loukkos.

**** Ingénieur Civil du Génie Rural, Enseignant à l'Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II.

Finally, good management identifies itself with the interest and the importance attached by the agriculturists to the utilization and value of water as a production factor.

I. INTRODUCTION

Le secteur agricole occupe une place de choix dans l'économie marocaine puisque une grande partie de la population marocaine vit des revenus de cette agriculture (plus de 70 pour cent de la population totale). Ce qui explique la priorité accordée par l'Etat marocain au développement du secteur agricole et, plus particulièrement, au développement de l'agriculture irriguée. En effet, c'est le secteur irrigué qui assure la production de la presque totalité des plantes industrielles (betterave à sucre depuis 1962, en grande partie en irrigué et en partie en sec, canne à sucre depuis 1973, coton, ...) et la majeure partie des productions agricoles destinées à l'exportation (agrumes, maraîchage de saison et primeurs...).

Les efforts consentis par l'Etat marocain depuis plus de douze années pour le développement du secteur irrigué sont énormes par rapport à ses moyens. Cette politique appelée politique des grands barrages doit amener le Maroc à irriguer 1 million d'hectares sur les 8 millions cultivables dont il dispose d'ici l'an 2.000. Dans le plan quinquennal 1968-1972, le Maroc a consacré 41 pour cent de ses crédits d'équipement totaux aux seuls aménagements hydro-agricoles, soit 2.088 millions de Dirhams (461 millions de \$ US environ). De 1973 à 1977, le Maroc a consacré 16 pour cent de ses crédits d'investissement totaux à ces aménagements hydro-agricoles, soit 3.343 millions de Dirhams (738 millions de \$ US environ).

Cet effort s'est accompagné d'un développement important des superficies irriguées qui sont passées de 190.000 ha en 1961, à 200.000 ha en 1967, à 325.000 ha en 1972 et à plus de 484.000 ha en 1977.

Il est à noter que les superficies irriguées se divisent en deux grands secteurs. Le premier est représenté par la petite et moyenne hydraulique (petits secteurs d'irrigation dispersés) qui couvrira une superficie totale irriguée de 280.000 ha en fin d'aménagement, soit 26 pour cent environ du secteur irrigué. Le second secteur est représenté par la grande hydraulique (grands périmètres irrigués avec aménagement intégré) qui totalisera une superficie irriguée de 790.000 ha en fin d'aménagement, soit 74 pour cent du secteur irrigué. La présente note ne traitera que des problèmes de gestion, d'exploitation et d'entretien de réseaux de ce second secteur.

La priorité accordée au développement agricole est un choix délibéré de l'Etat marocain. Ce choix vise trois objectifs principaux:

- satisfaction des besoins alimentaires du pays (autosuffisance) par la production nationale et, plus particulièrement, autosuffisance en produits alimentaires de base: sucre, huile, céréales, fourrages, viande et produits laitiers, produits maraîchers;
- dégager des ressources en devises nécessaires par l'augmentation des exportations agricoles et la diminution des importations agricoles;
- amélioration du niveau de vie de la population agricole.

Pour atteindre ces objectifs, il est nécessaire de pouvoir mettre en oeuvre les aménagements réalisés et rentabiliser les énormes investissements consentis. Une mise en valeur intensive des périmètres irrigués conditionne la réussite de cette politique. Or cette mise en valeur n'est possible qu'avec une exploitation efficace et en entretien continu des équipements réalisés d'une manière générale et des réseaux (irrigation et drainage) d'une manière particulière afin qu'ils puissent remplir la fonction pour laquelle ils ont été conçus et mis en place.

Une des premières exigences pour une gestion rationnelle et efficace d'un système d'irrigation est une organisation convenable pour son exploitation et son entretien. Les problèmes de l'organisation de la gestion d'un réseau d'irrigation résultent d'une part de la conception et des différents choix qui ont présidé à l'élaboration des projets correspondants et, d'autre part, de leur confrontation avec les contraintes réelles de la mise en valeur. Aussi, est-il nécessaire avant de procéder à une analyse, qui sera forcément descriptive de l'organisation de la gestion des réseaux d'irrigation au Maroc, de donner, au préalable, un aperçu sur les principales caractéristiques des aménagements hydro-agricoles et de la mise en valeur dans notre pays.

II. LES INTERVENTIONS DE L'ETAT: LA MISE EN VALEUR DANS LES PERIMETRES IRRIGUES

Pour atteindre les objectifs de mise en valeur dans les périmètres irrigués, l'Etat a adopté une politique de type contractuel. Cette politique est clairement définie dans le cadre d'une loi et les mesures d'application arrêtées dans une série de textes législatifs promulgués en 1969. L'ensemble de ces textes forment le "Code des Investissements Agricoles". Ce code régit les investissements étatiques et privés dans le domaine agricole et de l'aménagement hydro-agricole en particulier. A ce titre, il régit (pour un développement harmonieux de l'agriculture) un certain nombre de lois très hardies, à savoir:

- Un aménagement intégré où l'Etat et les agriculteurs sont engagés ensemble, où chacun doit répondre à certaines obligations et où chacun garde ses droits;
- il prévoit une réforme des structures foncières afin de les adapter à un aménagement moderne, pour des productions modernes.

Il faut noter que la mise en valeur a été déclarée obligatoire sur l'ensemble des terres agricoles. Mais la réalisation d'un tel projet ne peut se faire partout immédiatement; aussi, certains secteurs privilégiés sont-ils concernés en priorité: ce sont les grands périmètres irrigués où l'action de l'Etat est plus aisée, et où la rentabilité des investissements est moins soumise aux aléas climatiques.

Les principales dispositions du Code des Investissements Agricoles relatives aux périmètres irrigués et dont l'application a un effet déterminant sur la gestion des réseaux à l'intérieur de ces périmètres sont les suivantes:

- (1) L'Etat délimite les périmètres irrigués après étude. Il réalise tous les équipements, aussi bien les ouvrages principaux allant du barrage, aux ouvrages de prise, aux adducteurs principaux, aux stations de pompage, de mise en pression et d'exhaure, aux réseaux d'irrigation, de drainage superficiel et de drainage profond et aux aménagements du sol (remembrement, prises d'irrigation, défrichement, défoncement nivellement, matériel mobile pour l'irrigation par aspersion). Toutes les terres incluses dans un projet donné jugées aptes à l'irrigation par les services techniques sont équipées. Ainsi, l'Etat met à la disposition de l'agriculteur un outil de travail complet prêt à être utilisé.
- (2) L'Etat finance la grande partie de ces équipements, tous les équipements étant, au départ, réalisés et payés par lui. L'agriculteur participe, une fois sa terre équipée, à cet effort d'équipement à concurrence de 40 pour cent du montant total du coût de l'aménagement et ce sous deux formes:

- (a) participation directe équivalente à 25 pour cent du coût total (participation fixée depuis 1969 à 1.500 DH par ha, le coût de l'aménagement étant à l'époque égal à 6.000 DH l'ha, alors qu'il se monte actuellement entre 25.000 et 30.000,00 DH l'ha). Cette participation est payée en 17 annuités, de l'année 4 à l'année 20 suivant l'année de fin d'aménagement, le taux d'intérêt étant fixé à 4 pour cent.

Les propriétaires ayant une superficie inférieure à 5 ha sont exonérés de cette participation. Ceux ayant une superficie comprise entre 5 et 20 ha sont exonérés pour la première tranche de 5 ha. De plus, les deux périmètres du Sud (zones arides) ne sont pas affectés par cette taxe.

- (b) participation indirecte sous forme de redevance d'eau estimée sur 50 années de fonctionnement du réseau d'irrigation. Ainsi le prix de l'eau couvre d'une part les frais de gestion et de fonctionnement du réseau d'irrigation et d'autre part une partie servant à couvrir la participation indirecte au coût d'aménagement. En fait, le prix de l'eau fixé depuis 1969, date de promulgation du Code, est très bas et couvre une part très faible, pour ne pas dire infime, des frais de gestion et de fonctionnement des réseaux d'irrigation. La participation indirecte reste, donc, fictive.

Les propriétaires et exploitants sont tenus de laisser libre accès des fonds aux engins... pour exécuter les études et les travaux d'aménagement.

- (3) Les bénéficiaires de cet aménagement sont tenus sous peine d'être expropriés (après une série de mises en demeure et de démarches juridiques rendant l'application de cette expropriation presque impossible pratiquement) de mettre en valeur leurs terres suivant les normes fixées localement (commissions locales ou régionales de mise en valeur). Ces normes tiennent compte de la vocation des sols et des impératifs d'ordre agronomique, économiques régionaux et nationaux retenus lors de l'établissement de l'étude générale du projet. Elles comprennent notamment:

- le respect du plan d'assolement;
- l'application des techniques culturales;
- le respect de la réglementation des modes d'irrigation et la discipline de l'utilisation de l'eau;
- l'introduction d'une spéculation animale adéquate en vue de valoriser la production végétale et de préserver la fertilité du sol;
- le respect de la réglementation sur le contrôle des opérations immobilières (vente, location, morcellement, etc....).

L'application de ces normes, plus ou moins souples, suppose une taille convenable et une certaine stabilité des exploitations.

III. LES STRUCTURES D'INTERVENTION

3.1 LES OFFICES REGIONAUX DE MISE EN VALEUR AGRICOLE (O.R.M.V.A.)

Les aménagements intégrés réalisés à ce jour et en cours d'exécution sont regroupés au sein de périmètres d'irrigation placés sous l'autorité de 9 Offices Régionaux de Mise en Valeur Agricole. Ce sont des établissements publics ayant la personnalité civile et l'autonomie financière. Ils sont placés sous la tutelle du Ministère de l'Agriculture et de la Réforme Agraire. Ces Offices ont la responsabilité de l'ensemble des actions d'aménagement et de mise en valeur dont les principales peuvent être résumées comme suit:

- l'équipement hydro-agricole: études, travaux, exploitation et entretien de ces équipements;
- la promotion de l'agriculture (production végétale et production animale) par les actions de vulgarisation et d'aides financières sous forme de subventions pour lesquelles les Offices jouent le rôle de simples intermédiaires entre l'Etat ou les Organismes de prêt (la Caisse Nationale de Crédit Agricole principalement) et les agriculteurs;
- les prestations de services aux agriculteurs tels que travaux culturaux à façon;
- police des eaux faite pour le compte du Ministère des Travaux Publics et des Communications qui délègue ses pouvoirs en la matière aux O.R.M.V.A.

Le Maroc compte 9 Offices Régionaux de Mise en Valeur Agricole:

	O.R.M.V.A.	Totale (irriguée ou à irriguer)
— Basse moulouya	(Ormvam) : 70.500 ha	
— Doukkala	(Ormvad) : 102.000 ha	
— Gharb "le plus grand périmètre irrigué"	(Ormvag) : 238.000 ha	(+7.000 ha compris dans le loukkos)
— Haouz	(Ormvah) : 185.500 ha	
— Loukkos "dernier né"	(Ormvai) : 41.000 ha	(dont 7.000 ha provenant du Gharb)
— Ouarzazate	(Ormvao) : 26.500 ha	
— Sous massa	(Ormvasm) : 94.700 ha	
— Tafilalet	(Ormvat) : 42.900 ha	
— Tadla "ler périmètre irrigué"	(Ormvat) : 112.500 ha	
Total		913.600 ha (dont 790.000 ha en grande hydraulique et 123.600 ha en petite et moyenne hydraulique)

3.2 LA CONCEPTION DES EQUIPEMENTS

(a) Technique d'irrigation

L'orientation donnée par le planificateur marocain à partir de 1960 (1er plan quinquennal) est l'utilisation de l'irrigation comme moyen d'amorcer la transformation des structures agraires. Cette orientation a été confirmée dans le second plan quinquennal 1968-1972. Le planificateur définissait, ainsi, la technique d'irrigation qui devait être une forte utilisatrice de main d'oeuvre vu son abondance au Maroc et une faible utilisatrice de capital.

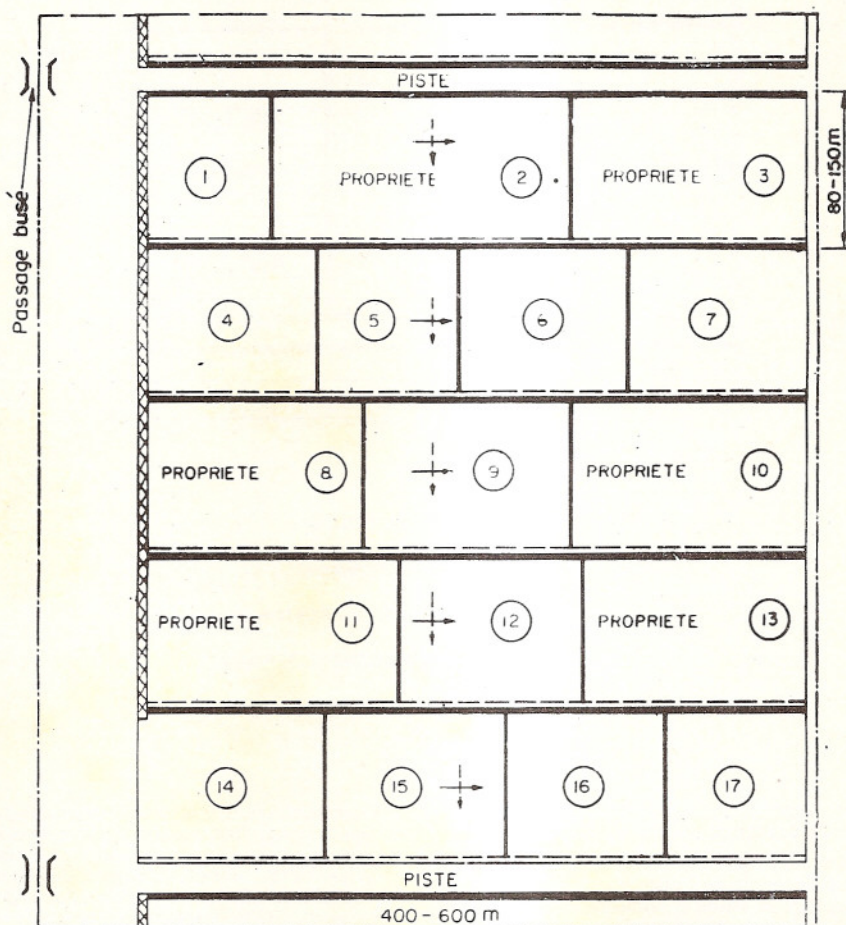
Ainsi, indépendamment de toute considération d'ordre technique, l'irrigation de surface était quasiment imposée. Depuis cette date, jusqu'à ces toutes dernières années (pratiquement 1975-76), tous les projets d'irrigation ont adopté le mode gravitaire sauf en cas d'impossibilité technique: topographie ou sol sableux (un seul projet: le périmètre de Massa: 18.000 ha réalisé en aspersion). Ce même choix du planificateur va entraîner l'adoption du système le plus simple quant au mode d'exploitation des réseaux. Aucune mécanisation ne sera introduite et tous les réseaux seront conçus avec un principe de base non clairement défini mais sous-entendu: gestion et exploitation des réseaux manuelles.

Cependant,

(i) certaines difficultés rencontrées avec l'irrigation gravitaire ont amené un certain recul de ce mode d'irrigation:

- détérioration rapide par l'exploitant du nivellement et de l'arroiseur en terre;
- non utilisation de la technique rationnelle d'irrigation retenue par le projeteur: irrigation à la raie ou au calant, et maintien par l'irrigant des techniques ancestrales de la Robta auxquelles ne résiste aucun aménagement interne des sols;
- accès de plus en plus difficile aux parcelles et évacuation de plus en plus difficile des productions agricoles à sort tonnage telle la canne à sucre, difficultés provenant de la non praticabilité des pistes du aux fuites entraînées par la mauvaise utilisation du réseau gravitaire....

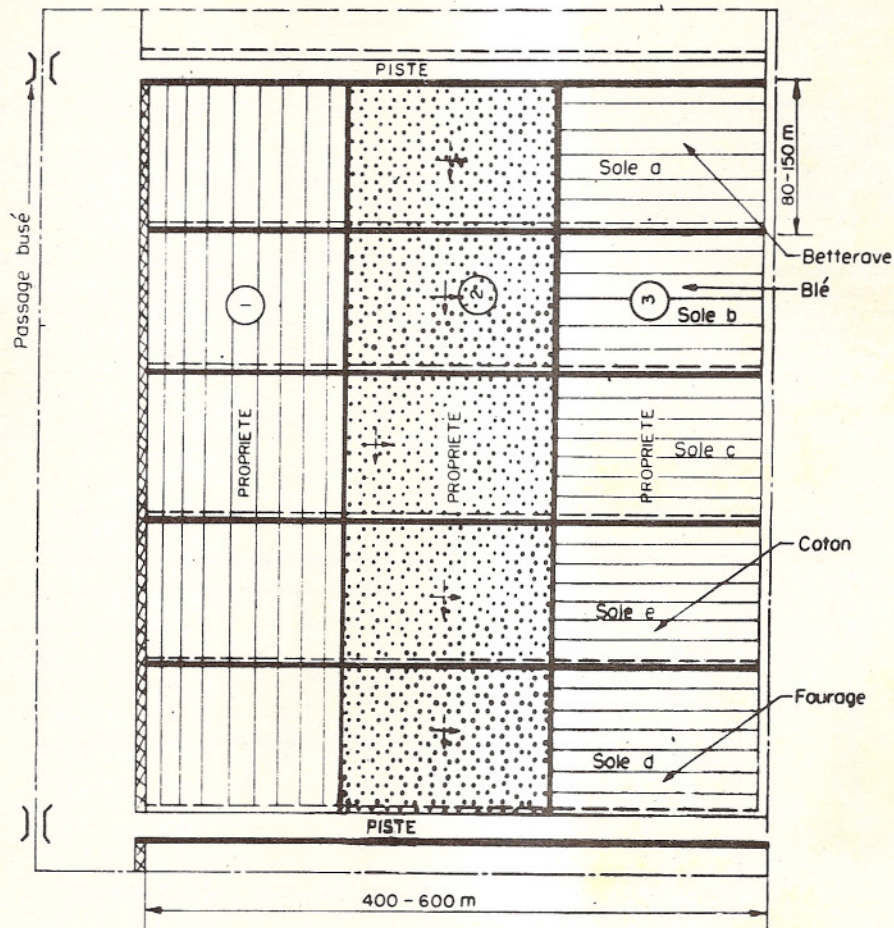
(ii) l'augmentation des coûts d'équipement au gravitaire et des coûts d'entretien de l'aménagement interne (chaque année, plusieurs milliards de centimes sont dépensés par l'Etat pour reprendre cet aménagement, ces dépenses ne profitant qu'aux seules entreprises de travaux) et la baisse relative des coûts d'équipement de l'aspersion ont entraîné un certain



Légende

- COLATURE QUATERNAIRE
- ARROSEUR QUATERNAIRE
- ⊗⊗⊗⊗⊗ CANAL TERTIAIRE D'IRRIGATION
- ⊕⊕⊕⊕⊕ CANAL D'ASSAINISSEMENT TERTIAIRE

FIGURE 1



Légende

- — — COLATURE QUATERNAIRE
- — — ARROSEUR QUATERNAIRE
- ▤ CANAL TERTIAIRE D'IRRIGATION
- ▤ CANAL D'ASSAINISSEMENT TERTIAIRE

FIGURE 2 : Accès par l'aval

nivellement entre les coûts des deux modes gravitaire et aspersion (investissement au départ et entretien des équipements);

(iii) la mise en valeur des périmètres irrigués et l'exploitation rationnelle des terrains irrigués avec l'introduction de plantes fortes utilisatrices de main d'oeuvre (betterave sucrière, maraîchage de saison et primeurs, coton, canne à sucre...) ont entraîné une résorption de la main d'oeuvre paysanne existante.

Tous ces éléments ont entraîné une révision du principe de base ayant présidé au choix du système gravitaire entre les années 1960 et 1975. Le choix entre le gravitaire et l'aspersion est laissé au soin du projeteur qui a tendance, ces toutes dernières années à retenir de préférence l'aspersion, car ce mode présente plus de facilités pour résoudre certains obstacles:

- obstacles "conjoncturels" physiques rencontrés sur le terrain (topographie, occupation du sol et constructions, fixation définitive de l'espace, accessibilité aux parcelles, configuration des parcelles d'irrigation, etc...);
- obstacle structurel: la répartition de la terre et la structure foncière en général.

Cependant, nous pouvons rappeler que du fait de l'incapacité d'investir des agriculteurs, l'équipement hydro-agricole dans sa totalité, y compris l'aménagement interne en gravitaire et le matériel mobile en aspersion est assuré par l'Etat. De plus, l'exiguïté des exploitations, en général, conduit, dans la plupart des cas à la possession et à l'utilisation collectives de ces équipements. Cette exploitation collective entraîne des dégâts énormes dans les équipements, et plus particulièrement dans les équipements internes, et du gaspillage dans l'utilisation de l'eau et dans la dégradation.

"Ainsi, des équipements fragiles, appartenant à tous, donc n'appartenant à personne, maniés par des hommes rudes et peu entraînés..." ne font pas long usage (Mohamed CHRAIBI: Techniques d'irrigation et structures agraires—Hommes, Terre et Eaux: Revue de l'A.N.A.F.I.D., N 1, Novembre 1971).

Donc ces dégradations sont importantes. Ce qui est constaté à l'usage aussi bien dans le système gravitaire que dans le système aspersion. Pour l'aspersion, il faut changer purement et simplement le matériel mobile. Souvent, sinon toujours, c'est l'Etat qui supporte ce changement. Dans le gravitaire, il faut refaire le nivellement et l'arroiseur quaternaire. C'est

encore l'Etat qui le supporte. Il est à signaler que le gravitaire présente un léger avantage pratique dans ce sens qu'il continue à fonctionner (plutôt mal que bien) même quand l'état de délabrement des équipements est assez avancé.

Notons que d'autres modes d'irrigation ne peuvent, pour l'instant, être adoptés au Maroc (telles que la micro irrigation ou les grandes machines d'arrosage), et ce à cause de l'exiguïté de parcelles et propriétés et de l'équipement réalisé et exploité en commun.

(b) Canevas hydraulique

Au début de l'irrigation au Maroc, les équipements étaient réalisés par l'Etat et l'eau d'irrigation conduite jusqu'en tête du bloc d'irrigation, l'exploitant faisait son affaire de la conduite de l'eau jusqu'à sa parcelle. Aucun assolement n'était imposé.

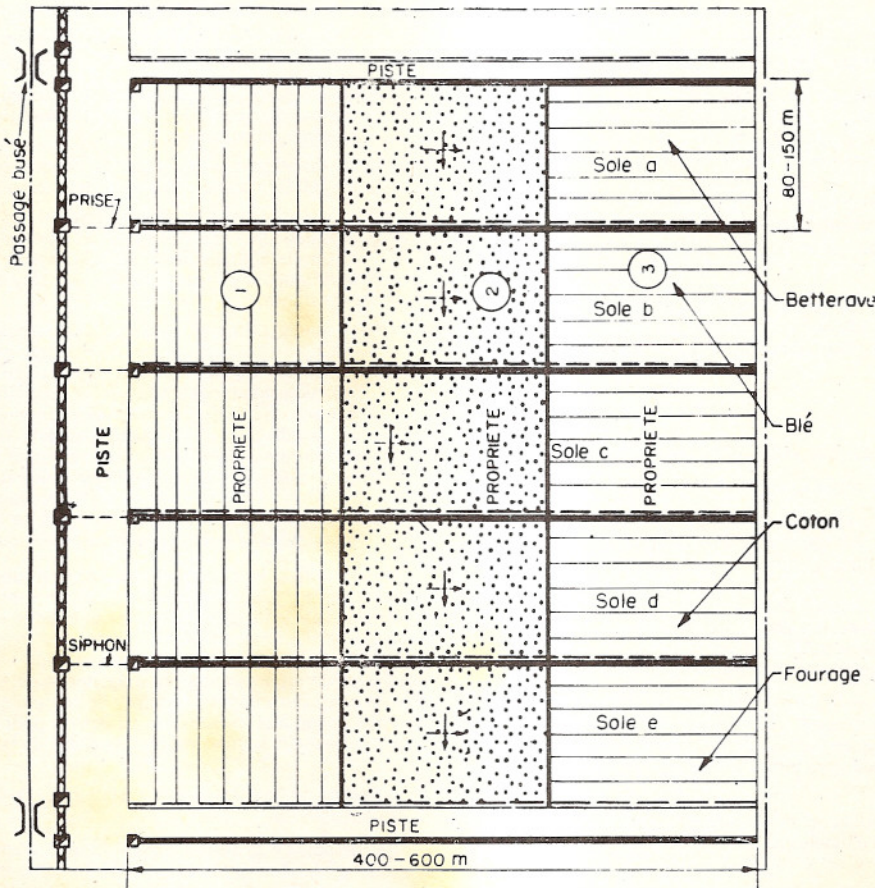
Par la suite, une évolution est apportée. Une trame dite Figure 1 est adoptée. L'Etat réalise l'équipement externe et une partie plus ou moins importante, selon le cas, de l'équipement interne. L'eau est amenée jusqu'en tête de parcelle par un arroseur quaternaire. La parcelle ou propriété est disposée parallèlement à ce dernier. Un assolement est fixé mais l'exploitant reste libre à l'intérieur de sa propriété ou de sa parcelle de disposer les

cultures retenues dans l'assolement comme il l'entend. Les travaux agricoles sont réalisés individuellement par propriété ou parcelle.

L'intérêt de mécaniser les travaux agricoles, de les réaliser en grand, chez plusieurs propriétaires à la fois ou sur plusieurs parcelles à la fois, et la nécessité d'imposer un assolement donné a eu une rotation ordonnée une seule culture par sole sur plusieurs parties de propriétés ou de parcelles ont amené le projeteur à concevoir une nouvelle trame, dite trames rationnelles 2, 3 (Figures 2, 3).

Seule la disposition des parcelles à l'intérieur du bloc d'irrigation change. En effet, les parcelles ou propriétés sont disposées perpendiculairement à l'arroseur quaternaire (et parallèlement au canal tertiaire). Cette propriété ou parcelle occupe nécessairement toute la longueur du bloc et occupe, ainsi, une partie de chaque sole. L'assolement est imposé et la disposition des cultures sole par sole est imposée.

Ayant constaté que l'accès aux parcelles posait certaines difficultés, une dernière modification est apportée. Elle consiste à créer des siphons d'alimentation de l'arroseur quaternaire à partir du canal tertiaire. Ce qui permet de créer une piste le long du tertiaire et d'accéder aux soles sur toute la largeur et aux propriétés ou parcelles sur toute la largeur aussi. Ainsi, tous les réseaux gravitaires conçus après 1962-1963 sont réalisés en Figures 2, 3. Depuis 1973, l'accès par l'amont dans Figure 3 est adopté.



Légende

- COLATURE QUATERNAIRE
- ARROSEUR QUATERNAIRE
- CANAL TERTIAIRE D'IRRIGATION
- CANAL D'ASSAINISSEMENT TERTIAIRE

FIGURE 3 : Accès par l'amont

L'irrigation à la parcelle est pratiquée à la raie et au colant, au moyen de siphons tubulaires à partir de l'arrosoir quaternaire procurant, ainsi l'efficacité maximum en irrigation gravitaire (chaque siphon assure un débit de 1,2 l/s).

Rappelons que le réseau d'irrigation gravitaire est composé du canal d'aménagé (soit la rivière elle-même, soit un canal revêtu), de la station de pompage dominant des secteurs dont la superficie varie de 2.000 à 3.000 ha environ, des canaux secondaires (canal porté en béton centrifugé, polycentrique pour certains vieux périmètres, ou dans quelques cas exceptionnels en conduite enterrée), des canaux tertiaires en béton porté et des ouvrages de régulation. Seuls quelques secteurs rizicoles (5 à 6.000 ha au total environ dans la première tranche d'irrigation du Gharb) sont en terre.

La redevance d'eau est calculée, en gravitaire, en fonction des superficies déclarées irriguées et des cultures pratiquées (les bes ins en eau étant fixés par périmètre et par culture) pour la Figure 1 et en fonction de la superficie irriguée et de la culture imposée dans l'assolement fixé en Figures 2, 3. Ce mode de facturation a pour inconvénient majeure de rendre difficile tout contrôle d'utilisation d'eau et entraîne un gaspillage important du facteur de production eau (excès dans certaines parcelles manque dans d'autres). La distribution de l'eau est assurée à la demande en Figure 1 et selon un tour d'eau fixé par le service de gestion des eaux en fonction des superficies irriguées et des assolements en Figures 2, 3.

Notons que la main d'oeuvre adoptée dans les projets en gravitaire sont de 30 l/seconde.

Pour les réseaux d'irrigation par aspersion, les Figures 2, 3 ont, aussi, été adoptées (d'où utilisation du matériel mobile en commun). Les prises sont soit individuelles, soit communes pour 2 ou 4 parcelles selon le projet.

Dans tous les projets, le principe du compteur à eau individuel est adopté. Ces compteurs sont posés, mais dès la première campagne, ils sont dégradés par les utilisateurs. La distribution de l'eau se fait, donc, directement à partir de la borne sans compteur et selon un tour d'eau fixé. Pour la facturation, les services de gestion sont obligés de revenir à la méthode adoptée pour le gravitaire à facturation selon les superficies irriguées, la culture pratiquée au sein de l'assolement étant fixée, les besoins en eau par culture étant fixé dans chaque périmètre en fonction des conditions climatiques.

Toutes ces évolutions dans les habitudes des modifications dans les habitudes des exploitants et agriculteurs et se répercutent nécessairement par des modifications (légères ou importantes) dans l'exploitation du réseau et dans sa gestion.

IV. ORGANISATION DE LA GESTION DES RESEAUX

4.1 ANALYSE DES STRUCTURES D'INTERVENTION

Les périmètres irrigués étant conçus et gérés par des entités différentes (O.R.M.V.A.), si la conception est identique d'un périmètre à un autre (l'évolution et l'adoption des techniques sont assurées au niveau national), la gestion et l'exploitation diffèrent d'un périmètre à un autre. En effet, l'adoption même d'une gestion donnée dépend de la structure qui assure cette gestion; mais elle dépend aussi des gens pour lesquels elle existe et auxquels elle s'adresse et aussi du moment de sa mise en place (l'expérience des autres périmètres est prise en compte par tout nouveau périmètre)

C'est ainsi que nous constatons l'existence de plusieurs modes d'organisation dans les différents offices intéressés. Ces offices étaient constitués de deux principaux services techniques (service de l'équipement hydro-agricole et service des interventions agricoles) en plus d'un ou deux services de gestion administrative et financière.

Le service de l'équipement est chargé principalement des études et travaux d'aménagement hydro-agricole, d'amélioration foncière et d'aménagement rural.

Le service des interventions agricoles établit, en particulier, les études et projets de mise en valeur et met en oeuvre les moyens d'intervention appropriés en vue d'atteindre les objectifs de production agricole (végétale et animale) assignés à l'Office dans sa zone d'action.

La gestion, l'exploitation et l'entretien des réseaux étaient considérés comme des actions secondaires et étaient confiés à l'un ou l'autre ou aux deux services sus-visés.

Trois types d'organisation étaient rencontrés:

—la gestion, l'exploitation et l'entretien des équipements hydro-agricoles relèvent d'un seul bureau rattaché au service de l'équipement (Office du Tadla);

—la gestion, l'exploitation et l'entretien des équipements hydro-agricoles relèvent d'un seul bureau rattaché au service des interventions agricoles (Offices du Haouz et de la Moulouya);

—l'exploitation dépend d'un bureau rattaché au service des interventions agricoles, la gestion et l'entretien dépendent d'un bureau rattaché au service de l'équipement (Offices du Gharb et des Doukkala).

Force nous est alors de constater qu'étant donné l'ampleur des tâches des services de l'équipement d'une part et des interventions agricoles d'autre part, ces derniers ne pouvaient accorder qu'une importance marginale à la gestion, à l'exploitation et à l'entretien des réseaux. Par ailleurs, comme il a été précisé plus haut, ces tâches de gestion, d'exploitation et d'entretien des équipements en général, et des réseaux en particulier, étaient considérées comme des actions secondaires au niveau national.

Le manque de moyens financiers au niveau national aggravait encore le problème. En effet, entre un équipement nouveau et la maintenance d'un équipement déjà réalisé, le choix allait au premier naturellement. Le principe était qu'un équipement bien conçu et bien exécuté ne devait pas nécessiter de crédits importants pour sa maintenance. Ce qui répercutait par de faibles moyens financiers et matériels mis à la disposition des Offices pour maintenir dans un état de fonctionnement satisfaisant un outil de travail qu'ils venaient de préparer après d'énormes efforts.

Par ailleurs, les moyens humains (cadres qualifiés) manquaient. Le même scénario que pour les crédits se répétait. Devant la faible quantité de techniciens (cadres moyens, de maîtrise ou supérieurs), le choix pour l'affectation allait automatiquement vers les équipements nouveaux.

A ces trois données, venait s'adjoindre la mauvaise utilisation pour les bénéficiaires des équipements réalisés. Cette mauvaise utilisation est due:

- au niveau de vie très bas de l'agriculteur (niveau d'instruction très bas ou nul, manière de vivre très traditionnelle, très faibles moyens matériels et financiers...);
- au décalage existant entre la conception moderne d'un outil de travail et le savoir faire ainsi que le mode de vie de son utilisateur;
- à la non éducation des exploitants et agriculteurs à qui étaient destinés ces équipements. Si la vulgarisation des techniques culturales était encore à un niveau très faible, la vulgarisation des techniques d'irrigation était, elle, il y a quelques années encore, inexistante;
- au manque de mise en valeur de toute la superficie dominée par les réseaux (superficie équipée); seule une partie de cette superficie était réellement mise en valeur et exploitée en irriguée à cause de la non adhésion totale de tous les bénéficiaires et de leur manque de moyens. Ce qui entraînait une abondance apparente de l'eau, donc un gaspillage et une négligence dans la bonne gestion des réseaux (de nombreuses dégradations se répercutent sur le réseau par une perte de charge plus importante que celle calculée, la baisse du débit qui en résulte, reste insensible chez le gestionnaire et chez le bénéficiaire puisqu'il y a abondance). En fait, cette négligence et ce gaspillage entraînaient de plus grandes dégradations.

Ainsi, l'outil si bien travaillé devenait inutilisable au bout de quelques années à peine. Les superficies équipées ne sont plus réellement dominées. Ou l'on accepte cette diminution des superficies et elle ira en croissant, ou l'on reprend l'aménagement des secteurs d'irrigation et de l'aménagement général du périmètre. Si la première solution a été plus ou moins adoptée jusqu'à ces dernières années (en irriguant tout ce qui pouvait être irrigué), la prise de conscience des responsables de ces aménagements et de la souplesse accordée quant aux moyens mis en oeuvre pour la maintenance des équipements, permettent, actuellement, l'adoption de la seconde solution.

4.2 CONSTAT DE LA SITUATION ACTUELLE DANS LES PERIMETRES IRRIGUES

Les défauts de gestion, d'exploitation et d'entretien déjà cités, associés au manque d'encadrement soutenu des agriculteurs ont eu des conséquences néfastes sur l'état des équipements réalisés. Celles-ci sont susceptibles à terme d'aboutir à un paradoxe: blocage de l'évolution d'une zone dans laquelle la recherche de la promotion d'un développement économique est entreprise à des frais énormes.

La plupart des périmètres irrigués sont actuellement en situation de surabondance relative (faible taux de mise en valeur dans les nouveaux périmètres, mise en valeur n'atteignant pas les 100 pour cent dans les vieux périmètres); le tout est accentué par le non respect des doses d'irrigation et des assolements).

Le gaspillage qui en résulte entraîne, en plus de la diminution des superficies irriguées et des difficultés sur le plan hydraulique signalées plus haut, la remontée de la nappe phréatique.

Les espoirs de voir les agriculteurs utiliser convenablement les techniques modernes d'irrigation sont souvent déçus par une désaffection de la plupart des intéressés pour ces techniques. Ceux qui pratiquaient l'irrigation avant l'introduction des équipements modernes abandonnent très difficilement leurs habitudes et traditions et n'adoptent pas les nouvelles techniques introduites par l'aménagement moderne. A la rigueur, ils se contentent d'améliorer leur technique. Ceux qui n'avaient jamais pratiqué l'irrigation ne sont souvent pas en mesure d'adopter dès leur départ les techniques modernes qui leur sont proposées.

Quelques exemples illustrent bien ces données.

(a) Le nivellement des sols, l'arroiseur quaternaire et le siphon tubulaire en gravitaire n'étant pas adaptés aux méthodes traditionnelle, les deux premiers sont vite dégradés (irrigation à la robta avec ouverture à la sappe de brèches dans l'arroiseur et conduite de l'eau dans le billon à la sappe ou irrigation par submersion), le 3ème est vite abandonné. Très souvent, les agriculteurs se plaignent au bout d'une campagne de la mauvaise exécution du nivellement et de l'arroiseur et de l'impossibilité d'irriguer à la raie ou au calant. En fait, une campagne leur a suffi pour tout dégrader.

(b) En aspersion, le matériel mobile n'est pas manipulé avec les soins voulus: les tuyaux, asperseurs et raccords sont très vite dégradés. On a été amené dans certains nouveaux périmètres à remplacer ce matériel mobile 2 années à peine après sa mise en service.

(c) Les vols et disparitions du petit matériel sont très fréquents. L'utilisateur n'étant pas sensibilisé à l'importance de ce matériel, il ne fait aucun effort pour assurer une surveillance assidue d'un matériel qui appartient à tous et à personne. Ainsi, vannes TOR, vannes pour modules à masques et cadenas de blocage, joints tubulaires pour canaux portés disparaissent avant même leur utilisation. Ce qui entraîne des fuites et les dégradations qui en résultent. L'utilisateur, l'aiguadier même, ne sont pas sensibilisés à la gravité que peut représenter ces multitudes petites fuites (abondance d'eau par non irrigation de toute la superficie dominée); celles-ci ne sont alors ni signalées, ni réparées. Au bout de deux années à trois ou plus, avec l'extension de la superficie irriguée, les utilisateurs et les distributeurs crient au scandale et à la mauvaise exécution du projet: contre pentes suite aux affaissements, charge insuffisante suite à l'augmentation des pertes de charge non prises en compte dans le projet et induites par les fuites et les dégradations que provoquent celles-ci etc...

Quant à l'état général des équipements, il n'est pas possible de faire une description détaillée dans chaque périmètre ou de synthétiser pour tout le Maroc, les cas n'étant pas tout à fait identiques d'un périmètre à un autre. Certains cas cependant méritent d'être cités:

- la négligence des études géotechniques détaillées dans certains périmètres est à l'origine de nombreuses difficultés que connaissent ces périmètres: affaissements de canaux dans les périmètres des Doukkala (casier du Faregh), affaissements de supports et canaux portés et conduites enterrées dans la Première Tranche d'Irrigation du Gharb;
- chute de canaux fréquente due à "l'avancement" de tout un canal suite au mouvement des joints tubulaires en caoutchouc (dilatation et rétraction dues aux effets de la température);
- très mauvais état du matériel électromécanique dans les stations de pompage et dégradation très rapide due au manque d'électromécaniciens;
- mauvais état du matériel de régulation (vannes Avio, vannes à vice etc... dû au manque de spécialistes (en général mauvais réglage);
- mauvais entretien du réseau d'assainissement (fréquence très faible du curage) entraînant le mauvais fonctionnement de ce réseau;
- entretien du réseau de drainage profond rendu très difficile par suite de l'arrachage et de la disparition des bornes limites des blocs d'irrigation et bornes de repérage. Les plaques en béton armé enterrées devant, aussi, servir de repérage n'ont pas rempli la fonction voulue. Ainsi, malgré l'acquisition d'un matériel complet d'entretien du réseau de drainage, aspirateurs et collecteurs, il n'a pas été possible d'entreprendre cet entretien et le matériel est resté plusieurs années sans pouvoir être utilisé (Première Tranche d'Irrigation du Gharb).
- entretien difficile des canaux primaires revêtus.

Il y a lieu de citer particulièrement le problème de l'ensablement du canal principal dans le Souss-Massa. Ce canal, d'une longueur de 44 km environ, a été dimensionné pour véhiculer un débit allant de 8 m³/s à l'entrée du périmètre à 3,6 m³/s à l'extrémité aval. La section courante du canal est de type trapézoïdal mais dans les parties difficiles de tracé, le passage à une section rectangulaire a été rendu nécessaire... La régulation du fonctionnement est du type à commande par l'aval assurée par 8 régulateurs (vannes avis) délimitant 9 biefs. Ces sols du périmètre sont très sableux. Le réseau de brises vent (cypres) étant encore très jeune, or assiste fréquemment à des tempêtes de sable qui envahissent le canal sur plus de

30 km. Sur les dépôts de sable se développe assez rapidement une végétation aquatique et "spontanée", contribuant à leur fixation et compliquant encore plus de curage. On estime actuellement ces dépôts à plus de 70.000 m³ de sable; ce qui a réduit le débit véhiculé de plus de la moitié. La régulation s'en trouve fortement perturbée et de longs arrêts des stations de pompage asservies aux niveaux dans les biefs sont fréquents. Or, l'assolement retenu dans le périmètre d'une part et les conditions climatiques d'autre part ne permettent pas d'avoir une période creuse d'arrêt des irrigations où le nettoyage du canal pourrait se faire à sec. L'Office du Massa entreprend, malgré tout, régulièrement le nettoyage et le dessablage de ce canal par l'intermédiaire d'une équipe dotée d'une pompe suceuse, d'un racleur métallique et d'une pelle hydraulique dont le conducteur devrait manoeuvrer avec les plus grands soins pour ne pas endommager le revêtement. Cette équipe procède en même temps aux plantations de réseaux vifs dans le but de protéger les cypres encore jeunes, et dans une certaine mesure protéger également le canal bien qu'ils ne puissent briser qu'une partie des vents de sable. Les plantings d'arrêts d'irrigation sont dressés à la fin de chaque campagne prévoyant des coupures d'eau d'une semaine et d'une façon cyclique. Plusieurs fois, il a été fait appel à la participation des agriculteurs mais ces derniers n'ont jamais répondu, bien qu'ils soient directement touchés par le problème. Par ailleurs, pour lutter contre la végétation "spontanée", l'Office du Massa pense introduire dans le canal des poissons herbivores (carpes chinoises par exemple).

4.3 CREATION DU SERVICE DE GESTION, D'EXPLOITATION ET D'ENTRETIEN DANS LES O.R.M.V.A.

Toutes les difficultés rencontrées dans la gestion des réseaux ont amené les responsables à repenser totalement cette fonction de gestion, exploitation et entretien. Ainsi, un certain nombre de décisions ont été prises dont les principales peuvent se résumer comme suit:

- (a) octroi de crédits plus importants destinés à la maintenance des équipements;
- (b) mise à la disposition de plus grands moyens matériels et humains;
- (c) moyens de surveillance du réseau et d'alerte des défauts et pannes plus importants: ligne téléphonique dans les stations de pompage liaison radio du central avec les points stratégiques du réseau, lignes pilotes de détection automatique des fuites dans les réseaux enterrées, télésignalisation etc... Ces moyens ne sont pas encore mis en oeuvre de manière généralisée mais des dispositions sont prises ou en cours pour les introduire et peut être les généraliser;
- (d) création (principe retenu, dispositions en cours d'adoption) de centres de formation et de qualification professionnelles pour la formation d'électriciens, de mécaniciens, d'aiguadiers et de conducteurs de travaux, spécialistes dans l'entretien des réseaux;
- (e) création d'un centre des expérimentations pour adapter les techniques à la mesure des nécessités;
- (f) unification des fonctions gestion et distribution des eaux, exploitation et entretien des équipements (réseaux en particulier) sous la coupe d'un seul service créé au sein de chaque Office à cette fin.

Ce service sera chargé de l'entretien des équipements d'irrigation et de drainage, du contrôle des pompages, de l'exploitation de la nappe, de la tarification de l'eau ainsi que de tous les problèmes liés aux droits de l'eau.

Il comprend outre le secrétariat administratif:

(A) Un bureau technique des irrigations et du drainage

chargé du contrôle de l'évolution des sols et des nappes, de la pratique des irrigations, des essais pour déterminer les aménagements de sols adéquats et les méthodes modernes d'irrigation et de drainage à diffuser.

Les stations expérimentales d'hydraulique agricole (S.E.H.A.) relevant de ce bureau.

(B) Un bureau d'exploitation des réseaux, chargé:

- d'élaborer les programmes généraux d'exploitation et d'entretien du réseau;
- d'organiser la distribution de l'eau en fonction des besoins exprimés par les centres de mise en valeur;
- de participer à l'étude des problèmes liés à la reconnaissance des droits d'eau et à leur expropriation en relation avec le bureau juridique et domanial.

Ce bureau devra établir des statistiques relatives à l'utilisation de l'eau pour chaque ouvrage ou secteur d'irrigation (consommation mensuelle, répartition dans la journée en fonction des variations climatiques de manière à être éclairée sur la conduite de la distribution pour les années

futures). Ces statistiques sont d'autant précieuses pour une gestion meilleure que pour la détermination de normes rationnelles pour les aménagements futures.

(C) Un bureau d'entretien

Chargé de l'entretien de l'ensemble des équipements. Ce bureau est composé des subdivisions d'entretien des équipements implantées dans les différents secteurs du périmètre et chargées chacune dans son ressort territorial des travaux d'entretien.

Il est à noter que cet organigramme a été adapté selon les exigences particulières de chaque Office. Les subdivisions dans certains Offices sont chargées outre de l'entretien du réseau, de l'exécution des programmes de distribution de l'eau et de la facturation. Dans le Massa par exemple, les subdivisions ont pour rôle de coordonner le travail des centres de mise en valeur et de veiller à l'exécution des programmes des différents services de l'Office. Tous les services y sont alors représentés et ne peuvent être rattachés à un service donné.

Certains Offices ont opté pour la participation des agriculteurs à l'exploitation et à l'entretien des réseaux. C'est le cas particulièrement de l'Office du Haouz où les agriculteurs ont une tradition d'irrigants. Le but recherché est alors d'adapter le mode de gestion traditionnel déjà en vigueur à la gestion d'un équipement moderne. Pour cela, l'Office prévoit la constitution d'associations d'irrigants au niveau des canaux secondaires ayant pour attributions:

- la répartition des eaux entre les usagers;
- les travaux d'entretien sur les canaux tertiaires et quaternaires;
- l'amélioration des ouvrages d'aménagement des eaux;
- l'exécution de tous travaux concernant l'irrigation;
- le paiement ces redevances d'eau.

Les ouvrages principaux et canaux primaires restent à la charge de l'Office.

La création de ces associations peut avoir lieu:

- soit dans le cadre des textes relatifs aux associations syndicales agricoles privilégiées (Dahir du 15 Juin 1924 sur les associations syndicales agricoles) revus en fonction des conditions actuelles;
- soit dans le cadre de nouveaux textes à promulguer. Et dans ce sens un projet de Dahir (loi) sur les associations d'irrigants a été établi et dont les dispositions principales sont les suivantes:
 - une association est constituée par l'ensemble des propriétaires irrigants se trouvant dans le territoire d'un secondaire;
 - ces propriétaires désignent un représentant de chaque tertiaire et un bureau d'association constitué d'un président, d'un vice président, d'un secrétaire, d'un trésorier, des accesseurs, d'un représentant des autorités locales, d'un représentant du Ministère de l'Agriculture et de la Réforme Agraire (Office Régional de Mise en Valeur Agricole, aigudier);
 - ce bureau travaillera sous la tutelle d'une commission provinciale d'hydraulique agricole;
 - les membres du bureau et les représentants des tertiaires forment le conseil de l'association dont les principales attributions sont les suivantes:
 - répartition des eaux dans les canaux tertiaires et quaternaires sur la base d'un tour d'eau préparé par l'aigudier du secteur et approuvé par le conseil d'association;
 - entretien et surveillance des ouvrages (canaux, colatures, pistes etc...);
 - paiement des redevances: une fois le rachat des droits d'eau effectué l'Office Régional de Mise en Valeur Agricole du Haouz établira une autorisation de prise d'eau au nom de l'association en spécifiant les dotations en eau accordées à chaque culture pratiquée dans le secteur. La facturation sera faite au nom du président de l'association.

L'association est tenue d'établir son budget dans le cadre des textes régissant ce type d'association. Il sera constitué de cotisations des membres de l'association et éventuellement des emprunts et des subventions diverses.

La répartition des dépenses doit faire face notamment aux frais de fonctionnement de l'association (personnel, main d'oeuvre, prime pour les représentants des irrigants etc...), aux frais des travaux d'entretien et au paiement des redevances d'eau. Les cotisations doivent alors être arrêtées

en fonction de ces 3 facteurs.

pour la répartition des redevances entre les associés, l'association est tenue à comptabiliser les volumes d'eau consommés par chacun de ces membres pour pouvoir lui facturer sa consommation annuelle.

Des bons seront préparés et délivrés aux agriculteurs à cet effet. De même les aigudiers assisteront les associations dans la tenue de leur comptabilité et en particulier pour les bilans de consommation en eau.

Ces associations seront encadrées par les subdivisions d'entretien et d'exploitation.

Il est bon de souligner enfin, qu'il est indispensable qu'à côté de la création de ce service de la gestion, il soit porté une attention particulière à la formation du personnel d'encadrement et aussi, et surtout, à celle des agriculteurs, car on ne sera assuré du succès du projet que si l'agriculteur est prêt à faire l'usage le plus efficace des moyens que ce projet met à sa disposition. Comment espérer, par exemple, diffuser et faire accepter les nouvelles méthodes si l'on ne dispose pas de vulgarisateurs rompus à ces techniques modernes?

Il ne faut pas perdre de vue également que bientôt les assolements seront effectivement appliqués sur l'ensemble des périmètres de mise en valeur. Il s'agira alors de passer à un véritable tour d'eau exigeant une gestion rigoureuse. Néanmoins, on ne pourra jamais arriver à un usage efficient de l'eau sans une contrainte de prix.

En conclusion, nous pouvons noter que ces mesures peuvent apporter une amélioration certaine dans le fonctionnement et la maintenance des réseaux d'irrigation et de drainage au Maroc. Il faudrait les rendre opérationnelles rapidement. Cependant, elles resteront insuffisantes tant qu'elles ne seront pas accompagnées des facilités administratives donnant l'efficacité nécessaire aux moyens mis en place. En effet, les démarches administratives et leur lenteur amènent d'énormes retards et finissent par inhiber les bonnes volontés aboutissant à l'aggravation des dégâts constatés.

Notons, enfin que la valeur des aménagements réalisés et des moyens mis en oeuvre pour les maintenir dans un état de fonctionnement satisfaisant reste dépendante de la détermination des bénéficiaires de ces aménagements.

ANNEXE I

QUELQUES DONNEES GENERALES SUR LES PERIMETRES IRRIGUES DU TADLA BASSE MOULOUYA, GHARB, DOUKKALA, HAOUZ ET SOUSS-MASSA AU MAROC

I. LE PERIMETRE DU GHARB

Le périmètre du Gharb fera l'objet de l'Aménagement hydro-agricole le plus important du Maroc avec 245.000 ha irrigués en croisière répartis comme suit:

- P.T.I. (Première tranche d'irrigation) = 35.000 ha du Sebou
- S.T.I. (Seconde tranche d'irrigation) = 67.000 ha du Sebou
- T.T.I. (troisième tranche d'irrigation) = 113.000 ha du Sebou

Par ailleurs, le secteur de l'Oued Beht comprend 30.000 ha de terres équipées. A la fin de 1977, le périmètre du Gharb disposera de 50.000 ha irrigués ventilés comme suit:

	30.000 ha Secteur du Beht
	20.000 ha P.T.I.
soit	50.000 ha

Les ouvrages principaux sont constitués par les Barrages suivants:

- Idriss ler sur l'Inaouène (affluent du Sebou) d'une capacité utile 1100 Mm³ et un volume régularisé de 1000Mm³.
Ce barrage est mis en service depuis 1972.
- El Kansera sur le Beht (affluent du Sebou) Capacité utile 265 Mm³ volume régularisé 210 Mm³.
Ce barrage est mis en service depuis 1936.
- M'jara d'un volume régularisé pour l'irrigation de 1400 Mm³.
Ce barrage sera achevé en 1982-83. Sa capacité de stockage sera de 2200 a 2600 Mm³.
(Protection contre les crues, production d'énergie électrique, irrigation).
L'irrigation a débuté sur le périmètre du Beht depuis 1936 alors qu'elle a débuté sur la première tranche d'irrigation depuis 1972 (secteur par secteur et au fur et à mesure de leur équipement).

Barrage de garde de Lalla Aïcha.

L'aménagement intègre aussi les travaux de protection contre les crues.

L'adduction principale est constituée par le Sebou lui-même sur lequel sont construites des stations de prise qui refoulent soit dans des canaux ou des réseaux directement, desservant ainsi des secteurs d'une superficie moyenne de l'ordre de 2500 ha. Ces stations de pompage ont une puissance de 600 KVA (gravitaire) à 2000 KVA (aspersion) et se composent généralement de 3 à 6 groupes d'un débit variant de 500 à 700 l/s chacun.

Les collecteurs principaux de drainage débouchent aussi sur le Sebou.

Le réseau du Beht est entièrement gravitaire alors que celui de la PTI est gravitaire pour une grande part et en aspersion pour une faible part (2500 ha en aspersion et 32500 ha en gravitaire).

Les normes adoptées pour l'équipement de 1000 ha en gravitaire pour le Gharb sont les suivantes:

- 27,5 kms de canaux (diamètres variant de 500 mm à 1500 mm)
- 2 kms de buses
- 5,75 kms de collecteurs de drainage
- 27,24 kms d'aspirateurs de drainage
- 3 groupes d'une puissance installée totale de 310 KVA

Pour 1000 ha en aspersion, les normes sont:

- 12,65 km de conduites $\phi < 500$ mm
- 4,373 km de conduites $\phi \geq 500$ mm
- 97,50 km de tuyaux en Aluminium
- 1518 Asperseurs
- 223,50 km de tubes en PVC
- 51 bornes d'irrigation
- 4 pompes d'une puissance installée totale de 1150 KVA

La mise en valeur projetée se base sur la riziculture dans les sols de Merja (10.000 ha), la culture de la canne à sucre dans les sols alluvionnaires (110.000 ha) et des assolements quadriennaux pour le reste (betterave, coton, maraîchage, céréales).

2. LE PERIMETRE DU HAOUZ

Le périmètre du Haouz comprendra en croisière 112.700 ha répartis comme suit:

Tessaout Amont	: 31.700 ha
Tessaout Aval	: 20.000 ha
Haouz Central	: 61.000 ha

A la fin de 1977, la totalité des superficies irriguées sera de 14430 ha. Les ouvrages principaux sont constitués par les eaux régularisées dans le barrage de Ait Adel d'un volume régularisé de 220 Mm³ et d'un volume utile de 190 Mm³.

Les eaux du barrage sont dérivées par le barrage d'Agadir (ouvrage de prise) dans une galerie (Q = 17 m³/s, L = 4,25 km) de l'extrémité de laquelle partent deux canaux.

- le canal primaire Ouest (Q = 7,2 m³/s, s dominée 10.000 ha)
- le canal principal Est (Q = 8,5 m³/s, s dominée 17.000 ha)

Ces canaux alimentent des canaux primaires de part et d'autre de la Tessaout qui irriguent les secteurs anciennement irrigués par les séguias. D'autres secteurs sont irrigués à partir de la nappe au moyen de forages groupés au niveau d'une bache où s'effectue la mise en pression dans des canaux primaires.

La mise en valeur est principalement basée sur l'application d'assolement quadriennaux à base de betterave à sucre, de coton, de céréales et de fourrage et l'intensification des agrumes (1500 ha) et de l'olivier (8500 ha).

3. LE PERIMETRE DU TADLA

Le périmètre du Tadla possède 94,300 ha irrigués répartis comme suit:

Beni Moussa	: 25174 ha
Beni Moussa Est	: 35964 ha
Beni Moussa Ouest	: 33292 ha

Les ressources sont fournies par les Eaux régularisées dans le Barrage Bin El Ouidane (Barrage en béton d'une capacité utile de 1160 Mm³ et d'un volume régularisé de 1000 Mm³). Les ouvrages principaux comportent:

- le Barrage Bin El Ouidane

—le Barrage de compensation de Ait Ouarda

—la galerie d'amenée de Ait Ouarda à Afouer (q = 48 m³/s, l = 10,5 km)

—le canal D (Q = 16 m³/s, L = 1,5 km)

—le canal CM (Q = 20 m³/s, L = 38 km)

—le canal ME (Q = 12 m³/s, L = 32 km)

Ces canaux dominent et desservent les canaux primaires des secteurs irrigués gravitairement.

La mise en valeur retenue est l'application d'un assolement quadriennal (betterave, coton, fourrage, céréale). Une partie est réservée à l'Arboriculture avec les agrumes sur 10.000 ha et l'olivier sur 2700 ha).

4. LE PERIMETRE DES DOUKKALAS

Le périmètre des Doukkalas comprendra une croisière 60.000 ha irrigués dont 39.000 ha seront irrigués à la fin de 1977. A la fin de 1976, 27100 ha étaient irrigués. L'irrigation se fait actuellement à partir des eaux stockées dans la retenue Imfout de capacité utile 450 Mm³. Les eaux sont conduites à partir du barrage d'Imfout dans une galerie (Q = 36 m³/s, $\phi = 5,3$, L = 16.76 Km) qui dessert le canal bas service des Doukkalas (Q = 42 m³/s, L = 111 km). Ce canal dessert un certain nombre de secteurs irrigués gravitairement et en particulier les casiers de faghegh (10.400 ha) et de Sidi Smaïl (9900 ha). Le cassis de Sidi Bennour (9600 ha) est desservi à partir du canal intermédiaire (Q = 7,2 m³/s) qui domine le canal bas service. L'alimentation de ce canal se fait par une station de pompage de Bir El Abid (6 groupes de 1,2 m³/s chacun). Les casiers de Zemamma (15.300 ha) et de Thine Gharbia (13.700 ha) sont irrigués par aspersion. Chaque secteur d'une superficie moyenne de 2500 ha comporte une station de mise en pression et un réservoir surélevé.

La mise en valeur retenue est l'application d'un assolement quadriennal (Betterave, coton, fourrage, céréale) sur l'ensemble des secteurs.

5. LE PERIMETRE DE LA MOULOUYA

Le périmètre de la Moulouya comportera 59.000 ha irrigués en croisière dont 50.000 ha sont équipés actuellement.

Ces superficies se répartissent comme suit:

Plaine du Triffa bas service	25 670 ha	} Rive droite de la Moulouya
Plaine du Triffa haut service	7 200 ha	
Plaine du Zebra	6 130 ha	} Rive gauche de la Moulouya (en phase d'équipement actuellement)
Plaine du Bou Areg	11 000 ha	
Plaine du Garet	9 000 ha	

Les principaux grands ouvrages sont réalisés et comprennent:

—le barrage Mohamed V (volume utile 535 Mm³, volume régularisé 600 Mm³)

—le barrage de dérivation Mechra Hammadi d'où partent les canaux RG et RD. Le canal principal RD (Q = 18 m³/s, L = 8,4 km) dessert la plaine des Triffa.

• Le canal RG (Q = 17 m³/s, L = 45 km) dessert le Zebra, le Bou Areg et le Garet. L'irrigation des périmètres haut service se fait par l'intermédiaire de stations de pompage dont la plus importante se trouve sur le canal principal RD. L'irrigation est gravitaire à l'exception du secteur du Garet.

La mise en valeur retenue comprend l'assolement triennal (betterave, fourrage, céréales) sur 6.500 ha, la canne à sucre sur 5.600 ha et surtout l'agrumiculture (13.300 ha) et le maraîchage (24.000 ha).

6. LE PERIMETRE DU SOUSS MASSA

Le périmètre du Souss-Massa comprend 73.500 ha de terres irriguées ventilées comme suit:

La vallée du Souss: 54.000 ha dont 24.000 en irrigation rationnelle (secteur Moderne) et 30.000 ha en irrigation traditionnelle.

Le Massa: 19.500 ha.

Le Massa est irrigué à partir des eaux stockées dans la retenue du barrage Youssef Iben Tachfine d'une capacité de 310 Mm³ et d'un volume régularisé de 90 Mm³.

A partir du barrage, une station principale SP1 comportant 4 et 2 groupes moto-pompes à deux étages de refoulement permet de refouler l'eau au canal tête morte par l'intermédiaire de deux conduites ϕ 1250 de 310 m de longueur chacune.

Le canal tête morte dessert 4 secteurs irrigués par aspersion et un secteur de 1200 ha irrigué gravitairement.

Les 4 secteurs sont les suivant :

	Superficie	Débit de SP	Volume du réservoir
Aït Belfaâ	2 563 ha	1200 l/s	406 m ³
Oukhrib	4 250 ha	2040 l/s	520 m ³
Taou Oussouss	3 750 ha	1800 l/s	508 m ³
Aït Amira	7 800 ha	3720 l/s	764 m ³

Chaque secteur comprend une station de mise en pression située sur le canal principal et refoulant dans les réseaux de conduites enterrées sous pression. Ces stations de pompage sont régulées par des réservoirs surélevés.

La plaine du Souss comporte :

Le secteur *Amont de Taroudant* d'une superficie de 7 270 ha environ, irriguée en totalité à partir des eaux de la nappe. Les eaux de plusieurs forages sont groupées dans un bassin de reprise et refoulées ensuite dans le réseau de distribution. L'irrigation est par aspersion.

Le secteur de *l'Oued Issen* qui comporte une superficie de 12 400 ha irrigués à partir des eaux de la retenue du barrage de Tamzaout de volume utile 120 Mm³ et de volume régularisé 80 Mm³. Les eaux cheminent dans le lit de l'Oued Issen, transitent par une galerie ($\phi = 2m, L = 1,7 km$) qui alimente un adducteur principal qui dessert les stations de mise en pression.

Par ailleurs, 22 000 ha sont irrigués à partir de la nappe et gravitairement.

La mise en valeur retenue pour le Massa est basée sur la production de 5 840 ha de primeurs (asperges, fraise, oignon, tomate) et le reste en culture céréalières et fourragères (1850 ha).

Pour la vallée du Souss, il est retenu essentiellement d'intensifier la culture des agrumes (2 700 ha) et des fourrages (2 844 ha) pour la production laitière et le développement du maraîchage et des cultures vivrières (zone traditionnelle réhabilitée).

ANNEXE II

ORGANIGRAMME DU SERVICE DE GESTION, D'EXPLOITATION ET D'ENTRETIEN DES RESEAUX

Le Service coordonne l'ensemble des activités de la gestion et de l'entretien des réseaux d'irrigation (Figure A). Il établit et coordonne son programme par le biais de trois bureaux qui supervisent et contrôlent l'exécution de celui-ci par les subdivisions. La cellule clé d'intervention est constituée par une équipe directement responsable d'un secteur d'irrigation (station de pompage + réservoir + réseau indépendant) placé sous l'autorité d'un adjoint technique responsable devant l'Ingénieur, Chef de la Subdivision.

1. ENCADREMENT NECESSAIRE (TABLEAU—A)

Au niveau du siège

Par bureau, il faudra :

- un ingénieur
- un adjoint technique G.R.
- 2 agents techniques
- un commis
- un secrétaire.

Pour le service, il est nécessaire de disposer de :

- un ingénieur électromécanicien
- un comptable
- un électricien

Au niveau de chaque subdivision, il faudra avoir un ingénieur et trois adjoints techniques rattachés aux bureaux correspondants du service. En plus, il faudra par secteur :

- 1 adjoint technique
- 2 agents techniques
- 1 magasinier
- 1 comptable
- 2 aiguadiers
- 1 électricien

Chaque subdivision doit posséder une équipe d'intervention rapide au niveau :

- Dépannage station (Electricité)
- Tuyaux (Amiante ciment + Aciers)
- Canaux (curage)

Cela comporte en moyenne 25 ouvriers spécialisés par subdivision (soudeur, poseur, mécanicien, conducteur d'engins etc...).

2. MOYENS MATERIELS

Chaque bureau devra avoir un véhicule tout terrain et une voiture légère. Chaque subdivision doit disposer d'un parc d'engins suffisant pour les travaux à mener.

- une niveleuse
- une pelle mécanique
- 2 tracteurs avec remorques
- un compacteur
- une bétonnière
- 2 camions benne
- un camion grue
- une grue pour la pose des tuyaux
- un atelier de soudure
- matériel d'atelier et d'électricité
- magasin de stockage de pièces de rechange
- 2 véhicules légers
- 2 véhicules tout terrain
- et le petit matériel de construction.

Par ailleurs, chaque adjoint technique responsable de secteur doit avoir une voiture légère à sa disposition pour toutes les interventions.

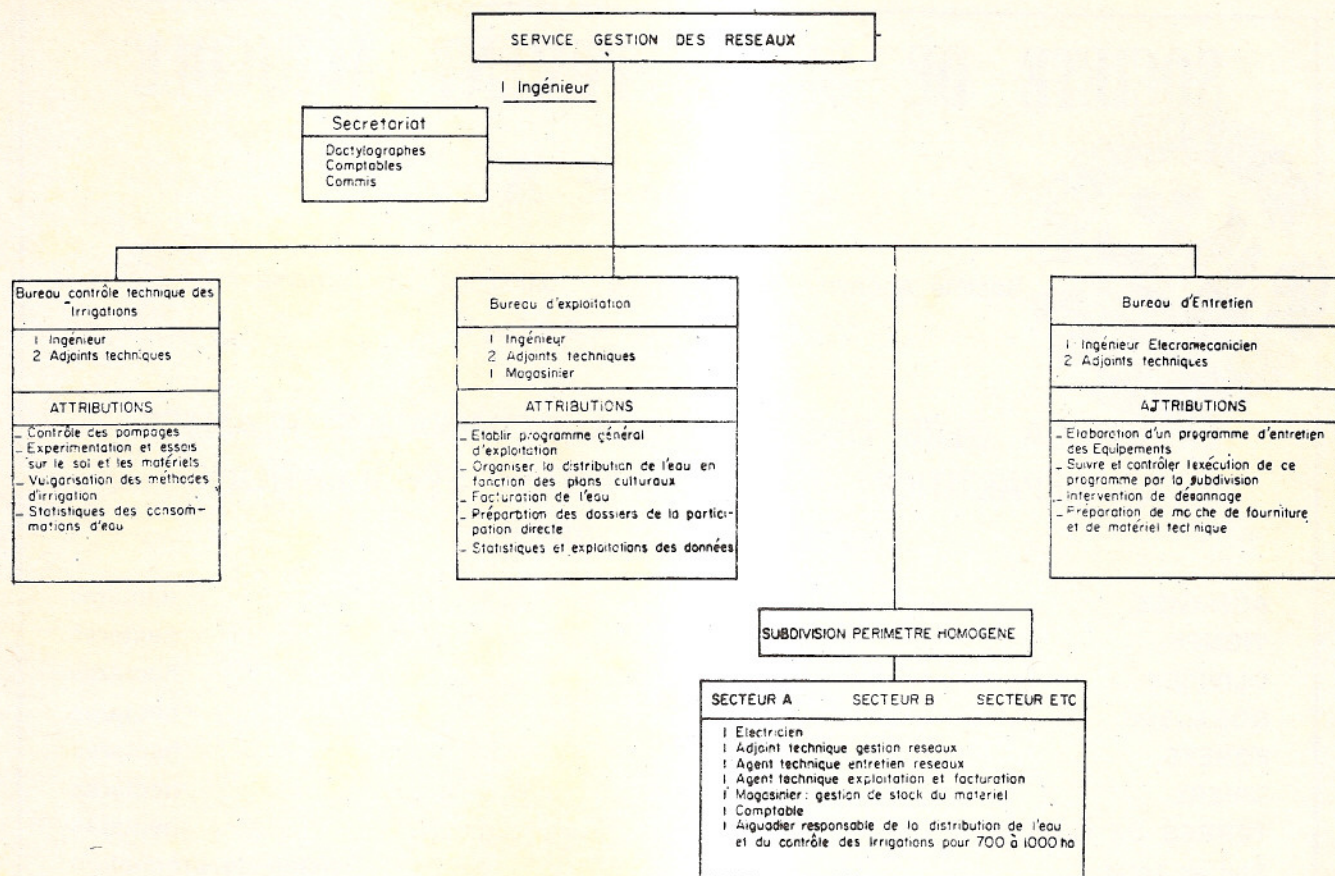


FIGURE A: Organigramme du service gestion des réseaux

TABLEAU—A

Organisation : Moyens et personnel actuels

Offices	Superficie totale irriguée (ha)	Moyens humains										Moyens matériels	
		Ingénieur	Adj. T.	Ag. T.	Electricien	Chef d'équipement	Enquêteurs	Aiguadiers	Aide Aiguadiers	Commis et Comptab.	Ouvriers spécialisés	De locomotion	De travail
Haouz	14.430 gravitaire	—	3	8	2	9	3	20	55	4	—	4 voitures légères 5 vélomoteurs	1 grue 2 camions benne 1 niveleuse
Tadla	94.300 gravitaire	—	4	1	—	16	10	65	150	2	107	4 voit. Lég. 5 véhic. tout terrain 10 vélomot.	3 camions benne 1 trique balle 7 pelles mécañiq 3 niveleuses
Gharb	49.018 gravitaire	1	1	5	—	—	8	88	46	9	58	7 voit. léger. 2 fourgons 1 véhic. tout terrain 107 vélomot.	2 camions benne 1 camion grue 3 tracteurs 2 niveleuses 1 pelle mécaq. 1 compresseur 1 bétonnière
Doukkalas	27.100 gravitaire	1	—	1	1	8	—	7	—	—	53	1 voit. Léger. 2 véhic. tout terrain	1 camion 5 t 1 Dumper 1 m³ 3 tracteurs 1 niveleuse 1 pelle + grue 1 compresseur + 3 remorques
Entretien et gestion (non compris la distribution)													
Souss-Massa	—	3	7	2	5	—	—	42	—	5	—		

EXEMPLES D'ORGANISATION SERVICE DE GESTION D'EXPLOITATION ET D'ENTRETIEN DES RESEAUX A—ORMVA SOUSS MASSA

LAHBABI *

Un Service de gestion des réseaux d'irrigation a été créé à l'office depuis le mois de Janvier 1976.

I. OBJECTIFS

- Entretien des équipements d'irrigation
- Entretien du matériel de génie-civil
- Gestion du matériel
- Collecte et exploitation des données sur le rendement du réseau les consommations en eau etc... en vue d'une bonne gestion des réseaux.
- Réalisation d'un programme d'expérimentation et d'essais sur différentes caractéristiques du sol, profils hydriques avant et après irrigation. Adaptation des différentes formules de détermination de l'ETP à la région, comparaison de différents modes d'irrigation. Essais et réparation de différents matériels.
- Contrôle des pompes et exploitation de la nappe.
- Distribution de l'eau d'irrigation.
- Facturation de l'eau aux agriculteurs.
- Préparation des dossiers pour le recouvrement de la participation directe

II. ORGANISATION DU SERVICE ET ENCADREMENT

Siège : Un bureau d'entretien
Un bureau d'exploitation.

Selon l'organigramme, il est prévu aussi la création d'un bureau de contrôle technique des irrigations et du contrôle de la nappe. Cependant par manque de personnel suffisant, les activités de ce bureau sont actuellement rattachées au bureau d'exploitation.

Services extérieurs

Au sein de l'ORMVA du Souss-Massa, il a été créé trois subdivisions à Massa, Taroudant et prochainement à Ouled-Teima. Ces subdivisions ont pour rôle de coordonner le travail des CMV, de veiller à l'exécution des programmes des différents services de l'Office. Il est à noter que dans chaque subdivision, tous les services sont représentés. Ainsi ces subdivisions ne sont pas rattachées à un service donné comme c'est le cas la plupart des autres Offices.

On peut donc résumer l'Organisation du service comme suit :

Au niveau de chaque subdivision il doit exister en principe un magasin central doté d'un magasinier qualifié pour le stockage de toutes les pièces de rechanges; un Hangar pour les engins de génie-civil et un atelier mécanique et de soudure pour les différentes réparations et interventions.

Cet atelier doit être doté d'un chef d'atelier, d'un poseur, un soudeur, un mécanicien, un aide mécanicien, un aide soudeur et 2 manoeuvres.

Qualification du personnel de l'atelier :

- Chef d'Atelier** : Ouvrier hautement qualifié ayant une bonne expérience dans la construction mécanique, branche chaudronnerie de préférence connaissant le travail machine et la soudure.
- Poseur** : Ouvrier confirmé ayant des références dans la pratique de la pose de l'amiante-ciment.

—**Mécanicien** : Ouvrier confirmé branche mécanique générale ou ouvrier d'entretien d'usine.

—**Soudeur** : Confirmé, soudure électrique et oxyacétylénique, découpage.

Par ailleurs au niveau de chaque CMV ou secteur, il doit exister un magasin secondaire doté d'un magasinier confirmé.

Un certain nombre de pièces doivent être élaborées pour régler les entrées et les sorties de matériels ainsi que les mouvements entre le magasin central de la subdivision et les magasins secondaires existants aux différents CMV. Le magasinier central au niveau de l'Office est donc chargé de la gestion de tout le matériel.

III. ENTRETIEN DES STATIONS DE POMPAGE

Schéma de fonctionnement

A ce sujet, les principales actions tournent autour des points suivants :

- Fonctionnement des Stations
- Entretien périodique et courant
- Visite de contrôle systématique
- Interventions de dépannage.

Ainsi il faut d'abord par station un agent de qualification d'Electricien pour assurer la marche et pour procéder à l'entretien courant.

Un planning mural doit être affiché dans chaque station dressant les différentes interventions journalières, hebdomadaires, mensuelles, trimestrielles, annuelles etc... à savoir, les opérations de nettoyage, de lavage, de graissage etc...) comme s'est décrit sur le planning mural. Des fiches doivent être constituées par nature d'opération; elles doivent être dressées de façon à faire le point sur les différents consignes (les mesures de sécurité et le mode d'intervention); ces fiches doivent exister au niveau de chaque station.

L'Ingénieur Electromécanicien responsable de chaque subdivision doit contrôler et veiller à l'exécution de ce planning. Par la même occasion, il doit veiller à la formation du personnel des stations au courant des séances de contrôle ou des opérations d'entretien.

Il est souhaitable que les techniciens assistent aux travaux de montage de ces stations afin qu'ils les connaissent mieux. Il est à noter que l'état d'une station dépend du degré de formation de l'électricien responsable. Un agent bien préparé correspond automatiquement à une station mieux entretenue.

Une visite de contrôle systématique deux fois par an est indispensable, la première au démarrage de la Compagnie Agricole et la deuxième pendant le mois de pointe. Le contrôle consiste aux opérations suivantes :

- Inspection des locaux électriques
- Vérification de l'état des pièces de rechange
- Vérification du poste de transformation et manoeuvre de tous les appareils.
- Vérification du niveau d'huile des transformations et de l'état des supports HT et BT.
- Vérification des coupes circuits et des serrures de verrouillage.
- Vérification du tableau de contrôle
- Vérification de la précision de tous les voltmètres, ampèremètres, et compteurs.

* Ingénieur du G.R. chef du service de gestion d'exploitation et d'entretien des réseaux.

- Vérification du bon fonctionnement des protections des transformateurs, des groupes de pompage des coupures et des filtres.
- Vérification du fonctionnement de la signalisation visuelle et sonore indiquant les défauts et provoquant le déclenchement.
- Défaut généraux, filtre, auxiliaire, groupes; transformateurs galerie, vannage, réseaux.
- Vérification de l'état des batteries, degré baumé tension à charge.
- Vérification des câblages et des connexions.
- Vérification par tranche de relaiage des coupes circuits des serrages, des relais de protection etc.
- Vérification des groupes électrogènes.
- Vérification du système de climatisation.
- Vérification du bon fonctionnement et entretien de tout le matériel hydromécanique tel que moteurs pompes, compresseurs, anti-béliers, clapets etc..

Un stock de pièces de rechange doit être constitué et réactualisé au fur et à mesure de l'équipement des différentes pièces; ceci permettra de procéder aux interventions de dépannage dans des délais raisonnables sans perturber la bonne marche des irrigations.

A ce sujet l'Office doit être équipé d'une camionnette atelier contenant en particulier un poste de soudure. Une camionnette par subdivision serait souhaitable.

Cependant pour un certain nombre d'intervention d'urgence, on doit faire appel à la maison mère pour les différents appareils, afin de procéder aux réparations nécessaires (tel que rebobinage de moteurs).

Un réseau téléphonique ou avec des liaisons radio doit relier les différentes stations à la subdivision et au siège de l'Office pour les communications d'urgence.

Un centre de télécontrôle, de télésignalisation, de télémessure et de télécommande est souhaitable au niveau de chaque subdivision afin de mieux surveiller et contrôler le fonctionnement normal de toutes les stations par l'Ingénieur. Cet équipement permettra aussi d'intervenir très rapidement et de prévoir un certain nombre d'accidents et de pannes manoeuvres. L'Ingénieur aura en vue la signalisation de toutes les stations et pourra ordonner du poste de contrôle aux différents agents les interventions nécessaires. Le Service doit être doté de toutes les notices constructeurs, des schémas électriques et plans des stations.

Problèmes poses

- Manque de cadres qualifiés en Electricité et en Electromécanique au niveau de toutes les échelles, (Agents, Adjointes Techniques et Ingénieurs).
- Manque de moyens matériels (véhicules de liaison, outillage d'interventions etc...).
- Difficultés d'approvisionnement en pièces de rechange au niveau local et national. La plupart du temps les pièces doivent être importées de l'Etranger. On est notamment obligé de s'adresser à l'Entreprise qui a procédé au montage.
- Lenteur et manque de souplesse des procédures administratives pour l'approvisionnement de petites pièces en cas d'urgence.
- Manque d'en couragement de la part de l'Administration pour le personnel. En effet, ces cadres et agents sont très recherchés dans le privé et on a du mal à la tenir. Par ailleurs ils sont appelés sans cesse à faire la permanence les nuits et les jours de fêtes et à intervenir en dehors des horaires de travail et l'Administration doit prévoir des suppléments ou des primes ou d'autres moyens pour les rémunérer.
- Les conditions de travail surtout dans le Périmètre du Massa sont très difficiles compte tenu des conditions climatiques, de l'éloignement géographique et de l'isolement.

IV. ENTRETIEN DES RESEAUX D'IRRIGATION

En dehors des différentes opérations courantes de graissage et de nettoyage des vannes, ventouses, etc...et des visites de contrôle des canalisations maitresses, et des antennes secondaires quatre cas généraux peuvent se présenter:

- Fuite ou casse sur conduite en béton armé

- Fuite ou casse sur conduite en amiant-ciment
- Fuite sur pièce spéciale acier
- Avaries sur les bornes d'irrigation, ventouses, soupapes, vannes, régulateurs de pressions, vannes, à survitesse.

Avarie sur conduite en beton armé

Les avaries sur ce type de conduite qui constituent l'ossature des réseaux sont en général fort rares. La réparation relève de toute façon de l'entreprise spécialisée qui a posé les conduites (S.N.C.E.). Toutefois ces matériaux bénéficient de la garantie décennale.

Avarie sur conduite amiant-ciment ϕ 80 à 450 mm

- Compte tenu du linéaire important de canalisations posées sur le Périmètre les probabilités de casses ou de fuites sont suffisamment élevées pour justifier la mise en place d'une équipe par subdivision formée pour ce genre d'intervention.

Cette équipe comprendra:

- Un Chef d'Equipe qui doit être un poseur qualifié.
- Deux manoeuvres aide-poseurs sans qualification.

Cette équipe doit posséder l'outillage nécessaire tel que:

- Une tronçonneuse à disque portative
- Une machine de chantier à usiner les abouts "machine à tourner"
- Une caisse à outils de chantier
- Une pompe d'équipement portative
- Un stock de conduite et de joints disponible pour tous les diamètres et toutes les classes.

Fuite sur pièces spéciales en acier

Un groupe de soudure électrique est indispensable pour faire des réparations de ce genre.

Avaries sur les borne d'irrigation, ventouses, soupapes, de décharge, régulateurs de pression, vannes etc.

Compte tenu de la spécification de ce matériel, le personnel chargé de l'entretien doit être formé pour les installer ou subir des stages de formation. Ces appareils nécessitent parfois un réglage très précis qui ne peut être fait par le constructeur. A ce sujet des stages sont souhaitables à l'usine de fabrication pour l'équipement de l'Office.

Un stock de pièces de rechange est indispensable.

V. ENTRETIEN DU MATERIEL MOBILE D'IRRIGATION

Suivant le schéma d'équipement du Périmètre du Massa, la rampe semi-fixe et les latéraux ainsi que les asperseurs sont collectifs pour plusieurs agriculteurs. Aussi, un agriculteur irrique à partir de 3 bornes et, donc, il a droit avec les autres agriculteurs aux 3 rampes. Compte tenu du fait que le matériel mobile n'est pas une propriété de l'utilisateur, on constate jusqu'à présent une grande négligence dans l'utilisation de celui-ci entraîne par conséquent sa détérioration rapide les agriculteurs ont toujours voulu que l'Office recharge le matériel détérioré, l'Office a été formé à ce sujet et les a invités à consulter les fournisseurs locaux. Par ailleurs, l'ORMVA.S.M a procédé à l'ouverture d'un compte opération matériel mobile d'irrigation. On peut considérer aussi que les détériorations de ce matériel sont dues à des manipulations trop fréquentes et surtout par du personnel peu soigneux et non motivé.

Ainsi il faut que les postes d'irrigation soit le plus long possible tout en tenant compte de la capacité de rétention du sol. Il est souhaitable de diminuer les changements de matériel pour les petites propriétés.

VI. ENTRETIEN DU CANAL PRINCIPAL D'AMENEE DE L'EAU DU PERIMETRE DU MASSA

Le canal principal a une longueur de 44 km environ. Les caractéristiques détaillées sont les suivantes (Tableau-B):

TABLEAU—B

	PK 0 au PK 3,950 (bief N° 1)		PK 3,950 au PK 35,400	PK 35,400 au PK 43,590
	Trapézoïdale	Rectangulaire	Trapézoïdale	Rectangulaire
Longueur d'application	2562 m	1280 m	31450 m	8190
Pente longit	$i_0 = 0,15$ m/km	$i_0 = 0,325$ m/km	$i_0 = 0,15$ m/km	$i_0 = 0,15$ m/km
Larg. radier.	3,00 m	3,80 m	3,00 m	2,00 m
Prof. normale	1,53 m	1,53 m	1,66 m	1,61 m
Fruit talus	3/2	—	3/2	3/2
Revanche	0,35 m	0,35 m	0,35 m	0,30 m
Largueur piste	R.G. 5,00 m	2,00 m	6,00 m	6,00 m
Largueur risberme R.D.	2,00 m	2,00 m	2,00 m	2,00 m
Long. des biefs (m)	bief N° 1 = 3925 m		Bn° 2 = 5700 Bn° 3 = 5200 Bn° 4 = 6100 Bn° 5 = 4051 Bn° 6 = 5800 Bn° 7 = 4100	

Il a une orientation approximative Sud-Ouest, Nord-Est. La direction des vents dominants est Ouest-Est pratiquement. La nature du sol du Périmètre est sableuse avec une granulométrie variant de 0,1 à 0,3 mm est une moyenne pondérée de 0,15 mm. Le réseau de brises-vents dans le Périmètre est encore très jeune (quelques cm de hauteur.) Compte tenu de ces données son assiste souvent et périodiquement à des tempêtes de sables qui envanissent le Canal sur une longueur approximative de 30 km.

Ces tempêtes de sable sont fréquentes et peuvent arriver à n'importe quel moment de l'année. En conséquence, on peut constater de véritables dépôts de sables dans le canal qui réduisent ainsi et d'une façon notable la capacité de transport de celui-ci. Le débit transporté est diminué de plus de moitié. Sur ces dépôts de sable, une végétation aquatique et spontanée se développe assez rapidement. Deux types de végétations sont rencontrées: des algues de surface qui peuvent s'étaler sur toute la section du canal et des algues de fond en forme de buissons et qui fixent ainsi solidement le sable.

L'Office entreprend régulièrement et en permanence le nettoyage et le dessablage de ce canal par l'intermédiaire d'une équipe dotée d'une pelle hydraulique, d'une pompe suceuse et d'un racleur métallique. Cette même équipe procède aux plantations de roseaux vifs dans le but de protéger le cyprès déjà plantés et de permettre une protection rapide du canal. Notons cependant que lors des tempêtes de sable dans le périmètre, les brises-vents ne pourront jamais arrêter ou briser la totalité des vents et des dépôts de sable mais seulement une partie.

L'assolement retenu dans ce périmètre d'une part et les conditions climatiques d'autres part ne permettent pas d'avoir une période creuse où le nettoyage du canal peut se faire à sec, soit à l'arrêt complet des irrigations. Par conséquent, on estime actuellement des dépôts de sable à 70000 m³. Ceci perturbe gravement le fonctionnement normal de pompage et donc des irrigations. Par ailleurs, tout le système de régulation des vannes à vis se trouve pratiquement faussé par suite de l'augmentation des niveaux d'eau dans les biefs par les dépôts de sable surtout. Ainsi on peut constater à l'aval et dans certains tronçons un débit pas loin de nul, alors que sur les biefs amont avant l'entrée du périmètre où les dépôts de sable sont relative-ment faibles, il y a un débit maximum qui passe.

L'Office du Souss-Massa est en contact avec pas un certain nombre d'entreprises à la recherche d'un matériel approprié permettant de travailler dans l'eau ou sur les berges le long du canal, mais sans arrêter les irrigations. Ce

matériel doit réunir cependant les qualités suivantes: efficacité, maniabilité, transportable sur camion, facilement entretenable, et qui n'endommagerait pas les parois et le radier du canal.

Actuellement sur le marché il n'existe pas de matériel standard pouvant résoudre ce problème mais par contre, il faut pratiquement le concevoir et le fabriquer sur commande. Ceci rend un peu la tâche difficile et lente.

Par ailleurs, l'Office pense introduire dans ce canal des poissons herbivores dits "carpes Chinoises" afin de résoudre le problème des végétations spontanées.

Dans le stade actuel des choses, l'Office entreprend le curage compte tenu de moyens matériels et humains dont il dispose. Les plantings d'arrêts d'irrigation sont dressés à la fin de chaque Campagne prévoyant des coupures d'eau d'une semaine et d'une façon cyclique. A plusieurs reprises, il a été fait appel à la participation des agriculteurs mais ces derniers n'ont jamais répondu bien qu'ils soient directement touchés par le problème.

VII. ENTRETIEN DES ENGINES DE GENIE—CIVIL

L'équipe d'entretien de l'Office doit être dotée également de matériel de génie-Civil (pelles hydrauliques, niveleuses, grues, chargeuses, compacteurs etc...).

Ces engins serviront pour la manutention, l'entretien des pistes et le curage des canaux.

Ainsi leur entretien courant doit être fait par les sections rattachées à chaque subdivision. Ces sections seront sous la coupe du Service de Gestion des Réseaux et non du Bureau de Matériel afin de faciliter la rapidité de l'exploitation et de réparation de ce matériel.

Problèmes poses

—Manque de conducteurs qualifiés, mécaniciens et de réparateurs. La plupart du temps, ils préfèrent travailler avec le privé qui rémunère mieux.

L'Office est obligé d'avoir recours au constructeur qui n'a pas toujours une représentation à l'échelon local.

Les pièces de rechanges sont souvent importées de l'Etranger, ce qui immobilise les engins pour beaucoup de temps lors des réparations. Ceci perturbe énormément les plantings d'entretien des différentes équipes de l'Office.

VIII. ORGANISATION ET DISTRIBUTION ET L'EAU D'IRRIGATION

Suivant le canevas hydraulique décrit précédemment et la trame retenue pour le périmètre du Massa, il apparaît qu'un agriculteur irrigué à partir des 3 bornes d'irrigation qui équipent un bloc type. Par ailleurs, suivant le nombre d'agriculteurs existant dans un bloc (3 en moyenne, 5 au maximum), un tour d'eau doit être établi afin de leur permettre à tous d'irriguer à partir des bornes communes. Il est à noter que pour la phase de croisière où tout le périmètre sera mis en culture, le tour d'eau se fera de lui-même car tous les agriculteurs chercheront à irriguer leurs parcelles. Ce tour d'eau correspond en fait à celui déterminé lors de l'établissement du projet.

L'aiguadier aura alors pour tâche de suivre les tours d'eau et de veiller à leur exécution et de prélever aussi les consommations en eau au niveau des compteurs soit toutes les semaines, ou tous les mois.

Toutefois dans le stade actuel des choses et avant d'atteindre l'année de croisière, le problème est très différent et plus compliqué. En ce sens que sur une borne d'irrigation il arrive souvent que la totalité de l'îlot ne sont pas mis en culture et sur un nombre de 5 agriculteurs par exemple, il n'y a que 2 qui ont une parcelle cultivée. En ce moment là, il n'y a aucune pression qui s'établit entre les irriguants concernés puisqu'ils disposent de largement de temps. Il arrive ainsi qu'ils irriguent plus que le nécessaire; ce qui entraîne les consommations d'eau excessives et un lessivage du sol. Les durées des postes ne sont plus respectées, le temps de rotation n'est plus le même, afin toutes les bases du projet ne sont plus suivies.

Ainsi un tour d'eau ou plutôt un calendrier des irrigations s'impose afin de limiter les consommations d'eau abusives. Pour la Campagne actuelle, ce calendrier a été préparé et diffusé aux agriculteurs. Il a été établi sur la base des plans de culture et de leurs besoins estimés en eau. L'aiguadier, à partir de ce moment là, devient un distributeur d'eau en plus de contrôleur des irrigations. Le schéma de distribution est en fait séduisant si, par ailleurs il n'avait pas d'autres contraintes limitatives à savoir un manque d'aiguadiers qualifiés et de moyens de pression sur les irrigations.

En effet, ceci demande un personnel assez important: à savoir 2 aiguadiers par chambre de vanne; autrement dit, une antenne de 4 km, soit 20 bornes. (1 aiguadier de jour et 1 aiguadier de nuit).

Ce personnel doit être suffisamment formé et qualifié pour contrôler les irrigations et suivre le tour d'eau au niveau des agriculteurs, la discipline doit être générale et l'administration doit posséder les moyens de pression et de sanctions rapides afin de lui faire respecter le tour d'eau et le matériel de l'Etat. On a pu constater de la part des irrigateurs un sabotage assez important des bornes d'irrigation et sur tout des cadenas. En effet, il est devenu pratiquement inutile dans le périmètre de cadener un chambre ou un volant d'une borne, car les agriculteurs se débarrasseront des cadenas immédiatement après.

C'est ainsi que les bornes d'irrigation et les chambres de vanne doivent être suffisamment discrètes et abritées pour empêcher ces sabotages.

En outre, pour faire respecter le tour d'eau, ceci suppose:

- Une police des eaux efficace en améliorant le statut.
- La contribution des autorités locales et judiciaires pour l'installation d'une discipline.
- Le contrôle et le respect des assolements préconisés.
- Un personnel qualifié et suffisant.

En croisière la participation de l'agriculteur à cette opération s'accroîtra certainement d'elle-même. Ceci permettrait d'une part de le sensibiliser à la valeur des Equipements et d'autre part d'alléger les charges de l'Administration.

Par ailleurs, pour une meilleure utilisation de l'eau il est quasiment indispensable de relever le prix de l'eau.

IX. FACTURATION DE L'EAU

Le prix de l'eau d'irrigation n'est pas encore arrêté officiellement pour l'Office du Souss-Massa.

Partant d'un taux d'actualisation de 10 pour cent, le prix de revient du m³ d'eau d'irrigation est de 0,616 DH/m³ sachant que la totalité des investissements sont prise en charge par l'Etat.

Le taux d'équilibre se situe autour de 0,228 DH/m³.

Les frais d'énergie sont de 0,05 DH/m³ pompé ils sont équivalents à la taxe de pompage.

Actuellement l'Office fait payer à l'agriculteur uniquement les frais de pompage en attendant l'arrêté du prix de l'eau.

L'eau à usage non agricole est facturée sur la base de 0,22 DH/m³; toutefois ce tarif doit être augmenté afin de se rapprocher du prix de revient.

Compte tenu des frais de pompage qui sont relativement élevés et afin d'encourager la production agricole, un tarif préférentiel d'énergie électrique est indispensable.

Jusqu'à présent, la facturation de l'eau a été faite sur la base des besoins en eau estimés des cultures, et dans le cadre des opérations intégrées. Les compteurs d'eau ne sont pas encore installés sur les bornes d'irrigation. Le manque d'aiguadiers, (en nbre suffisant), il est difficile de savoir exactement la consommation de chaque agriculteur.

Cependant, cette année on a procédé à la mise en place des compteurs sur un secteur. Ceci a eu un effet psychologique très important sur les irrigants en ce sens qu'on a enregistré une baisse des consommations en eau d'un façon notable. Ceci contribuera certainement à limiter le gaspillage de l'eau. Jusqu'à présent aucun compteur n'a été détérioré d'un façon volontaire. La mise en place des compteurs pour le reste du périmètre sera faire incessamment.

Ainsi la facturation pourra se faire sur la base des consommations enregistrées au niveau des bornes. Telle consommation qui sera distribuée forfaitairement aux 3 ou 4 agriculteurs intéressés suivant les superficies cultivées. Les fiches compteurs sont remplies par les aiguadiers.

X. PREPARATION DES DOSSIERS POUR LE RECOUVREMENT DE LA PARTICIPATION DIRECTE

Le taux de la participation directe qui a été fixé par le code des investissements agricoles à 1500 DH/ha doit être nécessairement révisé pour tenir compte du coût des investissements actuels. Par ailleurs, ce taux a été fixé pour une irrigation en gravitaire et il n'est pas du tout applicable à l'aspersion où les équipements coûtent beaucoup plus chers. Ceci d'ailleurs, entraîne un taux d'équilibre relativement élevé et dont l'application est très difficile. Un relèvement de la participation directe ne touchera d'une part, que les propriétaires ayant plus de 5 ha, et entraînera d'autre part un abaissement du taux d'équilibre qui sera, donc, facilement applicable et à la portée aussi des petits agriculteurs.

La procédure de recouvrement de la participation directe est relativement longue en ce sens qu'il faut d'abord désigner les mandataires réguliers, opération qui n'est pas toujours facile compte tenu de la masse des cohéritiers et de la structure foncière du périmètre. Ensuite, des conventions types sont à établir avec des mandataires dont une copie doit parvenir à la conservation foncière pour procéder à l'hypothèque des titres fonciers.

Le recouvrement est prévu par le Percepteur des Finances selon le code des investissements agricoles.

Les difficultés rencontrées pour ces opérations sont surtout d'ordre social car il n'est pas toujours facile de trouver un terrain d'entente entre les cohéritiers.

XI. CONTROLE DES POMPAGES ET EXPLOITATIONS DE LA NAPPE

Cette question représente l'un des éléments moteurs du programme d'aménagement de la vallée du Souss.

En effet, comme le fait ressortir le bilan des ressources en eau il y a une sur exploitation de la nappe au niveau de la zone aval alors que dans la zone amont les ressources sont mal exploitées. L'objectif du plan d'aménagement a été donc une exploitation rationnelle et planifiée de la nappe. Ainsi un certain nombre de recommandations pour le pompage ont été établies et il va sans dire que la réussite du projet dépend surtout du contrôle des pompes et du respect des recommandations envisagées.

Ainsi le service de Gestion des Réseaux lance actuellement un vaste programme de sensibilisation des agriculteurs à ce problème bien qu'ils soient conscients dans certaines zones de la baisse rapide du niveau de la nappe.

Un décret du Ministère des Travaux Publics sortie en 1953 régie toutes les autorisations de pompage.

La première action de l'Office à ce sujet a consisté à sensibiliser les agriculteurs de la plaine aux restrictions de pompage par le biais des autorisations.

Un grand nombre d'agriculteurs possède déjà des puits et nous essayons conformément aux recommandations du projet Souss II de régulariser leurs situations en délivrant des autorisations de pompage.

A cet effet, les dispositions législatives ont été divulguées auprès des agriculteurs et affichées dans les différents CMV de l'Office et tous les Caïdats de la Province.

On assiste actuellement à un grand nombre d'intéressés qui commencent à déposer leurs demandes d'autorisation de pompage à l'Office bien que parfois le puits et l'installation existent depuis plusieurs années.

En matière de contrôle de ces installations, l'Office a fait récemment prêter serment à son équipe de contrôleurs.

Toutefois, il faut signaler que le nombre de personnel que nous possédons est largement réduit par rapport à l'importance de cette tâche. Néanmoins l'Office organise souvent des sorties de contrôle dans la plaine, les listes des infractions sont adressées aux autorités locales.

Il est à noter que le contrôle sévère de pompage dans la vallée ne peut se faire sans la collaboration effective des autorités locales afin de procéder systématiquement et rapidement à la fermeture des prises d'eau faites sans autorisation ou qui ne sont pas réglementaires. La police des eaux doit être dotée d'un statut efficace, lui permettant de veiller facilement à l'exploitation de la nappe.

Il serait utile de revoir l'ensemble des textes sur la législation des eaux au Maroc dont la plupart sont très anciens et au moins, dans leurs formes, quelque fois inadaptes.

XII. ENCADREMENT ET FORMATION DES AGRICULTEURS

Des programmes internes de vulgarisation en matière d'irrigation doivent être lancés afin de préserver les ouvrages en bon état et pour respecter la discipline d'utilisation de l'eau. En aucun cas, l'aiguadier qui est l'agent verbalisateur aux yeux de l'agriculteur ne doit se charger de l'exécution de ces programmes.

En général, l'agriculteur passe souvent d'un système bour à un système intensif irrigué sans transition ni préparation.

XIII. FORMATION DES AGENTS DU SERVICE GESTION DES RESEAUX

—Des stages de formation doivent être préparés aussi bien pour le personnel rattaché à la distribution de l'eau que celui chargé de l'entretien des équipements.

—Des visites dans les autres périmètres sont organisées afin de l'expérience des autres Offices et de se mettre au courant de leurs problèmes.

Des visites et stages sont parfois indispensables à l'usine des constructeurs pour un certain nombre d'appareils tels que vannes à survitesse du périmètre du Massa, réglage des soupapes Neyrpic, etc...

Le personnel chargé de l'entretien doit être parfaitement au courant des opérations de réglage et d'intervention sur ce genre d'appareil.

Des stages doivent avoir lieu pour l'équipe de poseur, soudeur et mécanicien de façon à les habituer aux interventions sur le réseau.

En définitive le personnel de Gestion et d'exploitation des Réseaux doit participer à l'élaboration des projets d'équipement et assister au déroulement de tous ces travaux. Ceci le mettra au courant des principes de fonctionnement des différents appareils et autres de façon à pouvoir intervenir en cas de panne ou de réparation.

XIV. PROGRAMME D'EXPERIMENTATION ET DES ESSAIS

Le bureau d'exploitation du service doit pouvoir exploiter efficacement toutes les données des consommations en eau, des données météorologiques et autres en vue d'une bonne gestion du réseau d'irrigation. Deux points sont essentiels à ce sujet :

—Utilisation rationnelle de l'eau des barrages ou de la nappe.

—Minimiser le coût d'entretien et de fonctionnement des équipements par une bonne gestion et organisation du personnel.

Par ailleurs un programme d'expérimentation doit être lancé afin de mieux connaître le périmètre. Les différents thèmes pourront être :

- (1) Détermination des caractéristiques du sol utilisées en irrigation.
- (2) Mesure de l'humidité du sol en vue du tracé des profils hydriques avant et après irrigation.
- (3) Adaptation des différentes formules de calcul de l'ETP aux conditions de la région.

Une station d'essai de matériel doit être montée soit à l'échelon local soit à l'échelon national pour procéder aux essais du matériel acheté dans le cadre de l'Equipe, des différents secteurs du périmètre du Massa (matériel mobile d'irrigation, bornes d'irrigation).

Dans cette station il sera procédé également aux différents tests de matériel après 3 ou 4 années de service afin de prévoir son usure, les défauts de fabrication et le moment opportun de son renouvellement.

Des programmes d'expérimentation seront lancés dans cette station afin de déterminer les caractéristiques du matériel adapté à chaque région tels que écartement entre asperseurs, nature du matériel, pluviométrie etc...

Cette station aura une grande importance dans la détermination des techniques de pointe de l'irrigation.

B—O.R.M.V.A. DE TADLA

L'Organisation de la gestion de l'exploitation des réseaux à l'O.R.M.V.A. de Tadla qui vient d'être créé est composée d'un bureau d'exploitation, un bureau technique des irrigations, trois subdivisions d'entretien et de distribution implantées comme suit :

—Subdivision de Gestion des Béni-Amir à Fquih Ben Salah (35000 ha).

—Subdivision de Gestion des Béni-Moussa Est Afourer (35000 ha).

—Subdivision de Gestion des Béni-Moussa Ouest Souk Sebt (33000 ha).

Le Service de Gestion a pour mission :

Maintenance des réseaux d'irrigation et de drainage

Entretien des équipements existants

Distribution et facturation de l'eau d'irrigation.

Vulgarisation de nouvelles méthodes d'irrigation.

(1) *Exploitation des grands ouvrages :*

Elle consiste au réglage, au contrôle des vannes et appareils hydro-mécanique divers (vanne à niveau amont ou aval constant, vannes de garde, siphons de sécurité).

(2) *Distribution d'eau :*

Elle est pratiquée suivant les besoins exprimés par les agriculteurs (en général on se réfère aux doses d'irrigation fixées par les centres d'expérimentation pour l'application du tour d'eau).

(3) *Etablissement du tour d'eau :*

Les usagers s'inscrivent auprès de l'aiguadier une semaine à l'avance. Ce dernier dispose d'une liste d'agriculteurs par canal tertiaire. Il inscrit sur une fiche dite "MV 1"

—Le débit (main d'eau)

—Le temps d'arrosage par semaine.

—L'heure d'ouverture et fermeture de la vanne.

A partir de ces demandes il détermine le débit des canaux tertiaires et secondaires sur une 2ème fiche (MV 2). Ces fiches sont transmises à la sub-division de Gestion des Réseaux pour permettre de savoir le débit des canaux primaires.

L'exécution du tour d'eau est assurée au niveau des canaux principaux par les gardes-vannes. La distribution au niveau des canaux tertiaires est pratiquée par les agents de distribution.

(4) *Facturation de l'eau*

Elle s'établit sur la base des fiches MV 1 traduites sur une autre fiche individuelle de consommation MV 3. Cette dernière est transmise périodiquement à la Section de Taxation pour établissement des rôles de redevances eau.

Le recouvrement de la redevance est fait par les CMV. Cependant cette opération touche difficilement les usagers ne pratiquant pas de cultures intégrées.

(5) *Contrôle technique des irrigations*

Pour éviter un gaspillage occasionné par les fellahs, il est indispensable de suivre de très près l'utilisation de l'eau niveau des parcelles. Pour cela il faut recommander :

—L'utilisation des siphons tubulaires

—L'entretien permanent des arroseurs

—Effectuer le nivellement des parcelles

—Labourer dans le sens de écoulement de l'eau.

(6) *Contrôle de la nappe.*

Ce travail est fait par la Division des Ressources en eau; toutefois une collaboration existe entre l'Office et les Ressources en Eau en matière d'autorisation de pompage.

(7) *Entretien*

(a) *Les drain :* Une section d'études récemment au sein du Service de la Gestion pour l'élaboration du programme d'entretien des drains (voir fiche annexées).

Il est établi une fiche caractéristique par réseau en vue de déterminer par la suite la nature des travaux à effectuer, les moyens à mettre en oeuvre et le degré de priorité.

Les travaux sont exécutés par le Service du Matériel qui a à sa charge les engins et le contrôle est effectué par le Service de la Gestion.

A partir de la fiche technique par réseau qui constitue un véritable diagnostic, il est plus facile de procéder un entretien plus méthodique et plus rentable.

Problèmes : Le point le plus important est la végétation qui gêne l'écoulement d'où remontée sensible de la nappe phréatique. Malgré l'emploi des produits chimiques tels que le "weedazol" le problème reste insoluble.

A noter aussi la destruction des berges dans la cas des terrains profonds; leur renforcement par des gabions ou murs en maçonnerie est très coûteux.

(b) *Entretien des canaux d'irrigation*

Nous disposons de 2 sortes d'équipes pour assurer l'entretien de ces ouvrages.

L'équipe dite "volante" d'intervention rapide pour la mise en place des canaux "tombés" (nous avons une chute de 6 éléments en moyenne par jour).

Une autre équipe pour l'entretien des canaux suivant un programme établi une fois par an. Les moyens de travail utilisés :

—Triqueballe

—Jeep avec remorque

—Camions

—Palans

—Poste de soudure.

(c) *Entretien des stations de pompage*

Il est assuré directement par le Service du Matériel qui dispose d'agents qualifiés et d'atelier équipé à cet effet. En général ces stations nécessitent un entretien permanent et un stock de pièces (fusibles, disjoncteurs).

(8) Gestion

Méthode d'exploitation : L'importance des équipements nous amène aujourd'hui à réfléchir sur les méthodes modernes de gestion pour une exploitation économique des ouvrages.

Nous préconisons:

L'électrification de toutes les manoeuvres des vannes le plus importantes:

L'installation de moyens de communication au niveau des points névralgiques du périmètre pour prévenir tout incident portant préjudice aux installations.

La création des voies d'accès aux ouvrages (les pistes sont souvent en mauvais état même si elles sont aménagées par les nivelieuses, le passage d'un tracteur en hiver rend la piste impraticable d'où nécessite de faire des routes goudronnées.)

L'installation d'un système de commande pour l'ouverture des modules au niveau des canaux avec fermeture de sécurité pour prévenir toute détérioration de la part de l'utilisateur.

—Pour ce qui est de la gestion des réseaux il y a lieu de mettre sur pied une Police des eaux pour arriver à instaurer une meilleure gestion des réseaux.

—Vulgarisation des nouvelles méthodes d'irrigation.

—Création des groupements d'utilisateurs pour amener les agriculteurs à prendre une part de responsabilité en matière de distribution d'eau.

Cette méthode a l'avantage de créer un esprit de coopération entre les fellahs ce qui évitera beaucoup de vol d'eau et des infractions diverses.

Le personnel engagé par l'Office se limitera à quelques aiguadiers seulement par secteur.

ANNEXE IV—MODELES DE FICHES D'EXPLOITATION DU RESEAU D'IRRIGATION

ANNEXE 4-1

O.R.M.V.A. SCE de gestion et d'exploitation des réseaux—Prise: 10

Tertiaire : G 13

Débit... :

Tour d'eau du _____ au _____

Mle	Surf	Demandeurs	Débit	Durée	Ouverture		Fermeture		Emargement
					Date	H	Date	H	

ANNEXE 4-2

O.R.M.V.A. SCE de gestion et d'exploitation des réseaux—Modèle MV 2

Anal secondaire No. _____

Tour d'eau du _____ au _____

Tertiaire	Jeudi	Vendredi		Samedi		Dimanche		Lundi		Mardi		Mercre		Jeudi
	Nuit	J	N	J	N	J	N	J	N	J	N	J	N	Jour

UTILISATION DES EAUX DE L'OUED MHARHAR POUR LA RECHARGE DE LA NAPPE DE CHARF EL AKAB POUR L'ALIMENTATION EN EAU DE LA VILLE DE TANGER *

A. KABBAJ **
I. ZERYOUHI **

RESUME

La capacité de la nappe du bassin de Charf El Akab dont les ressources en eau renouvelable sont estimées en moyenne à 2,2 millions de m³/an est devenue insuffisante à partir de 1956 pour assurer l'alimentation en eau de la ville de Tanger.

Pour faire face aux besoins croissants en eau potable de la ville de Tanger deux solutions étaient possibles:

—Mobilisation des ressources superficielles au moyen d'un barrage sur un cours d'eau de la région de Tanger. L'absence d'étude hydrologique ne permettait pas d'adopter cette solution. De plus, avant de faire un tel investissement il était nécessaire de faire appel à une solution plus simple d'autant plus que les besoins supplémentaires annuels n'étaient pas importants.

—Augmenter artificiellement la capacité de la nappe de Charf-El Akab en y injectant les eaux de crue de l'oued Mharhar. Les premiers essais d'injection entrepris ont été positifs, ce qui a permis d'adopter cette deuxième solution.

Les équipements réalisés ont permis de faire face aux besoins de Tanger de 1958 à 1968 date à laquelle on a constaté une baisse progressive du niveau de la nappe. Les ressources renouvelables étaient alors portées à 6 millions de m³/an y compris les eaux superficielles envoyées directement à la ville après leur traitement à la station d'épuration de Bougdour.

L'exploitation accrue de la nappe de Charf El Akab a été rendue possible en doublant les équipements de la station de Bougdour permettant ainsi de porter sa capacité de 22.000 m³/j à 44.000 m³/j et en acceptant une forte baisse de niveau piézométrique en période d'été, bien que la nappe soit située en bordure de mer.

La construction d'un barrage de retenue sur l'oued Mharhar permettra à compter de 1978 de faire remonter le niveau de la nappe.

ABSTRACT

The capacity of the aquifer of the Charf El Akab basin, whose renewable water resources are estimated to be 2.2 million m³/year, have become insufficient to meet the city of Tanger's water need since 1956.

To solve the problem of the increasing needs of water of the city of Tanger two solutions were possible.

—The mobilisation of the superficial water supply by the use of a dam in the region of Tanger. The lack of hydrological studies does not allow the adoption of this solution. In addition, a simpler solution could be adopted since the yearly supplementary needs are not very high.

—Increasing artificially the capacity of the aquifer of Charf-El Akab by injecting the excess water from the flood of Mharhar River. The first trials of injection gave good results, and allowed the adoption of this solution.

The equipments so far realised have led to meet Tanger's water needs during 1958-1968 since when a progressive drop of water table level was noticed. The renewable water resources were then increased to 6 million m³/year. This quantity includes the superficial water used directly by the city after treatment in the station of Bougdour.

A higher use of the aquifer of Chief El Akab was possible by doubling the volume of equipments at the station of Bougdour and by allowing a sharp drop of the water-table level during the summer, even though the aquifer is located near the sea. This permits to increase the capacity from 22,000 m³/day to 44,000 m³/day.

The construction of a dam on the Mharhar River will increase the water-table level starting 1978 on.

1. INTRODUCTION

L'alimentation en eau de la ville de Tanger (220.000 habitants) est actuellement assurée en utilisant conjointement les eaux de surface (oued Bougadou et oued Mharhar) et les eaux souterraines (nappe de Charf El Akab).

En période humide (novembre à mai) les eaux de crue des oueds Bougadou et Mharhar sont traitées et envoyées directement à Tanger. L'excédent des apports traités de l'oued Mharhar est injecté dans la nappe ce qui permet de réalimenter le réservoir souterrain et de remonter son niveau. En période sèche (mai à octobre) la nappe est seule exploitée à un rythme que n'aurait pu permettre la seule alimentation naturelle de la nappe.

Ce système est en fonctionnement depuis 1958 date à laquelle la cote piézométrique de la nappe était -2 m car seule la nappe était exploitée pour satisfaire les besoins de la ville de Tanger. En 1964 la cote de la nappe était remontée à +15 m grâce à la recharge pratiquée à partir des eaux de l'oued Mharhar. Depuis, le niveau baisse continuellement et a atteint la cote -29 m en fin 1976 malgré l'accroissement de la recharge, restée faible par rapport aux besoins de la ville. Ceci a permis d'assurer convenablement l'alimentation de la ville jusqu'à 1977 date à laquelle un barrage de retenue permettra de régulariser et de stocker les eaux de crue de l'oued Mharhar, pour l'alimentation de la ville et pour l'irrigation d'un périmètre agricole de 2000 ha. Quant à la nappe elle se rechargera naturellement par infiltration des eaux de pluies et artificiellement par injection du surplus d'eau de la station de Bougdour, et elle sera sollicitée en période de pointe et comme appoint pour couvrir les besoins en période estivale des années 1978 et 1983.

2. GEOLOGIE ET STRUCTURE DU BASSIN DE CHARF EL AKAB

Le bassin de Charf El Akab se situe à 20 km environ au Sud-Ouest de la ville de Tanger non loin de la cote atlantique (Figure 1). D'une superficie de 20 km², sans réseau hydrographique, il est constitué de grès sableux et de calcaires Tortonien formant l'aquifère et reposant sur un substratum représenté par des marnes bleus du Sénonien affleurant. Le long du littoral, mettant ainsi la nappe à l'abri d'une communication avec l'eau de mer.*

* Recharge of the Charf El Akab aquifer by the water of the Mharhar river to supply water to the city of Tanger (Morocco)

** Division des Ressources en Eau—Direction de l'Hydraulique Ministère des Travaux Publics et des Communications, Maroc.

* Le rabattement de la nappe en dessous du niveau de la mer ne pourrait se concevoir que si l'on était certain que le bassin de Charf El Akab était isolé de la mer par une formation imperméable. Une étude géologique détaillée a permis de dater les formations géologiques du bassin et de montrer la fermeture du bassin par un imperméable affleurant le long du littoral.

Le volume total de l'aquifère est de l'ordre de 2,5 milliards de m³ et le volume de l'eau serait de 75 millions de m³ en admettant un coefficient de porosité efficace de 3 pour cent.

L'alimentation naturelle de la nappe s'effectue uniquement par infiltration des eaux de pluie évaluée à 2,2 Mm³/an soit un débit moyen de 70 l/s.

Les caractéristiques hydrodynamiques de l'aquifère sont connues par les essais entrepris dans les 38 forages et piézométries réalisés dans ce bassin. Les transmissivités sont bonnes. $2 \cdot 10^{-3}$ à $1 \cdot 10^{-2}$ m²/s et les coefficients d'emmagasinement de l'ordre de 10^{-4} .

3. HISTORIQUE DE L'INJECTION

3.1 PREMIERES EXPERIMENTATIONS D'INJECTION

Les premiers essais ont débuté en 1955 à partir des eaux de deux étangs temporaires voisins, les days Srhira et Daïdat. Une scarification systématique des fonds de daya a permis de favoriser l'infiltration de l'eau mais les résultats ont été insuffisants en raison de l'existence sous les formations de surface de couche marneuse imperméable.

A la suite de la découverte d'une importante diaclase le débit d'absorption est passé à 370 m³/h.

3.2 ETUDE DE SIMULATION

Une étude par simulation mathématique entreprise en 1970 a permis de reconstituer le schéma de fonctionnement du système aquifère de Charf El Akab de 1948 à 1970 et par extrapolation de montrer que l'exploitation du système aquifère à un rythme accru était techniquement réalisable, compte tenu d'une recharge supplémentaire de la nappe à des débits devant atteindre 70,000 m³/j à partir de 1983. Enfin le coût de régularisation de l'eau par le système aquifère a été évalué en 1970 à 0,12 dh/m³ en moyenne.*

3.3 DISPOSITIF ACTUEL

Une digue sur l'oued Mharhar construite en 1957 permettait jusqu'en 1975 pendant les mois humides (novembre à mai) et à condition que l'eau ne soit pas trop chargée en matières en suspension, au moyen de trois groupes de pomper dans l'oued un débit total de 18,900 m³/j. L'eau est décantée et traitée dans une station située à proximité et qui peut livrer un débit de

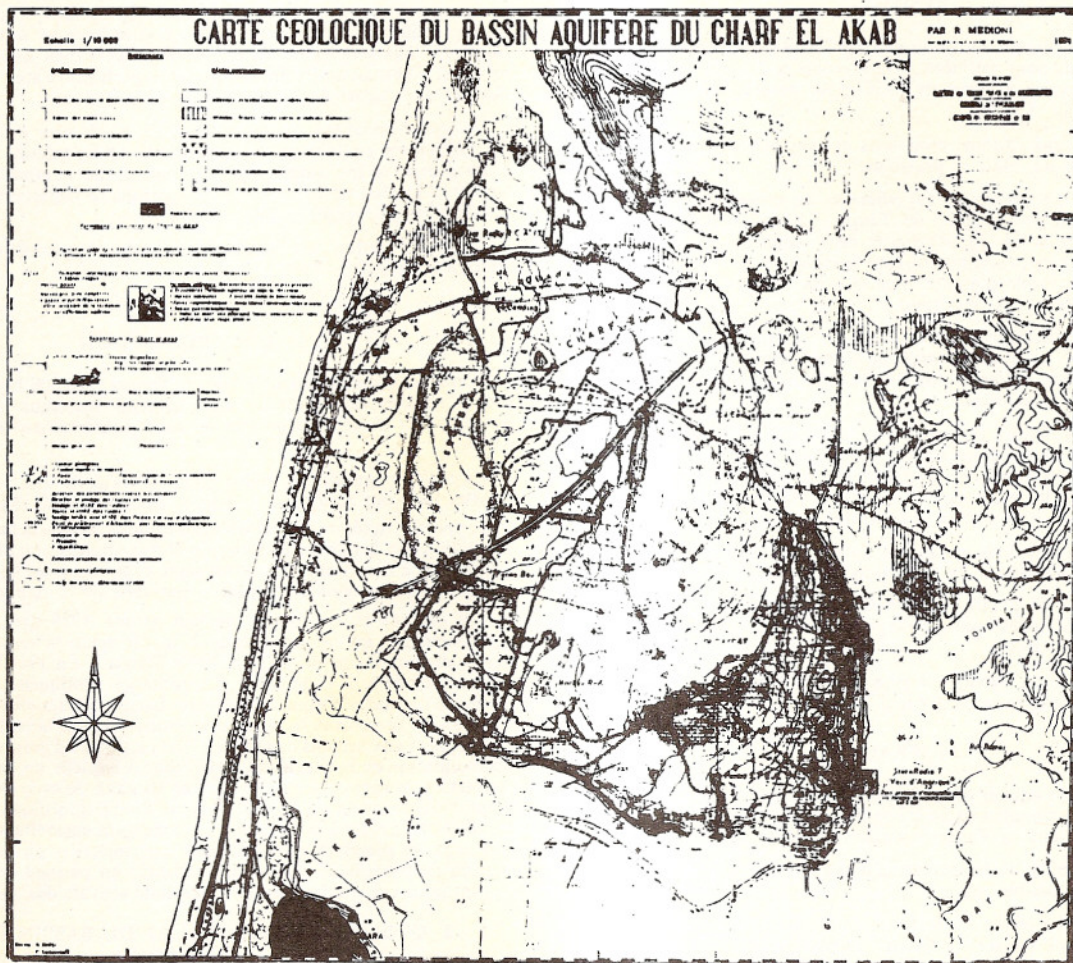


FIGURE 1

Un essai d'injection dans une ancienne source tarie par suite de la sur exploitation de la nappe a été réalisé à un débit d'absorption de 45 m³/h.

Des essais ont été ensuite réalisés dans les forages et ont donné d'excellents résultats.

On expérimenta alors un système de fosses d'absorption creusés dans des grès coquilliers affleurants dans la partie périphérique du bassin et les résultats ont été très satisfaisants: un débit moyen total d'environ 280 m³/h dans les huit bacs de longueur totale 150 m, de largeur 6,70 m et de profondeur 1,50 m a été injecté.

17,000 m³/j. Cette eau est envoyée à la station de refoulement de Charf El Akab qui répartit en fonction de la demande les volumes destinés à la ville de Tanger et ceux qui demeurent disponibles pour l'injection dans la nappe à travers une diaclase capable d'absorber 24,000 m³/j et équipée d'un avant puits et d'un tube métallique enfoncé dans l'ouverture pour diriger plus rapidement les filets d'eau et conserver intacte la surface d'attaque. L'ensemble est recouvert d'un toit bétonné pour éviter toute contamination superficielle.

* 1 dirhams (Dh) = 1,1 franc français environ.

Le traitement de l'eau de l'oued Mharhar consiste en filtration et fluculation avec chloration de l'eau envoyée à Tanger.

En 1974, une étude détaillée des zones fracturées dans les affleurements des calcaires et de grès a permis de montrer l'importance du réseau karstique qui peut se développer dans ces formations. Les essais d'injection réalisés ont montré la possibilité d'injecter en total un débit de 40,000 m³/j dans l'ancienne diaclase et la fissure découverte en 1974.

La capacité de traitement de la station de Bougdour a été augmentée et est passée à 44,000 m³/j.

Le fonctionnement actuel (1976) de ce complexe oued Mharhar—nappe de Charf El Akab est le suivant :

- de novembre à mai : traitement des apports naturels de l'oued Mharhar au niveau de la station de Bougdour pour assurer l'approvisionnement en eau de la ville de Tanger : Injection de l'excédent d'eau de l'oued Mharhar dans la nappe de Charf El Akab, permettant ainsi de faire remonter le niveau de la nappe de 10 à 15 m environ.
- de mai à octobre : l'oued Mharhar étant à sec, la nappe de Charf El Akab est seule exploitée pour l'alimentation de Tanger. De ce fait son niveau baisse. Le comportement de la nappe observé depuis le fonctionnement de ce système est représenté par la Figure 2 qui montre que malgré l'injection faite à partir de l'oued Mharhar le niveau de la nappe ne se rétablit pas d'une année à la suivante pour les raisons suivantes :
 - (a) Les eaux de crue de l'oued Mharhar ne sont pas captées en totalité, la digue existante actuellement n'étant pas en mesure de stocker toutes les eaux de crue.
 - (b) La station de Bougdour ne peut pas traiter les eaux de crue au dessus d'une teneur limite de 10 g/l de transport solide. De plus sa capacité de traitement limitée à 44,000 m³/j ne permet pas de disposer de la quantité d'eau suffisante à la fois pour alimenter la ville de Tanger et faire ramener par injection d'eau le niveau de la nappe à sa position d'avant l'exploitation de la nappe en saison d'été.

Devant cette baisse continue du niveau de la nappe pouvant entraîner des conséquences sur l'alimentation en eau potable de la ville de Tanger (remplacement des forages peu profonds, risque d'invasion marine par suite d'une grande différence de charge entre l'eau de mer et l'eau de la nappe), il a été décidé l'utilisation des ressources totales de l'oued Mharhar pour l'alimentation de Tanger en soulageant la nappe de Charf El Akab et lui permettre de retrouver son état piézométrique antérieur à la surexploitation et enfin pour l'irrigation d'un périmètre irrigué de 2000 ha dont l'aménagement est prévu en 1979.

4. MOBILISATION DES RESSOURCES DE L'OUED M HARHAR

La mobilisation des eaux de l'oued Mharhar au moyen d'un barrage dont l'achèvement est prévu au début de l'année 1978 permettra de résoudre le problème de l'alimentation en eau de la ville de Tanger jusqu'en 1983 et de remédier à la baisse excessive du niveau de la nappe de Charf El Akab.

4.1 CARACTERISTIQUES DE L'OUED M HARHAR

L'oued Mharhar dénommée oued Es Senia dans sa partie amont est le seul cours d'eau important proche de Tanger. De longueur 60 km il draine un bassin versant total de 480 km².

Le barrage en construction se situe au site de Tleta à 20 km en aval de la source de l'oued et contrôle les apports du bassin sur une superficie de 178 km². Les données hydrologiques existent à la station de Bougdour qui contrôle un bassin versant de 340 km².

Le débit moyen de l'oued Mharhar à Bougdour calculé sur une série de 13 ans de mesure est de 5 m³/s, soit un volume annuel de 157 Mm³ avec un coefficient d'écoulement moyen de 0,55 alors que le volume annuel prélevé actuellement pour Tanger et pour la recharge de la nappe n'est que de 4,2 Mm³.

Au site du barrage de Tleta le module moyen sur 13 ans d'observations est de 2,35 m³/s soit un volume annuel moyen de 74 Mm³. Le débit de pointe de la crue de projet a été évalué à 1250 m³/s avec un apport total de 64 Mm³.

ALIMENTATION EN EAU DE LA VILLE DE TANGER

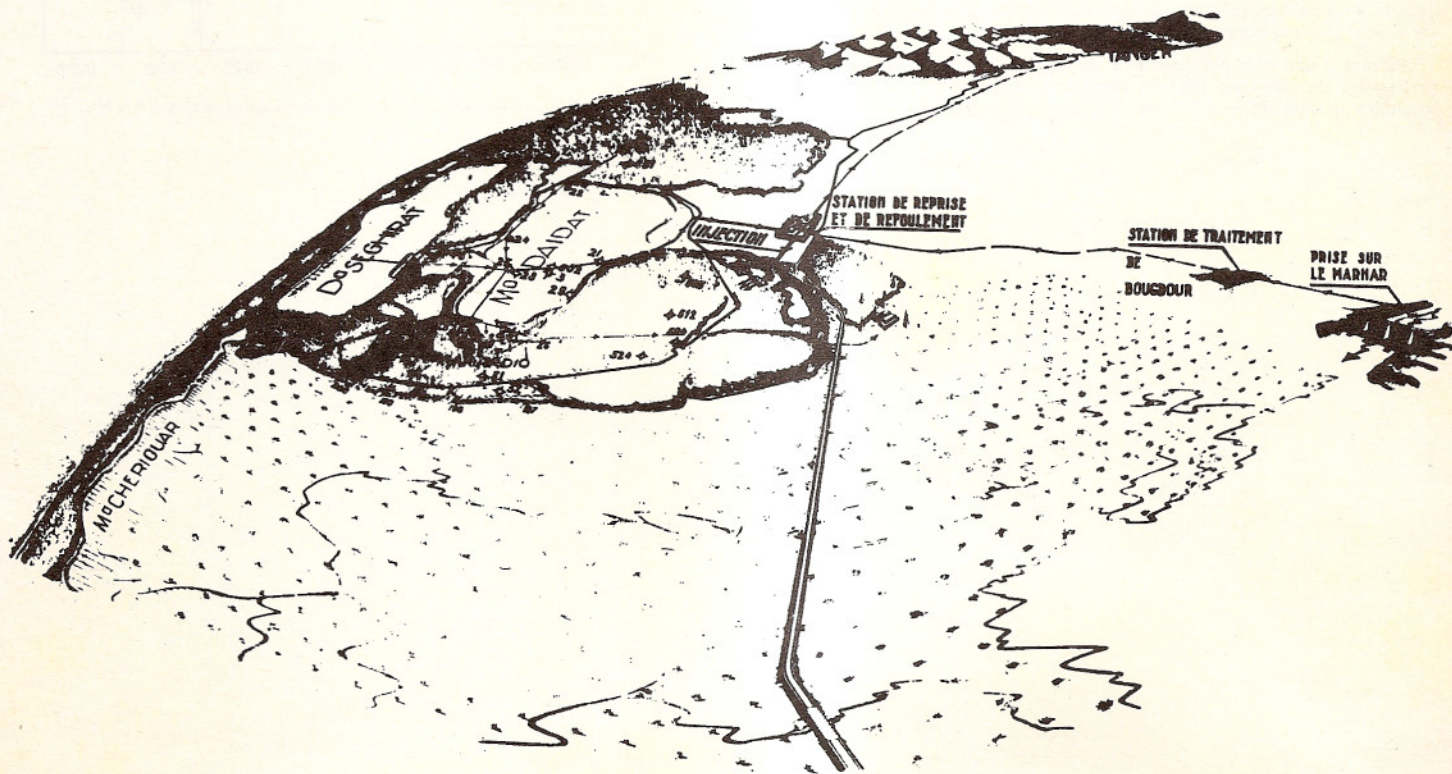


FIGURE 2: Alimentation en eau de la ville Tanger

Le barrage de Tleta aura un volume total de la retenue de 42 Mm³ correspondant sensiblement au volume moyen régularisé par cet ouvrage.

4.2 BESOINS A SATISFAIRE PAR LE BARRAGE DE TLETA

Il est prévu de satisfaire à partir du barrage de Tleta :

—l'alimentation en eau potable de la ville de Tanger à partir de la station de Bougdour : 44.000 m³/j en continu soit un volume annuel de 16 Mm³.

—l'irrigation d'un périmètre de 2000 ha, pendant la période sèche (d'avril à septembre avec un volume de 12 Mm³/an).

année	Besoins en eau de Tanger en Mm ³	Surplus d'eau à Bougdour en vue d'injection dans la nappe en Mm ³	Apport naturel à la nappe (infiltration des pluies) en Mm ³	Apport total à la nappe en Mm ³	Volume pompe pour l'alimentation d'Asilah en Mm ³	Cote de la nappe au piézomètre 30/1 en fin d'année
1978	12,36	3,64	2,2	5,84	0,50	-16,3
1979	13,60	2,40	2,2	4,60	0,53	-8,2
1980	14,90	1,06	2,2	3,26	0,57	-2,8
1981	15,46	0,54	2,2	2,74	0,60	+2,5
1982	17,00	déficit 1,00	2,2	1,20	0,63	+3,7
1983	18,70	déficit 2,70	2,2	-0,50	0,68	+1,3
1984	20,60	déficit 4,60	2,2	-2,40	0,71	-4,9

Compte tenu de l'évolution des besoins en eau potable des villes de Tanger et d'Asilah, le barrage à lui seul pourra assurer l'alimentation en eau de ces deux villes jusqu'à fin 1981 date à partir de laquelle il sera fait appel de nouveau à un complément d'eau de la nappe de Charf El Akab en attendant la mise en service d'un autre barrage dont la construction est prévue sur l'oued Hachef, cours d'eau situé plus au Sud.

Partant d'une cote prévisionnelle du niveau de la nappe de -27 m au piézomètre de référence 30/1 en décembre 1977, la remontée du niveau atteindra la cote de +37 m au piézomètre de référence.

5. CONCLUSION

Le niveau de la nappe de Charf El Akab (Figure 3) par suite de la construction du barrage de Tleta et en admettant que la capacité de traitement de la station de Bougdour soit de 44.000 m³/j accusera une remontée importante (de la cote -27 m à 0 environ).

Le barrage de Tleta sera saturé, et il sera nécessaire de mettre en service le barrage de Hachef à moins d'utiliser de nouveau la nappe de Charf El Akab pour assurer la satisfaction des besoins supplémentaires au delà de 1981 avec la mise en service du barrage de Hachef, la nappe de Charf El Akab continuera à remonter et constituera une ressource potentielle pouvant être utilisée en cas de défaillance des ressources superficielles mobilisées par les barrages de Tleta et de Hachef.

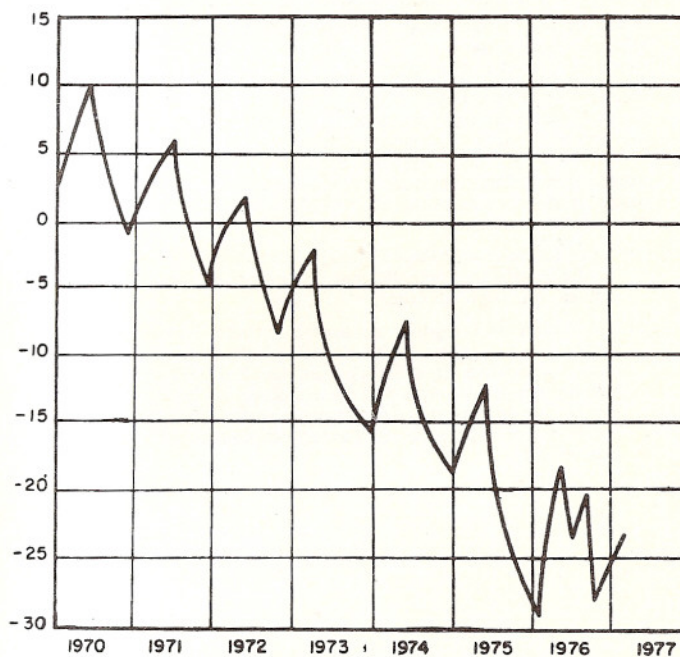


FIGURE 3 : Nappe du Charf El Akab—variations du niveau d'eau au piézomètre No. 30/1

TRANSFERT DES EAUX DU BASSIN DE L'OUUM-ER-RBIA VERS LE BASSIN DU TENSIFT *

M. JELLALI **

M. SBIHI **

J. ZERYOUHI **

T. POINTET **

RESUME

L'oued Oum Er Rbia descend du Haut-Atlas vers l'Atlantique et draine un bassin de 35 000 km². La pluviométrie s'échelonne de 600 à 1200 mm et l'altitude moyenne est de 1060 m.

Les eaux sont actuellement utilisées partiellement pour l'agriculture, dans les périmètres du Tadla, et des Abda Doukkala, pour l'alimentation des villes telles que Casablanca et Safi, et à destination du complexe phosphatier.

Les ressources ont récemment fait l'objet d'une étroite comptabilisation afin de satisfaire les impératifs d'extension ou de création de périmètres irrigués et les futurs besoins en eau des villes et des industries.

La régularisation s'effectuera essentiellement par barrages dans les conditions suivantes.

Le périmètre du Tadla sera modernisé et étendu de 90 000 à 100 000 hectares, au prix de la construction du barrage de Dechra El Oued en plus du barrage existant de Bin El Ouidane, et d'un redimensionnement des ouvrages d'acheminement complété par le captage des eaux souterraines.

Le périmètre des Abda Doukkala sera étendu de 40 000 à 100 000 hectares grâce au barrage en construction d'Al Massira qui garantira en plus jusqu'en l'an 2000 un débit moyen de 8500 l/s pour l'alimentation en eau des grandes villes, et 9200 l/s pour l'ensemble du complexe phosphatier.

La comparaison de ces besoins avec les ressources du bassin a permis de dégager un volume annuel de 300 millions de mètres cubes qui seront transférés du bassin de l'Oum Er Rbia vers le bassin du Tensift afin de créer un périmètre de 35 000 hectares dans la plaine du Haouz.

Cette exploitation nécessitera un ouvrage de retenue à Ait Chouarit situé sur un affluent de l'Oum Er Rbia d'une capacité de 215 millions de mètres cubes et un ouvrage de prise à Sidi Driss de 4 millions de mètres cubes. Les eaux seront acheminées par un canal de 120 kilomètres sur le périmètre du Haouz Central qui sera développé au rythme de 5000 hectares par an.

L'évolution de la nappe phréatique contenue dans des formations pliocènes et quaternaires a été étudiée par modèle analogique et le schéma de mise en valeur a été déterminé en fonction des résultats obtenus qui prévoient en outre l'exécution de forages de stabilisation de la surface libre dont les ressources seront également affectés à l'irrigation.

ABSTRACT

The Oum Rbia River flows from the "Haut Atlas" mountains toward the Atlantic Ocean and drains a basin of 35,000 km². The rainfall ranges from 600 mm to 1,200 mm per year and the mean altitude is 1,060 meters.

The water is partially utilized for irrigating Tadla, and Abda Doukkala perimeters, for supplying the drinking water for the cities of Casablanca and Safi and for supplying the phosphate complex of Safi.

Recently a complete inventory of the water resources was established for the extension or the creation of new irrigated perimeter and to cover the new cities and industries needs.

The regulation will be done by using dams in the following conditions:

In the Tadla perimeter, the construction of Dechra El Oued dam, the redimensioning of the channels and the use of ground water will permit modernizing and extending the perimeters from 90,000 hectares to 100,000 hectares.

The construction of "Al Massira" dam will permit to extend the Abda Doukkala perimeter from 40,000 to 100,000 hectares. Furthermore, this dam will provide the water supply (8,500 liters/sec) to big cities till the year 2000 and a 920 liters/sec for the phosphate complex.

The comparison of the water needs and the resources from the basin shows that annually an amount of 300 million cubic meters could be transferred from the Oum Rbia basin to Tensift basin. This will allow the establishment of 35,000 hectares irrigated perimeter in the Haouz plain.

This operation needs the construction of a dam at Ait Chouarit located on an affluent of the Oum Rbia having the capacity of 215 million cubic meters and a derivation work at Sidi Driss having the capacity of 4 million cubic meters. The water will be brought to the Central Haouz perimeter using a 120-kilometer canal. The perimeter will be developed at a rate of 5,000 hectares per year.

The evolution of the aquifer located in the pliocene and quaternary formations was studied using an analogical model. The management scheme was determined using the model results that foresee the extension of drilling wells that will help stabilize the water table. The wells will be used for irrigation.

1. BASSIN DE L'OUUM ER RBIA

Le bassin versant de l'Oum Er Rbia dont les limites sont définies dans la Figure 1 est située entre les longitudes 8° 20' W et 5° 10' W et les latitudes 33° 20' N et 31° 20' N. L'Oum Er Rbia et ses affluents drainent les eaux du Sud-Ouest du Moyen Atlas et du Nord-Ouest du Haut Atlas vers l'Océan atlantique, en laissant le plateau des phosphates au Nord et le massif des Rehannas à l'Ouest.

La surface totale du bassin est d'environ 35,000 km², l'altitude moyenne est de 1.060 m, l'altitude médiane est de 825 m. Le point culminant du bassin est l'IRHIL MGOUN (4071m) dans la Haut Atlas.

L'Oued Oum Er Rbia reçoit comme principaux affluents situés en rive gauche, l'Oued El Abid et l'Oued Tessaout alimenté lui même par l'Oued Lakhdar.

Comme pour l'ensemble du versant atlantique, le climat du bassin est du type méditerranéen à influence océanique. Il faut ajouter à cela les grandes variations altimétriques qui entraînent des différences considérables dans les facteurs climatiques du bassin.

Les précipitations varient de 1200 mm/an en montagne à 600 mm/an à l'intérieur.

En été la température à l'intérieur du bassin peut dépasser 50 °C. Les régions côtières sont encore moins arrosées mais la mer exerce une influence régulatrice sur la température et l'humidité de l'air.

* Water transfer from the Oum-er-Rbia basin to the Tensift basin
** Direction de l'Hydraulique—Ministère des Travaux Publics et des Communications
—RABAT.

Son régime hydrologique est déterminé par la sécheresse en été, le fort apport pluviométrique en hiver, et la fonte des neiges au printemps. Le module à l'embouchure est de 132 m³/s, le débit d'étiage n'est jamais inférieur à 30 m³/s.

2. BASSIN DU TENSIFT

Le bassin versant du Tensift dont les limites sont définies dans la figure 1 est situé entre les longitudes 9° 25' W et 7° 15' W, et les latitudes 32° 10' N et 30° 50' N. Le Tensift et ses affluents drainent les eaux du Sud-Ouest du Haut-Atlas, encadrés par les Jebilet au Nord et les collines de Mzoudia à l'Ouest.

L'oued Tensift reçoit successivement du côté rive gauche et de l'amont vers l'aval les affluents importants suivants : le Larch, le Rdat, le Zat, l'Ourika, le Reraya, le Nfiss, le Chichaoua. L'ensemble de ces Oueds drainent les eaux du Haut-Atlas et s'écoulent du Sud vers le Nord,

Le climat de la plaine du Haouz qui couvre la partie la plus importante du bassin du Tensift, est caractérisé par :

— Une faible pluviosité : moyenne annuelle d'environ 250 mm à Marrakech (130 à 460 mm).

— Une saison pluvieuse d'Octobre à Mai avec concentration des précipitations en Novembre-Décembre et Mars-Avril, et une sécheresse presque absolue en été avec des fortes chaleurs et des vents desséchants.

Les mois de Juin, Juillet et Août reçoivent moins de 5 pour cent des précipitations moyennes annuelles.

La température moyenne est élevée avec des écarts mensuels et journaliers de grande amplitude. Elle s'élève à 20° et varie de 11° pour le mois de Janvier à 29° pour le mois d'Août.

L'oued Tensift orienté Est-Ouest, joue le rôle de collecteur, semble avoir coulé primitivement au milieu de la vaste dépression qu'est la plaine du Haouz, et avoir été poussé ensuite vers le Nord, à sa position actuelle, par les alluvions provenant de l'Atlas.

Pour mémoire, il est à signaler que l'oued Oum Er Rbia qui coule un peu plus au Nord, semble avoir capté l'oued Tessaout, qui faisait partie autrefois de l'ensemble du Tensift comme le montre la morphologie.

Pendant la surrection de l'Atlas à l'Oligo-Miocène les oueds ont accumulé les produits de demantèlement de la chaîne dans la plaine du Haouz. Le substratum primaire ou triasique étant considéré dans son ensemble comme imperméable, il n'existe pas de nappes profondes sous l'ensemble du Haouz. Seules les formations de l'oligo-Miocène et du Plio-Quaternaire, d'origine continentale, renferment une nappe importante et généralisée : la nappe phréatique, mais ces formations continentales sont très hétérogènes et de perméabilité très variable. (voir Figure n° 2).

L'alimentation de cette nappe phréatique provient de l'infiltration des eaux de pluies tombant sur le Haouz ou ayant ruisselé sur son bassin versant atlasique. Cette alimentation provient essentiellement de l'infiltration des eaux de crues des oueds selon leurs cours, principalement sur les cônes de déjection.

3. AMENAGEMENT HYDRO-AGRICOLE DU HAOUZ

La plaine du Haouz est définie comme étant le territoire de 4.350 km² compris entre le Haut-Atlas et les Jebilet, la bordure du plateau Tekna à l'Ouest et la Tessaout à l'Est.

La partie occidentale et centrale appelée Haouz Central est dominée par l'oued Tensift dont les apports moyens annuels disponibles dans la plaine sont estimés à environ 700 millions de m³.

La partie orientale est constituée par les 2 périmètres de la Tessaout Amont et Aval dominés par l'oued Tessaout et son affluent l'oued Lakhdar qui font partie du bassin versant de l'Oued Oum Er Rbia.

De travaux d'aménagement se terminent dans le périmètre de la Tessaout amont en vue de la modernisation des réseaux d'irrigation traditionnels desservant 30.000 ha et irrigables à partir du barrage existant de Moulay Youssef.

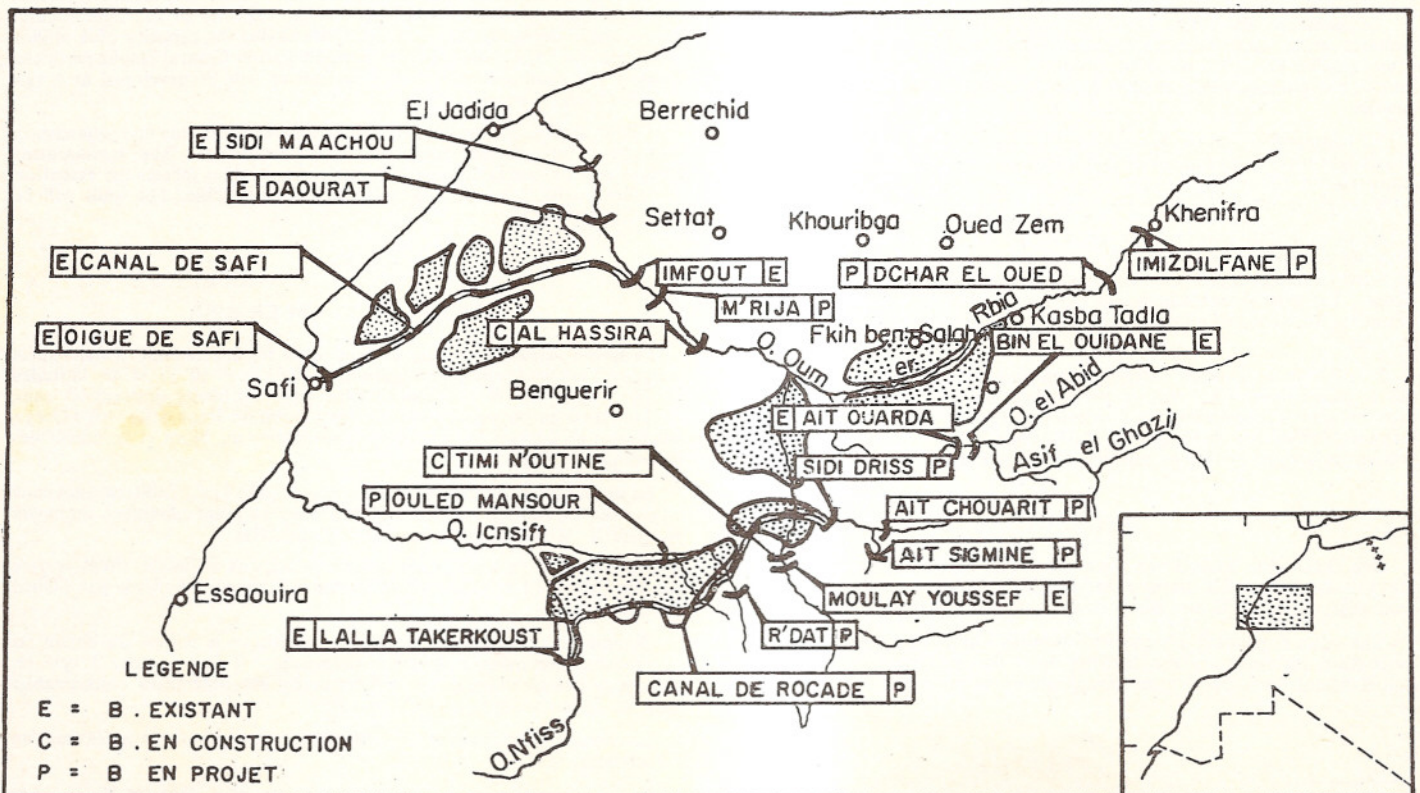


FIGURE 1 : Bassin de l'Oum er Rbia et du Tensift—carte de situation des barrages existants et projetés grands périmètres d'irrigation

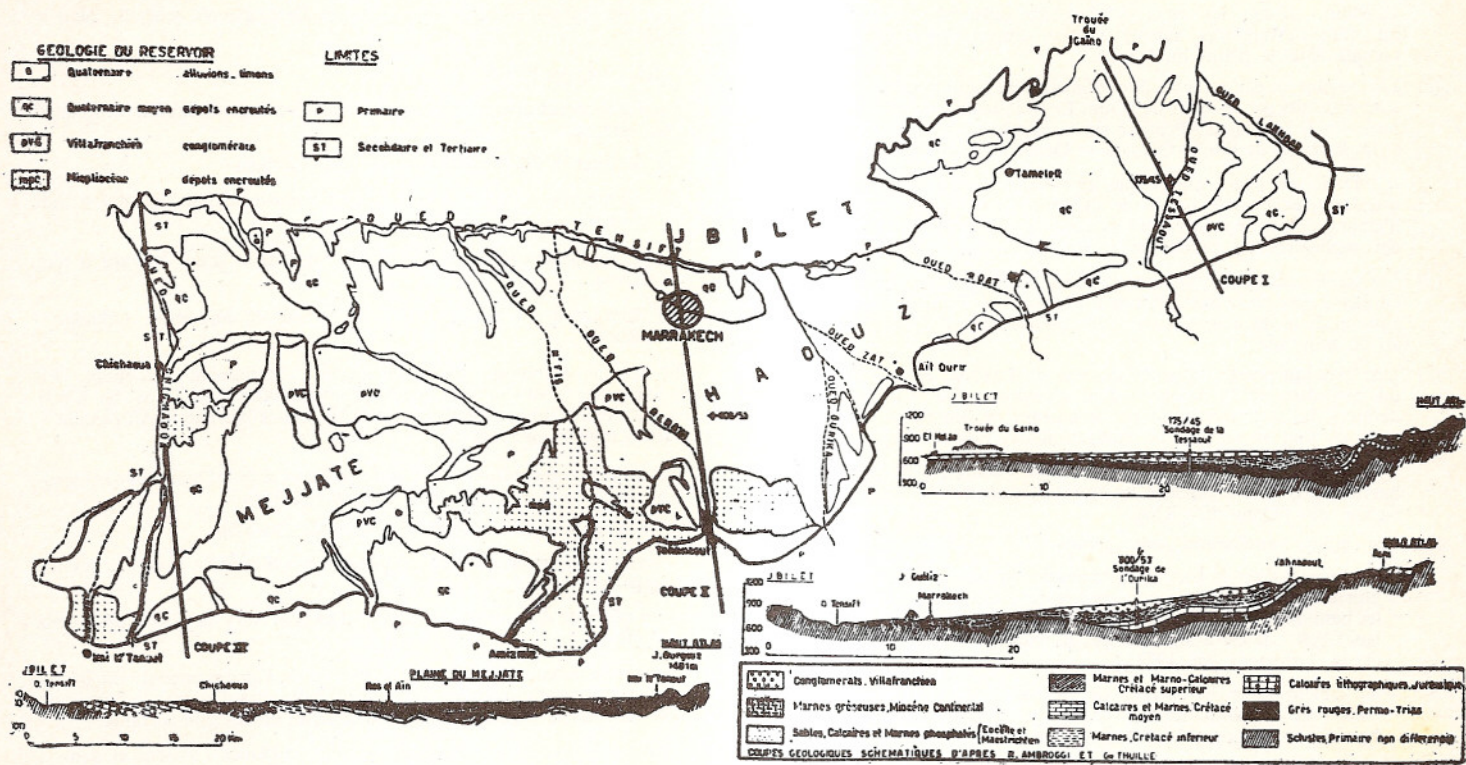


FIGURE 2 : Schéma géologique—D'après la carte géologique—du Maroc

Les aménagements hydro-agricoles prévus dans la plaine du Haouz sont:

- Aménagement du périmètre du Haouz central.
- Modernisation des réseaux de distribution dans le périmètre de la Tessaout aval.

4. AMENAGEMENT HYDRO-AGRICOLE DU TADLA

La plaine du Tadla comprend le périmètre des Béni Amir sur la rive droite de l'Oum Er Bia et le périmètre des Béni Moussa sur sa rive gauche.

La plaine des Béni Amir est irriguée par les eaux de l'Oum Er Rbia dérivées au fil de l'eau par le barrage de Kasba Tadla.

Son périmètre comprend une superficie estimée à 25.000 ha équipés en réseau d'une façon disparate, et non irrigués entièrement. En plus, environ 8.000 ha sont alimentés par pompage dans la nappe. Les premiers travaux réalisés en vue de l'irrigation de cette zone datent de 1929. Ce périmètre est prévu pour être modernisé et étendu à 35000 ha.

Le périmètre des Béni Moussa comprend une superficie de 65.000 ha irrigués par les eaux de restitution du complexe hydro-électrique de Bin El Ouidane sur l'oued El Abid. Un bassin de compensation alimente les canaux principaux D (16 m³/s) et GM (32 m³/s) des Beni Moussa. Ce dernier se divise ensuite en deux branches dont l'une, le canal G, devra être encore prolongé pour apporter environ 200 millions de m³ par an au périmètre de la Tessaout aval.

5. AMENAGEMENT HYDRO-AGRICOLE DES ABDA DOUKKALA

Le périmètre des Abda Doukkala se présente sous la forme d'une vaste plaine d'une altitude de 125 à 200 m s'abaissant progressivement depuis les collines de Rehamna et de Youssoufia.

A l'heure actuelle 40000 ha sont irrigables par les eaux du Bas Oum Er Rbia dérivés par le barrage existant d'Imfout et peuvent s'étendre jusqu'à 100000 ha irrigables par le barrage en construction d'Almassira.

6. BESOINS EN EAU POTABLE ET INDUSTRIELLE

Depuis des années, les grandes villes tel que Casablanca, Safi, s'approvisionnent en eau de l'Oum Er Rbia pour couvrir leurs besoins en eau toujours croissants, tandis que la plupart des villes et centres du bassin de l'Oum Er Rbia puisent leur eau dans la nappe phréatique ou captent des sources.

Cette satisfaction des besoins en eau potable par les eaux de l'Oum Er Rbia doit être maintenue. Ainsi afin de l'assurer jusqu'en l'an 2000 pour les villes intérieures et avoisinantes du bassin, un total de 8500 l/s doit être réservé dans les futurs aménagements hydrauliques, dont 6000 l/s pour Casablanca et 1260 l/s pour Marrakech, le reste étant réparti entre les villes moyennes et les petits centres.

Par la même occasion un total de 9160 l/s devra être réservé à la satisfaction des besoins en eau potable et industrielle des complexes phosphatiers dont 2400 l/s pour la ville de Safi, 5110 l/s pour le complexe de Jorf Lasfar, et 1160 l/s pour la ville de Khoribga, le reste étant réparti entre les unités petites et moyennes.

7. RAISONS DU TRANSFERT DES EAUX DU BASSIN DE L'OUM ER RBIA VERS LE BASSIN DU TENSIFT

Les raisons qui sont à l'origine du transfert des eaux du bassin de l'Oum Er Rbia vers le bassin du Tensift.

Peuvent être énumérées comme suit:

- (a) Comme il a été mentionné dans la description du bassin du Tensift, l'oued Tessaout qui est un affluent de l'oued Oum Er Rbia, était autrefois, d'après l'histoire géologique de la région, un affluent de l'oued Tensift. Donc le transfert des eaux du Lakhdar qui est lui-même un affluent de l'oued Tessaout, vers le bassin Tensift, permet de rendre en quelque sorte, à ce dernier ce qui lui appartenait.
- (b) Rappelons que la plaine du Haouz est constituée à l'Ouest par le périmètre du Haouz central, et à l'Est par les périmètres de la Tessaout amont et la Tessaout aval, qui sont traversés par l'oued

L'équipement comporte une galerie d'aménée de l'eau à l'usine de 7 km de long et une usine de 60 MW environ sous une chute maximale de 200 m environ.

***Barrage de Sidi Driss**

Le site de Sidi Driss est situé au débouché de l'Atlas de Demnate vers plaine de la Tessaout.

La gorge de Sidi Driss est entaillée dans un anticlinal de calcaires jurassiques à coeur de dolérites triasiques avec des couches de passages marnocalcaires avec des lits argileux. Les dolérites que l'on trouve sur la totalité de la rive droite sont altérées et relativement déformables. L'ensemble est compliqué par l'existence d'une importante faille longitudinale séparant les calcaires dolomitiques et dolérites.

L'existence des dolérites altérées sur une profondeur importante et des jointes argileux entre les bancs de calcaires dolomitiques en rive gauche a nécessité le choix d'un ouvrage en béton s'adaptant bien à la qualité de la fondation. Le choix s'est finalement porté sur un barrage poids qui impose à la fondation des sollicitations admissibles.

Par ailleurs, en raison de l'importance des transports solides et pour éviter un envasement rapide de la retenue de Sidi Driss, le barrage sera équipé d'importantes vannes qui en cours de crue, s'effaceront pour permettre l'évacuation des sédiments.

Le projet ainsi établi a les caractéristiques suivantes :

- Volume de la retenue 7 Mm³
- Volume de retenue utile 4 Mm³
- Hauteur du barrage sur lit d'Oued 32 m
- Crue de projet 2400 m³/s
- Volume de terrassement 200.000 m³
- Volume de béton 100.000 m³

*Canal de Rocade : (Figure 2)

Le Canal de Rocade est destiné à transporter les eaux régularisées du Lakhdar vers la plaine de Haouz Central la longueur totale du canal est d'environ 120 km entre le barrage de Sidi Driss et l'Oued Nfis à L'Ouest de la ville de Marrakech. Ce canal est actuellement terrassé sur les 80 km aval. Les études actuelles portent sur la réalisation de la tête morte (46 km et l'équipement définitif de la partie terrassée du canal.

Rappelons que ce canal doit transporter 300 Mm³ d'eau régularisée au profit de la plaine du Haouz central dont 40 Mm³ pour l'alimentation en eau potable de Marrakech.

Le canal proprement dit, sera en partie courante de section trapézoïdale et revêtu sur la totalité de sa longueur. Le revêtement sera réalisé en béton posé éventuellement sur un filtre lorsque la nature du terrain de fondation l'impose. Dans les zones de terrain à forte pente transversale, le canal aura une section rectangulaire auto-résistante en béton.

Divers ouvrages singuliers, à caractère hydraulique, de passages d'eau sauvages, de rétablissement de réseau d'irrigation et de voies de communications.

La régulation du canal est prévue au stade actuel des études, par l'amont sur la tête morte et par l'aval sur le reste du canal.

Les caractéristiques du projet sont les suivantes:

—Débit d'armement du canal	20 m ³ /s
—Déblais	1.370.000 m ³
—Remblais	226.000 m ³
—Béton	70.000 m ³
—Filtre	55.000 m ³
—Tunnel ϕ 3,80 m	870 m
—Bâche	302 m
—Siphon (1)	300 m
—passages d'eau sauvage	36

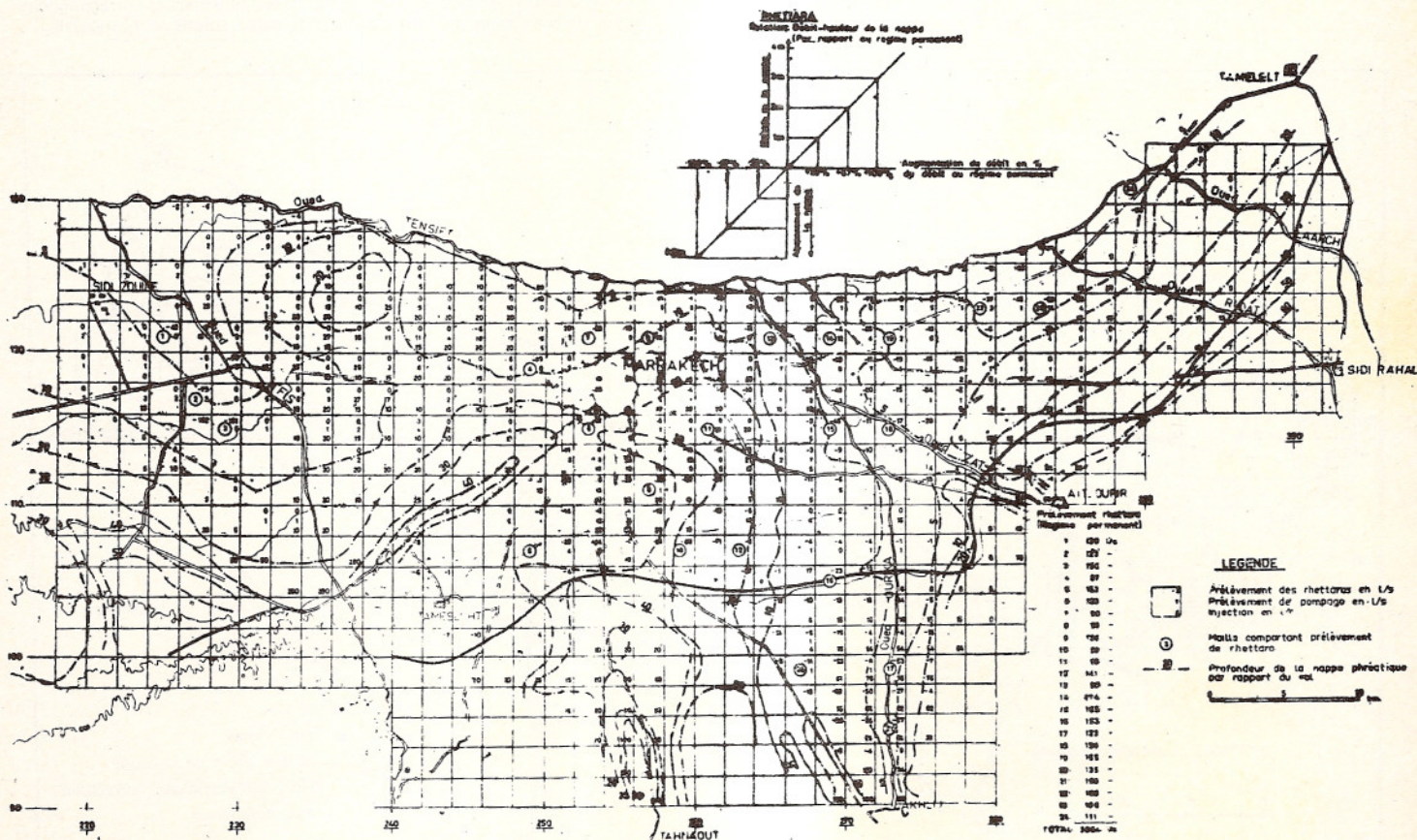


FIGURE 3 : Haouz Central—Modèle de la nappe situation de référence

—Siphon de séguia	75
—Passages de séguias	82
—Passerelles piétons	31
—Ponts (pistes)	29
—Ponts route nationale	6

INCIDENCES A LONG TERME DE L'IRRIGATION DU HAOUZ SUR LA NAPPE PHREATIQUE

La nappe prééatique du Haouz omniprésente dans le sous-sol alluvionnaire de la plaine, intéresse, par son extension et par ses potentialités un vaste domaine d'environ 600000 ha limité au Sud par la bordure du Haut-Atlas, au Nord par l'oued Tensift, coulant au piémont des Jebilet à l'Est par l'oued Tessaout et à l'Ouest par la plaine du Mejjate.

La nappe est contenue dans des formations grossières détritiques qui sont des produits de demantèlement de l'Atlas. La transmissivité de ces formations varie de 2.10^{-3} m²/s (Haouz Central) à 2.10^{-2} m²/s (Haouz Oriental) et le coefficient d'emmagasinement de 1 à 8 pour cent.

Le bilan de la nappe établi par simulation (modèle analogique) pour l'année moyenne 1971 est le suivant :

—Entrées :	
—Entrées aux limites (Demnate, Jebilet, Ait Ourir Tameslouht; N'fis, cônes d'eboulis du Haut-Atlas):	3000 l/s
—Percolation des eaux superficielles des oueds Tassaout, Larh, Rdat, Zat, Ourika, Reraya et N'fis:	6000 l/s
Total entrées :	9000 l/s
—Sorties :	
—Drainage de la nappe par les oueds Gaino, Tessaout, Rdat, El Hajar, N'fis et Tensift:	4,000 l/s
—Prélèvements par rhattaras, pompages et sources :	5,000 l/s
Total sorties :	9,000 l/s

Dans le cadre de l'aménagement hydroagricole du Haouz, il est prévu le transfert de 300 Mm³/an vers le Haouz central des eaux de l'oued Lakhdar (affluent de la Tessaout dans l'Oum-er-Rbia) 260 Mm³ sont destinés à l'irrigation et 40 Mm³ à l'alimentation en eau de la ville de Marrakech. D'autre part à l'aval de la zone irriguée, il est envisagé la réalisation de pompage destinés à récupérer les eaux infiltrées et à les réutiliser pour la mise en valeur des périmètres compris entre les zones irriguées par gravité et l'oued Tensift, ainsi que la suppression par colmatage des rhattaras existants dans la région, afin de limiter les pertes qu'elles occasionnent par leur drainage.

Enfin il est tenu compte de l'exploitation par pompage de la nappe du Haouz dans la zone de l'oued N'fis au débit de 570 l/s pour l'alimentation en eau potable de la ville de Marrakech.

L'effet combiné de ces pompages avec les infiltrations et la mise hors fonction des rhattaras a été étudié par simulation électrique qui a permis de montrer l'évolution du niveau piézométrique de la nappe au cours de 22 années.

La carte 3 Figure un état piézométrique mesuré de 1975 correspondant au stade initial dequel part le projet d'aménagement. On y observe la direction générale d'écoulement de la nappe dont le gradient suit la pente topographique entre l'Atlas et l'oued Tensift.

La carte 4 Figure est issue de simulation et exprime par mode différentiel l'évolution de la nappe.

Les cotes sont relatives à l'état piézométrique de référence et expriment rabattement et montée de la nappe depuis 1975.

Le mode d'irrigation par aspersion provoque des remontées modérés, que des pompages localisés permettent de contrôler.

Les principales zones rabattues sont au voisinage du captage du N'fis et des pompages entre oued Zat et oued Ourika. Les zones de remontées apparaissent dans la partie orientale (voisinage de l'Oued de R'dat) et sous le secteur H2 au Sud-Est de Marrakech.

Ces variations respectent les contraintes fixées au départ et correspondent au choix d'un schéma définitif parmi différentes solutions proposées.

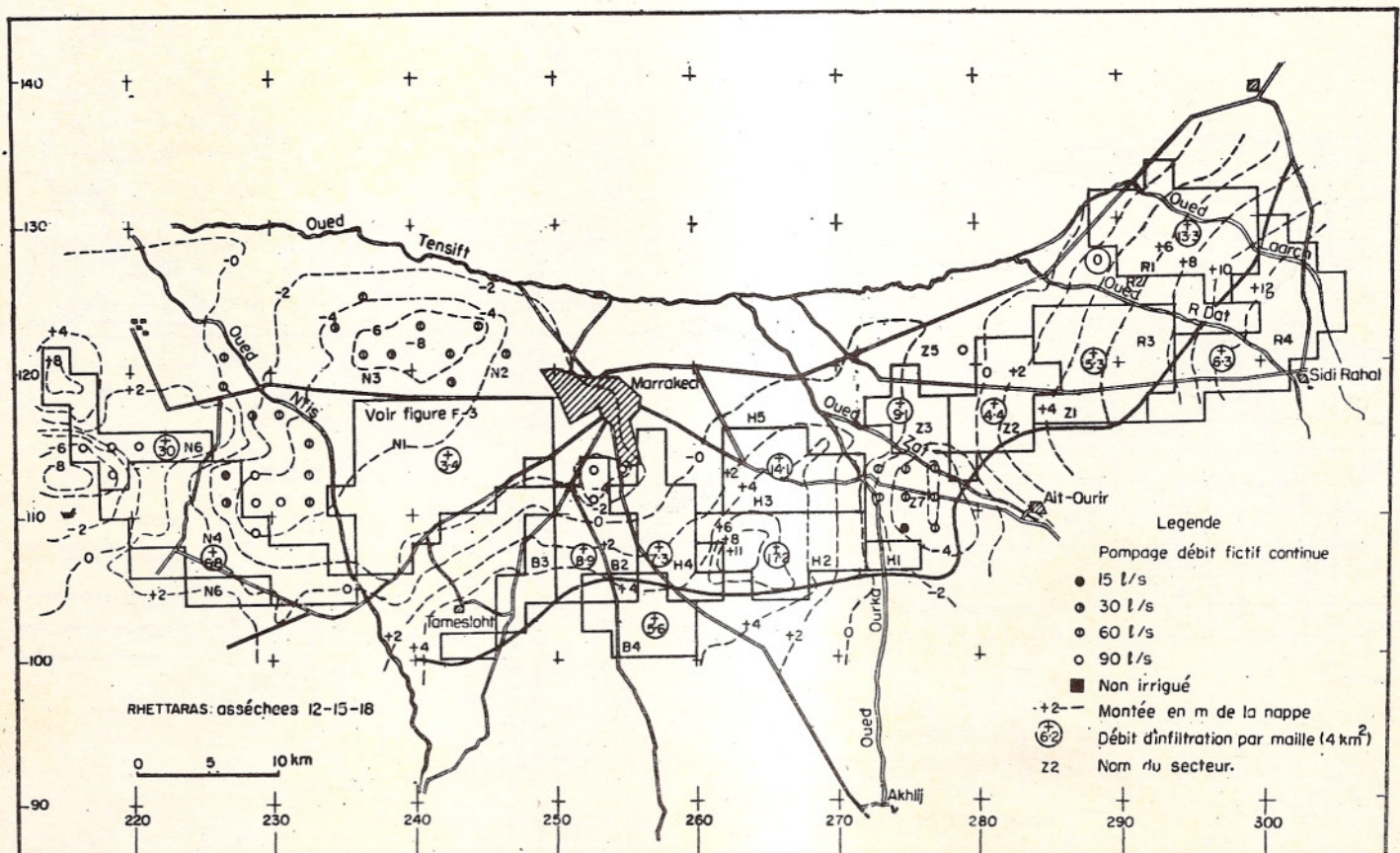


FIGURE 4 : Plan Directeur (aspersion) Premier tranche d'irrigation simulation

EVALUATION ECONOMIQUE DES PROJETS D'IRRIGATION METHODE DE CHOIX DES CULTURES IRRIGUEES SOUMISES A UN ACCIDENT ALEATOIRE *

FRANCOIS ETTORI **

RESUME

Ce rapport présente une méthode d'analyse micro-économique permettant de choisir, pour l'aménagement à terme d'un périmètre irrigué au Maroc, entre plusieurs cultures concurrentes dont l'une (la canne à sucre) est soumise à un gel aléatoire affectant les avantages et les coûts de la production agricole. Un modèle permet de calculer les fréquences maximum de gel au-dessus desquelles le bénéfice annuel moyen de la canne à sucre est inférieur à celui de chaque autre culture pouvant lui être substituée, ces dernières cultures étant déterminées par les contraintes pédologiques et les besoins agricoles du pays.

La sensibilité des résultats et des choix à la valeur attribuée au sucre produit est analysée et montre l'influence primordiale de ce paramètre.

La connaissance des lignes iso-fréquentielles de gel permet alors de délimiter les zones du périmètre à affecter à chacune des cultures.

SUMMARY

The micro-economic analysis method presented herein was devised, through the feasibility study of the long-term development of an irrigated perimeter in Morocco, to select between competing crops, with one of them (sugar cane) subject to random freeze lowering the benefits and increasing the production costs. From a sugar cane model, are derived the computation of the expected annual benefit of that crop and the maximum frequencies above which sugar cane yields greater benefit than each of the other possible crops.

A sensitivity analysis shows the primary importance of the price value attributed to sugar on the result and the choices.

The perimeter's areas to be planted with the various possible crops are delimited on the basis of the lines of equiprobable freeze.

INTRODUCTION

La méthode d'analyse micro-économique objet de cette note a été élaborée dans le cadre de l'étude de factibilité* du futur Périmètre Sucrier du Maroc, situé dans la plaine du Gharb (et dénommé troisième tranche d'irrigation par l'étude FAO "Projet Sebou").

Le Gouvernement du Maroc, confronté à de fortes importations croissantes de produits alimentaires, s'est fixé des objectifs d'auto-suffisance à terme pour les denrées constituant l'essentiel de ces importations, à savoir céréales, le sucre, les oléagineux et les produits laitiers. Un Plan Sucrier, élaboré en 1976 et 1977, et des études préliminaires ont reconnu la vocation de la plaine du Gharb à constituer un périmètre sucrier intensif, grâce en particulier à ses fortes disponibilités en eau permettant de consacrer d'importantes superficies à la canne à sucre.

L'un des objets de l'étude de factibilité était, compte tenu des particularités climatiques des diverses zones du périmètre, d'affecter à la canne les zones permettant les meilleurs rendements en sucre, et de réserver les autres objectifs (céréales, oléagineux, élevage laitier). La méthode d'analyse pré-

sentée ci-après, ayant pour objet d'évaluer comparativement plusieurs cultures concurrentes soumises à un phénomène climatique aléatoire affectant les rendements culturaux et les coûts de production, a permis d'éclairer le Maître d'Ouvrage** dans le choix d'un schéma d'aménagement à terme du périmètre.

1. PRESENTATION DU CAS CONCRET ET DE LA METHODE

La méthode fut établie et mise au point pour répondre aux problèmes spécifiques posés par l'étude de factibilité d'un vaste périmètre de 160.000 ha (géographiques) auquel est assignée comme objectif une production maximale de Sucre, à partir de la canne pour autant que la culture de cette dernière est permise par les conditions édaphiques et reste économiquement plus rentable que d'autres cultures pouvant lui être substituées.

1.1 LE PERIMETRE ET SES CONDITIONS NATURELLES

Le périmètre sera dominé par un barrage important à buts multiples* dont la capacité totale est dictée essentiellement par les fonctions non agricoles (hydro-électricité, protection contre les crues) et dont une tranche largement suffisante (1.500 Mm³) est affectée à l'irrigation; la rareté de l'eau ne pose donc pas de contrainte (et ne constitue pas l'objet de l'analyse).

1.1.1 Les sols du périmètre, généralement aptes à porter la canne, comprennent:

- des sols légers (sableux et faiblement argileux);
- des sols lourds (limons, argiles, bas-fonds marécageux). Ces derniers occupent environ les deux-tiers du périmètre.

Les variétés de canne préconisées sont différentes pour les sols légers et lourds respectivement, avec des rendements légèrement supérieurs sur sols lourds.

Les sols légers ne nécessitent généralement pas de drainage artificiel et sont aisément accessibles en période pluvieuse (Novembre à Avril), contrairement aux sols lourds qui nécessitent, pour être plantés en canne, des coûts de drainage importants (par aspirateurs, d'écartement variant de 20 à 150 m) et des matériels spécialisés pour l'accès en période humide.

1.1.2 Le climat, de type méditerranéen, est caractérisé par l'alternance d'une saison chaude avec une saison fraîche propice à la maturation de la canne et à l'obtention d'une richesse en sucre élevée.

Cependant, et ceci constitue le phénomène aléatoire analysé, la saison fraîche peut, certaines années, inclure des heures de gel suffisamment intense pour créer des dommages irréversibles sur la canne à récolter. Les dommages se traduisent par une baisse significative des rendements en tonnages de canne, ainsi que des teneurs en sucre extractible.

Le périmètre est bordé par endroits de contreforts montagneux de telle sorte que le gel "dommageable" (c'est-à-dire entraînant des dommages irréversibles sur la canne) ne frappe pas l'ensemble du périmètre avec la même fréquence annuelle. Une analyse des températures minimales extrêmes journalières sur 30 années a permis d'établir que le gel a lieu le plus

* Note: L'Auteur tient à la disposition des lecteurs intéressés le détail chiffré de l'Annexe présentant les modèles utilisés pour évaluer les rendements des cycles de canne soumis aléatoirement au gel.

* La C.E.R.U. était sous-traitant de la Compagnie Nationale d'Aménagement de la Région du Bas-Rhône et du Languedoc qui était chargée de cette étude de factibilité.

** nommément le Secrétaire d'Etat au Plan et au Développement Régional, du Maroc, à qui l'auteur exprime tous ses remerciements pour son autorisation de préparer et publier cet article.

* Barrage de M'Jara, d'une capacité d'environ 3.000 Mmi.

* Economic assessment of irrigation projects. Method of selection of irrigated crops subjected to a random accident.

** Directeur d'Etudes à la Société Civile d'Etudes pour l'Equipement Rural et Urbain—C.E.R.U.—26, boulevard Raspail—75007 PARIS—Tél. 548.34.00.
N.B. Présenté au titre du Maroc.

souvent en Janvier. Si certaines parties du périmètre ne sont affectées qu'une année sur dix ou vingt, d'autres le sont deux années sur trois. Les lignes isofréquentielles de gel dommageable montrent que les zones les plus "gélives" concernent principalement des zones de sols lourds.

1.2 LES CULTURES ENVISAGÉES

1.2.1 Quatre cycles de canne à sucre, tous d'une durée de 6 années dont 4 productives, sont envisageables compte tenu des contraintes posées par les sols et le gel; les caractéristiques principales sont indiquées au Tableau I.

es cycles dits "courts" (C.S. et C.A.) pour zones de gélivité marquée correspondent à une récolte de la canne vierge et des repousses successives programmée sur les premiers mois suivant la période probable de gel. De la

TABLEAU I

Zone		Cycle	Période de récolte	Rendem. annuels moy.*		Besoins en eau annuels moyens (m ³ /ha/an)
Gélivité	Sols			Cannes usinables TC/ha/an	Sucre extrait TS/ha/an	
Marquée	Légers	C.S.	Fév. à Juin	51,6	5,84	7.700
	Lourds	C.A.	Mars à Juin	53,3	6,03	7.180
Faible	Légers	M.S.	Fév. à Sept.	53,3	6,01	8.270
	Lourds	M.A.	Mars à Sept.	55,0	6,18	7.550

* en année normale sans gel, et en moyenne sur la durée des cycles.

sorte, la période de maturité et de croissance de la canne supprimée par un éventuel gel est réduite au minimum.

Par ailleurs, il est impératif en année de gel dommageable d'effectuer la récolte en deux mois au plus après le gel, afin de limiter les pertes de rendement en sucre extrait, ainsi que les surcoûts de récolte et transport.* Ces pertes et surcoûts s'établissent comme suit pour chacun des cycles (Tableau II).

TABLEAU II

Pertes de rendement et surcoûts dus au gel**

Cycle	Pertes de rendement (%)		Accroissement des coûts (%)	
	sur cannes usinables	sur sucre extrait	de récolte par ha	de transport par TC
C.S.	-10	-23,5	+ 2,5	+16,0
C.A.	-10	-23,5	+36,0	+38,0
M.S.	-13	-33,0	+23,0	+16,0
M.A.	-13	-33,0	+46,0	+41,0

* Dus à la concentration des moyens nécessaires à une récolte accélérée effectuée en période pluvieuse.

** Pour une campagne accélérée de 2 mois après le gel.

L'ampleur des surcoûts et des baisses de rendement a des effets cumulatifs réduisant notablement le bénéfice net généré par la canne. Cette perte remet en question l'intérêt économique de la culture de la canne lorsque le gel est trop fréquent, et conduit à étudier l'opportunité de substituer à la canne d'autres cultures non (ou très peu) sensibles au gel.

1.2.2 Des assolements de substitution à la canne à sucre ont été conçus pour répondre aux conditions pédologiques comme aux objectifs de production du périmètre et aux besoins du pays.

Pour les sols lourds et certains sols sablo-argileux, un assolement de substitution composé de betteraves, céréales et fourrages permettrait de concourir aux objectifs de production sucrière et de satisfaire les besoins régionaux d'auto-consommation et d'élevage. Sur les sols sableux, un assolement à base d'oléagineux (arachide ou soja, avec blé et fourrages) permettrait de couvrir une partie des besoins correspondants du pays. Enfin, pour les bas-fonds marécageux, un assolement rizicole permettrait aussi de répondre en partie aux besoins nationaux, et nécessiterait des coûts d'aménagement à la parcelle largement inférieurs à ceux requis pour la canne (irrigation gravitaire au lieu d'un réseau d'aspersion, suppression des coûts de drainage très élevés en bas fonds).

Les coûts annuels de production agricole de ces assolements de substitution sont présentés en Annexe I, ainsi que les coûts annuels de production des quatre cycles de canne à sucre.

1.3 METHODE D'ANALYSE COMPARATIVE DES BÉNÉFICES AGRICOLES

Le principal problème posé par l'étude de factibilité du périmètre est de déterminer dans quelles conditions et dans quelles zones il serait "rentable" de planter la canne à sucre.

La méthode exposée ci-après a pour objectif final de trouver la fréquence de gel, dite fréquence critique, au-dessous de laquelle la canne demeure "rentable" par rapport aux assolements de substitution possibles et eu égard aux conditions de sols et de prix. La comparaison est effectuée sur la base d'un indicateur de rentabilité rapporté à l'hectare et en moyenne annuelle (sur le cycle ou l'assolement).

Mais l'élaboration de cet indicateur de rentabilité annuelle demande au préalable que soient résolues les questions suivantes:

- définition et mode d'évaluation du bénéfice net des cultures;
- coût annuel d'opportunité des investissements initiaux (présentant des durées de vie inégales);
- valeur moyenne en probabilité des avantages et des coûts des cycles de canne, exprimée en fonction de la fréquence de gel (notée *p* dans la suite).

1.3.1 La définition du bénéfice net et la méthode d'évaluation des avantages et des coûts.

Certaines méthodes présentent plusieurs inconvénients ou lacunes, et leur utilisation dans ce cas particulier serait dangereuse en ce qui concerne la validité des résultats.

L'emploi par ces méthodes de prix intérieurs incorpore toutes les éventuelles distorsions de la structure des prix introduites par les pouvoirs publics (taxes, subventions, aides à la production, ...), et peut même poser des problèmes de définition (exemple: prix subventionnés à la consommation, ou prix à la production). Cette ambiguïté conduit à écarter l'utilisation de prix intérieurs. D'autre part, on sait que la valeur ajoutée (après amortissements) ne peut être utilisée comme indicateur de la richesse additionnelle créée par une activité que dans le cas où le prix de marché de toute la main-d'oeuvre employée par cette activité est nul, ou encore lorsque le salaire de référence (coût d'opportunité) est négligeable. Ceci peut être encore acceptable pour la main-d'oeuvre familiale de petites exploitations agricoles (encore que le produit dégagé par une agriculture de subsistance constitue un plancher pour le coût d'opportunité de cette main-d'oeuvre). Mais une telle hypothèse est inacceptable pour la main-d'oeuvre qualifiée, employée par les unités de transformation et de services mécanisés (sucreries, équipements pour la récolte et le transport), qui est généralement rare en pays moins développés.

Pour ces raisons, l'avantage net ou bénéfice économique est retenu comme critère de choix dans la comparaison canne à sucre-assolements de substitution. Ce bénéfice économique se calcule en évaluant:

- les productions aux prix extérieurs lorsque le produit est exporté ou se substitue à des importations antérieures*, et aux prix intérieurs (supposés représenter l'utilité marginale des consommateurs) lorsque le produit ne fait pas l'objet d'échanges extérieurs, ou satisfait une consommation supérieure à celle qui serait couverte par des importations en l'absence du projet;
- les coûts des inputs au coût réel des facteurs (hors taxes et subventions) ou à leur coût d'opportunité;

* Pour autant que la production intérieure n'excède pas la consommation qui aurait lieu en l'absence du projet.

—la main-d'oeuvre agricole non qualifiée des exploitations de type familial à un coût nul (à l'exception des pointes saisonnières d'emploi dues à la moisson, durant lesquelles le coût marginal des récolteuses est estimé représenter le coût d'opportunité de cette main-d'oeuvre);

—le coût de la main-d'oeuvre spécialisée ou qualifiée aux salaires en vigueur, lesquels sont supposés refléter les coûts d'opportunité correspondants.

De plus, il importe que les divers composants en devises (gagnés, dépensés ou économisés) compris dans les avantages et les coûts soient évalués et comptabilisés séparément pour pouvoir éventuellement utiliser un taux de change de référence.

Enfin, pour éviter de fausser par des éléments annexes la comparaison canne à sucre—autres assolements, le bénéfice économique pris en compte est *direct*. Il ne comprend donc pas les activités et effets indirects induits en amont ou en aval de la canne à sucre. Cette exclusion est encore justifiée par la rareté au Maroc de données statistiques récentes et fiables concernant les comptes d'activité des secteurs amont et aval*.

1.3.2 *L'évaluation du produit de la canne* sur la base d'une canne "sur pied" est difficile car la notion de "valeur" ou "prix extérieur" pour un tel produit primaire est incertaine à définir et évaluer. D'autre part, la canne à sucre est souvent payée aux agriculteurs à des prix ne reflétant ni les prix de revient, ni le prix du sucre, ni une gestion efficace des circuits de transformation.

Pour ces raisons, et pour suivre une approche globale du problème, le produit et l'avantage de la canne à sucre doit être évalué sur la base du sucre effectivement extrait en usine, après déduction des coûts d'usinage, de récolte et de transport, et des coûts de production de la canne.

1.3.3 *Coût annuel d'opportunité des investissements initiaux*: La mise en valeur du périmètre ou de certaines de ses zones par la canne à sucre requiert des investissements plus importants qu'une mise en valeur par les assolements de substitution: sucreries plus grandes**, réseau de drainage artificiel plus serré en sols lourds, irrigation par aspersion plutôt qu'en gravitaire, ossatures hydrauliques calibrées pour des débits plus élevés.

Le choix entre canne à sucre et assolements de substitution est fait par comparaison entre les bénéfices nets annuels respectifs de ces cultures. Parmi les coûts pris en compte dans les bénéfices nets figurent les coûts des investissements initiaux, qui peuvent être exprimés sous forme d'amortissements (neutralité vis-à-vis du temps) ou sous forme de coûts annuels d'opportunité intégrant la "masse" et le poids financier des investissements à consentir au départ.

Le coût social d'opportunité des investissements peut être exprimé à l'aide d'un taux d'actualisation (généralement fixé par le planificateur) reflétant la préférence du décideur pour le présent et (ou) le taux de rendement interne des investissements marginaux.***

Le coût annuel d'opportunité de l'investissement initial, composé en fait d'infrastructures, d'équipements électromécaniques et de matériels d'irrigation de durées de vie respectives 45, 15 et 10 ans, est calculé à partir d'un bilan actualisé sur la durée de vie la plus longue avec renouvellement des investissements de plus courte durée de vie.

TABLEAU III

Taux d'actualisation	0 pour cent	5 pour cent	8 pour cent	10 pour cent	
Durée de vie corrigée pour	n = 45	45	17,75	12,16	9,89
	15	15	10,38	8,56	7,61
	10	10	7,75	6,75	6,18

* De plus, les bénéfices induits en amont par la demande d'inputs du projet ainsi que les bénéfices induits en aval par la valorisation des sous-produits nécessitent dans certaines branches des investissements supplémentaires; toutes ces circonstances excluent donc l'emploi des méthodes fondées sur les TEI souvent utilisées en France (type méthode des "effets") dont la validité est restreinte par des hypothèses recouvrant rarement la réalité des situations.

** Puisque le rendement de sucre par hectare est plus élevé pour la canne à sucre.

*** En effet, à coût annuel total (amortissements+coûts de fonctionnement) identique, une option fondée sur des investissements initiaux, donc des amortissements, importants a un coût social plus élevé qu'une option fondée sur des investissements initiaux faibles et des coûts de fonctionnement importants.

Dans l'expression du coût annuel d'opportunité ainsi calculé, investissement de durée de vie n est divisé par une durée de vie "corrigée" décroissant à partir de n avec le taux d'actualisation de la façon suivante (Tableau III).

L'effet du taux d'actualisation sur le coût d'opportunité de l'investissement est important, comme l'illustre l'exemple suivant constitué sur la base de données effectives du projet (Tableau IV).

TABLEAU IV

Taux d'actualisation	0 pour cent	5 pour cent	8 pour cent	10 pour cent
Coût d'opportunité annuel de la différence d'investissement initial entre canne et betterave (DH/ha)	880	1.265	1.520	1.705

1.3.4 *La prise en compte du phénomène aléatoire* de gel est faite sur la base d'un modèle probabiliste (chaîne de Markov simple) permettant d'exprimer analytiquement l'espérance, ou la valeur moyenne, du rendement annuel en canne et en sucre des cycles sur la durée totale des cycles.

Les modèles probabilistes sont décrits en Annexe II. Les principaux résultats en sont les suivants:

—Les espérances mathématiques des rendements en canne (TC/ha) et en sucre extrait (TS/ha) des cycles sont généralement de la forme:

$$(1-a)p \cdot [P-A.p]$$

où: a est la perte (pour cent) de rendement due au gel (Tableau II)

A un terme correcteur propre à chaque cycle

P le rendement du cycle en l'absence de gel

p la fréquence annuelle de gel dommageable

—Les espérances de coût total de récolte par hectare sur la durée du cycle sont de la forme:*

$$C \cdot [4(1+pc)+p(1+c)]$$

où C est le coût de récolte par hectare en année sans gel

c est l'accroissement (pour cent) de coût en année de gel (Tableau II)

—Les espérances de coût total de transport par hectare sont de la forme:

$$D \cdot [1+p(d-a-ad)] \times [P-Ap]$$

où D est le coût de transport par tonne de canne en année sans gel

d est l'accroissement (pour cent) de coût en année de gel (Tableau II)

1.3.5 *Comparaison des bénéfices nets en (moyenne annuelle par hectare)*: La rentabilité et le bénéfice net de la canne à sucre baissent de façon directe avec deux facteurs essentiels:

—la fréquence de gel, et bien évidemment

—la valeur attribuée au sucre (brut).

Deux valeurs du sucre sont à retenir pour l'analyse (comparative, sur la base des projections de l'offre et de la demande mondiales et des cours sur les marchés internationaux:

—un prix plancher de 1.050 DH/tonne de sucre équivalent devises, correspondant aux cours minimum prévisibles sur le marché mondial;

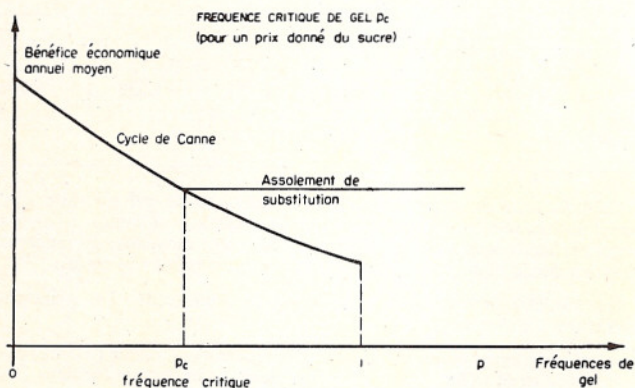
—un prix de 1.550 DH/tonne de sucre, reflétant la moyenne probable du cours mondial dans les années 1980-1990.**

La méthode de comparaison entre la canne à sucre et les assolements de substitution possible est fondée sur le fait que:

* Les cycles de canne subissent normalement 4 coupes, en l'absence de gel. Lorsque le gel affecte la canne vierge d'un an, cette dernière nécessite une coupe supplémentaire, ce qu'indique bien la formule.

—pour un prix donné du sucre, le bénéfice économique net des cycles de canne reste supérieur à celui des assolements de substitution tant que la fréquence de gel reste inférieure à une fréquence critique p_c caractéristique du "couple": cycle de canne/assolement de substitution objet de la comparaison (Figure 1). La fréquence critique est d'autant plus élevée que l'avantage de la canne est marqué, selon que le prix du sucre est élevé, que le coût de production de la canne est bas ou que le bénéfice dégagé par l'assolement de substitution est réduit.

La fréquence critique p_c est ainsi la valeur de p qui égalise le bénéfice économique net (par année moyenne et par hectare) du cycle de canne à celui de l'assolement de comparaison.



2 VALEUR CRITIQUE DU SUCRE P_{sc}

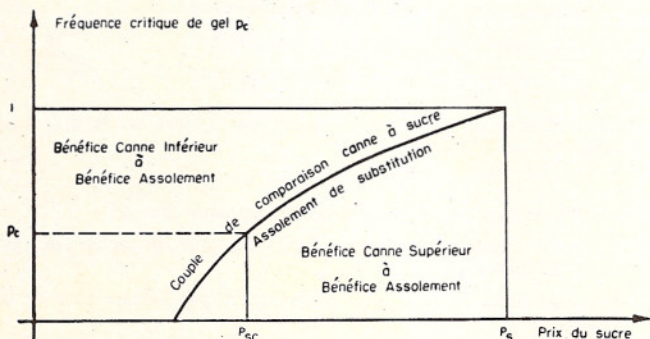


FIGURE 1

Compte tenu des développements précédents, p_c est solution de l'équation en p exprimant que:

Quantité moyenne de sucre produite par hectare $X P_s$ (prix du sucre, en paramètre)

MOINS

- (1) Coût moyen de récolte par hectare;
- (2) Coût de transport/TC X Rendement moyen en TC par hectare;
- (3) Coût variable de transformation en sucrerie/TC X Rendement moyen en TC/ha;
- (4) Coût fixe de transformation en sucrerie rapporté à l'hectare;
- (5) Coût d'opportunité annuel de l'investissement en sucrerie à l'ha;
- (6) Coût d'opportunité des investissements d'irrigation et d'aménagement;
- (7) Coût d'opération annuel du réseau d'irrigation, par ha;
- (8) Coût de production moyen de la canne à l'hectare.

Bénéfice économique net annuel moyen à l'hectare de l'assolement de substitution.

** A remarquer que le prix payé aux sucreries du pays pour leur production est très proche de ce cours de 1.550 DH/T.

Le bénéfice économique de l'assolement de substitution est exprimé aussi comme différence entre le produit brut d'assolement (évalué sur la base de prix internationaux pour les productions se substituant à des importations) et les divers coûts de production et d'aménagement (composants 6, 7, 8) propres à l'assolement; dans le cas de l'assolement betteravier, les coûts associés à la transformation (composants de type 1, 2, 3, 4 et 5) de la betterave sont pris en compte, l'avantage de la betterave étant évalué sur la base du sucre produit (comme pour la canne).

L'équation est généralement du second degré en p , les coefficients de l'équation étant des formes linéaires du paramètre P_s prix du sucre.*

La résolution de l'équation fournit deux éléments:

—pour un prix du sucre P_s donné, la fréquence critique p_c au-dessus de laquelle le cycle de canne donne une espérance de bénéfice économique net inférieure à celui de l'assolement de substitution;

—pour une fréquence p donnée, la valeur critique P_{sc} du sucre au-dessus de laquelle la canne à sucre est plus rentable que l'assolement de substitution.

La Figure 1 illustre ces deux concepts.

2. LES RESULTATS OBTENUS

2.1 LES COMPARAISONS EFFECTUEES

Chacun des cycles de canne est comparé aux assolements pouvant lui être substitués, compte tenu des conditions de sols propres à chaque cycle et assolement. Etant donné que le cycle M.S. est affecté à une zone de sols sableux non soumise au gel, les comparaisons suivantes sont faites (Tableau V).

Par ailleurs, le cycle M.A. ayant un rendement supérieur à celui des cycles C.A. et C.S. mais étant plus sensible au gel, il convient de rechercher aussi la fréquence de gel au-dessus de laquelle le cycle M.A. garde un bénéfice économique net supérieur à celui des autres cycles.

TABLEAU V

Zone		Cycle de canne	Assolements		
Géivité	Sols		Rizicole (sols lourds)	Betteravier (sols lourds et sablo-argileux)	Arachide (sols sableux)
Faible	Lourds	M.A.	X	X	Incompatible
Marquée	Lourds	C.A.	X	X	
Marquée	Légers	C.S.	Incompatible	X	X

2.2 LES FREQUENCES CRITIQUES DE GEL

Les résultats des comparaisons effectuées peuvent être résumés comme suit:

2.2.1 *Cycle Mixte vis-à-vis du Cycle Court*: La comparaison des bénéfices économiques moyens dégagés par les deux cycles M.A. et C.A. établit que la fréquence critique au-dessous de laquelle M.A. l'emporte sur C.A. varie entre 0,25 et 0,30, selon le prix du sucre et le mode de culture (manuel ou mécanisé)*. Le cycle mixte M.A. est plus performant que le cycle court, mais plus vulnérable au gel.

* L'équation est du second degré en p , en raison des expressions de l'espérance des rendements en canne et en sucre rentrant dans les composants 2 et 3 et dans le terme positif (rendements sucre $X P_s$) du 1er membre de l'équation.

* Il s'agit ici des façons culturales seulement, à l'exclusion de la récolte et du transport pris en compte séparément. La principale différence entre cultures manuelle et mécanisée porte sur les traitements de la canne (herbicides, ...) l'épandage d'engrais et le mode de plantation.

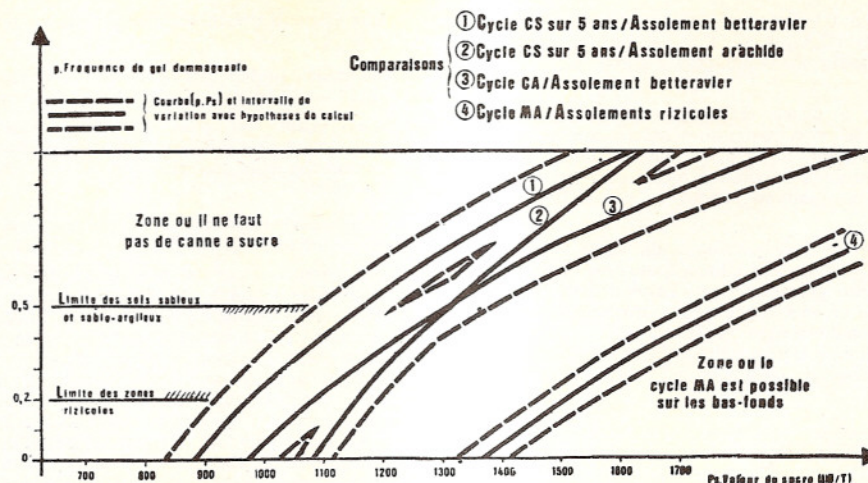


FIGURE 2 : Graphique de synthèse—Valeurs critiques du sucre pour comparaisons canne à Sucre-Autres assolements

Par ailleurs, la comparaison des rendements en sucre des deux cycles indique que le cycle M.A. l'emporte sur le cycle C.A. pour toute fréquence de gel inférieure à 0,20. Compte tenu des incertitudes pesant sur l'évaluation de certains éléments entrant dans la comparaison, on recommande en dernière analyse de planter le cycle M.A. dans les zones de sols lourds sujettes à un gel de fréquence inférieure à une année sur cinq.

2.2.2 Comparaisons canne à sucre/assolements de substitution: Le Tableau VI de synthèse résume les résultats obtenus concernant les fréquences critiques de gel (pour un taux de référence de la devise égal au taux de change officiel).

Par ailleurs, la Figure 2 présente de façon synthétique la variation des valeurs critiques du sucre avec la fréquence de gel, pour chaque couple ayant fait l'objet de comparaison économique.

Les éléments essentiels qui ressortent de l'ensemble de ces résultats sont résumés au Tableau VI.

—Le contraste est marqué entre les résultats correspondant à $P_s = 1.050$ et 1.550 DH/TS respectivement, ce qui confirme le rôle fondamental joué par le paramètre P_s Valeur du Sucre;

—Pour $P_s = 1.150$ DH/TS:

Les assolements rizicoles dominent* systématiquement les cycles de canne M.A. et C.A., et l'assolement arachide domine le cycle C.S. L'assolement betteravier domine les cycles C.A. et C.S. à partir d'une fréquence de gel de 0,23-0,26 c'est-à-dire pratiquement dans toutes les zones restant disponibles pour ces cycles (puisque le cycle M.A. occupe toutes les zones soumises à un gel de fréquence inférieure à 1/5).

Seul un cycle très performant, de type CS* sur 5 ans**, peut concurrencer l'assolement betteravier sur les zones de sols sablo-argileux sujettes à un gel de fréquence allant jusqu'à 0,45.

En résumé, pour $P_s = 1.050$ DH/TS, seul le cycle M.A. présente un bénéfice économique suffisant pour l'emporter à la fois sur le cycle C.A. et l'assolement betteravier, dans les seules zones de fréquence de gel inférieure à 1/5 et hors bas-fonds; dans les zones de bas-fonds, les assolements rizicoles l'emportent sur la canne.

En définitive, un premier Schéma d'Aménagement à terme du périmètre, établi sur la base de ces résultats correspondant à l'hypothèse $P_s = 1.050$ DH/TS, propose qu'une moitié de la superficie totale du périmètre soit mise en canne à sucre (Figure 3).

Pour $P_s = 1.550$ DH/TS

Les assolements rizicoles deviennent dominés par le cycle M.A. pour les zones de fréquence de gel inférieure à 0,2-0,3, et par le cycle C.A. pour une fréquence de gel inférieure à 0,2.

* Confer infra (*) page 33.223 pour le sens donné à "domination".

** La durée du cycle C.S., normalement de 6 ans, peut être réduite à 5 ans si la coupe de la troisième et dernière repousse est avancée au mois de Février-Mars, ce qui permet, immédiatement après, une replantation pour le cycle suivant.

TABLEAU VI
Fréquences critiques de gel

Prix du sucre		1.050 DH/TS		1.550 DH/TS	
		Manuelle	Mécanisée	Manuelle	Mécanisée
Comparaison	Cult. de la canne				
		Manuelle	Mécanisée	Manuelle	Mécanisée
MA/assolements rizicoles	Assol. intensif	MA dominé*	MA dominé	0,24-0,29	0,19-0,24
	Autre assol.	„	„	0,29-0,33	0,24-0,29
CA/assolement betteravier	Prix**				
	Hyp. basse	0,23	0,13	0,83	0,75
	Hyp. haute	0,13	0,03	0,75	0,67
CA/assolements rizicoles		CA dominé	CA dominé	0,22	0,20
CS/assolement betteravier	Prix**				
	Hyp. basse	0,26	0,13	0,93-1	0,85-0,97
	Hyp. haute	0,13	CS dominé	0,83-0,97	0,75-0,86
CS/assolement arachier	Prix**				
	Hyp. basse	CS dominé	CS dominé	0,83-0,97	0,74-0,86
	Hyp. haute	„	„	0,77-0,90	0,68-0,79
CS****5ans/assolement betteravier	Prix**				
	Hyp. basse	0,44	0,32	1	0,95
	Hyp. haute	0,33	0,22	0,96	0,88
CS* 5 ans/assolement arachidier	Prix**				
	Hyp. basse	Canne dominée	Canne dominée	0,96	0,88
	Hyp. haute			0,91	0,82

* "Domination" entendue au sens que le bénéfice économique de l'assolement de substitution reste supérieur à celui de la canne, pour toute fréquence de gel.

** Afin de tester la sensibilité des résultats des comparaisons aux hypothèses de base, les productions culturelles des assolements de substitution ont été valorisées selon deux systèmes de prix de référence (d'importation généralement) pour le blé, le riz, les oléagineux, le lait, la viande. D'où deux hypothèses, l'une "basse" et l'autre "haute".

*** Confer infra** page 33.224 pour la définition du cycle CS* sur 5 ans.

Les assolements betteravier et arachidier aussi deviennent dominés par les divers cycles de canne envisagés (C.A., C.S., C.S.' 5 ans) jusqu'à des fréquences de gel de 3/4-1, c'est-à-dire sur la plus grande partie du périmètre aménageable.

Le Schéma d'Aménagement à terme établi pour cette hypothèse $P_s = 1.550$ DH/TS propose que les trois quarts du périmètre soient plantés en canne à sucre (le dernier quart étant réservé principalement à des cultures vivrières pour l'approvisionnement de la population locale et à des assolements rizicoles dans les zones de bas-fonds soumises à un gel de fréquence supérieure à 0,2-0,3).

2.2.3 Les graphiques donnant la valeur critique du sucre selon la fréquence de gel synthétisent ces résultats, et facilitent toute prise de décision volontariste motivée par les objectifs globaux du pays en matière de production et d'auto-suffisance. Partant en effet d'une valeur attribuée au sucre, que cette valeur reflète une opinion du décideur sur le futur prix international du sucre ou une valeur d'usage interne exprimant les priorités et objectifs du pays, on peut déterminer la fréquence maximum de gel acceptable pour la

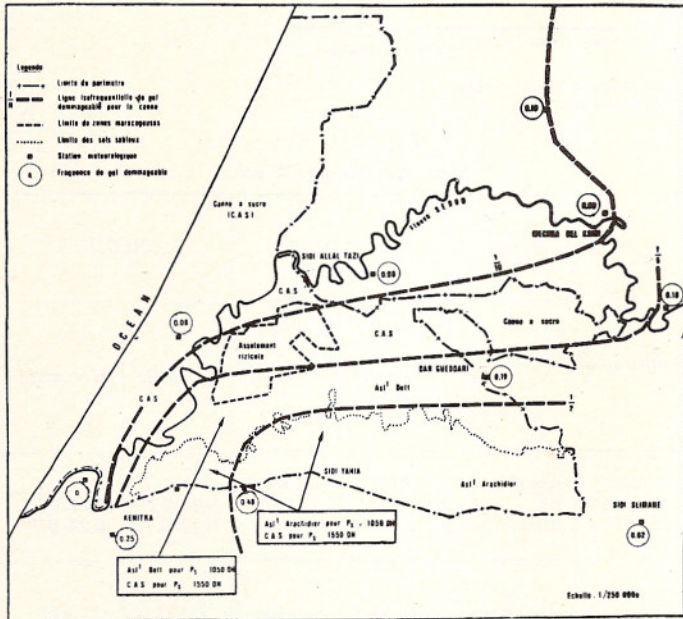


FIGURE 3 : Plans de culture proposés—Aménagement Gharb—Maroc

zone à planter en canne, puis la superficie totale à planter en canne*. Inversement, un objectif volontariste de production de sucre et de superficie totale de canne, fixé sur la base d'autres éléments (sociaux ou politiques) intervenant dans la décision, correspond implicitement, dans l'optique où la contrainte du gel constitue un facteur de choix important, à une certaine valeur attribuée au sucre, et les graphiques "révèlent" au décideur cette valeur implicite.

3. CONCLUSIONS

La méthode de calcul économique présentée succinctement ci-dessus (et dont les détails figurent en Annexe II) permet d'effectuer le choix des cultures rentables devant être retenues en régime permanent dans un périmètre irrigué soumis à un phénomène aléatoire présentant des effets négatifs pour certaines des cultures. La méthode permet aussi d'intégrer dans un indicateur de rentabilité rapporté à l'hectare et à l'année moyenne, les différences entre les coûts d'investissement et d'aménagement (pour irrigation et drainage) propres à chaque type de culture, et d'éviter ainsi les longs calculs entraînés par la recherche des taux internes de rentabilité différentiels correspondant à chaque variante des choix.

Elle permet surtout (et ceci constitue son objectif premier) d'apporter au projecteur des réponses claires (en termes de fréquence critique) quant au choix des zones d'un périmètre devant être affectées, en régime permanent, à chacune des cultures, en particulier dans les cas où des lignes isofréquentielles du phénomène aléatoire peuvent être établies.

* Après planimétrie de la SAU du périmètre selon les diverses fréquences de gel.

Deux éléments présentant quelque intérêt peuvent être retenus de cette méthode:

- le modèle probabiliste (Annexe II) décrivant l'évolution des rendements et des coûts d'un cycle de canne à sucre sujet à un gel aléatoire;
- l'expression du coût annuel d'opportunité des investissements d'aménagement initial à l'aide de coefficients corrigeant la valeur des aménagements annuels selon le taux d'actualisation choisi par le décideur.

Il convient de remarquer pour finir que la méthode peut être appliquée à d'autres problèmes que celui analysé ci-dessus.

Tout d'abord, la comparaison du bénéfice économique annuel peut être faite pour deux cultures soumises au même phénomène aléatoire (comme dans le cas de la comparaison entre cycles M.A. et C.A.), pour autant que les espérances de rendements et de coûts de production de chacune des cultures puissent être formulées analytiquement. Ensuite, un autre indicateur de rentabilité annuelle peut être retenu; la valeur ajoutée par exemple est un indicateur que l'on peut, dans certains cas, retenir de préférence au bénéfice économique net (tel qu'il a été ici défini et évalué sur la base de prix internationaux ou de référence). Enfin, le phénomène aléatoire peut être d'une nature autre qu'un phénomène climatique, comme une maladie de la plante ou des inondations localisées, ... et son impact sur les choix économiques peut être analysé d'une façon analogue.

ANNEXE I

COUTS DE PRODUCTION DES ASSOLEMENTS DE SUBSTITUTION (en DH par hectare)

Assolements	Hypothèse de prix (I)	Composant		Total des coûts
		Devises	Monnaie locale	
Produit Brut Végétal + animal	Hypothèse haute			
	Hypothèse basse			
COUTS	Approvisionnements Plants, semences Engrais et Produits phytosanitaires Approvisionnement élevage Services Tractions mécaniques, nivellement Traction animale Main-d'oeuvre élevage services	Riz-Oléagineux		
		Composant	Monnaie locale	678
		Devises	6.878	1.399
		211	57	170
		297	134	90
				1.005
		Arachidier		
		Composant	Monnaie locale	1.059
		Devises	7.104	182
			7.054	76
				109
				30
				178
				254
				206
				—
				564
				668
		Betteravier		
		Composant	Monnaie locale	765
		Devises	7.200	111
			6.147	134
				575
				117
				564
				656
				1.501

* pour blé, riz, oléagineux, lait, viande.

**COÛTS DE PRODUCTION ECONOMIQUES (Moyenne annuelle) DES CYCLES DE CANNE
A SUCRE (en DH par hectare)**

Cycles de production	CS sur 6 ans cult. manuelle		MS sur 6 ans cult. manuelle		CA sur ans 6 cult. manuelle		MA sur 6 ans cult. manuelle	
	Composant		Composant		Composant		Composant	
	Devises	Monnaie locale	Devises	Monnaie locale	Devises	Monnaie locale	Devises	Monnaie locale
Produit Brut	<i>Evalué en sucre produit, net des coûts de transformation</i>							
COUT								
Approvisionnements								
Plants	160	80	133	67	133	67	133	67
Engrais et produits phytosanitaires	191	82	153	66	160	68	153	66
Services								
Traction mécanique	38	18	31	17	31	17	31	17
Défense des cultures	144	60	120	50	120	50	120	50
Total des coûts	533	241	437	200	444	202	437	200

ANNEXE II

RÉNDEMENT DES CYCLES DE CANNE A SUCRE EN ZONES ALEATOIREMENT GELIVES

Un gel suffisamment intense entraînant des dommages sur la Canne à Sucre (gel estimé à -3°C une fois, ou -2°C deux jours de suite) se traduit par une baisse de la richesse en Sucre.

Cette annexe a pour but de décrire le modèle de comportement et de rendement total en Canne et en Sucre des cycles de canne en zones aléatoirement gélives.

On considère une zone gélive où la probabilité qu'ait lieu en hiver un gel dommageable pour la Canne à Sucre est p , p étant une constante quelle que soit l'année considérée (les phénomènes climatiques aléatoires sont généralement de ce type).

1. MODELE DU CYCLE DE CANNE DE TYPE C (S OU A)

1.1 On étudie l'effet du gel sur le rendement d'un cycle court de canne ayant les caractéristiques suivantes, selon l'enchaînement des événements possibles.

Ce schéma revient à admettre que :

— Dans le cas où la Canne Vierge d'un an n'est pas gelée (partie droite du schéma), le cycle suit son cours normal avec un rendement V pour la Canne Vierge et R pour les repousses, et des taux d'abattement sur les rendements de a et b pour Repousses et Canne Vierge respectivement en cas de gel les années suivantes.

— Dans le cas où la Canne Vierge d'un an est gelée (partie gauche du schéma) et doit être coupée, le cycle comporte alors 4 pousses successives de rendement R' avec un taux d'abattement a' en cas de gel sur ces repousses*.

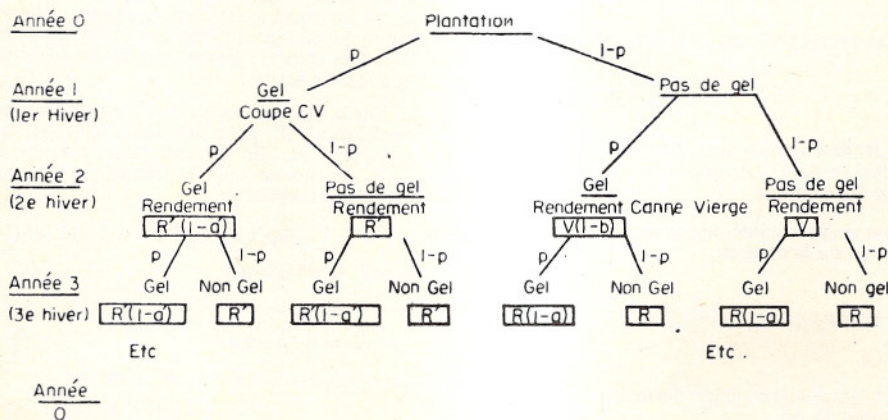
1.2 On démontre (confer Appendice, page 33.232) que l'espérance, ou valeur moyenne, du rendement total sur la durée du cycle a pour valeur :

$$T = 4p(1-a')R' + (1-p)[V(1-b.p) + 3R(1-a.p)]$$

pour une probabilité p .

Pour $p = 1$ (gel systématique), $T = 4R'(1-a')$, c'est-à-dire la somme des rendements de chacune des 4 repousses avec déduction de a' due aux gels.

* Les coefficients d'abattement a , a' et b correspondent à une organisation et une durée donnée de la Récolte après le gel. On supposera cependant qu'en cas de gel la récolte sera suffisamment courte pour être terminée avant Avril.



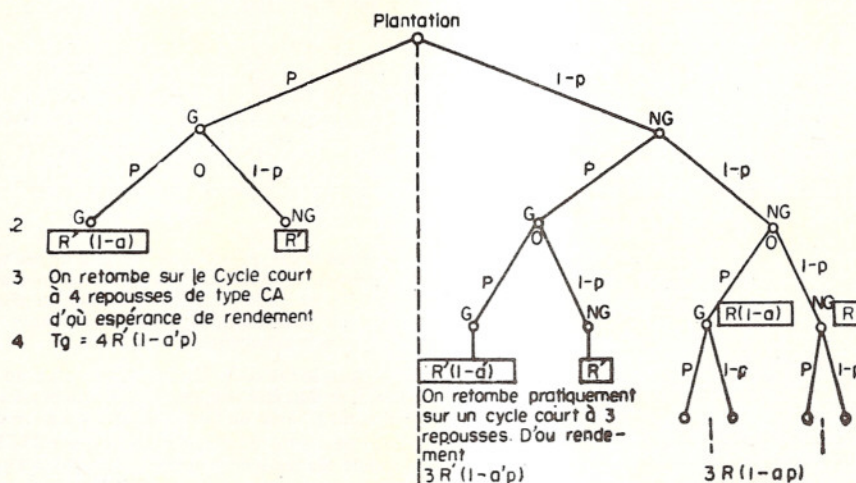
Pour $p = 0$ (pas de gel sur le cycle): $T = V + 3R$, c'est-à-dire la somme des rendements de la Canne Vierge et de ses trois repousses.

Si $a = b = a'$ et $R' \neq R$: alors $T = (1-a.p) [V+3R-p(V+3R-4R')]$

2. MODELE DU CYCLE DE CANNE DE TYPE M, ET CHOIX DU CYCLE EN ZONES DE SOLS LOURDS FAIBLEMENT GELIVES

2.1 Il convient de comparer les rendements des cycles MA et CA pour des fréquences faibles de gel, compte tenu de l'objectif de production sucrière attribué au périmètre.

Le comportement du cycle "mixte" MA en zone gélive peut être approximativement représenté par l'enchaînement des événements possibles suivant:



3.12 Cycles MS et MA

Conformément au modèle descriptif de ce type de cycle, 5 coupes seront nécessaires dans deux cas de gel: soit en première année, suivie dans ce cas de 4 repousses, soit en seconde année (après une première année sans gel). Par une formulation en probabilité analogue à celle du modèle de cycle, l'espérance de coût total sur le cycle est alors:

$$T : pC[1+c+4(1+p.c)] + (1-p)C[1+3(1-p)(1+p.c) + p(1+c) + 3p(1+pc)]$$

$$\text{soit } T = C[p(2+c-p) + 4(1+pc)]$$

L'espérance, ou valeur moyenne, du rendement sur la durée du cycle est alors:

$$T = 4p(1-a'p)R' + (1-p)[V + 3pR'(1-a'p) + 3(1-p)R(1-ap)]$$

3. COÛTS DE RECOLTE ET TRANSPORT EN ZONE A GEL ALEATOIRE

3.1 Coût de Récolte

3.1.1 Cycles CS ou CA

Si l'on se rapporte au modèle descriptif de ces cycles, on voit que dans le cas où la Canne Vierge de lère année ne gèle pas, le cycle subira 4 coupes successives, et 5 coupes dans le cas contraire.

En utilisant une formulation en probabilité analogue à celle du modèle du cycle, l'espérance de coût total sur le cycle est:

$$T = p.C[1+c+4(1+p.c)] + (1-p)4C(1+p.c)$$

$$\text{soit } T = C[p(1+c) + 4(1+p.c)]$$

en notant par C , le coût par hectare coupé en année normale, et par $C(1+c)$ le coût par hectare coupé en année de gel.

3.2 Coût de transport

Exemple des Cycles Courts (CS ou CA)

Le coût de transport est par nature un coût rapporté à la Tonne de Canne transportée. Comme pour la coupe, le coût de transport après un gel de la canne à sucre est supérieur à celui supporté en année sans gel, en raison des moyens spéciaux devant être mobilisés et des conditions climatiques défavorables. Le coût par TC en année normale est noté D , et $D(1+d)$ en année de gel.

Sur la base du modèle de cycle C(S A) le coût de transport par hectare récolté sera $D.R$. pour une année sans gel, et $D(1+d)$, $R(1-a)$ pour une année avec gel. En utilisant la formulation en probabilité du modèle du cycle, on montre que l'espérance de coût total de transport par hectare moyen sur le cycle est.

$$T = 4p(1+\alpha'p)D.R' + (1-p).D[V(1+\beta p) + 3R(1+\alpha p)]$$

$$\text{avec } \alpha' = d-a'-a'd$$

$$\alpha = d-a-a.d$$

$$\beta = d-b-b.d$$

Si on suppose : $a = a' = b$, on obtient:

$$T = (1+\alpha p). D. [V+3R-p(V+3R-4R')]$$

APPENDICE: CALCUL DE L'ESPERANCE DU RENDEMENT TOTAL

(1) Dans le cas où la canne vierge d'un an est gelée (probabilité p , partie gauche du schéma en page 1 de l'annexe, l'enchaînement des événements possibles est la multiplication sur 4 étages de l'arborescence suivante:



—Sur un étage, l'espérance de rendement de cette arborescence est:
 $T1 = (1-p)R' + pR'(1-a') = R'(p+1-p) - R'a'p = R'(1-a'p)$

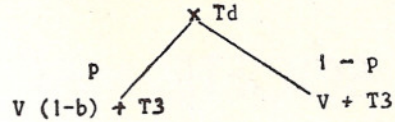
—Sur deux étages consécutifs, l'espérance de rendement total est:
 $T2 = (1-p)[T1 + R'] + p[T1 + R'(1-a')] = T1 + (1-p)R' + pR'(1-a')$

soit $T2 = 2T1$

—On vérifie aisément que $Tn = nT1$ sur n étages.

Donc l'espérance de rendement total dans le cas considéré (partie gauche du schéma) est: $Tg = 4T1 = 4R'(1-a'p)$.

(2) Dans le cas où la canne vierge d'un an n'est pas gelée (probabilité $1-p$, partie droite du schéma), l'enchaînement des événements possibles peut être réduit à:



où $T3$ est l'espérance de rendement total sur trois étages consécutifs avec repousses de rendement R et abattement a .

D'où, par analogie: $Td = V(1-b.p) + 3R(1-a.p)$

(3) Pour finir, l'espérance de rendement total sur les événements possibles de l'ensemble du schéma est:

$$T = (1-p)[V(1-bp) + 3R(1-ap)] + 4p(1-a'p)R'$$

NOUVELLES BREVES

COLLOQUES - SEMINAIRES

Colloque National sur les oiseaux nuisibles à l'agriculture au Maroc

La Direction de la Recherche Agronomique a organisé les 23 et 24 février 1978 à Kénitra un colloque national sur les oiseaux nuisibles à l'agriculture.

Ce colloque a permis de mettre en lumière les progrès réalisés par la recherche agronomique dans le domaine de la Protection des cultures contre les oiseaux nuisibles à l'agriculture marocaine.

Au cours de ce colloque, trois commissions ont été constituées ayant pour charge :

1. de mettre en lumière l'actualisation des méthodes de recherche et leur impact sur ce fléau ;
2. de mettre au point les méthodes de lutttes rationnelles contre les moineaux en collaboration avec tous les intéressés ;
3. d'étudier et de proposer des mesures pour une meilleure information et une étroite liaison entre les différentes parties intéressées.

Journées Céréales - Production et commercialisation

L'association nationale pour la Production, la Protection et l'Amélioration végétale (ANAPPAV) a organisé du 19 au 21 avril 1978 à l'Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II des journées sur la production et la commercialisation des céréales. Trois thèmes y ont été développés :

1. Possibilités d'amélioration du rendement : résultats et références.
2. La céréaliculture au Maroc :

potentialités et problématique.

3. La commercialisation des céréales.

Seminaire et statistique appliquée

La Direction de l'Enseignement Agricole et de la Formation Professionnelle a organisé à l'intention des titulaires des méthodes statistiques, un séminaire de statistique appliquée les 13, 14, 17 et 18 avril 1978 à l'Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II.

Les thèmes qui ont été abordés portent sur l'échantillonnage, l'expérimentation et l'analyse des données.

PROJET DE DEVELOPPEMENT INTEGRE DE FES-KARIA-TISSA

Ce projet, intéresse une zone de 260.000 ha et 33.900 agriculteurs ; sa durée est de 6 ans, son coût total est de 162,5 millions de dollars, dont environ 40 % en devises étrangères qui seront financées par la Banque Mondiale.

Les composantes essentielles du projet sont :

- Le développement de la production agricole grâce à un encadrement technique intensif et à un circuit de distribution des intrants adéquats indépendant de la vulgarisation (guichets de distribution des engrais et semences, guichets de crédit, ateliers de réparation) ;
- la conservation de sol : reboisement de 5.000 ha, plantation de 8.000 ha d'olivier, culture sur pente et correction de ravines sur 10.000 ha ;
- le développement de l'infra-

structure routière, l'amélioration de 245 km, la construction de 139 km de routes nouvelles et la fixation de 30 kms de routes tertiaires ;

- l'adduction d'eau potable desservant 46.000 personnes ;
- la construction de 4 centres de santé et un dispensaire rural ;
- pour l'éducation, le projet financera essentiellement la construction de 68 salles de classes, 22 réfectoires, 61 logements pour enseignants.

PROJET D'ARIDOCULTURE

Un accord de prêt a été signé entre le Maroc et les Etats-Unis (A.I.D.) sur le financement du projet aridoculture.

— Ce projet a pour but de mettre en œuvre un programme de recherche appliquée en vue d'augmenter la production des céréales, de légumineuses et des plantes fourragères en zones semis arides et contribuer avec la Direction de la Mise en Valeur Agricole (D.M.V.) à vulgariser les techniques mises au point.

— Il a pour but également la formation du personnel marocain qui continuera et développera le programme, développant ainsi une capacité permanente de recherche agro-économique et socio-économique visant l'accroissement de la production agricole dans les zones en question.

— Les activités du projet se concentreront dans les régions où la pluviométrie annuelle atteint une moyenne de 325 à 450 mm.

— Ce projet est conçu pour deux périodes de 5 ans : La 1ère prendra fin en 1983.

NOUVELLES DE L'INSTITUT

• Du 9 au 13 janvier 1978, les responsables des établissements de formation en Santé et Productions Animales ont tenu à Lubumbashi, Zaïre, une réunion durant laquelle a été mis sur pied un comité provisoire dont M.A. Bekkali, Directeur de l'Institut Agronomique fait partie. Ce comité assurera le contact avec l'Association des Universités partiellement ou entièrement de langue française et toutes autres institutions d'aide et de coopération internationale, et étudiera la structure définitive à mettre en place entre les différents établissements de formation en Santé et Productions Animales.

• Une mission d'évaluation belge présidée par Monsieur le Directeur de l'Agence Générale de Coopération au Développement s'est rendue à l'Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II au mois de mai 1978.

• Le 3 avril 1978, un groupe d'étudiants Tunisiens et Mauritaïniens appartenant aux Instituts d'Agronomie de Tunis et de Nouakchott a été accueillis à l'Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II pour une visite commentée de l'établissement.

• DE LA REPUBLIQUE
DU GABON AU MAROC
Cette visite a été effectuée à

la fin du mois d'avril. Elle rentre dans le cadre du renforcement de la coopération entre les deux pays. Au cours de son séjour, Monsieur le Ministre a visité l'Office du Gharb, l'Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II. La Station de Recherches Forestières. Une séance de travail a eu lieu au Ministère de l'Agriculture et de la Réforme Agraire pour discuter de la coopération entre les deux pays dans le domaine agricole.

• L'Institut a accueilli le Séminaire National sur l'Environnement (5-6-7 juin) qui a traité de la législation nationale en matière de Protection de l'Environnement.

S O C E A **SOCIÉTÉ EAU ET ASSAINISSEMENT**

B. P. 121

51, avenue Allal - Ben Abdallah

RABAT

BÉTON CENTRIFUGÉ PRÉCONTRAIT CONDUITES FONTE
DES FONDERIES PONT - A - MOUSSON ET ACCESSOIRES