HOMMES TERRE & EAUX

Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires

SPECIAL 1 ERES JOURNEES LUSO - MAROCAINES

I

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

TRIMESTRIELLE 12ème ANNEE - VOLUME 12 - NUMERO 46 - MARS 1982

Editorial

Lors de la tenue du 30ème Conseil Exécutif de la Commission Internationale des Irrigation et du Drainage tenu en Mai 1979 à Rabat, l'idée d'organiser des rencontres régionales, entre Comités membres de la C.I.I.D., était apparue au sein de la C.I.I.D. et ce, en vue d'en dégager un certain nombre d'enseignements.

Cette idée complétait la proposition du Comité National Marocain : l'A.N.A.F.I.D., émise à Téhéran au cours de la réunion du 29ème Conseil Exécutif International, proposition qui consistait à organiser, sous l'égide de la C.I.I.D., des rencontres régionales entre pays de conditions et expériences similaires dans les domaines de l'Irrigation, du drainage et de la maîtrise des crues.

L'organisation d'échanges entre Comités Portugais et Marocain, étant apparu très enrichissante, c'est au Comité Portugais qu'est revenu l'honneur d'organiser ces Premières Journées Luso-Marocaines qui se sont tenues à Lisbonne le 22 et 23 Mars 1982 et ont rassemblé une vingtaine d'experts Marocains, membres de l'A.N.A.F.I.D., et une centaine d'experts Portugais.

Auparavant, en Octobre 1981, à Rabat, une journée luso-tuniso-marocaine sur la Petite et Moyenne Hydraulique au Portugal, en Tunisie et au Maroc avait permis à nos deux Comités des échanges fructueux. Cette journée avait vu la participation d'une dizaine d'experts portugais, d'une dizaine d'experts tunisiens et d'un grand nombre de marocains, tous respectivement membres des Comités nationaux portugais, tunisien et marocain de la C.I.I.D. Cette journée avait été suivie d'un voyage d'étude ayant intéressé les périmètres irrigués du Gharb, du Loukkos, du Tadla et du Haouz, auquel ont pris part les participants portugais et tunisiens.

Les deux thèmes choisis pour ces Premières Journées Luso-Marocaines :

- Comparaison technique et économique des méthodes d'irrigation par aspersion et graviatire,
- Evaluation des besoins en eau des cultures : technologie, méthodes de calcul,

présentaient un intérêt certain et d'actualité pour nos deux comités.

Le nombre de communications sur ces thèmes fut particulièrement important et les débats ont été très riches.

A la suite de ces deux journées d'étude, un voyage a permis à la délégation marocaine de visiter quelques aménagements hydro-agricoles portugais, celui du Mondégo principalement, ainsi que certains sites historiques de toute beauté.

Devant l'intérêt suscité par ce type de rencontres et la réussite des premières journées luso-marocaines, les deux comités ont décidé de multiplier ces rencontres qui deviendront annuelles et d'augmenter le nombre de participants.

Ainsi, les secondes journées luso-marocaines se tiendront au Maroc en Mars 1983 et verront la participation d'une quarantaine d'experts portugais.

L'importance des thèmes retenues pour les premières journées luso-marocaines et l'intérêt des communications et des débats ont incité les deux comités nationaux organisateurs à consacrer un numéro spécial de la revue "Hommes Terre et Eaux" aux travaux de ces journées.

Le présent numéro répond à ce voeu et comporte l'ensemble des communications présentées au cours de ces journées★, les débats qui ont suivi ainsi qu'une présentation rapide des aménagements hydro-agricoles du portugal, des projets visités au cours du voyage d'étude effectué par la délégation marocaine.

Le Président de l'A.N.A.F.I.D.

★ Sur le thème 1 - Etant donné le nombre de communications deux numéros de la Revue Hommes, Terre et Eaux seront consacrés aux 1ères Journées Luso-Marocaines.

Editorial

Lors de la tenue du 30ème Conseil Exécutif de la Commission Internationale des Irrigation et du Drainage tenu en Mai 1979 à Rabat, l'idée d'organiser des rencontres régionales, entre Comités membres de la C.I.I.D., était apparue au sein de la C.I.I.D. et ce, en vue d'en dégager un certain nombre d'enseignements.

Cette idée complétait la proposition du Comité National Marocain : l'A.N.A.F.I.D., émise à Téhéran au cours de la réunion du 29ème Conseil Exécutif International, proposition qui consistait à organiser, sous l'égide de la C.I.I.D., des rencontres régionales entre pays de conditions et expériences similaires dans les domaines de l'Irrigation, du drainage et de la maîtrise des crues.

L'organisation d'échanges entre Comités Portugais et Marocain, étant apparu très enrichissante, c'est au Comité Portugais qu'est revenu l'honneur d'organiser ces Premières Journées Luso-Marocaines qui se sont tenues à Lisbonne le 22 et 23 Mars 1982 et ont rassemblé une vingtaine d'experts Marocains, membres de l'A.N.A.F.I.D., et une centaine d'experts Portugais.

Auparavant, en Octobre 1981, à Rabat, une journée luso-tuniso-marocaine sur la Petite et Moyenne Hydraulique au Portugal, en Tunisie et au Maroc avait permis à nos deux Comités des échanges fructueux. Cette journée avait vu la participation d'une dizaine d'experts portugais, d'une dizaine d'experts tunisiens et d'un grand nombre de marocains, tous respectivement membres des Comités nationaux portugais, tunisien et marocain de la C.I.I.D. Cette journée avait été suivie d'un voyage d'étude ayant intéressé les périmètres irrigués du Gharb, du Loukkos, du Tadla et du Haouz, auquel ont pris part les participants portugais et tunisiens.

Les deux thèmes choisis pour ces Premières Journées Luso-Marocaines :

- Comparaison technique et économique des méthodes d'irrigation par aspersion et graviatire,
- Evaluation des besoins en eau des cultures : technologie, méthodes de calcul,

présentaient un intérêt certain et d'actualité pour nos deux comités.

Le nombre de communications sur ces thèmes fut particulièrement important et les débats ont été très riches.

A la suite de ces deux journées d'étude, un voyage a permis à la délégation marocaine de visiter quelques aménagements hydro-agricoles portugais, celui du Mondégo principalement, ainsi que certains sites historiques de toute beauté.

Devant l'intérêt suscité par ce type de rencontres et la réussite des premières journées luso-marocaines, les deux comités ont décidé de multiplier ces rencontres qui deviendront annuelles et d'augmenter le nombre de participants.

Ainsi, les secondes journées luso-marocaines se tiendront au Maroc en Mars 1983 et verront la participation d'une quarantaine d'experts portugais.

L'importance des thèmes retenues pour les premières journées luso-marocaines et l'intérêt des communications et des débats ont incité les deux comités nationaux organisateurs à consacrer un numéro spécial de la revue "Hommes Terre et Eaux" aux travaux de ces journées.

Le présent numéro répond à ce voeu et comporte l'ensemble des communications présentées au cours de ces journées★, les débats qui ont suivi ainsi qu'une présentation rapide des aménagements hydro-agricoles du portugal, des projets visités au cours du voyage d'étude effectué par la délégation marocaine.

Le Président de l'A.N.A.F.I.D.

★ Sur le thème 1 - Etant donné le nombre de communications deux numéros de la Revue Hommes, Terre et Eaux seront consacrés aux 1ères Journées Luso-Marocaines.

COMPOSITION DE LA DELEGATION MAROCAINE



ABADOU Rachid : Enseignant à l'IAV Hassan II
ABDELLAOUI Rachid : Enseignant à l'IAV Hassan II
AOMARI Ahmed : Chef du Bureau des Travaux O.R.M.V.A.du Gharb
ATTAR Haj : Chargé de Mission auprès de M. le Ministre de l'Agriculture et de la Reforme Agraire.
BASTOS Ali : Chef de la Division de l'Hydraulique Agricole et des Améliorations Foncières
BAZZA Mohamed : Enseignant à l'IAV Hassan II
BEKKALI Abdellah : Président de l'A.N.A.F.I.D Directeur de l' I.A.V. Hassan II
BENCHEKROUN Taieb : Chef du Service Gestion des Réseaux de l'O.R.M.V.A. du Tadla
BENNANI Abdellatif : Chef du Service Equipement hydro-agricole à l'O.R.M.V.A du Loukkos
BOUHAMIDI Mustapha : Chef du Service Equipement à L'O.R.M.V.A. du Gharb
GOURMA Rachid : Chef du Service de Gestion des Réseaux à l'O.R.M.V.A. du Loukkos
HALLANI El Haj : Chef du Service Gestion des Réseaux à l'O.R.M.V.A du Haouz
HAMIDOU Abdelkader : Chef du Service Gestion des Réseaux à l'O.R.M.V.A. des Doukkalas
KAMCH Mustapha : Chef du Bureau des Etudes à l'O.R.M.V.A. du Haouz
LAHLOU Othmane : Secrétaire-Général de l'A.N.A.F.I..D. Directeur de l'O.R.M.V.A. du Gharb
LAMRANI Hassan : Chef du Département Hydro-Agricole à la S.C.E.T
LARAICHI Abdelhaq : Directeur à la S.N.C.E.
TABET Abdelaziz : Ingénieur à la SCET - Maroc
YACOUBI SOUSSAN Med : Chef du Service d'Expérimentation Hydro-Agricole Direction de l'Equipement Rural - Mara
ZERHOUNI Abdeljalil : Directeur de l'O.R.M.V.A. du Tafilalet

Discours d'ouverture du Président du Comité National Portugais

Monsieur le Président du Conseil Supérieur
des Travaux Publics et des Transports
Monsieur l'Ambassadeur du Maroc,
Monsieur le Président de l'A.N.A.F.I.D,
Mesdames,Messieurs

En tant que Président du Comité National des Irrigations et du Drainage, j'ai le privilège de souhaiter la bienvenue à nos collègues et amis qui intègrent la délégation marocaine de l'A.N.A.F.I.D. Nous avons l'honneur et c'est pour nous un très grand plaisir de les accueillir chez nous, en tant que participants aux 1ères Journées Luso-Marocaines de l'Irrigation et du Drainage.



Lors de la 30ème Réunion Internationale du Conseil Exécutif à Rabat, au mois de mai 1979, on a considéré comme avantageuse la tenue régulière de réunions de techniciens portugais et marocains, étant donné la similitude des problèmes qui se posent à nos deux pays dans ce domaine et, par conséquent, les solutions pareilles qui peuvent être envisagées à leur égard.

Ces Journées sont donc programmées depuis presque deux ans. Entretemps, l'année dernière, en octobre, a eu lieu au Maroc, sur l'invitation de l'A.N.A.F.I.D, une réunion sur l'irrigation et le drainage à laquelle des délégués de Tunisie et du Portugal ont participé. Je trouve important de la signaler en ce moment, car, compte tenu de sa réussite, elle devra être un encouragement aux Journées actuellement en cours.

En fait, cette réussite est due non seulement à l'accueil chaleureux et amical fait aux délégués portugais et tunisiens et au charme et sortilège des villes et régions internationalement renommées qu'ils ont pu visiter, mais aussi, par dessus tout, aux questions techniques examinées et à la discussion approfondie sur elles. Nous avons profité de la visite de centaines de milliers d'hectares de périmètres irrigués pour y observer le niveau exceptionnel des travaux en marche au Maroc. En ayant recours à des techniques fort évoluées, soutenues par une administration et une planification excellentes, on mène une stratégie intelligente en vue de rendre le pays capable de suffire tout seul à ses besoins en denrées alimentaires.

Des fruits divers, des légumes, le thé, la canne à sucre,la betterave sucrière, le coton, etc. sont cultivés de manière intensive dans des périmètres soumis à une planification rigoureuse, en ce qui concerne les sources d'eau, jusqu'à la préparation des sols, à la sélection des systèmes d'irrigation les plus convenables pour chaque cas (par gravité, goutte à goutte, aspersion, nébulisation), au soutien apporté aux agriculteurs regroupés en des dizaines de coopératives, aux systèmes de commercialisation qui assurent l'achat de leurs produits, ainsi qu'à la mécanisation et aux industries annexes(des préfabriqués en béton dans des usines aux dimensions remarquables, des raffineries de sucre, des laiteries, une usine de thé...)

Je ne peux m'empêcher de mentionner tous ces aspects, puisque le Portugal est l'un des pays où le montant correspondant au volume des denrées alimentaires importées est de plus d'un milliard de dollars chaque année, tandis que sa balance de paiements sur l'extérieur est énormément déficitaire.

Il s'impose, donc, dans l'intérêt national, d'augmenter la production de ces produits, ce qui ne devient possible que si l'on poursuit résolument une politique accélérée de développement hydroagricole.
En vue de cet objectif, les débats tenus et les visites effectuées au Maroc, auxquels les délégués portugais ont pris part, leur ont été très utiles. Dans ce même but, les 1ères Journées Luso-Marocaines peuvent apporter une contribution encore plus valable.

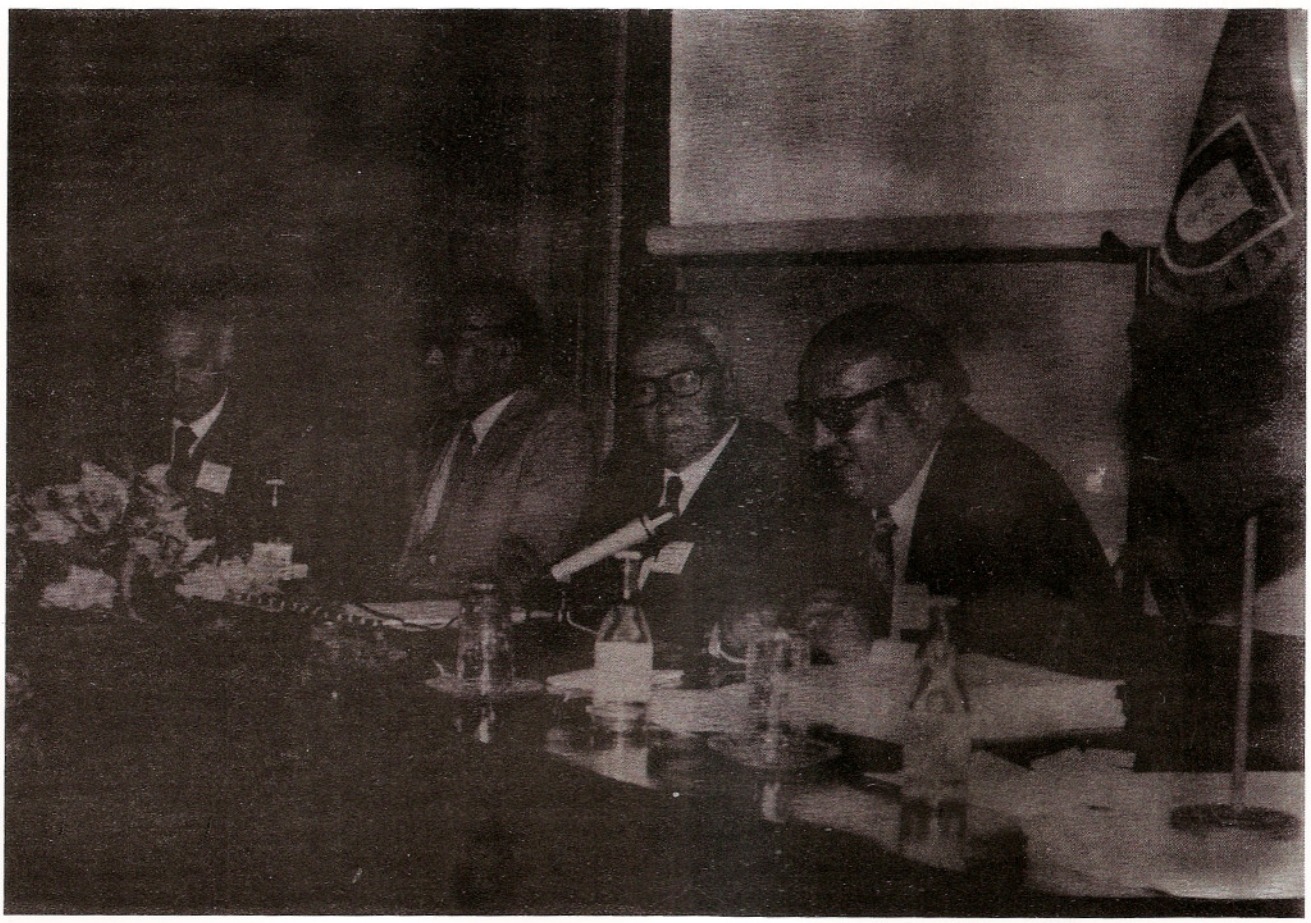
Le haut niveau de compétence et la riche expérience dans ce domaine des experts marocains présents à ces Journées valorisera de façon remarquable les travaux qui vont bientôt commencer. Ils donnent aussi la garantie que les résultats auxquels on aboutira à la fin de ces Journées auront le plus haut intérêt technique et économique pour ce domaine fondamental de nos deux pays.

Nous souhaitons, donc, la bonne réussite des travaux à tous les participants, et particulièrement à nos amis et collègues marocains, nous leurs exprimons nos voeux les meilleurs d'un séjour très agréable au Portugal.

Discours de Monsieur Bekkali
Président de l'A.N.A.F.I.D.

Monsieur le Président du Conseil Supérieur
des Travaux Publics,
Monsieur l'Ambassadeur,
Monsieur le Président du Comité National
Portugais des Irrigations et du Drainage,
Mesdames, Messieurs,

Tout d'abord au nom des membres de la Délégation Marocaine de l'ANAFID et en mon nom propre, je voudrais vous exprimer notre joie d'être au Portugal et remercier vivement le Comité National Portugais pour



l'accueil chaleureux et les efforts déployés par ses membres afin de rendre nos travaux fructueux et notre séjour utile et agréable.

En effet, la Commission Internationale des Irrigations et du Drainage a toujours recommandé le contact et les échanges entre Comités Nationaux membres de la Commission. L'initiative originale de nos deux Comités Marocain et Portugais est d'avoir su rendre ces contacts plus homogènes, plus précis et plus intimes. Lors de la journée Luso-Tuniso-Marocaine tenue à Rabat sur le thème de la Petite et Moyenne Hydraulique en Octobre 1981, la première rencontre entre nos Comités avait plutôt un caractère général. Aujourd'hui, à Lisbonne, l'objectif de la rencontre est plus précis et les thèmes qui y seront traités sont d'un grand intérêt pour nos deux pays.

Le premier thème relatif à la comparaison des systèmes gravitaire et aspersion est une question d'actualité au Maroc ou l'on pratique les deux modes quelques fois juxtaposés dans un même périmètre. Je pense que dans cette comparaison, le Maroc devrait arriver à faire le point pour chaque périmètre d'autant plus que les conditions économiques liées au problème de l'énergie l'imposent.

Le second thème : évaluation des besoins en eau des cultures : technologie et modes de calcul peut être qualifié de vital dans nos pays semi-arides à arides puisqu'il s'agit d'économiser de l'eau, au même titre que de l'énergie.

Je voudrais m'adresser à Monsieur l'Ambassadeur du Maroc à Lisbonne en tant que Directeur de l'Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II pour souhaiter que la collaboration entre le Maroc et le Portugal soit élargie à d'autre domaines que l'irrigation et en particulier au domaine des pêches, de la forestation, de la conservation des sols, de l'étude des problèmes alimentaires avec comme objectif l'autosuffisance alimentaire.

D'autre part, je suggère que d'autres associations portugaises participent dans ces relations entre associations afin d'élargir le domaine des échanges. Du côté marocain je pense que la FANDER (Fédération des Associations Nationales pour le Développement Rural) pourrait s'associer dans ces échanges.

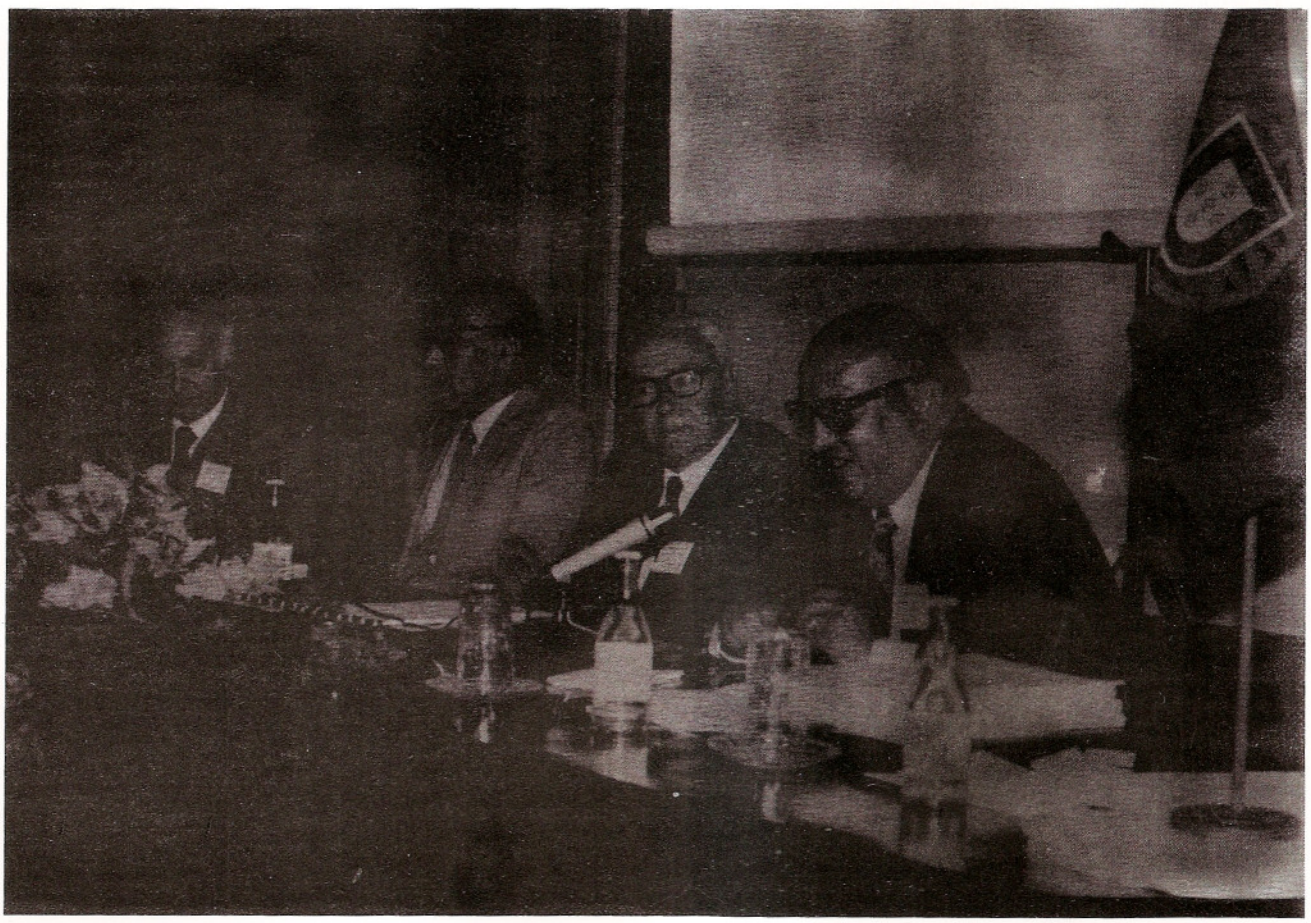
Enfin, je voudrais suggérer que cette Commission mixte : ANAFID-Comité National Portugais devienne permanente et que des rencontres annuelles soit programmées dans un pays ou dans l'autre. J'espère que la prochaine rencontre qui pourrait avoir lieu au Maroc en 1983 verra la participation de nombreux collègues portugais.

Enfin, je renouvelle mes plus vifs remerciements au Comité National Portugais pour l'accueil chaleureux qu'il a réservé à notre délégation.

Discours de Monsieur Bekkali
Président de l'A.N.A.F.I.D.

Monsieur le Président du Conseil Supérieur
des Travaux Publics,
Monsieur l'Ambassadeur,
Monsieur le Président du Comité National
Portugais des Irrigations et du Drainage,
Mesdames, Messieurs,

Tout d'abord au nom des membres de la Délégation Marocaine de l'ANAFID et en mon nom propre, je voudrais vous exprimer notre joie d'être au Portugal et remercier vivement le Comité National Portugais pour



l'accueil chaleureux et les efforts déployés par ses membres afin de rendre nos travaux fructueux et notre séjour utile et agréable.

En effet, la Commission Internationale des Irrigations et du Drainage a toujours recommandé le contact et les échanges entre Comités Nationaux membres de la Commission. L'initiative originale de nos deux Comités Marocain et Portugais est d'avoir su rendre ces contacts plus homogènes, plus précis et plus intimes. Lors de la journée Luso-Tuniso-Marocaine tenue à Rabat sur le thème de la Petite et Moyenne Hydraulique en Octobre 1981, la première rencontre entre nos Comités avait plutôt un caractère général. Aujourd'hui, à Lisbonne, l'objectif de la rencontre est plus précis et les thèmes qui y seront traités sont d'un grand intérêt pour nos deux pays.

Le premier thème relatif à la comparaison des systèmes gravitaire et aspersion est une question d'actualité au Maroc ou l'on pratique les deux modes quelques fois juxtaposés dans un même périmètre. Je pense que dans cette comparaison, le Maroc devrait arriver à faire le point pour chaque périmètre d'autant plus que les conditions économiques liées au problème de l'énergie l'imposent.

Le second thème : évaluation des besoins en eau des cultures : technologie et modes de calcul peut être qualifié de vital dans nos pays semi-arides à arides puisqu'il s'agit d'économiser de l'eau, au même titre que de l'énergie.

Je voudrais m'adresser à Monsieur l'Ambassadeur du Maroc à Lisbonne en tant que Directeur de l'Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II pour souhaiter que la collaboration entre le Maroc et le Portugal soit élargie à d'autre domaines que l'irrigation et en particulier au domaine des pêches, de la forestation, de la conservation des sols, de l'étude des problèmes alimentaires avec comme objectif l'autosuffisance alimentaire.

D'autre part, je suggère que d'autres associations portugaises participent dans ces relations entre associations afin d'élargir le domaine des échanges. Du côté marocain je pense que la FANDER (Fédération des Associations Nationales pour le Développement Rural) pourrait s'associer dans ces échanges.

Enfin, je voudrais suggérer que cette Commission mixte : ANAFID-Comité National Portugais devienne permanente et que des rencontres annuelles soit programmées dans un pays ou dans l'autre. J'espère que la prochaine rencontre qui pourrait avoir lieu au Maroc en 1983 verra la participation de nombreux collègues portugais.

Enfin, je renouvelle mes plus vifs remerciements au Comité National Portugais pour l'accueil chaleureux qu'il a réservé à notre délégation.

Rapport Général

Par
Armando Lencastre
Directeur HIDROPROJECTO

1. BREF RESUME DES COMMUNICATIONS PRESENTEES

Six communications sont présentées sur le thème 1

1.1 - La communication (1) de V. FRADE et R. BISCA, sur l'analyse comparative entre les méthodes d'irrigation de surface et par aspersion, s'insère dans le cadre des études relatives à l'aménagement du Baixo-Mondego, projet qui, en raison de son impact et de son importance régionale, a fait l'objet de nombreuses études, où l'application des critères et des méthodes d'analyse technico-économique ici décrites assume une importance particulière.

Cette communication vise, concrètement, l'analyse comparative entre les méthodes d'irrigation de surface et par aspersion. Les auteurs aboutissent à la conclusion que l'irrigation de surface (méthode des calants ou des sillons) est le système le plus avantageux à implanter sur le périmètre du Baixo-Mondego (sur 8.500 ha de la superficie totale de la plaine : 15.000 ha).

Après avoir fixé les valeurs des paramètres techniques relatifs à chaque système d'irrigation (période d'arrosage, dotations, efficiences, matériaux, etc.), on a essayé différents schémas de réseaux d'irrigation, préalablement conçus et dimensionnés.

Chaque schéma alternatif a été dimensionné moyennant le recours à la technique mathématique de la programmation linéaire, par laquelle on a cherché à optimiser le système, dans le sens de grandir le coût total minimum (investissements + charges d'exploitation) actualisé.

La comparaison économique a été effectuée sur la base du critère de l'actualisation, pour un taux de 11%, sur une période d'observation de 40 ans. Les coûts ont été évalués aux prix de l'énérgie de 0,3 F.F (3,50 escudos) par kwh.

Dans leurs conclusions, les auteurs soulignent le fait que, bien que pratiquement égales en ce qui concerne les investissements, les deux hypothèses présentent cependant des différences significatives quant aux charges d'exploitation (en particulier la consommation d'énergie); sous cet aspect, l'irrigation de surface se revèle particulièrement avantageuse.

1.2 -Dans la communication (6) R. RAPOSO et J. BELTRAO présentent une série d'éléments relatifs à l'irrigation par aspersion (installations stationnaires et installations automotrices) et l'irrigation localisée (mini-diffuseurs et goutte-à-goutte). Ces éléments peuvent fournir des indications quant à l'incidence des divers facteurs sur les coûts de ces modalités d'irrigation, qui sont également indiqués, ce qui permet d'en comparer les avantages et les inconvénients.

Ainsi, attribuant des valeurs moyennes pour les doses d'arrosage, les débits de pointe, les efficiences, la période de fonctionnement des installations et la hauteur manométrique, il a été possible de calculer les puissances des groupes et les consommations annuelles d'énergie des différents procédés d'irrigation. De même sont attribués des coûts d'investissement par hectare des mêmes types d'installations.

Les auteurs attirent l'attention sur ce que les chiffres présentés doivent être examinés avec quelques réserves, car ils ne traduisent que des situations moyennes.

1.3 - Dans la communication (7), M. BOUHAMIDI présente le cas du périmètre du Gharb, traditionnellement irrigué par gravité, dans lequel a été installé, en 1977, un secteur d'irrigation par aspersion, d'une superficie d'environ 2.600 ha.

Face à ce changement de méthode d'irrigation, le comportement des agriculteurs s'est révélé riche d'enseignements, quelques-uns déjà prévus par les

techniciens, d'autres, au contraire, totalement inattendus.

L'irrigation par aspersion a permis, sur le périmètre du Gharb, de définir des blocs d'irrigation de 250 m de large, ce qui a rendu la récolte mécanique de la canne à sucre plus rentable, grâce à une économie appréciable de main-d'oeuvre.

L'auteur expose succinctement les avantages et les inconvénients que l'on attribue traditionnellement aux deux méthodes, en matière d'investissements, énergie, main-d'oeuvre, nécessités de nivellement, entretien du réseau de canaux, consommation d'eau, etc.

Il signale diverses difficultés additionnelles résultant de l'introduction de l'irrigation par aspersion, notamment :

a) les problèmes relatifs à l'utilisation, à l'entretien, à la réparation et au remisage du matériel mobile.

b) les problèmes relatifs au fonctionnement défectueux des installations, qui conduisent à des consommations d'eau, dans les deux premières années, égales ou supérieures à celle de l'irrigation par gravité.

En conclusion, l'auteur souligne les aspects suivants : l'irrigation par aspersion a facilité la récolte mécanique de la canne à sucre ; elle a permis une meilleure utilisation du terrain et constitue un système doté d'une plus grande flexibilité ; toutefois, elle a soulevé quelques difficultés quant à l'utilisation des tuyaux mobiles et a conduit à des coûts d'investissement légèrement plus élevés et à des coûts d'énergie sensiblement supérieurs, et qui ne cessent d'augmenter.

Ce dernier point, d'après l'auteur, représente un élément de poids dans la prise de décision quant aux méthodes d'irrigation à adopter à l'avenir dans de nouveaux secteurs ou même d'autres périmètres.

1.4- En (9), dans la première partie, M. BENNANI fait une description générale du périmètre du Loukkos. Celui-ci est situé dans le Nord-Ouest du Maroc. La superficie à irriguer est d'environ 40.000 ha, divisée en cinq secteurs. Les secteurs se différencient soit par la nature des sols, soit par les ressources en eau qui y sont associées.

Compte tenu de la topographie et de la nature sablonneuse des sols, pour quatre de ces secteurs a été adoptée la méthode d'irrigation par aspersion.

Pour le cinquième secteur -Plaine et Basses Collines-on a estimé qu'il y avait intérêt à établir la comparaison entre l'irrigation par aspersion et l'irrigation gravitaire, étant donné que l'on pourra, en principe, appliquer l'une ou l'autre de ces méthodes. La comparaison proprement dite a porté sur une parcelle de 910 ha, située dans la Plaine de Ksar El Kébir.

Dans la deuxième partie, pour la parcelle en question, l'auteur définit les paramètres de base relatifs aux deux méthodes d'irrigation : cultures, dotations et efficiences d'irrigation, débits, périodes de fonctionnement des installations, etc.

La comparaison économique a porté sur les aspects suivants :

- coûts d'investissement.
- coûts de l'énergie électrique pour le pompage.
- coûts de la main-d'oeuvre pour l'irrigation.

On a adopté comme méthode de comparaison le coût annuel équivalent, en admettant un taux de 10% et en tenant compte de la période de durée des ouvrages.

L'auteur aboutit à la conclusion que les investissements pour l'irrigation par aspersion sont d'environ 9% inférieurs à ceux de l'irrigation de surface et que les coûts annuels équivalents sont pratiquement identiques pour les deux méthodes. Le choix devra donc tenir compte principalement de critères techniques, au niveau de la conception et de la facilité d'exploitation.

Dans ses conditions, il rappelle que des différences de l'ordre de 5% à 10% ne sont pas significatives et ne permettent pas de prendre des décisions. Les coûts d'exploitation (énergie, main-d'œuvre) varient en fonction de la conjoncture internationale et du système de gestion. Par exemple, l'étude a été effectuée sur le base d'un prix du kwh de 0,15 dh (année 1977) ; or, actuellement, ce prix est de 0,43 DH/kwh ; c'est pourquoi, si l'on procédait à une révision de l'étude compative, les résultats seraient favorables à l'irrigation gravitaire.

1.5 - En (10), R.RAPOSO présente la classification des méthodes adoptées à l'Institut Supérieur d'Agronomie.

Il fait une brève description de chacune de ces méthodes et des procédés d'irrigation qu'elles comprennent ; il en signale les avantages et les inconvénients, ainsi que les conditions d'utilisation.

Pour terminer, il souligne l'intérêt qu'offrent ces mêmes systèmes d'irrigation, dans notre pays et dans les conditions actuelles.

1.6 - En (17), A.HAMIDOU commence par faire une brève description des infrastructures du projet de Doukkala et des différents secteurs dont il se compose.

L'analyse comparative a porté sur les "casiers" de Boulaouane, irrigué par aspersion, et de Sidi-Bennour,

irrigué par gravité. La premier couvre une superficie de 1100 ha, le second de 10.000 ha.

Les travaux ont été réalisés en partie dans la même période et en partie en périodes légèrement différentes ; c'est pourquoi les coûts d'investissement, d'exploitation et d'entretien ne sont comparables que dans certaines limites.

A partir des résultats obtenus, soit quant aux coûts, soit quant aux taux d'occupation du sol et à leur évolution, l'auteur formule une série de considérations, parmi lesquelles nous détacherons les suivantes :

a) Les investissements sont plus élevés pour l'irrigation par aspersion, bien qu'ils aient été effectués, en moyenne, près de deux ans plus tôt. Il en est de même des coûts de l'énergie. Au contraire, le coût de la main-d'oeuvre est plus réduit.

b) Le taux d'occupation des sols, qui traduit, dans une certaine mesure, la facilité d'adaptation de l'agriculteur au nouveau système de production, est plus bas pour l'irrigation de surface.

c) D'une manière générale, l'exploitation et l'entretien des réseaux d'irrigation par aspersion sont plus économiques et plus faciles.

2 .LES COMMENTAIRES DU RAPPORTEUR GENERAL★

Le petit nombre de communications présentées ne permet pas au Rapporteur Général de faire, à partir d'elles, un résumé du "state-of-theart" sur le sujet en analyse.

Dans la suite de la discussion, on aura certainement la possibilité de rendre claire quelques données et supprimer quelques lacunes.

Cependant, le Rapporteur Général estime, de sorte qu'on puisse provoquer la discussion, devoir faire les commentaires suivants :

2.1 - Les communications (6) et (10) sont à caractère général. Dans (10) on fait un abrégé didactique des méthodes d'irrigation, soit par gravité soit par aspersion, en les comparant et en délimitant leur domaine d'application.

Les données de (6) sur les divers schémas d'irrigation par aspersion pourront être utiles dans les études comparatives à réaliser, bien que, en accord avec les auteurs eux-mêmes, il est nécessaire de prendre soin à la généralisation de ces données-là.

Cependant, l'utilisation de ces données pourrait avoir un plus grand intérêt, s'il était possible d'indiquer des éléments concernant le coût de main-d'oeuvre et le coût d'énergie.

2.2 - Les communications (7) et (17) traîtent des cas concrets et résultent de l'expérience des auteurs dans les périmètres d'irrigation, donc, elles nous apportent un grand intérêt.

La communication (7) contient des aspects d'un grand intérêt et attire l'attention sur quelques points dont, très souvent, il n'est pas tenu compte dans l'étude des deux méthodes d'irrigation. Toutefois, l'analyse comparative, en termes quantitatifs, n'est pas poussée à bout, ce qui d'ailleurs n'entrait certainement pas dans les intentions de l'auteur, comme il ressort du titre de la communication.

La communication (17) contient des enseignements très utiles. Toutefois, l'analyse comparative revêt quelques limitations : l'étude n'a pas porté sur la même superficie, les coûts ne se rapportent pas exactement à la même date, et les charges d'énergie et de main-d'oeuvre n'ont pas été actualisées.

En dépit de ces lacunes, et étant donné que les élément sur lesquels l'auteur s'appuie correspondent à deux situations concrètes (coût réel des ouvrages), on peut conclure, d'une manière générale, que l'irrigation par aspersion, tout en étant plus facilement acceptée par les agriculteurs, conduit cependant à des coûts, résultant principalement de la hausse du prix de l'énergie, qui risquent, dans certaines situations, de mettre en question cette méthode d'irrigation.

2.3 - Seulement (1) et (9) établissent une comparaison exhaustive entre l'irrigation par aspersion et l'irrigation de surface.

Comme il est évident, les études ont porté sur des zones où il n'existait, au départ, aucune limitation, en matière de sols, de topographie, de cultures, ou de disponibilités en eau, qui puisse constituer un obstacle à l'adoption de l'une quelconque des deux méthodes.

Quant à l'analyse économique, après avoir évalué les coûts d'investissement et les coûts d'exploitation (énergie pour le pompage et main-d'oeuvre), les deux auteurs ont appliqué la technique de l'actualisation.

Malgré tout, les critères adoptés pour la comparaison finale entre les coûts des deux méthodes sont apparemment distincts :

★Communications :(1) V.Frade et R. Bisco, (6)R.Raposo et J. Beltraó, (7) M.Bouhamidi, (9) A. Bennani, (10) R.Raposo, (17) A.Hamidou.

- dans les cas du Baixo-Mondego, la comparaison a été établie entre les coûts totaux actualisés, relatifs à une période de 40 ans (période d'observation égale à la vie utile de l'ouvrage le plus durable).

- dans le cas du périmètre de Loukkos, la comparaison a porté sur le coût annuel ; à cet effet, on a transformé l'investissement en série d'annuités - ''coût annuel équivalent''(ou amortissement économique) -auxquelles ont été ajoutées les charges annuelles d'exploitation.

Il faut souligner, cependant, que, bien que formellement distincts, les critères en question sont l'un et l'autre cohérents et parfaitement équivalents. Ceci résulte du fait qu'il s'agit de la comparaison économique entre des projets où les charges d'exploitation seront constantes et où les investissements exigent seulement leur renouvellement futur (il n'y a pas d'agrandissements).

En effet, il serait facile de démontrer que, dans ces conditions, le rapport entre les coûts annuels, tels qu'ils sont définis dans la communication (9) sur le périmètre de Loukkos, et le rapport entre les coûts totaux actualisés, correspondant à une période d'observation préalablement fixée(critère de la communication (1) sur le périmètre du Baixo-Mondego), auraient une valeur identique.

Quant aux conclusions des deux études présentées, nous pourrons peut-être affirmer qu'elles sont également l'une et l'autre très semblables, si l'on considère des prix plus réalistes pour l'énergie et pour la main-d'oeuvre sur le périmètre de Loukkos.

Autrement dit, quand les conditions de sol et la topographie sont favorables, l'irrigation par gravité semble être la solution la plus économique.

2.4 - Pour amorcer la discussion, je signale quelques différences dans le choix de la valeur de certains paramètres fondamentaux. Ainsi :

Communication N°	Méthode d'irrigation	Efficience globale	Période de fonctionnement	
			heures/jour	jour/mois
(1)	Aspersion	0,85	20	30
	Surface	0,70	16	30
(6)	Aspersion	0,70-0,95	10-20	24-30
	Surface	-	-	-
(9)	Aspersion	0,80	20	30
	Surface	0,56	20	30

3. REMERCIEMENTS

Je remercie la commission Portugaise d'Irrigation et de Drainage de m'avoir fait confiance en me désignant comme rapporteur général de ce thème.

Je remercie M. R. BISCA et M. J. SALSINHA de leur collaboration, soit dans le rapport général, soit dans les annexes.

Je remercie M. J. HAUPT de son travail dans la traduction du texte.

Je remercie tous les présents de leur attention lors de mon exposé.

Lisez Hommes Terre et Eaux

Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires

Annexes au rapport général
Considérations générales

A quinze jours de la date du 15 février, prévue pour la réalisation des "Journées" , le Rapporteur Général ne disposait que de la communication (1). On se rappelle que l'ajournement n'a été décidé qu'au 4 février.

Il était difficile d'élaborer un "Rapport Général"à partir d'une seule communication... Le rapporteur devait donc recourir à quelques idées recueillies à partir de travaux qu'il a lui même orientés, afin de pouvoir produire un document qui puisse offrir une base minima pour un échange de points de vue entre les participants aux Journées.

Heureusement, l'ajournement des Journées a permis la présentation de communications de grande valeur. Aussi, la contribution personnelle du Rapporteur Général a perdu l'opportunité.

Néanmois, le document qui était déjà élaboré, a-t-il été présenté à la Commission Portugaise, laquelle, quoiqu'en reconnaissant l'accroissement du nombre de communications, a jugé utile la présentation du document cité.

A.1 - CRITERES DE COMPARAISON ECONOMIQUE HYPOTHESES ALTERNATIVES

A.1.1 - Technique d'actualisation

Dans la comparaison économique de différentes hypothèses de solution que l'on aura parfois à envisager, surgit très souvent la nécessité de tenir compte, simultanément, du volume des capitaux à investir et des charges futures d'exploitation ; c'est pourquoi, il importe de définir un critère permettant d'établir l'équivalence entre ces dépenses, avec un échelonnement différent dans le temps.

En effet, une unité monétaire à dépenser (ou à recevoir) n'aura pas, dans cinq ans, la même valeur qu'elle a aujourd'hui.

Il nous semble donc que le seul critère capable de permettre d'une façon générale la confrontation effective entre les charges successives, au long de dizaines d'années, est le **critère d'actualisation.**

" Le taux d'actualisation bien qu'étant en relation avec le taux d'intérêt en vigueur sur les marchés monétaire ou financier, n'est cependant pas la même chose.

D'abord, parce que le taux en vigueur sur ces marchés n'est pas unique : il faut souligner que les taux pratiqués dans les milieux bancaires varient entre d'amples limites, suivant qu'il s'agit de la rémunération de dépôts à vue et avec préavis ou bien de prêts à long terme des institutions de crédit. En second lieu, parce qu'il faut tenir compte d'autres éléments, dont quelques-uns même intrinsèquement subjectifs, et qui dans le fond, traduisent une appréciation relativement à l'avenir. Le taux d'actualisation se présente ainsi, non pas sous l'aspect d'un instrument d'enrichissement pour le détenteur du capital, mais comme une espèce de crible économique, entre différents projets qui ne peuvent être réalisés simultanément, pour des raisons techniques ou financières...

Fixer un taux d'actualisation élevé revient à déprécier fortement l'avenir, tandis que fixer un taux faible signifie lui attribuer au contraire une grande valeur.

Dans le cas d'une entreprise publique, le choix d'un taux d'actualisation doit être fait en accord avec le gouvernement. Dans le cas d'une entreprise privée, ce choix dépend de la politique générale de l'entreprise : il doit tenir compte de ses possibilités d'investissement actuelles et futures, ainsi que de sa situation financière. Ces éléments dépendent d'ailleurs des conditions et

du marché national des capitaux, des taux d'intérêt correspondant aux différents types de prêts possibles (1)."

Il est donc clair que la fixation de la valeur à attribuer au taux d'actualisation est un problème de politique personnelle, de l'entreprise, du Gouvernement.

Soulignons d'ores et déjà que, dans la comparaison économique entre divers projets, ou leurs alternatives, deux situations distinctes peuvent se présenter :

a) la position relative de ces projets varie quand on modifie le taux d'actualisation (ce qui est, d'ailleurs, le cas le plus fréquent) ;

b) la position relative des projets se maintient invariable, à l'intérieur d'une zone relativement ample de valeurs (celle qui est communément acceptée par diverses individualités).

Dans le cas de la situation b), le problème est, naturellement, largement facilité.

A.1.2 - Critère de comparaison : la méthode du bénéfice actualisé.

Pendant **n** années tout projet donne origine à une succession de dépenses :

Do, D1, ... Dj ... Dn

dont la valeur actualisée sera :

$$D = Do + \sum_{1}^{n} \frac{Dj}{(1+a)^j}$$

et de recettes:

Ro, R1 ... Rj .... Rn

dont la valeur actualisée sera :

$$R = Ro + \sum_{1}^{n} \frac{Rj}{(1+a)^j}$$

où **a** représente le taux d'actualisation.

En principe, un projet sera d'autant plus avantageux que le bénéfice actualisé correspondant sera plus élevé, autrement dit que sera plus grande la différence B = R -D.

(1) - Manuel d'analyse des projets industriels dans les pays en voie de développement - Volume I (Méthologie et étude des cas) Centre de Développement de l'Organisation de Coopération et de Développement Economiques. Paris, 1968.

La figure montre la valeur de la fonction $\frac{1}{(1+a)^n}$ pour différentes valeurs de **a** et **n**.

Dans le cas de la comparaison entre différentes alternatives, il n'est pas toutefois indispensable de recourir à la détermination du bénéfice actualisé correspondant à chacune des hypothèses, étant donné que toutes correspondent à la satisfaction du même objectif et procurent par conséquent des recettes identiques. Il suffit donc de comparer les séries de dépenses relatives à chacune des hypothèses, après avoir calculé les valeurs actualisées correspondantes.

L'hypothèse la plus favorable sera, naturellement, celle qui offre le plus faible coût total actualisé.

A.1.3 - L'influence de l'inflation

Dans les périodes d'inflation, comme celle que nous traversons actuellement, se pose le problème de savoir comment conduire ces études : sur la base des''prix courants''ou des''prix constants''?

Dans les études orientées par l'auteur, la plupart des économistes commandent d'utiliser les''prix constants'',ce qui signifie que l'on ne tient compte d'aucune aggravation de coût pour aucun des prix actuels calculés, le risque d'inflation étant implicitement considéré dans le taux d'actualisation adopté.

A.1.4 - Essais de sensibilité

Etant donné les points d'incertitude de ces études économiques, on a parfois recours à ce que l'on appelle un''essai de sensibilité'', où les calculs sont élaborés pour diverses hypothèses de valeur des paramètres fondamentaux, surtout le taux d'actualisation.

Toujours dans la ligne de ces essais de sensibilité , on peut adopter des périodes d'observation différentes.

A.1.5 - Valeur résiduelle

Outre l'actualisation des coûts, un autre problème se pose quand un équipement donné a une durée physique supérieure à la période d'analyse du projet, ou bien quand son utilité prend fin avant qu'il soit physiquement détérioré.

Surgit alors le concept de ''valeur résiduelle''du projet.

La valeur résiduelle est, par définition, la valeur que cet équipement pourra avoir sur le marché, dans l'hypothèse de sa commercialisation après **x** années d'utilisation.

Bien qu'il s'agisse d'une notion très simple, il n'est normalement pas facile d'obtenir cette valeur de marché. Ainsi, on aura recours à un raisonnement qui, permettant de contourner ce problème, fournit une expression pour le calcul de la valeur résiduelle.

Supposons qu'un équipement donné a une durée prévisible de **N** années, mais que **M** seulement de ces années sont contenues dans la période d'analyse. Pour déterminer la valeur de cet équipement nous admettrons que son coût est **C** et qu'il équivaut à un autre équipement d'une durée de 1 année seulement et d'un coût **X**.

Comme ce second équipement doit être renouvelé tous les ans, son coût actuel c'durant la période de **N** années serait :

$$C' = \underline{X} \sum_{j=0}^{N-1} \frac{1}{(1+a)^j} = X \frac{1 - \frac{1}{(1+a)^N}}{1 - \frac{1}{1+a}}$$

Pour que les deux équipements soient équivalents, on devra constater l'égalité :

$$C = C'$$

D'où:
$$X = C \frac{1 - \frac{1}{1+a}}{1 - \frac{1}{(1+a)^N}}$$

Suivant le même raisonnement, on conclut facilement que la valeur résiduelle de l'équipement au bout de **M** années d'utilisation devra être :

$$R = X \sum_{i=M}^{N-1} \frac{1}{(1+a)^i} = \underline{X} \frac{\frac{1}{(1+a)^M} - \frac{1}{(1+a)^N}}{1 - \frac{1}{1+a}}$$

Remplaçant **X** on obtient :

$$R = C \frac{\frac{1}{(1+a)^M} - \frac{1}{(1+a)^N}}{1 - \frac{1}{(1+a)^N}}$$

A.1.6 - Prix de l'énergie

Il faut également tenir compte du prix à adopter pour l'énergie, aspect de la plus haute importance dans la plupart des études et des projets d'irrigation.

La définition de cette valeur ne semble pas facile, étant donné la situation de crise énergétique, qui s'est constamment aggravée.

En termes moyens, nous pouvons constater que, pour une période d'observation n = 30 ans, et un taux d'actualisation a = 16 %, considérer, pour le coût de l'énergie, un taux d'aggravation b = 4 % revient à considérer un prix constant C'_k d'environ 1,3 fois supérieur au prix C_k de l'énergie au début de la période, comme on peut le conclure de l'expression :

$$\frac{(\frac{1+b}{1+a})^n - 1}{(\frac{1+b}{1+a}) - 1} C_k = \frac{(\frac{1}{1+a})^n - 1}{\frac{1}{1+a} - 1} C'_k$$

ce qui donne $C'_k = 1{,}3\ C_k$

Tableau 1.

N°	DESIGNATION DE LA RUBRIQUE	DUREE DE VIE	TAUX DE RENOUVELLEMENT ANNUEL	TAUX D'ENTRETIEN ANNUEL	TAUX ANNUEL DE MAINTENANCE
1	Génie civil	50 ans	0%	1%	1%
2	Batiment et petit génie civil	50 ans	0%	2%	2%
3	Canaux en terre non revêtus	50 ans	0%	5%	5%
4	Canalisations	50 ans	0%	1%	1%
5	Gros appareillage	50 ans	0%	2%	2%
6	Petit appareillage	20 ans	5%	5%	10%
7	Matériel tournant en utilisation continue	10 ans	10%	5%	15%
8	Matériel tournant en utilisation discontinue	20 ans	5%	5%	10%
9	Matériel d'automatisme et de régulation, appareillage électrique	10 ans	10%	5%	15%

A.1.7 - Période de vie utile et charges de rénovation, d'entretien et d'exploitation

Il nous reste à analyser les aspects suivants, à considérer dans les études économiques :

- période de vie utile des batiments et des équipements ;
- charges de rénovation, d'entretien et d'exploitation.

Nous citons (Tableau 1) quelques valeurs, extraites d'études de la spécialité (1), soit pour la définition de la période de vie utile, en années, soit pour l'estimation des charges moyennes annuelles en question, exprimées en pourcentage du coût initial.

A.2 - APPLICATION DES PRINCIPES GENERAUX AU DIMENSIONNEMENT ECONOMIQUE DE CONDUITES ELEVATOIRES

A.2.1 - Position du problème

Les principes généraux énoncés plus haut ont été appliqués d'une manière systématique au calcul de conduites élévatoires(2).

Considérons, par exemple, un débit à transporter, par pompage à une distance déterminée, le calcul du diamètre et, en conséquence, de la perte de charge , sera orienté, en fin de compte, par des raisons d'ordre économique ; on s'efforcera d'obtenir des coûts totaux minima d'investissement et d'exploitation. Nous nous occupons ci-dessous des conduites élévatoires, étant donné que c'est le cas le plus général qui se présente aux projétistes.

Dans la plupart des cas, l'influence de la différence des coûts des stations élévatoires est faible, par rapport aux coûts des conduites. Ainsi, tout au moins en une première approximation, nous pouvons nous limiter à considérer seulement les investissements dans les conduites.

A.2.2 - Coût de la conduite

Le coût C_c par mètre de conduite peut être exprimé en fonction du diamètre D, par une équation du type :

$$C_c = C_1 + C_2 D^{\alpha}$$

où C_1 et C_2 et α sont des cœfficients obtenus à partir de l'analyse du coût total des canalisations terminées, où est englobé le coût des conduites, des accessoires, du montage, de l'ouverture et de la fermeture de fossés et de tous les travaux accessoires qui varient avec le diamètre et qui conditionnent les coefficients C_2 et α .

Dans la pratique, on constate, au Portugal(1), que α varie de 1,2 à 2,2 et que C_2 (quand C_c est exprimé en milliers d'escudos par mètre, et D en mètres) varie de 10 à 30, suivant la pression de service, le matériel de la conduite, les caractéristiques du terrain et les conditions locales de travail(2).

A.2.3 - Coût de l'énergie

En ce qui concerne la consommation d'énergie, on admet que le pompage, au long de l'année, est effectué en un temps t, en secondes, à un débit constant Q en m^3/s. L'énergie dépensée par mètre de conduite et par unité de poids écoulé est i. Au long d'une année, et par mètre de conduite, le coût de l'énergie C_e sera alors en admettant que le rendement du pompage est η et que le poids spécifique est γ :

$$C_e = \frac{\gamma Q t}{\eta} \times i \times \frac{C_k}{9{,}8 \times 3{,}67 \times 10^5}$$

où C_k est le coût du kwh et C_e est exprimé dans les mêmes unités que C_k.

Pour l'eau, on a γ = 9.800 N/m3 ; en général, pour de grandes pompes, on peut prendre η = 0,75 ; si nous représentons par T le temps de pompage journalier, en heures, la dépense annuelle d'énergie sera, par simple substitution des unités :

$$C_e = 4{,}77 \times 10^3 \times Q \; i \; C_k \; T$$

Il peut arriver que les volumes à transporter augmentent progressivement au long des n années pour lesquelles est projetée l'installation et s'accroissent à un taux constant b. Si T_F est la valeur de T à la fin de la période de n années, le temps de pompage, en l'année j, sera :

$$T_j = \frac{T_F}{(1+b)^{n-j}}$$

---

(1) - R.CLEMENT et A.GALAND-Irrigation par aspersion et réseaux collectifs de distribution sous pression -Editions Eyrolles, Paris, 1979.

(2) - LENCASTRE, A - Manual de Hidraulica Geral. 3e édition portugaise (sous presse)

(1) - Cálculo Económico de Condutas (Calcul économique des conduites). Document interne de l'''Hidroprojecto''- Lisbonne 1981.

(2) - Il faut signaler que, au Portugal, aux conduites en béton correspondent α=1,3 ; $C_2 \approx$ 12 à 15 (excavation en terre) ; $C_2 \approx$ 18 à 21 (excavation en roche) ; et, aux conduites en amiante-ciment : α = 2,0 ; $C_2 \approx$17 à 25 (excavation en terre) ; $C_2 \approx$25 à 30 (excavation en roche)

Dans ces conditions, la dépense totale d'énergie **D**, au long des **n** années sera exprimée par :

$$D_e = 4{,}77 \times 10^3 \; Qic_k \; T_F \cdot \sum_{j=1}^{n} \frac{1}{(1+\underline{b})^{n-j}}$$

Si l'on procède à l'actualisation des dépenses annuelles d'énergie, en admettant un taux d'actualisation **a**, la dépense totale d'énergie actualisée au bout de **n** années sera :

$$D_e = 4{,}77 \times 10^3 . \; Qic_k \; T_F \; K_o$$

avec

$$\underline{K_o} = \sum_{j=1}^{n} \frac{1}{(1+b)^{n-j}(1+a)^j}$$

soit

$$\underline{K_o} = \frac{1}{(1+b)^n} \sum_{j=1}^{n} \frac{1}{(1+\delta)^j}$$

si nous considérons :

$$\delta = \frac{a - b}{1 + b}$$

Le calcul du paramètre K_o ainsi défini sera simple, moyennant l'utilisation des tables financières classiques, ou à partir de l'expression suivante(1) :

$$\underline{K_o} = \frac{1}{(1+b)^n} \cdot \frac{1}{\delta} \cdot \left(1 - \frac{1}{(1+\delta)^n}\right)$$

A.2.4 - Le diamètre le plus économique

Le diamètre le plus économique sera celui qui permettra d'obtenir la valeur minima pour la somme du coût de la conduite et de la dépense d'énergie, et peut être exprimé par l'équation de minimum :

$$\frac{\partial \underline{C}_c}{\partial \underline{D}} + \frac{\partial \underline{D}_e}{\partial \underline{D}} = 0$$

ou bien :

$$\frac{\partial \underline{D}_c}{\partial D} + \frac{\partial \underline{D}_e}{\partial D} = C_2 \alpha D^{\alpha - 1} + 4{,}77 \times 10^3 \; \underline{Q} \; \underline{C_k} \; \underline{T_F} \; K_o \frac{\partial i}{\partial \underline{D}} = 0$$

(1) - Dans cette expression, on ne tient pas compte de l'influence qu'une seconde conduite, à installer à la fin de l'horizon du projet, (**n**), peut exercer sur la valeur du diamètre économique de la première conduite. Cependant, on a constaté que cette influence, qui modifierait l'expression de K_o, n'a une signification pratique qu'en ce qui concerne la fixation de la valeur de l'horizon du projet, **n**, dont nous nous occuperons plus loin.

Suivant la formule de Manning-Strickler, l'expression de la perte de la charge unitaire est :

$$i = \left[\frac{3{,}2 \; Q}{K_s \; \underline{D}^{8/3}}\right] 2$$

D'où:

$$\frac{\partial i}{\partial D} = - 54{,}6 \frac{Q^2}{K_s^{\,2} \; \underline{D}^{19/3}}$$

Substituant et résolvant, on obtient :

$$\underline{D} = \underline{K_1} \cdot \underline{K_2} \cdot \underline{K_3} \; Q^{\beta} = K \; Q^{\beta}$$

avec :

$$\beta = \frac{3}{5{,}33 + \alpha} \quad ; \quad \underline{K_1} = \left[K_o\right]^{\beta/3}$$

$$\underline{K_2} = \left[\frac{2{,}6 \times 10^5}{\alpha C_2 \; K_s^{\,2}}\right]^{\beta/3} \quad ; \quad \underline{K_3} \left[C_k \times 10^{-3} \; . \; T_F\right]^{\beta/3}$$

où :

α, β, et K_o sont sans dimension ; K_s est exprimé en $m^{1/3}/s$; T_F en heures ; C_k en escudos/kwh et C_2 en (10^3 escudos) x $m^{-(\alpha + 1)}$; les dimensions de K_2 et K_3 sont, respectivement :

$$\left[K_2\right] = kW^{\beta/3} . \; s^{\beta} \; . \; m^{\frac{\beta}{3}(\alpha - \frac{11}{3})} . \; (10^3 \text{ escudos})^{-\beta/3}$$

$$\left[K_3\right] = (10^3 \text{ Escudos/kW})^{\beta/3}$$

Notons que, pour déterminer K_o, il faut fixer la valeur **n** du nombre d'années de l'horizon du projet. Théoriquement, **n** dépend de **a**, **b** et α, bien que dans la pratique, seuls α et **a** aient une incidence significative sur sa valeur. La valeur de **n** est donnée par l'abaque a)(1)

Le paramètre K_1 dépend explicitement du taux d'actualisation **a**, du taux de croissance des débits, **b**, de l'exposant α et du nombre d'années de l'horizon du projet **n**. La valeur de K_1 est également donnée par l'abaque a).

(1) - Si l'on ne prévoit aucune variation dans les volumes à transporter, autrement dit si b = O, ce qui pourra être le cas pour des projets d'irrigation, pour des projets industriels, ou même pour l'approvisionnement de petites localités rurales, le choix d'un horizon économique n'a évidemment aucun sens. Dans ces cas, on prendra pour n le nombre d'années de vie utile prévisible pour la conduite projetée. A titre indicatif, nous citons les valeurs usuelles de 40 années pour la vie utile de petites et moyennes conduites, et de 60 années pour les grands adducteurs.

DIMENSIONNEMENT ECONOMIQUE DES CONDUITES ELEVATOIRES

- Evolution des volumes (V) à transporter :

  $V_j = 3600\, QT_j = V_o\,(1+b)^j \quad (m^3/\text{jour})$

- Coût total des conduites par metre :

  $C_c = C_1 + C_2\, D^{\alpha}$: $C_c - 10^3$ escudos/m; et $D - m$

- Coefficient de rugosité - K_s - $m^{1/3}/s$
- Coût du kwh C_k — escudos/kwh
- Taux d'actualisation: a
- Période de pompage à la fin. T_F heures

Utilisation:

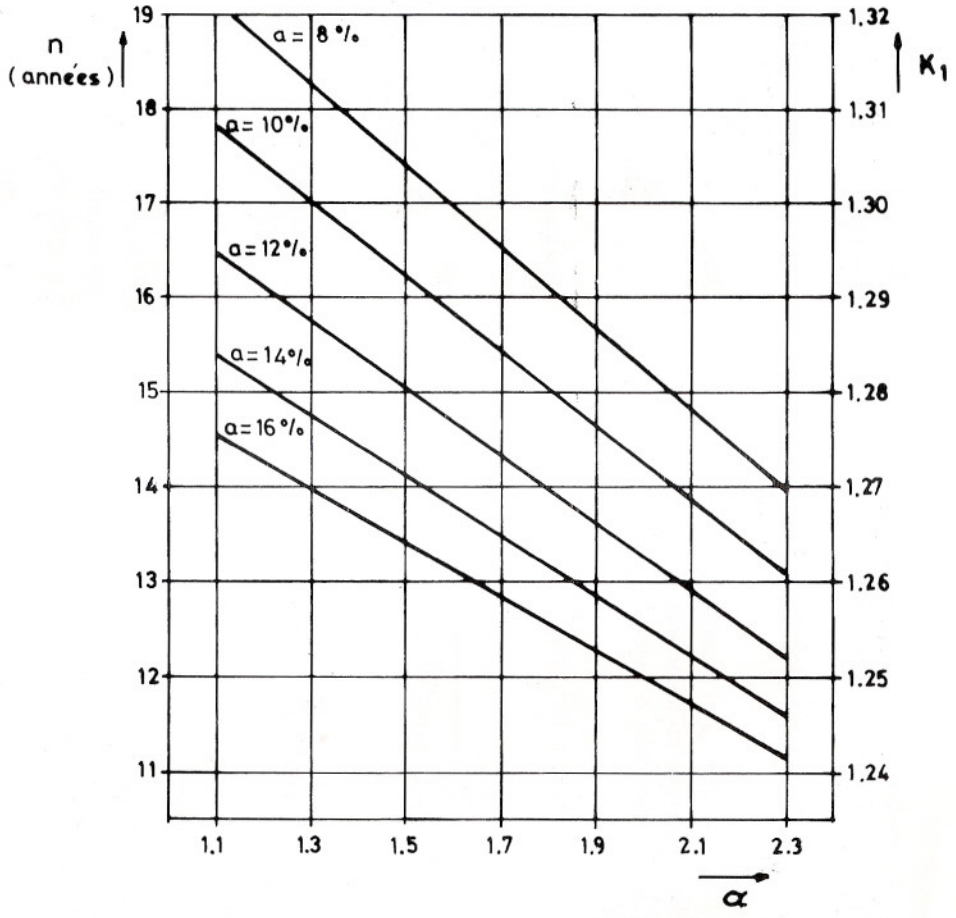
- à partir de a) déterminer n (années) et K_1 (2)
- à partir de b) déterminer K_2
- à partir de c) déterminer K_3
- Calculer $\beta = \dfrac{3}{5.33 + \alpha}$
- Calculer $Q = \dfrac{Vo}{3600\ T_F}\,(1+b)^n \quad (m^3/s)$
- $D = K_1\, K_2\, K_3\, Q^{\beta}$ (m)

---

(1) - Càlculo económico de condutas - Document interne de l'Hidroprojecto - Lisbonne, 1981

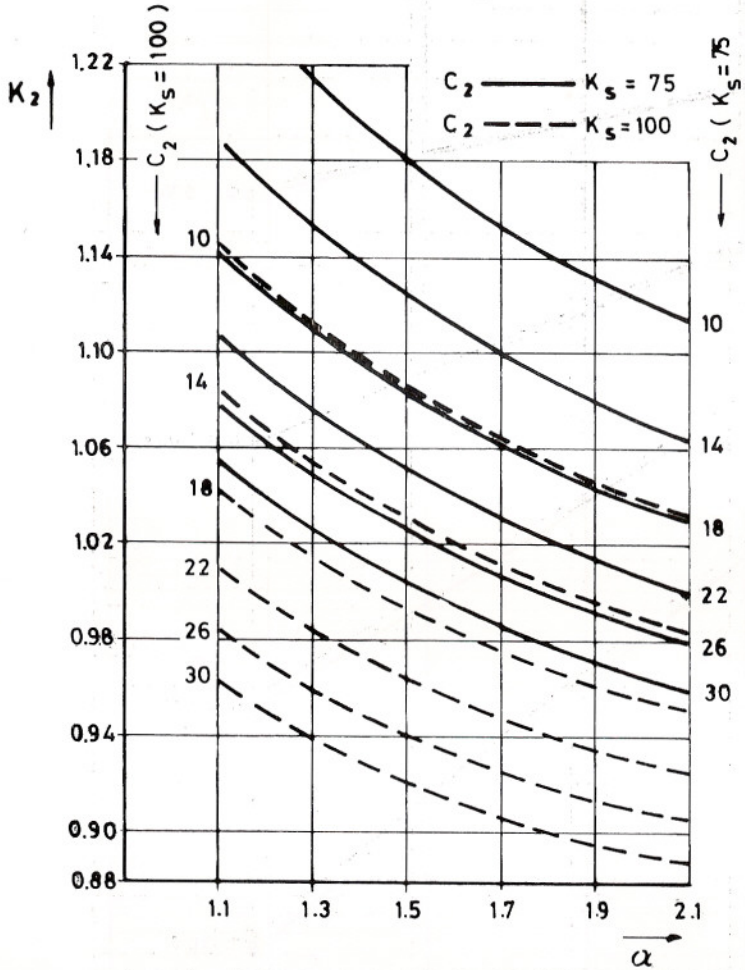
(2) - Quand $b > 0$. Si $b = 0$, consulter le texte, observation de la page 21.

a) Valeurs de n et K_1

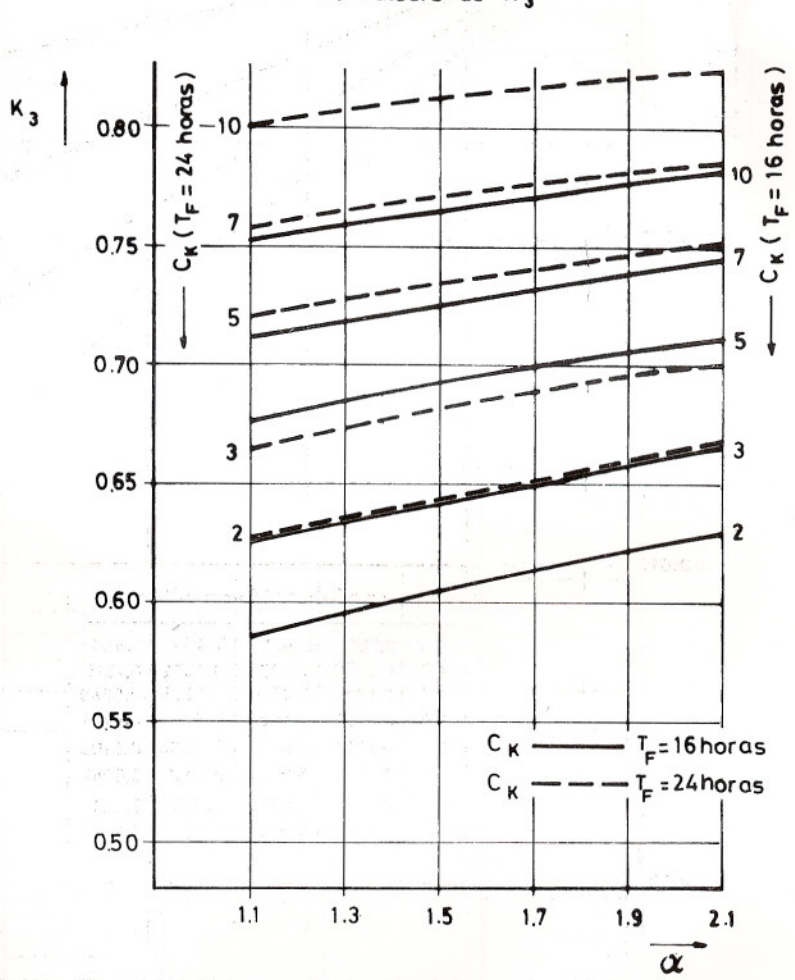


DIMENSIONNEMENT ECONOMIQUE DES CONDUITES ELEVATOIRES (suite)

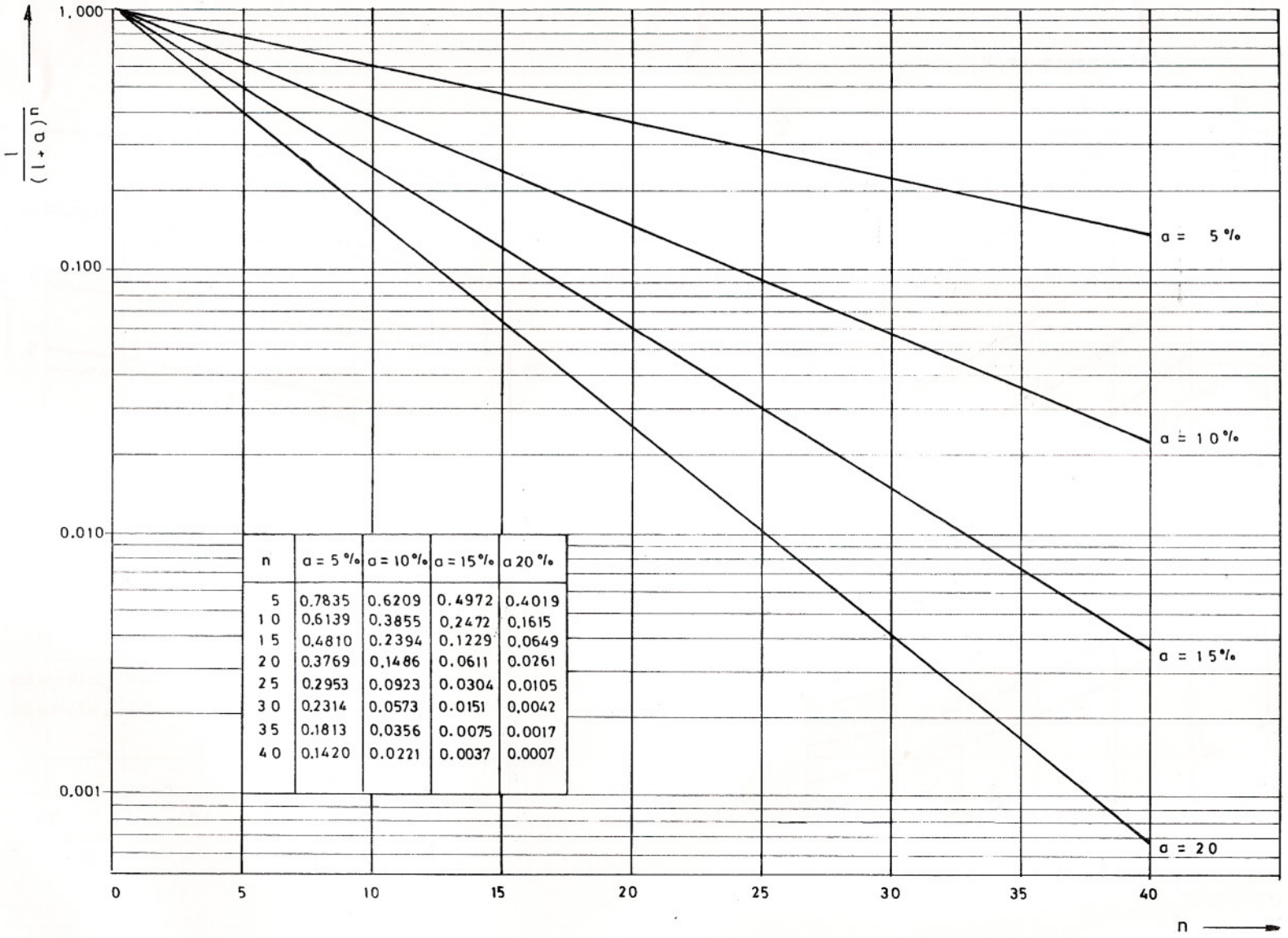
b) Valeurs de K_2



c) Valeurs de K_3



COEFFICIENTS D'ACTUALISATION



n	a = 5 %	a = 10 %	a = 15 %	a 20 %
5	0.7835	0.6209	0.4972	0.4019
10	0.6139	0.3855	0.2472	0.1615
15	0.4810	0.2394	0.1229	0.0649
20	0.3769	0.1486	0.0611	0.0261
25	0.2953	0.0923	0.0304	0.0105
30	0.2314	0.0573	0.0151	0.0042
35	0.1813	0.0356	0.0075	0.0017
40	0.1420	0.0221	0.0037	0.0007

Le paramètre K_2 traduit les caractéristiques des tuyaux : coût, rugosité. L'abaque b) indique les valeurs de K_2 en fonction de C_2, α et K_s.

Le paramètre K_3 traduit l'influence du coût de l'énergie et du temps de pompage ; ses valeurs sont données par l'abaque c), en fonction de C_k, α et T_F.

A.2.5 - Solution approximative

Considérant l'amplitude de variation des paramètres intervenant dans les calculs, les valeurs les plus probables de K se situent entre 0,7 et 1,2 et celles de β entre 0,40 et 0,45.

Dans ces conditions, en une **première approximation** le diamètre économique pourra être calculé à partir de la formule simplifiée :

$$D \approx 0{,}95\ Q_2^{0{,}43}$$

où :

D est exprimé en m et Q en m^3/s; **Q** est le débit, constant, à transporter, et est fixé d'après les besoins d'adduction à la fin de l'horizon du projet **n**. Dans la pratique, et dans les conditions actuelles, on peut prendre **n** égal à 15 années.

En effet, les incertitudes quant aux coûts des conduites et de l'énergie, et même quant aux variations de débit, ne justifient pas, tout au moins dans les cas les plus simples, et au niveau du prédimensionnement, des calculs très rigoureux.

A.2.6 - Exemple

La conduite devra élever (nécessités d'adduction relatives à un horizon de 15 ans) un débit de 350 1/s ; le taux annuel d'acroissement des volumes à transporter est de b = 2,5% ; le taux d'actualisation est a = 12% ; le matériel à utiliser est le béton ; le coût du kwh est de esc.3$00;période de pompage : 24 heures à la fin de l'horizon du projet. La conduite est en béton, avec un coefficient de rugosité $k_s = 75\ m^{1/3}/s$.

On se propose de calculer le diamètre le plus économique pour la conduite élévatoire.

Solution

- Appliquant la formule simplifiée, la valeur du diamètre serait :

$$D = 0{,}95 \times Q^{0{,}43} = 0{,}95 \times (0{,}350)^{0{,}43} \approx 0{,}605\ m$$

Si l'on appliquait la formule plus développée, c'est-à-dire : $D = K_1 . K_2 . K_3\ Q^{\beta}$, avec les définitions présentées plus haut, nous aurions :

- le coût total des conduites de béton (au Portugal, 1981) peut être exprimé par la formule :
$C_c = 1{,}8 + 17\ D^{1{,}3}$, **D** étant exprimé en mètres et C_c en milliers d'escudos ; d'où $C_2 = 17$; $\alpha = 1{,}3$:

- on aura alors, $\beta = 3/(5{,}33 + \alpha) = 0{,}45$:

- les abaques donnent :
$n = 16$; $k_1 = 1{,}29$; $k_2 = 1{,}12$ et $k_3 = 0{,}67$.

D'où :
$D = k_1\ k_2\ k_3\ Q^{\beta}$
$D = 1{,}29 \times 1{,}12 \times 0{,}67 \times (0{,}350)^{0{,}45} \approx 0{,}604\ m$

Comparaison technico-économique des méthodes d'irrigation de surface et par aspersion

Cas du périmètre du "Baixo Mondego"

Par
Veiga Frade
Ingénieur Civil - HIDROPROJECTO,
Assistant à l'Institut Supérieur du Génie Civil
et
Ramos Bisca
Ingénieur Agronome - HIDROPROJECTO,
Assistant à l'Institut Supérieur d'Agronomie.

RESUME

Nous présentons ici quelques uns des résultats les plus significatifs d'une analyse comparative entre les méthodes d'irrigation de surface et par aspersion, réalisée dans le cadre d'une étude préalable élaborée pour le périmètre du Baixo-Mondego, sur une superficie approximative de 15.000 ha. On conclut que l'irrigation de surface (méthodes des planches ou des sillons) est plus avantageuse, pour la zone en question.

1. INTRODUCTION

La plaine du "Baixo-Mondego" (d'une superficie de 15.000 ha), qui s'étend entre les villes de Coimbra et de Figueira da Foz, dans la zone centrale du Portugal, disposera prochainement d'un système de lits régularisés et de défense contre les crues (dont les travaux sont actuellement en cours), qui permettra de remédier à la situation actuelle, caractérisée par des inondations fréquentes des champs, au grave préjudice des cultures, et garantira en outre une utilisation plus rationnelle des potentialités agricoles de cette zone (Fig. 1).

En vue de cet objectif, une étude préalable(★) a été élaborée relative au système d'irrigation à implanter sur tout le périmètre, et englobant l'analyse comparative des méthodes d'arrosage de surface et par aspersion et leur application dans la zone du Baixo-Mondego. De cette étude, nous avons extrait quelques-uns des résultats les plus importants et les plus significatifs, ainsi que les données de base qui lui ont servi de support et qui, conjointement avec l'analyse de la signification de ces résultats, constituent la présente communication.

(★) - L'étude a été élaborée à l'HIDROPROJECTO à la demande de la Direction Générale des Ressources et des Aménagements Hydrauliques (DGRAH).

2. DONNEES DE BASE

Pour l'analyse technico-économique comparative des deux méthodes d'irrigation, on a utilisé les données fournies par le client pour lequel le travail a été réalisé (DGRAH), dont on a considéré les valeurs comme suffisantes pour les conclusions de la comparaison :

a) Superficie utile globale : 8.500 ha; on a seulement exclu environ 4.000 ha, localisés dans la zone terminale (près de l'embouchure) de la plaine, où les sols soulèvent des problèmes de salinité et de drainage, et où l'on prévoit la culture du riz ; on a également exclu 1.500 ha (vallées de Cernache et de l'Ega et une petite partie de la vallée du Pranto) dont les caractéristiques topographiques déconseillent l'irrigation de surface ;

b) Période d'arrosage : mai à septembre :

c) Heures d'arrosage dans le mois de pointe : 20 heures par jour pour l'arrosage par aspersion et 16 heures par jour pour l'arrosage de surface ; 31 jours par mois ;

d) Dotations d'arrosage : 500 m³/ha pour l'arrosage par aspersion et 600 m³ pour l'arrosage de surface ;

e) Efficacités : 85% pour l'arrosage par aspersion et 70 % pour l'arrosage de surface ;

f) Distance entre les fossés de drainage : 500 m ;

g) Critère économique de comparaison : critère d'actualisation, au taux de 11% pour une période de 40 ans, aux prix constants de 1979 ;

h) Coût du kwh : 0,3 francs français ;

i) Matériaux utilisés : réseau mobile (alliage léger d'aluminium, d'acier galvanisé et de plastique), réseau fixe (fibrociment) ;

j) Pente moyenne des terrains :0,1% ;

k) Réseau primaire d'irrigation : l'analyse a été étendue aux réseaux secondaire, tertiaire et aux stations élévatoires partant d'un réseau primaire commun, constitué par un canal d'irrigation qui se déroule le long du lit central du Mondego entre Coimbra et Figueira da Foz.

3.METHODOLOGIE DE L'ETUDE

Pour cette étude, on a adopté une méthodologie qui comprend fondamentalement deux parties distinctes. Dans la première, on a essayé divers schémas d'irrigation-aires desservies par une seule station élévatoire (cas de l'aspersion) ou par une seule prise d'eau dans le canal principal (cas d'irrigation de surface), de manière à obtenir, entre les solutions techniquement viables, la plus économique, pour diverses hypothèses de tracé des réseaux secondaire et tertiaire. Dans la seconde partie, après avoir sélectionné le meilleur schéma, on a procédé à sa généralisation à tout le périmètre d'irrigation, afin de tenir compte des particularités des différents blocs de la vallée centrale et des vallées latérales, et d'obtenir des coûts plus conformes à la réalité.

a) **Irrigation par aspersion**

On a développé différents schémas de réseau tertiaire (réseau mobile relié aux bornes d'arrosage) chacun couvrant une parcelle dont les superficies varient entre 9 et 30 hectares.

Ces schémas ont été groupés en quatre ensembles, dont les principales caractéristiques sont résumées sur le Tableau 1. On a procédé à leur dimensionnement et l'on a calculé les coûts d'investissement et d'exploitation (main-d'œuvre). La figure 2 montre un des schémas du réseau tertiaire expérimenté.

On a élaboré un étude identique pour le réseau secondaire (enterré) considérant divers tracés possibles, qui ont conduit à des mailles de différentes densités (Fig. 3).

On a procédé à leur dimensionnement en recourant à la technique de la programmation linéaire, de manière à

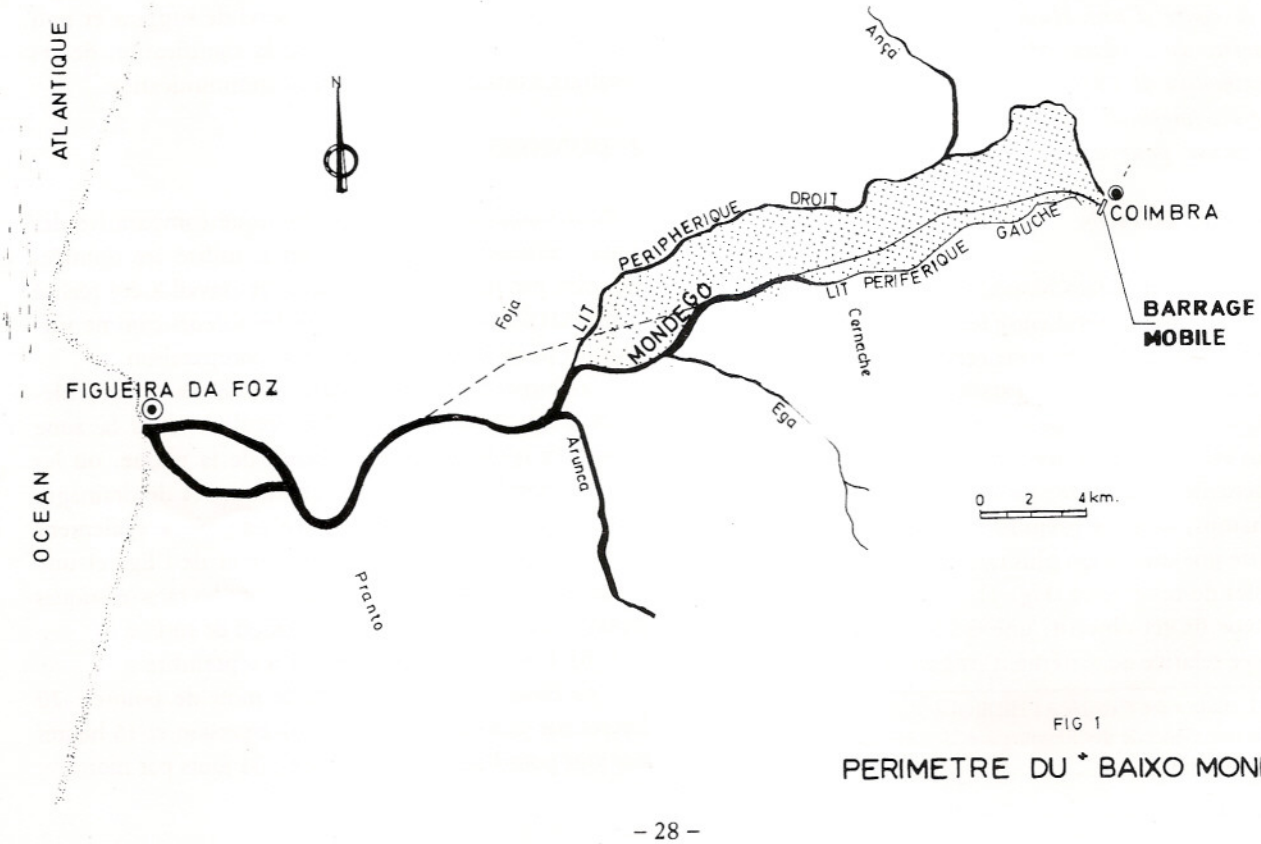
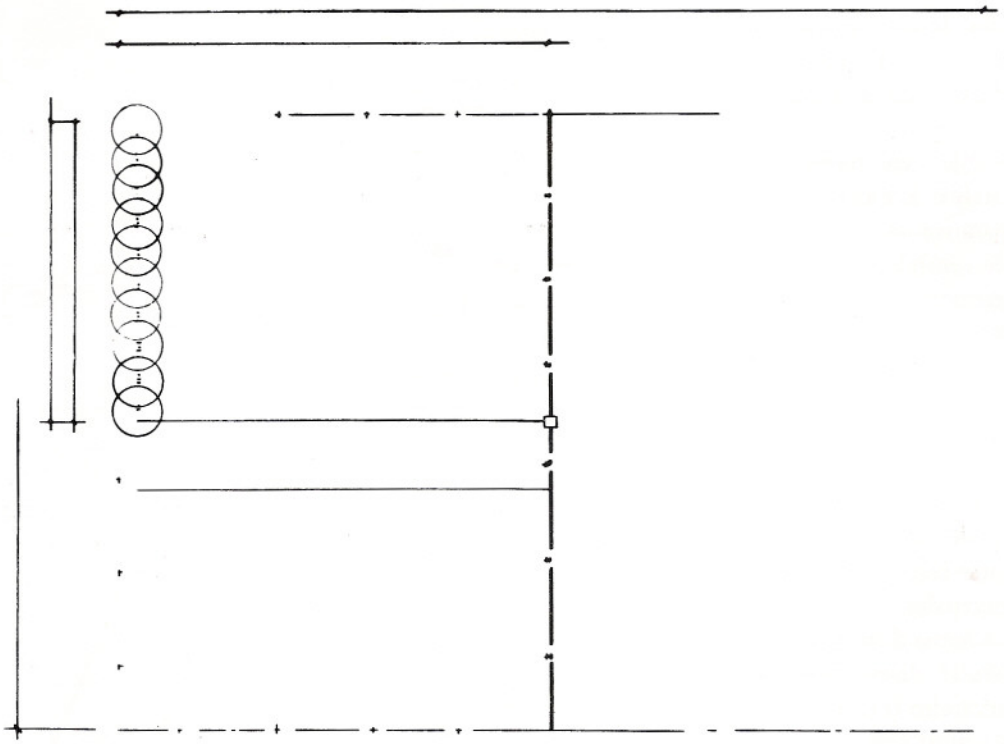
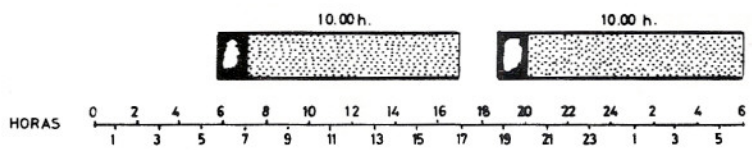


FIG 1

PERIMETRE DU " BAIXO MONDEGO "





CONVENTIONS

- LIMITE DE LA SURFACE D'IRRIGATION
- VALEE D'ASSAINISSEMENT
- RESEAU SECONDAIRE (ENTERRE)
- BORNE D'IRRIGATION
- RAMPE PRINCIPALE
- RAMPE D ARROSAGE
- PERIODE DE CHANGEMENT (1,25h x DEUX HOMMES)
- PERIODE DE FONCTIONNEMENT

FIG . 2

SCHEMA DU RESEAU MOBILE

IRRIGATION PAR ASPERSION

minimiser le montant des investissements avec les charges d'exploitation. Les coûts d'actualisation auxquels on a abouti sont résumés sur le Tableau 2 pour chacun des schémas.

Le schéma le plus viable, en termes technico-économiques, a été généralisé à l'aire du périmètre prévu pou l'étude comparative et compte tenu des caractéristiques de la vallée centrale et des vallées latérales. Le réseau mobile sélectionné (Fig. 2) couvre 9 ha et est constitué par une rampe de 10 arroseurs déplacés manuellement et alimentés par une borne d'arrosage, située à mi-distance entre les fossés de drainage. Le réseau secondaire (Fig. 3) comprend des conduites de distribution, écartées de 500 m et parallèles aux fossés de drainage ; sur ces conduites sont insérées les bornes d'arrosage, à des intervalles de 360 m. Les conduites de distribution sont reliées entre elles et à la station élévatoire par des conduites principales.

De la généralisation du schéma d'irrigation que nous venons de décrire ont résulté divers blocs, desservis chacun par une station élévatoire (Fig.4) localisée près du canal principal et l'on a ainsi obtenu également les coûts totaux respectifs actualisés.

On a également analysé diverses alternatives de la solution de base indiquée, résultant de l'adoption d'un horaire d'arrosage de 27 jours par mois à raison de 20 ou 16 heures par jour, d'une distance entre fossés de drainage de 400 m, et de dotations d'arrosage de 600m³/ha. L'aggravation du coût total actualisé ne dépasse pas 8%, c'est pourquoi ces alternatives n'ont pas été englobées dans la comparaison entre les deux méthodes d'arrosage.

FIG 3

SCHEMA DU RESEAU MOBILE
IRRIGATION PAR ASPERSION

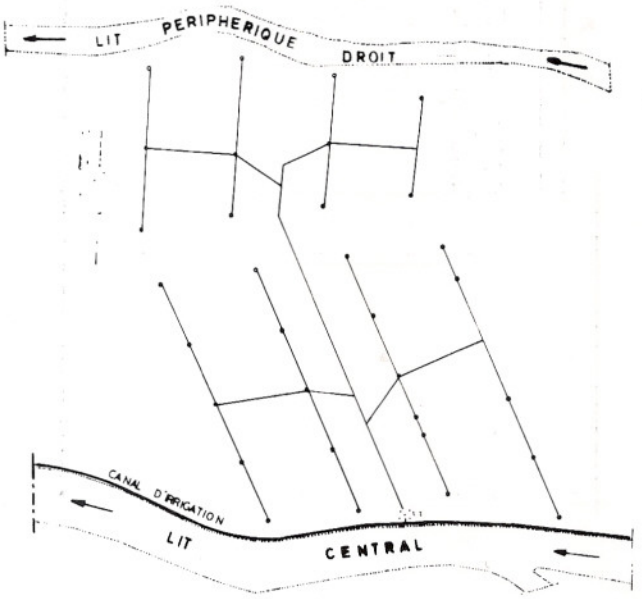


TABLEAU 1

RESUME DES PRINCIPALES CARACTERISTIQUES DES SCHEMAS D IRRIGATION PAR ASPERSION

RESEA TERTIAIRE

	ARROSEURS A MOYENNE PRESSION EN COUVERTURE PARTIELLE	COUVERTURE TOTALE AVEC CHANGEMENT D ARROSEURS	ARROSEURS GEANTS	ARROSEURS AUTOMOTEURS
Ecartement (m)	18 x 18	24 x 24	100 x 100	250 x 42
Superficie irriguée (ha.)	9	11	30	11
Pluviometrie (mm/h)	4,5 - 6,5	6,5	7,0	15,7
Nombre d'arroseurs	8 - 14	6	1	1
Pression de fonctionnement (kgf/cm²)	3	3,5	6	8

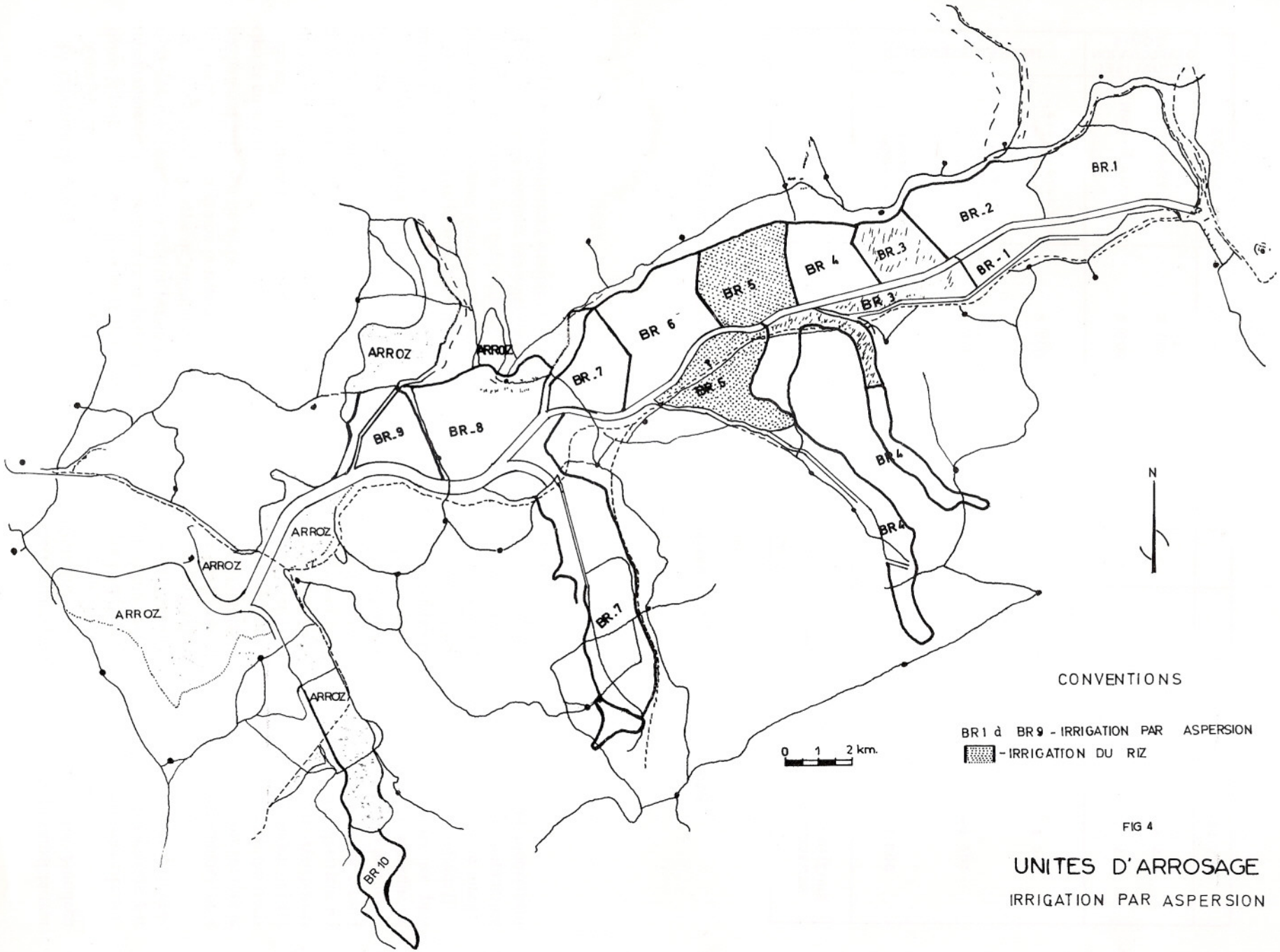


FIG 4

UNITES D'ARROSAGE

IRRIGATION PAR ASPERSION

b) Irrigation de surface

Compte tenu des caractéristiques des champs du Baixo Mondego, en particullier en ce qui concerne leur topographie, et en conséquence la pente des terrains, ainsi que leur profondeur et leur perméabilité, et considérant également le type de cultures et les disponibilités hydriques, on a étudié la possibilité d'utiliser des méthodes d'irrigation de surface, notamment en planches et en sillons.

En effet, ces deux procédés d'irrigation, du moment qu'ils sont rationnellement conduits, et que sont réalisées un certain nombre de conditions, auxquelles les terrains du Mondego satisfont dans leur presque totalité, donnent des coûts d'investissement et des charges d'exploitation relativement bas, en comparaison avec les autres méthodes.

Les sols doivent être presque plats, de manière que la pente que l'on propose (entre 0,5 et 4 % environ) soit obtenue moyennant un déplacement de terres peu important, qui ne conduise pas à des coûts élevés, ni ne provoque une modification sensible du profil du terrain. L'aspect topographique est de loin le principal facteur déterminant ; toutefois, les champs du Baixo Mondego sont, à ce point de vue, très favorables.

L'étude de l'irrigation de surface a été effectuée suivant la même méthodologie utilisée pour l'arrosage par aspersion, de manière à permettre facilement la comparaison entre les deux systèmes.

Une fois les planches et les sillons dimensionnés, on a procédé à l'implantation du réseau secondaire sur tout le périmètre, ainsi que des stations élévatoires et des réservoirs (Fig. 5 et 6). Les conduites de distribution ont été développées le long des fossés de drainage, avec bornes d'arrosage tous les 250 mètres. Ces bornes déversent un débit de 60 1/s dans un canal d'irrigation en terre à partir duquel sont alimentés les planches ou les sillons. On a déterminé les coûts d'investissement, ainsi que les charges d'exploitation considérées comme les plus significatives : main-d'oeuvre et énergie (Tableau 3).

Comme les planches et les sillons exigent un nivellement rigoureux du terrain, on a également comptabilisé les coûts correspondants, considérant un mouvement moyen de 500 m³/ha.

TABLEAU 2

ESTIMATIONS DU COUT PAR HECTARE DES SCHEMAS D IRRIGATION PAR ASPERSION

(Francs français)

		ARROSEURS A MOYENNE PRESSION EN COUVERTURE PARTIELLE	COUVERTURE TOTAL AVEC CHANGEMENT D'ARROSEURS	ARROSEURS GEANTS	ARROSEURS AUTOMOTEURS
INVESTISSEMENTS	Réseau secondaire	2 500	2 500	3 000	3 000
	Reseau tertiaire (y compris les machines)	3 400	9 400	12 800	10 200
	Stations élèvatoires	2 000	2 000	2 500	2 500
COUTS D'EXPLOITATION ACTUALISES	Main-d'oeuvre	2 000	1 000	500	500
	Energie	3 000	3 800	4 500	5 300
TOTAUX		12 900	18 700	23 300	21 500

TABLEAU 3

ESTIMATIONS DES COÛTS PAR HECTARE POUR L'IRRIGATION DE SURFACE

(Francs français)

A) INVESTISSEMENTS :

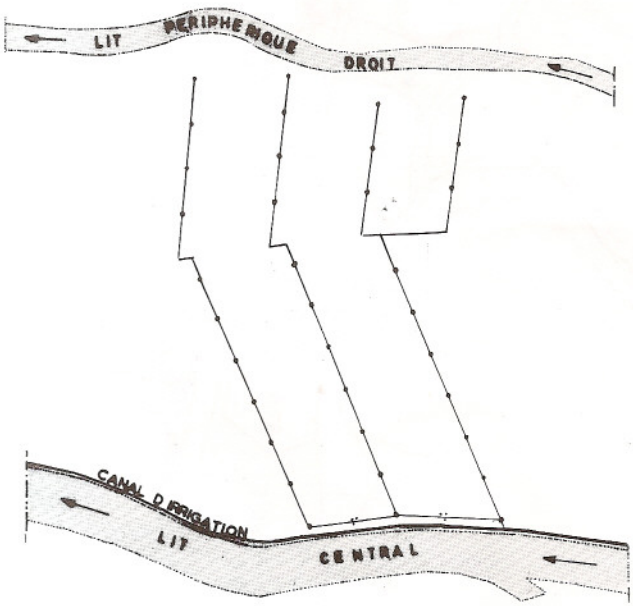
RÉSEAU SECONDAIRE	6.900
STATIONS ÉLÉVATOIRES	
RÉSERVOIRS ET CANAUX	700
NIVELLEMENT	2.500
TOTAL PARTIEL	10.100

B) COÛTS D'EXPLOITATION ACTUALISÉS :

MAIN-D'OEUVRE	1.200
ÉNÉRGIE ÉLÉCTRIQUE	150
TOTAL PARTIEL	1.350
C) TOTAL GÉNÉRAL	11.450

FIG 5

SCHEMA DU RESEAU ENTERRE
IRRIGATION GRAVITAIRE



CONVENTIONS

- SEPARATION DES UNITES D'ARROSAGE
- CANAL D'IRRIGATION
- RESEAU ENTERRE . BORNE D'IRRIGATION
- RESEAU ENTERRE . DIAMETRES ET LONGUEURS DES TRONÇONS
- RESEAU D'ASSAINISSEMENT

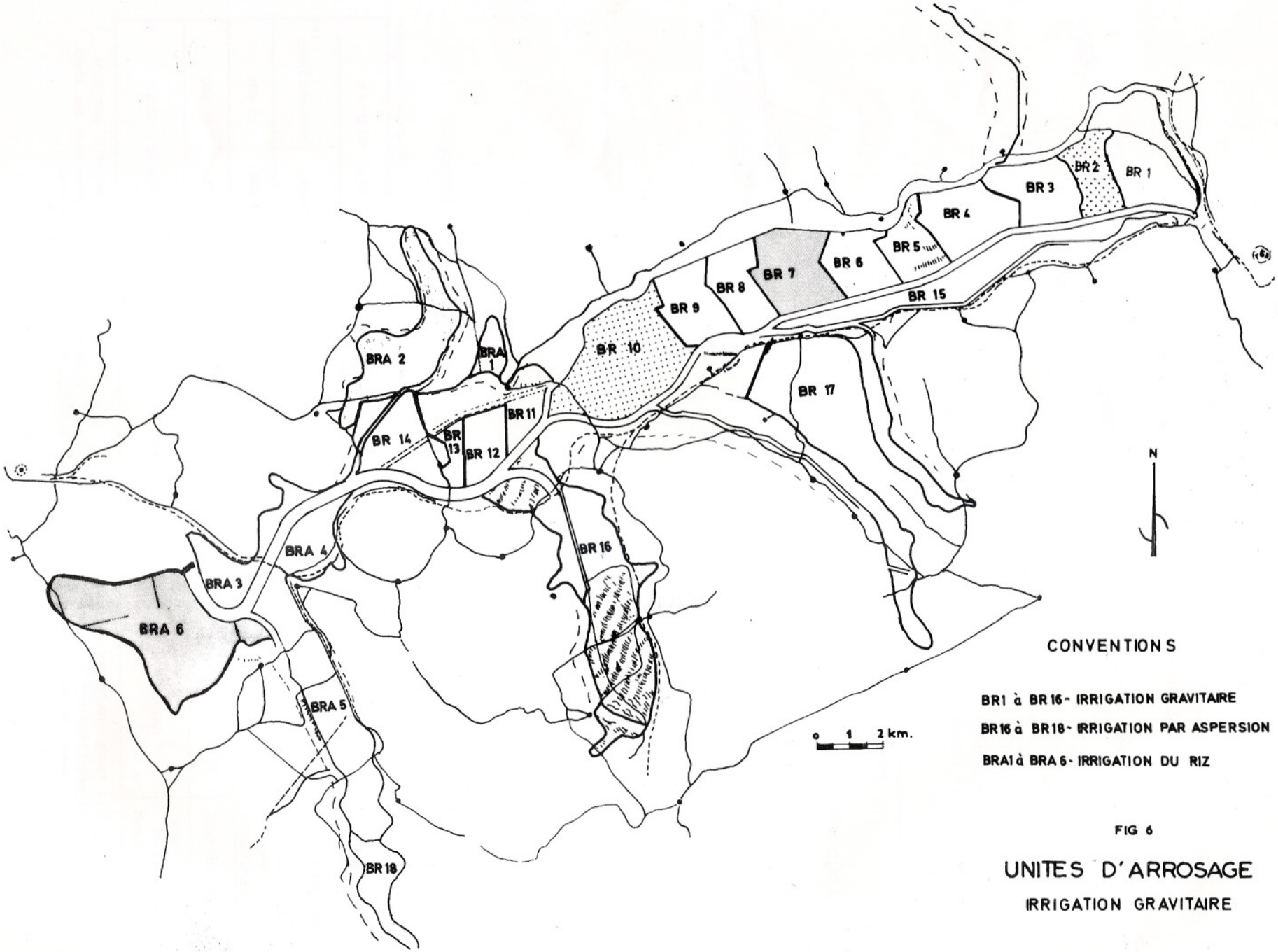
TABLEAU 4

ANALYSE COMPARATIVE DES METHODES D IRRIGATION PAR ASPERSION ET DE SURFACE

(Francs français)

METHODE D'IRRIGATION	INVESTISSEMENT		CHARGES D'EXPLOITATION		COUT GLOBAL	
	TOTAUX	PAR HECTARE (*)	TOTAUX	PAR HECTARE (*)	TOTAUX	PAR HECTARE (*)
PAR ASPERSION	84 000 000	9 900	47 000 000	5 500	131 000 000	15 400
DE SURFACE	87 000 000	10 200	11 700 000	1 400	98 700 000	11 600
SOLUTION LA PLUS ECONOMIQUE	ASPERTION (-3 %)		SURFACE (-75 %)		SURFACE (-25 %)	

(*) - Note : Les coûts unitaires ne correspondent pas à ceux des Tableaux 2 et 3, du fait que dans la généralisation au périmètre d'irrigation, il a fallu modifier la dimension des blocs en raison de la configuration de la vallé centrale et des vallés latérales



CONVENTIONS

BR1 à BR 16 - IRRIGATION GRAVITAIRE

BR16 à BR 18 - IRRIGATION PAR ASPERSION

BRA1 à BRA 6 - IRRIGATION DU RIZ

FIG 6

UNITES D'ARROSAGE

IRRIGATION GRAVITAIRE

4. CONCLUSION

Nous pouvons tirer diverses conclusions de la comparaison entre les deux méthodes d'irrigation, pour le cas du périmètre du Baixo Mondego. Quelques-unes de ces conclusions sont exprimées sur le tableau 4 qui indique les coûts totaux actualisés et où l'on constate que :

a) en ce qui concerne les investissements, les coûts sont pratiquement identiques dans les deux hypothèses ;

b) pour ce qui est des charges d'exploitation, l'irrigation de surface est sensiblement plus économique, grâce à la consommation réduite d'énergie;

c) quand aux coûts totaux, l'irrigation de surface est également la solution la plus avantageuse, avec une réduction de 25% par rapport à l'autre hypothèse.

On conclut par conséquent, que dans le cas analysé, la méthode d'irrigation de surface sera la plus rentable, car malgré quelques inconvénients, comme l'exigence d'un nivellement rigoureux du terrain, d'exploitation agricoles de dimensions compatibles avec les planches ou sillons, et d'un équilibre entre le type de sol (perméabilité), la pente, la dimension des planches ou sillons, la dotation d'arrosage et le débit de manipulation, les avantages sont assez significatifs, à savoir :

a) faible coût d'installation, si le sol est relativement plat. Dans ce cas, il n'est pas nécessaire d'équiper dans le réseau tertiaire ;

b) très faible consommation d'énergie, en comparaison avec l'irrigation par aspersion ;

c) grande économie de main-d'oeuvre : un seul agriculteur peut dominer plusieurs hectares ;

d) distribution relativement uniforme et bonne efficacité d'arrosage ;

e) la méthode s'adapte à de nombreux types de culture, principalement les cultures à végétation dense, comme les céréales, les fourrages et les cultures en ligne.

SOCEA

SOCIÉTÉ EAU ET ASSAINISSEMENT

•

B.P. 121

51, avenue Allal- Ben Abdallah

RABAT

•

BÉTON CENTRIFUGÉ PRÉCONTRAINT CONDUITES FONTE
DES FONDERIES PONT - A - MOUSSON ET ACCESSOIRES

Quelques éléments essentiels sur les installations d'irrigation sous pression au Portugal

Par

J. Rasquilho Raposo
Professeur Universitaire (I.S. Agronomia)

et

J. Beltrao
Ingénieur technicien agraire de 1ère classe (INIA)
et stagiaire Ingénieur agronome (I.S.A.)

RESUME.

La présente communication a pour but d'exposer essentiellement des éléments sur les débits de pointe, les volumes annuels d'arrosage, les puissances et les consommations des groupes motopompes et les coûts d'investissement concernant les installations d'arrosage par aspersion et d'irrigation localisée. Ceux-ci montrent bien les différences significatives qui existent parmi les divers systèmes d'irrigation et les différents types d'installation.

Dans la présente communication, on essayera de donner les éléments fondamentaux sur les installations d'irrigation sous pression, c'est-à-dire, d'arrosage par aspersion (stationnaires et automotrices) et d'irrigation localisée (avec mini-diffuseurs et goutte-à-goutte), vu l'extraordinaire intérêt actuel de ces systèmes d'arrosage.

Ces éléments (Tableaux I et II) concernent les valeurs moyennes, par hectare irrigué, dans le territoire continental portugais, des facteurs suivants :

- débit de pointe (m^3/h) ;
- volume annuel d'arrosage (m^3) ;
- puissance des groupes motopompes, électriques (kw) ou thermiques (ch) ;
- consommations des groupes motopompes (kwh ou l/gasoil) ;
- coût des installations (u.m = 10^3 écrus).

Les valeurs observées furent obtenues à partir des conditions suivantes :

1 - Par valeurs moyennes de :
- efficience d'irrigation (%) ;
- durée utile journalière des arrosages (h/j)* ;
- nombre de jours ouvrables par semaine
- hauteur manométrique totale (m)
- rendement des groupes motopompes (%)

du Tableau I.

2 - Les doses journalières de pointe sont comprises entre 4 et 6 mm/j (40 à 60 m^3/ha.j) et les volumes annuels d'irrigation entre 3.400 et 5.100 m^3/ha (valeurs utiles théoriques, c'est-à-dire, sans inclure l'efficience d'irrigation et le pourcentage de sol humidifié).

3 - Le pourcentage de sol humidifié (d'après le concept de Keller et Karmeli), en ce qui concerne l'irrigation localisée, est compris entre 30 et 50 % aux vergers, 50 et 70 % en horticulture de plein air, et 70 et 90 % en cultures maraîchères et florales de serres.

4 - Quant aux cultures de serre :
- ne pas profiter des eaux pluviales ;
- occupation culturale le long de l'année de l'ordre de 80 % et
- abaissement de l'évapotranspiration d'environ 25%.

---

* - Les durées utiles journalières des arrosages prises en considération sont supérieures à celles utilisées habituellement au Portugal, mais on suppose préférable de les considérer comme ça, vu la réduction des frais et la tendance existante dans les pays les plus développés.

TABLEAU 1

TYPE D'INSTALLATION				EFFICIENCE (%) D'IRRIGATION	DUREE UTILE DES ARROSAGES		HAUTEUR MANOMETRIQUE (m)	BESOINS EN EAU		MOTEUR ELECTRIQUE m = 65 %		MOTEUR DIESEL m = 30 %	
					PAR JOUR (h)	PAR SEMAINE (j)		DEBIT DE POINTE (m³/h)	VOLUME ANNUELLE (m³)	PUISSANCE (KW)	CONSOMMATION ANNUELLE (kwh)	PUISSANCE (KWH)	CONSOMMATION ANNUELLE (l/gaz oil)
IRRIGATION PAR ASPERSION	INSTALLATIONS STATIONNAIRES	MOBILES		80	10	5,5	60	6,4 - 9.6	4300 – 6400	1,60 2,40	1100 – 1700	2,83 4,24	460 - 680
		SEMI - MOBILES		80	12	5,5	60	5,3-8,0	4300 – 6400	1,33 2,00	1100 - 1700	2,36 3,53	460 – 680
		COUVERTURE TOTAL (FIXES)	PAR QUADRILLAGE	85	14	5,5	60	4,3-6,4	4000 – 6000	1,08 - 1,61	1100 – 1600	1,90 - 2,85	430 - 640
			INTEGRAL	85	18	7	60	2,6 - 3,9	4000 – 6000	0,66 - 0,99	1100 – 1600	1,16 - 1,74	430 - 640
	INSTALLATIONS AUTOMOTRICES		PIVOT - SYSTEMES	85	20	7	80	2,7 – 4,0	4500 – 6800	0,89 – 1,34	1600 – 2400	1,58 – 2,37	650 – 970
			CANOS AUTOMOTEURS	70	16	5,5	100	4,5 – 6,8	4900 – 7300	1,91 – 2,86	2200 – 3200	3,37 - 5,06	870 – 1300
IRRIGATION LOCALISEE	AVEC MINI DIFFUSEURS	VERGERS	DE COMMANDE MANUEL	90	14	6	40	1,9 – 2,8	1900 – 2800	0,31 – 0,46	340 – 500	0,55 - 0,83	140 – 200
			DE COMMANDE AUTOMATIQUE	90	20	7	40	1,1 – 2,7	1900 – 2800	0,19 - 0,28	340 – 500	0,33 - 0,49	140 – 200
	GOUTTE - A - GOUTTE	VERGERS ET VIGNOBLES (RAISIN DE TABLE)	DE COMMANDE MANUEL	92	14	6	40	1,9 – 2,7	1800 – 2800	0,30 - 0,45	330 – 490	0,54 - 0,80	130 – 200
			DE COMMANDE AUTOMATIQUE	92	20	7	40	1,1 – 1,6	1800 – 2800	0,18 - 0,27	330 – 490	0,32 - 0,49	130 – 200
		CULTURES MARAICHERES (PLEIN-AIR)	DE COMMANDE MANUEL	92	14	6	35	2,5 – 3,8	2600 – 3900	0,37 – 0,53	400 – 600	0,66 – 0,99	160 – 240
			DE COMMANDE AUTOMATIQUE	92	20	7	35	1,5 – 2,3	2600 – 3900	0,22 – 0,33	400 – 600	0,39 - 0,59	160 – 240
		CULTURES MARAICHERES ET FLORICOLES (SERRES)	DE COMMANDE MANUEL	95	14	6	30	1,8 – 2,8	2800 – 4200	0,23 - 035	370 – 550	0,41 - 0,61	150 – 220
			DE COMMANDE AUTOMATIQUE	95	20	7	30	1,1 – 1,7	2800 – 4200	0,14 - 0,21	370 – 550	0,25 - 0,37	150 – 220

TABLEAU II

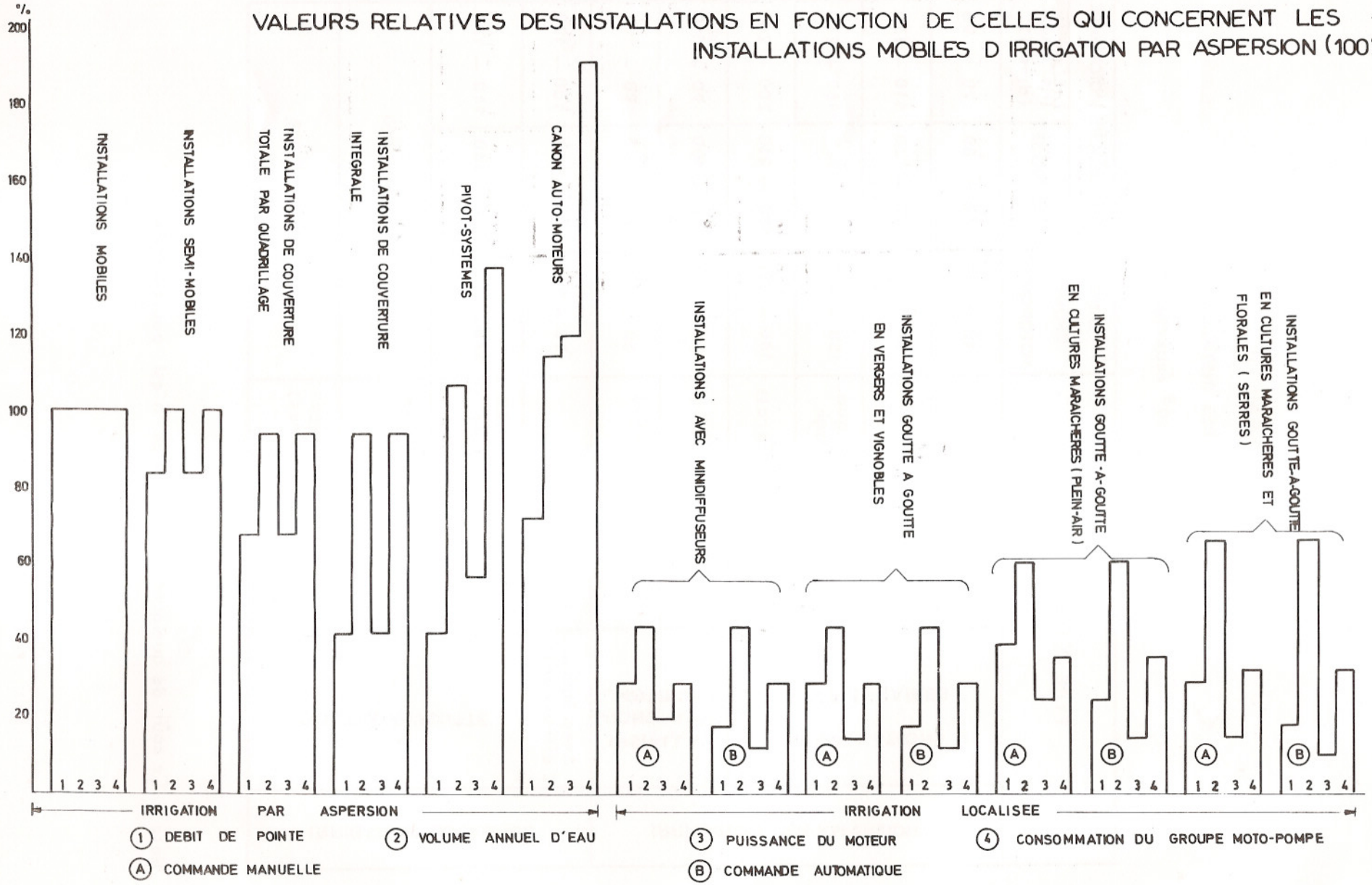
COÛTS MOYENS DES INSTALLATIONS

(1 u.m. = 10^3 écus/ha)

TYPE D'INSTALLATION				SANS GROUPE MOTOPOMPE	AVEC GROUPE MOTOPOMPE	
					ELECTRIQUE	THERMIQUE (diesel)
IRRIGATION PAR ASPERSION	INSTALLATIONS STATIONNAIRES	Mobiles > 5 ha		40 — 60	60 — 80	70 — 90
		Semi mobiles > 5 ha		80 — 100	100 — 120	110 — 130
		Couverture totale (fixe) > 5ha	par quadrillage	150 — 200	170 — 220	180 — 230
			intégrale	180 — 220	190 — 230	200 — 240
	INSTALLATIONS AUTOMOTRICES	Pivot systèmes > 50 ha		60 — 80	80 — 100	90 — 110
		Canons automoteurs > 10 ha		50 — 70	75 — 95	90 — 110
IRRIGATION LOCALISEE	Avec Mini-diffuseurs	Vergers > 5 ha		80 — 100	90 — 110	100 — 120
	GOUTTE-A-GOUTTE	Vergers et vignobles (raisin de table) > 5 ha		120 — 150	130 — 160	140 — 170
		Cultures maraîchères (plein air) > 0 50 ha.		200 - 800		
		Cultures maraîchères et florales (serres) > 0,10 ha		1 000 - 5 000		

Note - Le coût de quelques automatismes n'est pas compris.

VALEURS RELATIVES DES INSTALLATIONS EN FONCTION DE CELLES QUI CONCERNENT LES INSTALLATIONS MOBILES D IRRIGATION PAR ASPERSION (100%)



Il ne s'avère pas indispensable de commenter les éléments indiqués car leurs valeurs sont significatives.

En tout cas, ces éléments doivent être examinés avec quelques réserves, parce qu'ils ne représentent que des valeurs moyennes pour conditions moyennes.

Vu la diversité des conditions susceptibles d'exister sur la base des données éventuellement différentes de celles relatives aux hypothèses ci-dessus, on doit retenir ces éléments surtout par leur valeur relative.

Dans ce sens, ils sont assez significatifs, considérant que des nettes différences montrent ce qu'on observe parmi les divers systèmes d'irrigation, types d'installation et modalités respectives de fonctionnement. Ce fait est d'ailleurs présenté par le graphique.

On établit surtout une estimation entre ce qu'on vérifie pour l'arrosage par aspersion (et de celui-ci les installations stationnaires et les installations automotrices) et l'irrigation localisée, particulièrement en ce qui concerne les puissances des groupes motopompes et consommations respectives d'énergie annuelles (électrique ou gas-oil).

Enfin, pour ce qui concerne surtout l'irrigation localisée, on constate le caractère avantageux de la commande automatique des installations quant aux débits de pointe et aux puissances des groupes motopompes (outre leur économie de main-d'oeuvre et de surveillance).

BIBLIOGRAPHIE

BELTRAO, J., 1979 : A rega gota-a-gota. **Agricultura Moderna,**7-8. Livraria Classica Editora, Lisboa ; 141 pp.

BELTRAO, J., 1981 : A rega por miniaspersao. **A Granja,** 11-12 Sindicato dos Engenheiros Technicos Agrarios, Lisboa.

CLEMENT, R. et GALLAND, A., 1979 : Irrigation par aspersion et réseaux collectifs de distribution sous pression. Edit. Eyrolles, Paris ; 187 pp.

KELLER, J. et KARMELI, I., 1974 : Trickle irrigation design for optimal soit wetting. **Proceedings of the Second International Drip Irrigation Congress,**,240-245. 1974. San Diego, U.S.A..

MOSER, E., 1980 : Energy and water saving irrigation systems in special crops.**Proceedings of the Symposium on Drip Irrigation in Horticulture with Foreign Experts Participating,**111-123. 1980. Skierniewice, Poland.

RAPOSO, J. Rasquilho, 1980 : A rega por aspersao. **col. Tecnica Agraria,**14. Livraria Classica Editora, Lisboa, 339 pp.

SILVA, A. Antunes, BELTRAO, J. et OLIVEIRA, A.,1980 : Rega localizada em pomares.**Ordem dos Engenheiros.**Congresso 80, 1980. Coimbra, Portugal ; 17 pp.

VESCHAMBRE, D. et VAYSSE,P.,1980 : Mémento goutte-à-goutte. Centre Technique Interprofessionnel des Fruits et Légumes, Paris ; 208 pp.

S A T C O

s.a au capital de 1.000.000 dh

terrassements mécaniques
nivellement et drainage
ouvrages d'irrigation
assainissement
routes et ouvrages d'art
batiments

5,rue mohamed kourd ali,kénitra
tél : 31.21 - 32.05
télex : 91012 satqic

Réflexions relatives à l'irrigation par aspersion et à l'irrigation gravitaire dans le périmètre du Gharb.

Par
Mustapha Bouhamidi
Ingénieur du Génie rural
Chef du Service de l'Equipement Hydro-agricole
à l'O.R.M.V.A. du Gharb

INTRODUCTION

Les études comparatives entre l'irrigation gravitaire et l'irrigation par aspersion ont toujours été l'objet d'un débat classique et passionnant, à l'occasion de l'élaboration de l'avant projet d'aménagement d'une région donnée.

Les critères de choix avancés sont généralement des critères également classiques :
nature des sols, topographie du terrain, économie d'eau, réseau de drainage etc. et les décisions finalement adoptées, offrent peu de possibilités de contestations.

Mais ces études comparatives doivent offrir encore plus d'intérêt quand elles sont réalisées a posteriori, pour guider les décideurs à faire des choix plus objectifs et mieux orienter les équipements futurs.

C'est dans ce cadre d'évaluation a posteriori, que sera présenté dans la présente note, le cas du périmètre du Gharb, qui en fait, est loin de constituer un cas classique, et ce pour les raisons suivantes :

- L'eau est abondante ; le bassin versant du Sebou représente à lui seul 40 à 45 % des ressources hydrauliques totales du Maroc.
- La topographie du terrain est relativement peu accentuée dans l'essentiel de la plaine.
- Les sols sont dans leur majeure partie fortement argileux.
- L'exécution du réseau de drainage est indispensable pour permettre l'évacuation des eaux excédentaires lors de la période pluvieuse et de maintenir la salinité du sol à un niveau acceptable.

L' ensemble de ces raisons ont toujours milité en faveur de l'irrigation gravitaire qui d'ailleurs était le seul mode pratiqué dans toute la plaine sur de larges superficies.

Ce n'est que vers 1975, que la technique d'irrigation par aspersion fut envisagée sérieusement, suite aux difficultés rencontrées, pour récolter mécaniquement la canne à sucre, qui était plantée dans des sols à trame gravitaire.

Ces soles, avec des largeurs ne dépassant pas 150 m, offrent des possibilités très limitées pour y pratiquer une récolte mécanique rationnelle et rentable.

La technique d'irrigation par aspersion devrait donc offrir cette possibilité, et c'est ainsi qu'un secteur d'essai de 2.600 ha fut équipé pour un arrosage par aspersion, et sa mise en eau eut lieu en juin 1977.

La conduite des irrigations sur ce secteur s'est révélée riche en enseignements, certains pressentis par les techniciens dans une certaine mesure, d'autres par contre absolument inattendus.

I/ - LA TRAME D'IRRIGATION ET LE PROBLEME DE MECANISATION DE LA RECOLTE DE LA CANNE A SUCRE

1.1. - Rappel des différentes trames d'irrigation

Dans le but de faciliter les interventions des organismes chargés de l'encadrement des agriculteurs, de faire appliquer un plan collectif de mise en valeur, d'encourager la constitution de groupements de paysans

et de leur assurer un revenu constant d'une année à l'autre, les spécialistes marocains en matière d'irrigation, ont mis au point en 1962, un canevas de trames d'irrigation.

Ce canevas qui comprend deux types de trame (trame A,trame B) définit le mode d'agencement sur le terrain de la **propriété**, de la **culture** et des **réseaux d'irrigation**, d'assainissement et de pistes. (cf. schémas n° 1 et 2.)

La sole, qui constitue l'unité culturale, présente une longueur de 500 m au maximum dans le sens de l'arroseur en terre, et une largeur dans le sens des raies ne dépassant pas 150 m.

Cette distance, constitue un compromis entre l'efficacité du ruissellement, la nécessité de réduire le coût du nivellement et la réduction des emprises quaternaires. Elle constitue toutefois une contrainte aux opérations de mécanisation des travaux agricoles, et particulièrement à la récolte de la canne à sucre. Les spécialistes estiment que pour rendre l'intervention des récolteuses rentables, la ligne de canne doit être au minimum de 250 m.

A ce niveau, on ne peut s'empêcher de se poser la question suivante : la mécanisation de la récolte de la canne à sucre est-elle vraiment indispensable ?

Compte tenu de l'importance de cette question, et des conséquences qu'elle implique sur le mode d'irrigation à préconiser, nous nous proposons dans ce qui suit de présenter quelques aspects techniques et économiques du problème.

1.2. - Récolte manuelle et besoin en main-d'œuvre

La récolte de la canne à sucre est une opération qui intervient entre le mois de février et celui de juillet. Dans le cadre de la même période, interviennent également d'autres opérations qui font appel à un potentiel de main-d'oeuvre important. Il s'agit de la récolte de la betterave, des moissons des céréales, des préparations des rizières, et également des travaux d'équipement, qui reprennent à cette époque favorable du point de vue climatique.

Une pénurie d'ouvriers agricoles, se fait alors sentir, durant quelques semaines, faisant grimper les salaires journaliers. Ces salaires sont d'ailleurs fluctuants au cours de la campagne de récolte.

Au début de la campagne 1981, par exemple, le salaire alloué aux coupeurs de canne, était de 7 à 12 DH (1) la tonne, et en fin de campagne, de 15 à 25 DH (1) la tonne récoltée. Un ouvrier peut réaliser 2 tonnes par jour lui permettant ainsi un salaire de 30 à 50 DH la journée.

Les 100.000 ha de canne à sucre que prévoit le plan sucrier dans le périmètre du Gharb nécessiteront en régime de croisière, sur la base d'un rendement de 70 t/ha, 3,5 millions de journées de travail environ, soit l'équivalent de 21.000 ouvriers coupeurs de canne, pendant 165 jours, ce qui n'est pas négligeable.

D'ores et déjà, à l'occasion de chaque campagne et pour des productions nettement moindres, le problème se pose, alors que le pourcentage des besoins en coupeurs ne représente, par rapport aux besoins totaux en régime de croisière, que 3,5 % pour la campagne 79, 4,5 % pour 80 et 8 % pour 1981, comme le montre le tableau suivant :

Campagne agricole	Superficie récoltée (ha)	Product. réalisée (t)	Nbre de journées de travail (uniquement pour la coupe)	% des journées de travail des coupeurs par rapport au total des coupeurs en régime de croisière
1979	3.128	242.648	121.324	3,5
1980	3.194	320.266	160.133	4,5
1981	6.044	555.470	277.735	8

1.3. - Récolte mécanique

A travers les rapports du Service de la Production Agricole, relatifs aux différentes campagnes de canne à sucre dans le Gharb et des résultats des essais de récolte mécanique qui ont été réalisés, il en ressort que les récolteuses sont loin de leurs conditions optimales de fonctionnement.

Les récoltes effectuées au cours de la compagne 1981 sont particulièrement éloquentes à ce sujet.

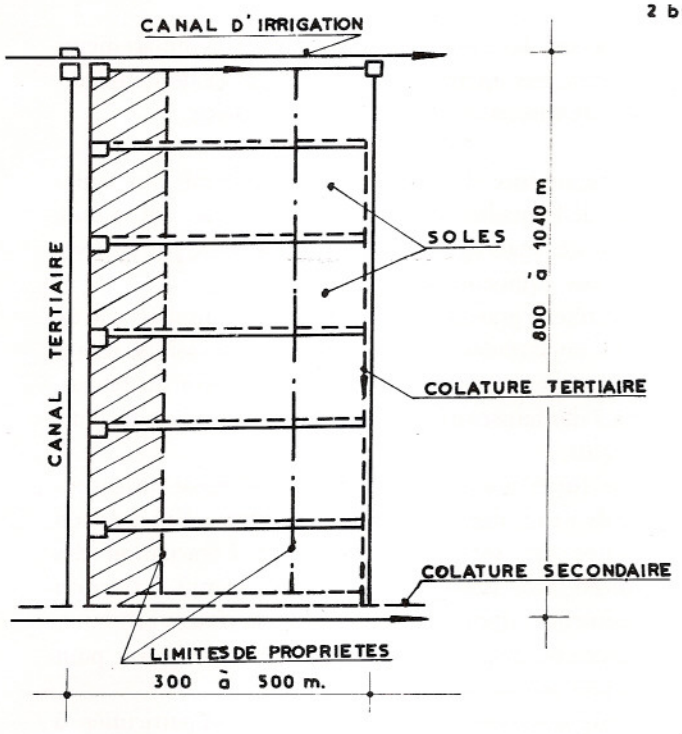
Au cours de cette campagne, l'Office a procédé à des essais de récolte à l'aide de deux machines.

---

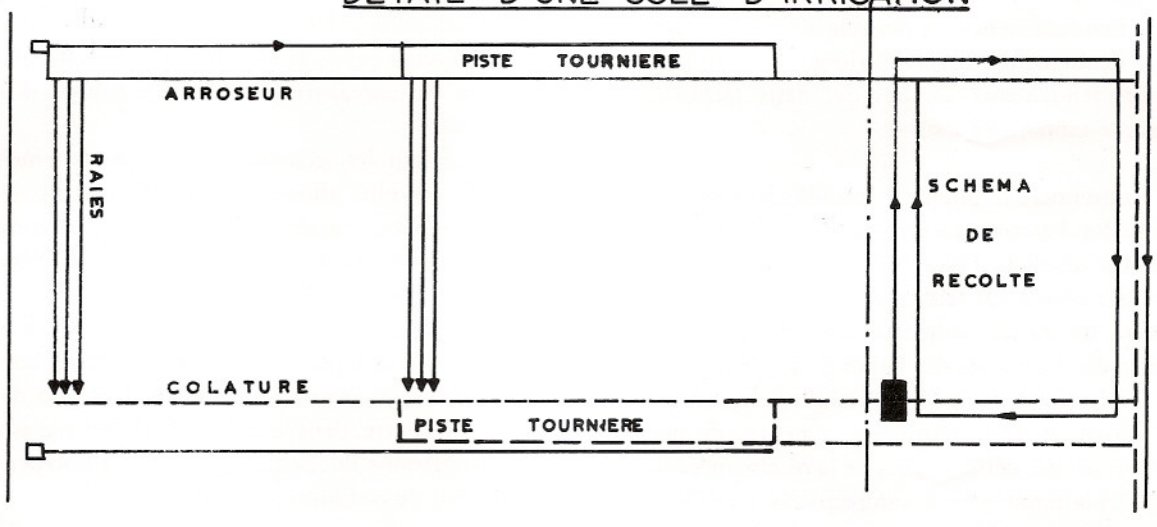
(1) Selon que la canne coupée est une canne vierge de 2 ans ou une canne de repousse.

TRAME D'IRRIGATION GRAVITAIRE

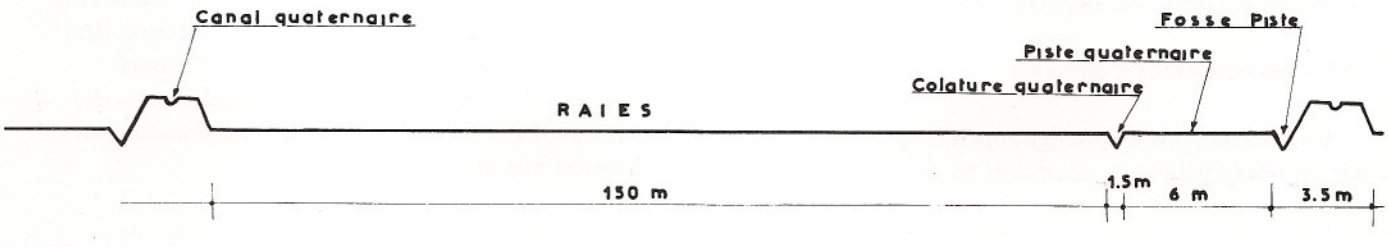
BLOC D'IRRIGATION



DETAIL D'UNE SOLE D'IRRIGATION



PROFIL EN TRAVERS DANS LE SENS DES RAIES



- Récolteuse N° 1 : la superficie récoltée est de 141,54 ha, dont la quasi totalité est située dans les secteurs **à trame gravitaire.**

  Les différents rendements obtenus sont :

  - Rendement horaire réel :

    Tonnage récolté = 6,23t/h

    Heures totales de travail

  - Rendement horaire possible :

    tonnage récolte = 7,54 t/h

    Heures totales de travail

    - heures d'arrêt non imputable à la machine.

  - Rendement horaire théorique :

    Tonnage récolté = 9,74 t/h

    Heures de travail effectif.

- Récolteuse N°2 :la superficie récoltée est de 56,95 ha, dont**74 % dans le secteur P7 équipé par aspersion.**

  Les différents rendements obtenus dans ce cas sont :

  - Rendement horaire réel : 18,29 t/h
  - Rendement horaire possible : 22,93 t/h
  - Rendement horaire théorique : 28,70 t/h

Les rendements horaires des deux récolteuses sont dans le rapport de 1 sur 3.

La première récolteuse a travaillé dans des conditions difficiles. Par manque de tournières, elle était contrainte de faire un aller en récoltant, et un retour marche arrière à vide, ce qui lui faisait perdre environ 50 % de son temps de travail, auquel il faudrait rajouter l'insuffisance des longueurs des lignes de récolte.

Il faut signaler que l'amélioration des autres facteurs d'utilisation de la récolteuse a permis de noter une réduction très nette du coût de la récolte mécanique, de 32 DH la tonne pour la campagne 80 à 21 DH la tonne pour la campagne 81 (ou respectivement de 376 DH l'heure à 200 DH l'heure).

Ces valeurs peuvent certainement être réduites de moitié, dans le cas ou les conditions de tournières et de longueur de récolte seraient améliorées.

II/ LES CONTRAINTES DE GESTION ET DE MAINTENANCE DES RESEAUX GRAVITAIRES

2.1.- Les opérations d'entretien

Les interventions d'entretien, opérées spécifiquement sur un réseau gravitaire, consistent en des changements d'éléments des canaux préfabriqués, des remplacements de joints, des opérations de nettoyage, et de remplacement de vannes ou de modules défectueux.

L'importance de ces opérations dépend non seulement de la qualité de l'exécution du réseau dès sa mise en service, mais également du soin accordé par les riverains aux équipements réalisés.

Un réseau gravitaire offre très souvent un spectacle de fuites engendrées par un manque de joints retirés volontairement, ou à la casse d'un élément du réseau, suite à des fausses manoeuvres de la part de conducteurs d'engins.

Ces fuites n'occasionnent pas simplement un gaspillage de l'eau, mais constituent une source d'inondation localisée des pistes, qui servent à l'évacuation des récoltes. Très souvent, l'accès aux champs est rendu quasiment impossible et l'Office se trouve contraint d'intervenir avec le peu de moyens dont il dispose, pour procéder aux réparations nécessaires.

Cette situation connait une aggravation particulière à l'occasion des périodes d'inondation. La plaine du Gharb est en effet le théâtre de débordements fréquents des Oueds Sebou et Beht qui la traversent. Depuis 1933, il a été enregistré 41 crues du Sebou, d'importance variable.

Ce sont les secteurs équipés gravitairement qui en sont les plus affectés : des éléments du réseau porté effondrés ou cassés, des canaux en terre complètement détruits et un nivellement des soles inondées complètement détérioré.

Pour la crue de février 1979, plus de 4.000 ha ont nécessité la reprise de leur nivellement. Les dépôts de terre atteignaient dans certaines soles plus de 50 cm.

Par contre, dans le secteur P7 irrigué par aspersion, les inondations du Beht et du R'Dom ont peu affecté le réseau de conduites enterrées.

Nous donnons dans le tableau ci-après, l'importance du nombre des éléments de canaux qui se sont effondrés, à l'occasion de la crue de 1979 (dont la fréquence est estimée à une année sur 7) sur les secteurs gravitaires de la Première Tranche d'Irrigation.

L'importance de ce point mérite, à mon avis, d'être soulignée, car dans les conditions actuelles du Gharb, ce serait une erreur de ne pas considérer le problème des inondations comme un problème de tous les jours.

En effet, si le phénomène des débordements des rivières du Gharb est imprévisible, il n'est toutefois pas phénomène rare et exceptionnel.

Secteur d'irrig.	S 17	S 7 C	S 5	S 13	S 7 D	S 7 B	S 7 A	S 11	S 9	S 3	S 1	TOTAL
Ø 400	-	-	9	1	-	-	-	-	-	-	2	12
Ø 500	8	12	4	20	5	4	-	-	114	5	1	173
Ø 600	1	75	4	-	3	2	-	-	55	-	2	142
Ø 700	-	44	2	-	-	-	2	2	14	-	-	64
Ø 800	-	-	6	-	-	-	1	-	2	-	2	11
Ø 1300	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	2
Ø 1500	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	4

(longueur d'un élément 3,50 m).

2.2 - Le problème des aménagements internes : le nivellement.

Une bonne pratique de l'irrigation consiste à fournir à la culture, la quantité d'eau dont elle a réellement besoin.

En irrigation gravitaire, c'est le sol lui même qui sert, au niveau de la parcelle, de moyen de transport et de distribution du volume nécessaire.

Les aménagements de terrain préalables à une mise en eau, constituent par conséquent une opération essentielle, dans l'efficacité de l'irrigation gravitaire.

On comprend alors pourquoi un intérêt tout particulier est porté au nivellement, aussi bien de la part des techniciens, que de celle des agriculteurs irrigants, qui considerent cette opération comme primordiale.
Elle est exécutée sur de larges superficies, sur la base de la méthode de touches de piano, qui a été mise au point il y a plus d'une trentaine d'années, et qui a fait ses preuves à travers le monde entier.

Si la méthode appliquée et les engins d'exécution mis en oeuvre sur le chantier aboutissent, à l'achèvement des travaux, à un terrain parfaitement aménagé que l'Office met à la disposition des agriculteurs, force est de constater que dans la plupart des cas, son entretien n'est nullement assuré.

Les labours effectués par des engins non appropriés, provoquent bien au contraire, la destruction de l'aménagement réalisé, et constituent ainsi une source de réclamations de la part des agriculteurs.

Toutefois, il y a lieu de reconnaitre, que dans certains cas ces réclamations se trouvent fondées.

C'est le cas des zones qui auraient souffert des inondations ou, de celles qui seraient situées sur des terrains anciennement aménagés en ados et en dérayures pour faciliter leur assainissement.
La compacité des terrains étant différente, dès les première pluies, ou à la mise en eau, l'emplacement des dérayures comblées de terre a tendance à se tasser plus que les zones avoisinantes, provoquant ainsi une stagnation d'eau prolongée.
Dans tous les cas, ces terrains sont de nouveau repris par les entreprises dans le cadre du délai de garantie pour aboutir finalement à un terrain convenable à l'irrigation par ruissellement.

Pour les zones détruites par les inondations, leur reprise est réalisée dans la mesure des crédits disponibles.

En fait, nous constatons que les réclamations des agriculteurs à propos du nivellement s'atténuent à mesure que leur expérience de l'irrigation et de son intérêt s'enrichit. La maitrise de la pratique de l'irrigation incite l'agriculteur à procéder à des aménagements internes, tel que l'entretien des arroseurs, et de s'assurer de l'écoulement et de la répartition de l'eau sur toute la parcelle à l'aide de sa sape. C'est le cas par exemple des irrigants du périmètre de Sidi Slimane, équipé il y a une quarantaine d'années, et des premiers secteurs de la première tranche d'irrigation aménagés il y a une dizaine d'années.

Dans cet esprit, il est permis finalement de dire, que l'inconvénient du système gravitaire, n'est pas le nivellement lui-même, mais plutôt le temps qu'exige ce mode d'irrigation , pour qu'un agriculteur devienne un véritable irrigant.

2.3.- Coût de l'entretien et insuffisance des moyens

Sans être une contrainte spécifique à l'irrigation gravitaire, l'insuffisance des moyens humains et matériels réservés à l'entretien des réseaux, constitue une donnée réelle que les financiers n'entendent pas combler très tôt.

Les crédits réservés à la maintenance dans le cadre du budget d'équipement, ne reflètent nullement l'importance des surfaces actuellement irriguées, ni leur progression, sans cesse croissante.
Pour une superficie irriguée de 72.000 ha à fin 1981, le

budget de 1981 a réservé 5.000.000 DH pour la maintenance (énergie non comprise) soit : 70 DH par ha.
Le projet Sebou avait évalué ce montant à 71 DH/ha/an en 1966 et le dossier de factibilité de la S.T.I. à 350 DH/ha et par an en 1975.

Cette insuffisance des moyens ne manque pas de peser sur le déroulement des irrigations qui, dans leur quasi totalité sont assurées par un réseau gravitaire.
L'Office, pour gérer toute cette superficie, ne dispose que d'une grue, pour procéder au remplacement des canaux et des joints, et ce pour un linéaire gravitaire de 1.800 KM.

Il est par conséquent difficile d'espérer dans ces conditions une efficience convenable de ce réseau.

III/ LES NOUVELLES CONTRAINTES DE GESTION ET DE MAINTENANCE INTODUITES PAR L'IRRIGATION PAR ASPERSION

3.1.- De nouveaux points d'interrogation

Quel que soit le schéma d'équipement adopté à la parcelle, l'aspersion nécessite l'acquisition d'un matériel mobile d'irrigation, que l'administration met à la disposition des agriculteurs dès la première année de mise en eau d'un secteur hydraulique. En comparaison avec le système gravitaire, ce matériel est considéré sur le plan juridique comme un équipement interne, à l'instar du nivellement et de l'arroseur, et devient par conséquent ''propriété''des agriculteurs remembrés dans le cadre du bloc.

Cette situation, n'est pas sans soulever une série de questions, et par conséquent, des problèmes épineux pour l'Administration :

- Qui assurera le transport et la mise en place du M.M.I. ?
- Qui sera responsable du matériel une fois installé à la parcelle ?
- Qui assurera les opérations de déplacements des asperseurs ou des rampes pendant l'irrigation ?
- Qui procédera à la réparation et au remplacement du M.M.I. dégradé ?
- Qui procédera au retrait du matériel d'équipement des soles canne à sucre au moment de la récolte ?
- En période hors irrigation, faut-il retirer le matériel du quadriennal des parcelles ? Qui s'en chargera, et où sera-t-il stocké ?

Les études d'équipement préalable à l'aménagement n'ont pas abordé ces questions dans leur profondeur en les situant dans leur contexte pratique. L'agriculteur étant le principal concerné, il devrait par conséquent, constituer l'élément dynamique, pour assumer toutes les tâches qu'impose la gestion du M.M.I.

Malheureusement, à la lumière de l'expérience du secteur P7 et également d'autres opérations proprement agricoles, ce rôle que l'Administration souhaite voir l'agriculteur accomplir, se heurte à des difficultés dont la principale réside dans la complexité du parcellaire et de sa multiplicité.

3.2. - Multiplicité du parcellaire

Le remembrement permet de regrouper des parcelles d'un même titre foncier (ou d'une même propriété), dans le cadre de la trame d'irrigation, et donne par conséquent aux parcelles, une forme géométrique, qui peut convenir à une mise en valeur rationnelle.

A ce stade, et selon les états parcellaires dressés par le Cadastre, la structure foncière semble présenter une situation relativement favorable, avec une superficie des propriétés supérieures à 5 ha très intéressante.

Ainsi, le secteur P7 présente la configuration suivante sur les états parcellaires du remembrement dressés en 1974 : Voir tableau 1.

Tableau 1.

Classe de propriété	Superficie totale (ha)	Nombre de propriétés	% Superficie totale	% Propriété
<5 ha	156	75	7	15
$\geqslant 5$ ha	2319	425	93	85
TOTAL	2495	500	100	100

Le M.M.I. conçu selon la configuration de la sole, indépendamment de la propriété et de l'exploitation, se trouve en fait, dans la pratique géré au niveau de l'exploitation agricole.

L'enquête réalisée par le Service de Gestion et d'Entretien des Réseaux auprès des exploitations agricoles, à l'occasion de la distribution du M.M.I. de ce secteur, a montré que le nombre d'interlocuteurs sur le terrain est en fait beaucoup plus important que ne le laissaient supposer les états du remembrement :Voir tableau 2.

Cette situation trouve son explication dans les morcellements des propriétés qui s'opèrent sur le terrain, entre les différents co-héritiers pour les terres melk, et entre les collectivistes pour les terres collectives.

Ces partages de propriétés supérieures à 5 ha aboutissent souvent à des parcelles inférieures à 5 ha, ce qui est formellement interdit par le Code des Investissements Agricoles de 1969.

Par ailleurs, outre le fait de la multiplicité du morcellement, les formes données aux parcelles, bien que rectangulaires ne prennent nullement en considération l'élément irrigation.

Nous en donnons ci-après quelques illustrations :

a/ Cas du secteur P7 :

Exemple N° 1 = (cf. schéma n° 3)
le bloc n° 54 compte au remembrement 3 titres fonciers de 12,88 ha, 19,68 ha et 15,84 ha, les deux derniers titres ont été morcelés en parcelles allant de 0,4 à 5,39 ha.

Exemple N° 2 =
le bloc n° 15 concerne un seul titre foncier d'un collectif et qui est partagé en 29 lots de 0,57 à 1,14 ha (cf schéma n° 4).

b/ Cas du secteur C3 :

C'est un secteur en cours d'équipement pour une irrigation par aspersion ; sa mise en eau est prévue pour avril 82.

Le plan ci-joint, extrait du parcellaire après remembrement, laisse prévoir des difficultés du même genre que celles démontrées dans le secteur P7. Le bloc C3-42 du secteur C 3 de la S.T.I., concerne 33 propriétés de superficie variable de 0,07 ha à 0,63 ha et 108 co-propriétaires.

En conclusion de ce paragraphe, il convient de dire que cette complexité foncière n'est évidemment pas spécifique aux secteurs irrigués par aspersion. Elle se retrouve également dans les secteurs gravitaires. Cependant, la nécessité de savoir qui aura à gérer le M.M.I. nécessite de descendre au niveau de l'exploitation, dans les cas d'arrosage par aspersion.

3.3 - Difficultés de conduite de l'irrigation

3.3.1. - Les tâches supplémentaires créées par l'aspersion

L'irrigation par aspersion introduit de nouvelles tâches supplémentaires à l'Office, et plus particulièrement au Service de Gestion, dont la mission est suffisamment lourde, eu égard les moyens humains et matériels dont il dispose.

Il doit, entre autres :

- Assurer la réception du M.M.I. de la part du Service de l'Equipement et procéder conjointement à des essais de contrôle sur les lieux de livraison.Cette livraison, doit par conséquent avoir lieu 3 à 4 mois avant la mise en eau effective du secteur.
- Devoir disposer de locaux pour le stockage de pièces de rechange, et désigner des magasiniers pour le contrôle et la gestion des stocks du matériel.
- Entamer des enquêtes **systématiques** sur les blocs d'irrigation pour connaitre les agriculteurs qui auront à arroser avec le M.M.I., et organiser par la même occasion la désignation par les irrigants d'un mandataire.

Tableau 2.

Classe d'exploitation	Superficie totale (ha)	Nombre d'exploitation	% Superficie	% Exploitation
S < 5 ha	900	1201	36,5	88,5 %
S ⩾ 5 ha	1563	156	63,5	11,5 %
TOTAL	2463	1357	100	100

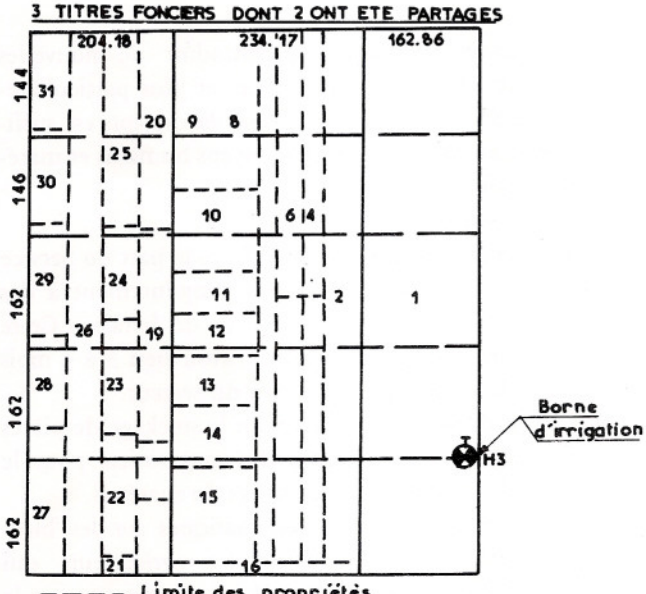
SCHEMA N° 3

SECTEUR P7

Bloc N° 54

1	128825. 0000 ha	17	0. 55.00 ha
2	5. 39.56 ha	18	9. 50.00 ha
3	0. 70,00 ha	19	1,55,46 ha
4	0· 70,00 ha	20	1,40.00 ha
5	0. 70·00 ha	21	0.10.00 ha
6	0·70·00 ha	22	0.85,00 ha
7	1.45.00 ha	23	0.85,00 ha
8	3,48·00 ha	24	9.60,00 ha
9	2.50·00 ha	25	1·53.40 ha
10	0.80.00 ha	26	3.89,46 ha
11	0,40.00 ha	27	1·18,00 ha
12	0,40·00 ha	28	0·79.45 ha
13	0,40·00 ha	29	0.79·00 ha
14	0.55.00 ha	30	0.79·00 ha
15	0.80.00 ha	31	0. 40.00 ha
16	0,40,00 ha		

3 TITRES FONCIERS DONT 2 ONT ETE PARTAGES



Limite des propriétés
Limite des titre fonciers
Limite des sols

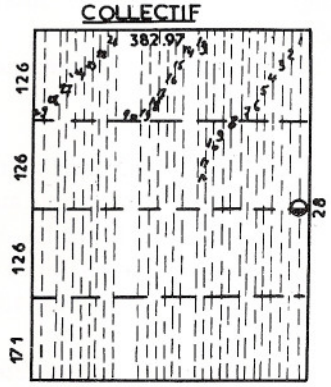
SCHEMA N° 4

SECTEUR P7

Bloc N°15

1	0.57.31 ha	16	0.57.31 ha
2	0·57·31 ha	17	0·57.31 ha
3	0·57·31 ha	18	0.57.31 ha
4	0.57·31 ha	19	0·57·31 ha
5	0.57·31 ha	20	1.71.53 ha
6	0.57.31 ha	21	0.57.31 ha
7	0·57·31 ha	22	0.57.31 ha
8	0.57·31 ha	23	0.57.31 ha
9	0.57.31 ha	24	0.57.31 ha
10	0.57.31 ha	25	0.57.31 ha
11	0.57.31 ha	26	0.57.31 ha
12	0.57.31 ha	27	0.57.31 ha
13	0.57.31 ha	28	1.14·62 ha
14	1.14.62 ha	29	0.57.31 ha
15	0.57.31 ha		

COLLECTIF



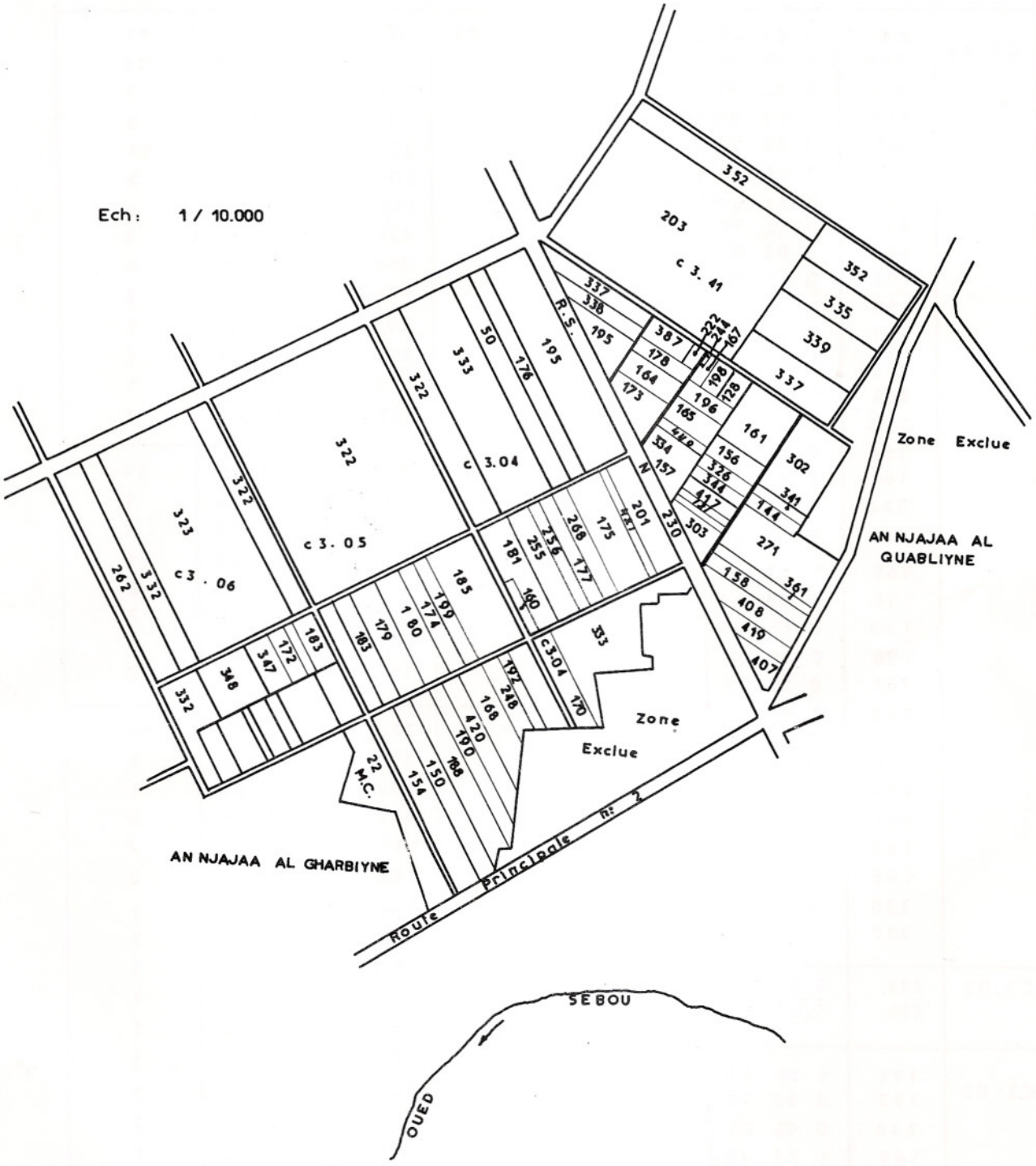
Limite des partages
Limite des sols

N.B. Selon enquête effectuée par l O.R.M.V.A.G.(S.G.R.D.) 1979

Secteur. C 3 (PARTIELLEMENT)

S.T.I

Ech : 1 / 10.000



SERVICE DE L'EQUIPEMENT

BUREAU D'ETUDE

N° du BLOC	N° de propriété	Superficie	Nombre de copropriété
C3·42	418	0 86 93	1
	408	1 52 18	1
	407	0 75 45	14
	158	1 22 96	1
	361	0 84 25	8
	271	3 63 91	9
	144	0 51 67	1
	341	0 40 59	2
	302	3 08 00	1
	303	0 87 78	1
	131	0 24 92	1
	157	0 27 56	1
	417	0 55 78	14
	344	0 58 33	2
	326	0 42 90	1
	156	0 88 90	1
	161	2 42 78	7
	334	1 63 50	2
	245	0.32 30	1
	165	1 18 48	2
	196	0 85 08	3
	128	0 42 29	2
	198	0 35 61	6
	167	0 29 77	1
	244	0 07 26	1
	222	0 22 93	2
	173	1 21 10	1
	164	0 98 78	1
	178	0 63 45	1
	387	0 70 07	2
	195	1 76 74	11
	338	0 93 50	4
	337	1 38 50	2
C3.02	333	5.07. 64	14
	170	1.05. 39	11
C3.02	191	1 15 00	1
	192	0 56 78	1
	248	0. 93 00	7
	169	1 73 40	1
	420	1 77 00	4
	190	1 49 00	1
	189	2 60 88	1
	150	2 22 00	1
	154	2.33 00	3

N° du BLOC	N° de propriété	Superficie	Nombre de copropriété
C3.04	195	6.86.03	11
	333	8.99.79	14
	176	2, 30.12	1
	50	3.05.67	9
	322	4.45.70	14
	201	1.88.11	2
	175	2.78.67	4
	421	0.72.11	5
	268	1.31.78	1
	177	1.36.67	5
	256	0.94.00	1
	255	1.67.22	1
	181	1·96.22	1
	168	0.47.67	4
C3.05	322	26.04 89	14
	185	3.80 02	1
	200	1.18.69	1
	199	1.23 50	1
	174	1.99.56	6
	180	2.05.00	2
	179	1.31.00	6
	183	1.38.23	2
C3.06	322	2.73.57	14
	323	15.68.15	1
	332	3.13.95	1
	362	4.49.21	9
	183	0.86.22	2
	186	0.90.00	2
	336	0.26.33	1
	172	0.65.67	5
	149	1 63 60	1
	347	0.91.00	1
	151	0.38.70	1
	348	2.01.22	3
	153	0.24.70	7
	152	1.10.00	7
	155	0.81.30	1
	332	2.44.46	1
	419	0,72.80	11

- Assurer la distribution du M.M.I. aux agriculteurs et veiller à sa mise en place correcte.
  En fait, à la première mise en eau, la distribution et la mise en place du M.M.I., doivent être réalisées intégralement par l'Office (conjointement avec le Service de l'Equipement et le Service de Gestion)afin d'éviter des dégâts de matériel ou des erreurs de mise en place.Cette opération nécessite des remorques avec leur tracteur, des ouvriers et du personnel d'encadrement,sans omettre le carburant pour les tracteurs et les véhicules de Service.
- L'organisation de séances de démonstration de l'arrosage par aspersion (durée des postes, nombre de postes par jour, déplacement des asperseurs ou des rampes etc...).
- Veiller à ce que le matériel ne subisse pas de dommages durant la campagne d'irrigation, et pouvoir intervenir pour procéder à des réparations ou à des remplacements de matériel, dans le cas où l'agriculteur ne peut le faire par ses propres moyens (devoir trouver ensuite le moyen administratif et comptable pour facturer la pièce remplacée).
- Enfin, le Service de Gestion des Réseaux doit pouvoir intervenir, là ou l'agriculteur montre une défaillance. Il parait difficile, voire imprudent, dans le souci de vouloir décharger l'Administration,de se retirer totalement en laissant les irrigants livrés à eux- mêmes.

3.3.2 - Problème du mandataire responsable du M.M.I. au niveau du bloc d'irrigation

Devant la complexité du régime foncier et la multiplicité sans cesse croissante du nombre d'interlocuteurs au niveau de chaque bloc, l'Administration a été amenée à proposer aux agriculteurs d'un même bloc de désigner un mandataire responsable du matériel qui leur est livré collectivement.

Cette solution fut adoptée dans la quasi totalité des nouveaux périmètres irrigués par aspersion au Maroc, sans d'ailleurs aucune consultation préalable entre eux.

La mission des mandataires que l'Administration souhaite les voir accomplir, n'est pas des plus simples. Il doit pouvoir instaurer la discipline et le respect du tour d'eau entre les irrigants, savoir prendre toutes les mesures nécessaires pour faire procéder à toutes les réparations nécessaires et aux remplacements du matériel détérioré et signaler tous les cas litigieux aux aiguadiers du secteur.

En fait, les efforts attendus du mandataire nous paraissent fort ambitieux, et en l'absence d'un statut juridique bien précis leur efficacité pourrait être mise en doute.

C'est d'ailleurs le cas des mandataires désignés dans le secteur P7 où leur rôle s'est limité à viser une liste de matériel au moment de sa distribution.

Nous pensons cependant, qu'il n'y a pas lieu de désespérer et qu'au contraire, le problème des mandataires (ou responsable du M.M.I.) peut constituer un précurseur à la constitution de groupements d'irrigants, objectif si cher aux responsables de l'Administration.

Cette tentative ne doit d'ailleurs pas se limiter aux secteurs irrigués par aspersion mais doit être étendue aux secteurs arrosés gravitairement pour l'entretien des canaux d'irrigation et le respect du tour d'eau.

3.3.3. - Economie de l'eau

L'irrigation par aspersion est réputée pour son économie d'eau, avantage d'ailleurs présenté très souvent comme un critère important dans le choix de ce mode d'arrosage, et plus particulièrement dans les régions où l'eau constitue un facteur rare.

Dans les conditions climatiques et hydrographiques du Gharb, relativement favorables, ce critère n'a nullement joué dans la prise de décision.
Néanmoins, il était attendu, que l'économie d'eau que devrait permettre ce système serait mise à profit.

Or, force est de constater, qu'à la suite de l'expérience du secteur P7, les volumes délivrés aux parcelles sont parfaitement comparables à ceux enregistrés dans les secteurs gravitaires.

Ces volumes se situent autout de 12.000 m³/ha et se trouvent parfois même dépassés dans certains cas, lors des deux premières années de mise en eau.

Cette situation, bien qu'elle puisse paraître paradoxale, n'est toutefois pas surprenante, et ce, pour les raisons suivantes :

- Au moment de la première année de mise en eau, il a été noté de la part des agriculteurs un certain doute, sur l'efficacité du fonctionnement des asperseurs, que certains irrigants qualifient de "petits jouets pour enfants". Ce qui n'a pas manqué d'entraîner des prolongations des durées de poste d'arrosage sur certaines parcelles, ou des blocages des clapets pour irriguer finalement, gravitairement.
- L'éloignement des habitations a rendu difficile le respect du changement de poste, et les asperseurs continuent à tourner alors que le sol est déjà saturé.
- Certains irrigants ne sont pas au rendez-vous pour

procéder au déplacement des rampes, ou des asperseurs. C'est ainsi que ces absentéistes ne se présentent pas sur leur parcelle pour récupérer le matériel du voisin.Ce dernier ne voyant personne se présenter continue à se servir.

• Les bornes d'irrigation sont équipées d'un limiteur de débit, d'un réducteur de pression et d'un compteur.
Dès la première année de mise en eau du secteur P7, sur les 2.560 ha, la quasi totalité des compteurs ont fait l'objet de casse et de dégradations volontaires les rendant non opérationnels.

• L'équipement à la parcelle est défini pour le mois de pointe qui nécessite 4 irrigations par mois pour la culture de la canne à sucre par exemple.
Or, on constate que les agriculteurs continuent à irriguer en dehors du mois de pointe avec la même fréquence, ce qui se traduit par un gaspillage excessif.

L'Office ne cesse de déployer des efforts dans ce sens pour leur faire prendre conscience de ce problème.

• La dernière raison, mais non la moindre réside dans le fait que l'eau n'est par facturée à son coût réel.

Cette tarification est nouvellement fixée à 0,058 dh/m³ (1) non compris les frais de pompage, et n'atteint ce plein tarif qu'au bout de la 5ème année d'exploitation du secteur.

IV/ - ASPECTS ECONOMIQUES COMPARATIFS : REDEVANCES D'ENERGIE ET COÛT DES INVESTISSEMENTS

4.1. - La redevance énergétique

La technique d'irrigation par aspersion nécessite la mise en oeuvre d'une pression importante, pour permettre le fonctionnement du réseau de transport et de distribution.

Dans le cas du périmètre du Gharb, les charges au départ de la station varient entre 75 et 80 m environ. Par contre, pour les secteurs gravitaires, les stations de pompage construites sur l'Oued Sebou ou l'Oued Beht n'assurent qu'un relevage des eaux de 10 à 15 m.

Les dépenses d'énergie en irrigation par aspersion, sont par conséquent importantes.

A titre comparatif, nous donnons ci-après, les volumes d'eau pompés pour la campagne 1981, ainsi que les frais d'énergie que ce pompage a occasionnés pour le secteur P 7 irrigué par aspersion, et 4 secteurs gravitaires ; (jusqu'au mois de novembre 1981).

Secteur	Mode d'irrigation	Volume pompé (m³)	Frais d'énergie (DH)	Coût d'énergie DH/m³
P7	Aspersion	8.231.760	687.455	0,083
P11.1	Gravitaire	11.849.760	206.001,84	0,017
S17	,,	27.802.224	647.072,80	0,023
S9	,,	21.611.520	365.669,29	0,016
C1	,,	24.030.307	501.140,59	0,021

La différence du coût de la consommation énergétique, entre les deux systèmes, est de **6 à 7 centimes le m³,** au désavantage de l'aspersion.

Ramenée à l'ha irrigué, cette différence de coûts serait de l'ordre de **600 à 700 dh/ha et par an** (pour un besoin moyen de 10.000 m³/ha/an).

Ce coût supplémentaire connaît, en outre, une évolution sans cesse croissante, comme on peut le constater sur le tableau suivant, dressé sur la base des consommations réelles, des années 1978, 79, 80 et 81, du secteur P7 irrigué par aspersion.

Il faut faire remarquer, que la redevance d'énergie du m³ pompé, et par conséquent sa variation, dépend directement des facteurs suivants :

- de la hauteur manométrique de l'installation de pompage, qui peut varier selon les conditions de l'aspiration et de celles au refoulement.
- du rendement des groupes motopompes, qui peut

Année	Coût d'énergie DH/m³
1978	0,036
1979	0,054
1980	0,067
1981	0,083

(1)Ce prix était initialement de 0,029 dh/m³ et vient d'être augmenté à 0,058 dh/m³ à partir de la campagne 1980.
L'application de cette augmentation est elle-même étalée sur 3 ans.

subir des variations selon les conditions générales de fonctionnement et d'entretien des installations, ainsi que de leur âge.

- et du prix du Kwh qui est fixé par l'O.N.E. Ce prix est lui-même variable selon le jour et la nuit et connaît des augmentations d'une année à une autre

Evolution du tarif ONE du Kwh en 10^{-2} DH

Année	Tarif du jour	Tarif de nuit
1977	23,93	19,61
1978	24,86	20,55
1979	33,22	27,08
1980	33,90	27,76
1981	36,14	29,55
1982	47,17	38,37

4.2. - Coût de l'équipement initial

Le coût de l'équipement initial **ne dépend pas simplement du mode de transport** et de **distribution choisi**, mais également dans une proportion non négligeable du **schéma adopté pour un même mode d'irrigation.**

Pour tenir compte de cette nuance, nous présentons ci-après le coût des dépenses d'équipement pour 3 schémas.

4.2.1 Schéma hydraulique n°1

Cas où la station de mise en pression est directement installée sur la rivière. C'est le cas du secteur P7 (2.600 ha) sur l'Oued Beht, irrigué par aspersion.

Les coûts donnés ci-après sont tirés des décomptes définitifs(**prix 1977**) :

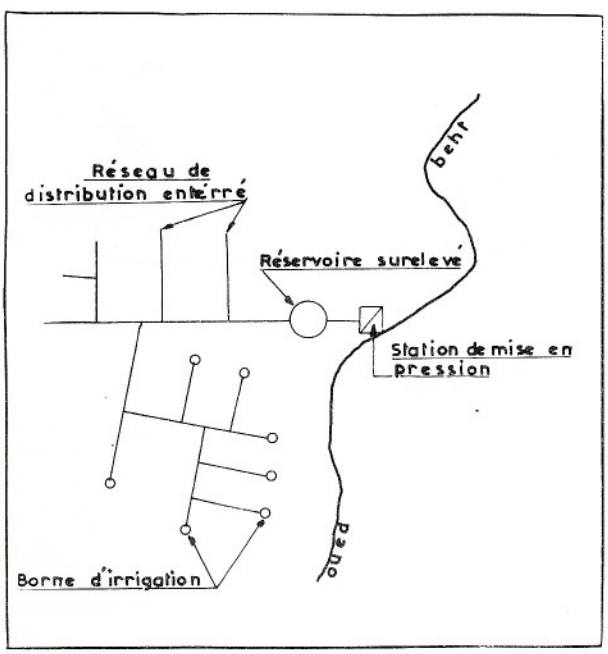
Nature des travaux	Coût DH/ha
- Station de pompage :	
Génie civil	845
Equipement	1.430
Réservoir	1.230
- Réseau d'irrigation :	6.500
- Bornes d'irrigation :	425
- Matériel Mobil d'Irrigation :	2.320
TOTAL	12.750

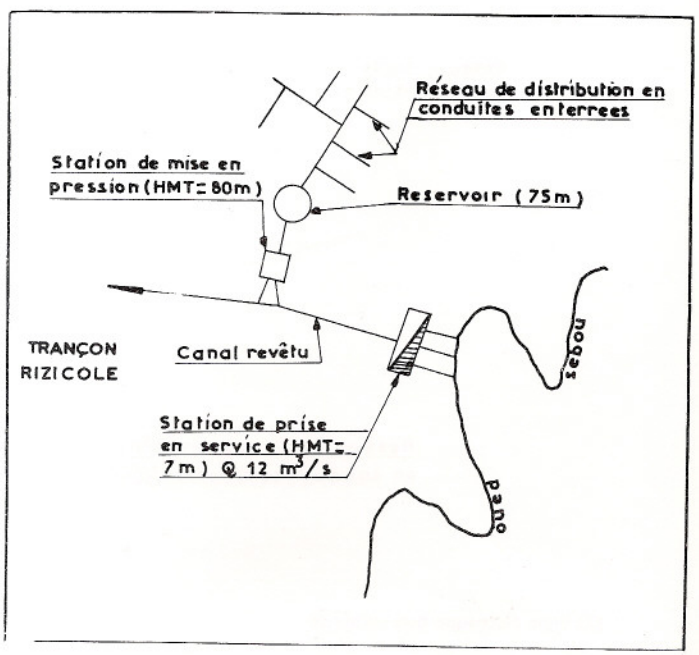
Actualisé à 1979 à : 15.300 dh/ha.

4.2.2 Schéma hydraulique n° 2
(le plus fréquent dans le Gharb)

Outre les ouvrages du schéma n° 1, ce cas comporte **une station de prise** sur la rivière et un **canal principal** qui alimente la station de mise en pression.

C'est ce schéma qui a été adopté pour de nombreux





secteurs de la S.T.I. (les coûts ci-après sont tirés des montants des marchés du secteur C3 de 3.600 ha prix 1979).

Nature des travaux	Coût DH/ha
-Station de prise (1)	
Génie Civil	840
Equipement	950
-Canal principal	1.930
-Station de mise en pression (1)	
Génie Civil	390
Equipement	1.430
Réservoir	1.000
-Réseau d'irrigation	7.900
-Bornes d'irrigation	450
-Matériel Mobile d'irrigation	3.600
T O T A L	18.500

4.2.3. - Schéma n° 3

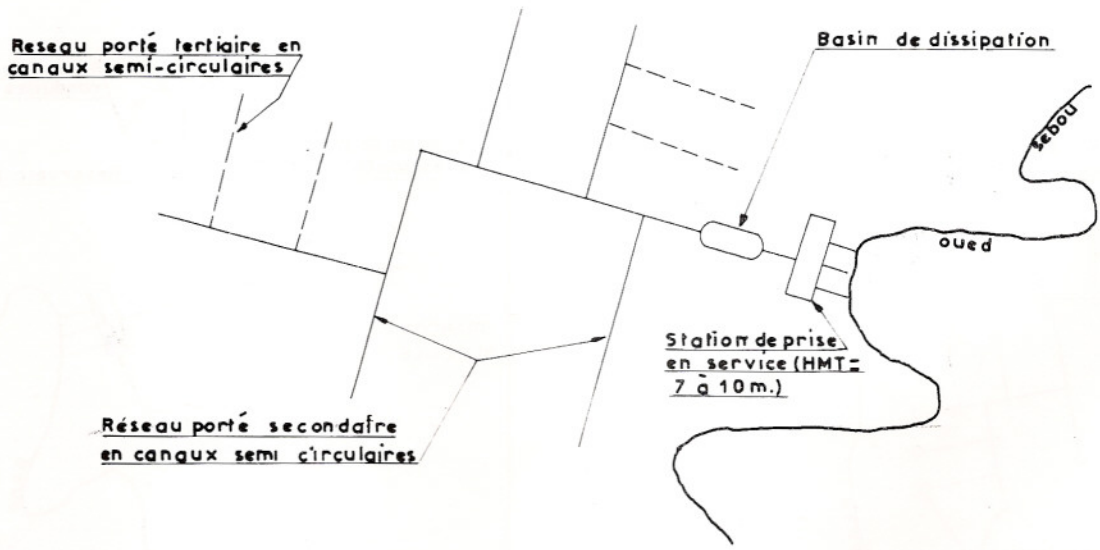
Cas d'un secteur gravitaire avec une station de prise en rivière et un bassin de régulation alimentant une série de canaux secondaires (cas classique dans le Gharb pour l'irrigation gravitaire).

Les coûts ci-après sont tirés des travaux des secteurs C1 - C2 (4.500 ha)- prix 1979.

Nature des travaux	Coût DH/ha
- Station de prise	
Génie civil	1.600
Equipement	1.300
- Réseau d'irrigation	
Fourniture	4.800
Pose	3.200
- Nivellement	3.000
T O T A L	13.500

4.2.4. - Commentaires

Selon les trois systèmes décrits précédemment, la différence de coût des investissements initiaux se situe entre **1.800 et 5.000 dh/ha** au profit du système gravitaire, soit entre **13 et 37 %** aux dépens de l'aspersion et ce, non compris le coût relatif aux lignes électriques qui doivent être fortement renforcées pour ce dernier système.



(1) ligne électrique non comprise

Cette différence de coût n'est pas seulement fonction de **l'importance de la superficie** du secteur à équiper et de **l'ossature hydraulique** adoptée pour le réseau d'irrigation, mais dépend également des conditions économiques prévalant au moment du lancement des travaux.

Ce dernier point mérite d'être souligné, car il a été constaté, que les prix proposés à l'occasion des consultations dépendent bien évidemment, de **l'importance de la concurrence** et aussi de la **charge de carnets de commandes** des entreprises de travaux et des usines de fabrication.

Cette situation a été particulièrement vécue durant le Plan Triennal 78-80 qui a été marqué par un ralentissement important des programmes d'équipement.

La plupart des entreprises, dans la crainte de faire faillite, n'hésitaient pas à proposer des prix très bas, imposant ainsi une concurrence très serrée.

C'est le cas de certaines usines de fabrication de tubes d'aluminium qui, dans l'optimisme des années du Plan Quinquennal 73-77, ont procédé à des extensions et à des installations nouvelles qu'il n'a pas été possible de rentabiliser au niveau espéré.

Est venue ensuite la relance au cours de l'année 1981, qui après quelques premiers mois de concurrence sévère, a connu une augmentation des prix après que les entreprises eurent constaté que leurs programmes se saturaient et que les délais des travaux imposés par les différentes Administrations se chevauchaient.

En tout état de cause, et bien qu'il soit difficile de fixer le pourcentage de différence de coût entre le gravitaire et l'aspersion, à cause de tout ce qui a été développé précédemment, il est toutefois manifeste que le premier système demeure nettement moins cher que le second.

V/- CONCLUSION

L'irrigation par aspersion offre des avantages incontestables dont il convient de rappeler les principaux :

1°/-Possibilité d'une mécanisation rationnelle de toutes les opérations agricoles et en particulier la récolte de la canne à sucre.

Si l'on se base sur les dépenses effectuées au cours de la campagne 1981 pour récolter à la machine des parcelles de canne situées en zone gravitaire, et qui s'élèvent à 21 dh la tonne, on pourrait espérer réduire ce coût à moitié dans une trame aspersion. Ce qui correspondrait alors à une **réduction des dépenses** par rapport au gravitaire de **700 à 1.000 dh** par ha en fonction des rendements obtenus.

2°/-Sans avoir à se décider dans l'immédiat pour une mécanisation de la récolte de la canne à sucre, la trame aspersion offrira la possibilité de la pratiquer dans le cas où elle s'avèrerait absolument indispensable.

L'avenir n'est, par conséquent, pas compromis. Le gravitaire n'offre pas toute cette souplesse.

3°/-Le rythme de mise en valeur sur les secteurs irrigués par aspersion serait plus rapide que sur les secteurs irrigués gravitairement.

C'est ainsi que sur le secteur P.7, le taux de mise en valeur a atteint 39 % en deux ans, alors que dans d'autres secteurs équipés gravitairement à la même époque, ce taux était de 16 %.

Cette constatation mérite toutefois d'être mieux précisée afin de cerner l'impact d'autres facteurs sur la mise en valeur et qui sont indépendants du mode d'irrigation, tels que le mode de faire valoir, le statut juridique des terres, la répartition foncière etc...

4°/-Sur un canevas aspersion, les emprises sont plus réduites et le gain de terrain agricole est évalué à 4 % environ par rapport à un canevas gravitaire.

5°/-Interrogés sur le mode de distribution de l'eau qu'ils préfèreraient, les agriculteurs du P.7 répondent favorablement pour l'aspersion, en argumentant leur jugement par la souplesse du système et par la meilleure répartition de l'eau qu'il permet sur les parcelles arrosées.

La qualité de l'arrosage n'est plus tributaire du nivellement du terrain.

Malheureusement, à côté de tous ces points positifs, l'aspersion présente également des inconvénients non moins importants.

Largement développés dans ce rapport, nous en rappelons l'essentiel :

1°/-L'introduction du matériel mobile d'irrigation complique encore plus la gestion en imposant à l'Administration une série d'opérations supplémentaires et nouvelles, telles que la réception du matériel sur un parc de stockage, le contrôle de sa qualité, sa distribution, son transport et sa mise en place correcte sur les parcelles. Ces opérations exigent des moyens humains et matériels supplémentaires.

2°/-Beaucoup de points d'interrogation demeurent encore posés au sujet du remplacement du M.M.I. (cf. page 48)

3°/-Le coût des investissements est élevé, avec une dépense supplémentaire par rapport au gravitaire qui se situe entre **1.800** et **5.000 dh/ha.**

4°/-Les frais de pompage sont particulièrement énormes et connaissent des hausses importantes et perpétuelles d'une année sur l'autre.

La dépense d'énergie par m³ pompé est passée pour le secteur P.7 de **0,036 dh en 1978 à 0,083 dh en 1981** et il est attendu, que pour la campagne 1982, la facture sera encore plus lourde, puisque les tarifs de l'O.N.E. viennent **d'être augmentés** recemment **de 30 %**.

Ramené à l'ha et pour une consommation moyenne de 10.000 m³/ha, le coût supplémentaire des frais de pompage par rapport au gravitaire est de l'ordre de **600 à 700 dh/ha** et dépassera même bientôt ce niveau.

Ce dernier point constitue, à mon avis, un élément de poids dans la prise de décision pour le choix d'un mode d'irrigation pour les nouveaux secteurs qui sont appelés à être amenagés dans l'avenir.

Il semble opportun de revoir les options prises afin de les adapter aux nouvelles conditions qui sont devenues plus contraignantes.

Cet éventuel changement d'options ne doit pas se faire sans prendre en compte les éléments suivants :

1°/-**L'importance des études** déjà terminées ou très avancées et qui n'attendent qu'un financement pour être exécutées.

Il paraît difficile de les modifier totalement à ce stade.

2°/-**L'importance des investissements** dans lequel se sont lancés les entreprises privées pour répondre aux programmes de l'Etat.

En particulier les usines de fabrications des conduites en béton précontraint ou en amiante ciment et les usines de tubes d'aluminium destinés à l'irrigation.

Toutes les possibilités d'adaptation de ces usines doivent être examinées.

3°/-**Le problème de mécanisation** de la récolte de la canne à sucre.

A ce niveau, deux voies de recherche et d'expérimentation peuvent être entreprises :

- soit **l'amélioration du gravitaire** en recherchant des solutions qui doivent permettre la suppression de la contrainte de passage posée par l'arroseur en terre.
- soit, au contraire, **d'adapter les récolteuses** de canne à la trame gravitaire.

En effet, les récolteuses actuellement en vente sur le marché international sont conçues pour des grandes parcelles ayant des formes géométriques convenables.

Le fait qu'il soit prevu dans la seule plaine du Gharb plus de 100.000 ha de canne à sucre, justifie amplement une étude particulière pour mettre au point un type de **machines adapté aux conditions locales**.

En fait, et en guise de conclusion, il convient de dire que quel que soit le système d'irrigation choisi, le premier objectif à rechercher est d'abord, de **rentabiliser au maximum** les investissements accordés pour sa réalisation.

Cette rentabilisation reste tributaire de l'utilisation des terres que le réseau domine, ainsi que du degré d'intensification du système de culture qui y est pratiqué.

Une mise en valeur intensive demeure le problème essentiel de l'aménagement.

BIBLIOGRAPHIE

- Projet Sebou - Annexe n° 7 - 1966
- Dossier de factibilité de la S.T.I. dossier de synthèse GRONTMIJ-1975.
- Dossier "Options Fondamentales de la S.T.I." -B.R.L.-1975.
- Rapports relatifs aux différentes campagnes de canne à sucre - années 1977, 1978, 1979, 1980 et 1981
- Différents rapports d'activité de l'ORMVAG.
- Note relative à l'irrigation par aspersion dressée par MM. ABDELLAOUI et MERZOUKI en 1979.
- Article de M. JELLOULI Driss intitulé "Observations personnelles relatives à l'irrigation par aspersion dans le Gharb" paru dans la revue Hommes, Terre et Eaux n° 36 de janvier - février 1980.
- Article de M. BOUHAMIDI Mustapha intitulé "Réflexions sur l'irrigation par aspersion" paru dans la revue Hommes, Terre et Eaux n° 36 de janvier-février 1980.

Comparaison technico-économique des méthodes d'irrigation par aspersion et gravitaire dans le périmètre du Loukkos

Par
Abdellatif Bennani
Ingénieur du génie rural
Chef du Service de l'Equipement Hydro-agricole
à l'O.R.M.V.A. du Loukkos

INTRODUCTION

L'adoption de techniques d'irrigation dans la conception d'aménagements hydro-agricoles des périmètres irrigués découle d'une démarche technique, économique et sociologique dont le résultat devrait assumer l'utilisation optimale de l'irrigation.

En effet, pour le périmètre du Loukkos, cette approche a été menée globalement au niveau de la détermination des types d'irrigation par secteur et conduite aussi au niveau des études de définition pour préciser et justifier les choix entrepris. Ainsi, la présente communication se propose, dans une première partie, de présenter le cadre physique et humain du périmètre du Loukkos avec la méthodologie d'approche choisie pour la définition des systèmes d'irrigation au niveau de l'aménagement. Dans une seconde partie, des comparaison technique et économique seront exposées pour les cas où les deux systèmes étaient possibles avec leur évaluation financière.

Enfin, en conclusion, il sera abordé les recommandations pour préciser la portée et limite de l'utilisation des conclusions de ces études comparées dans la prise de décision au niveau des choix de méthodes d'irrigation à l'intérieur du périmètre irrigué.

I - MILIEU PHYSIQUE ET HUMAIN DU PERIMETRE DU LOUKKOS

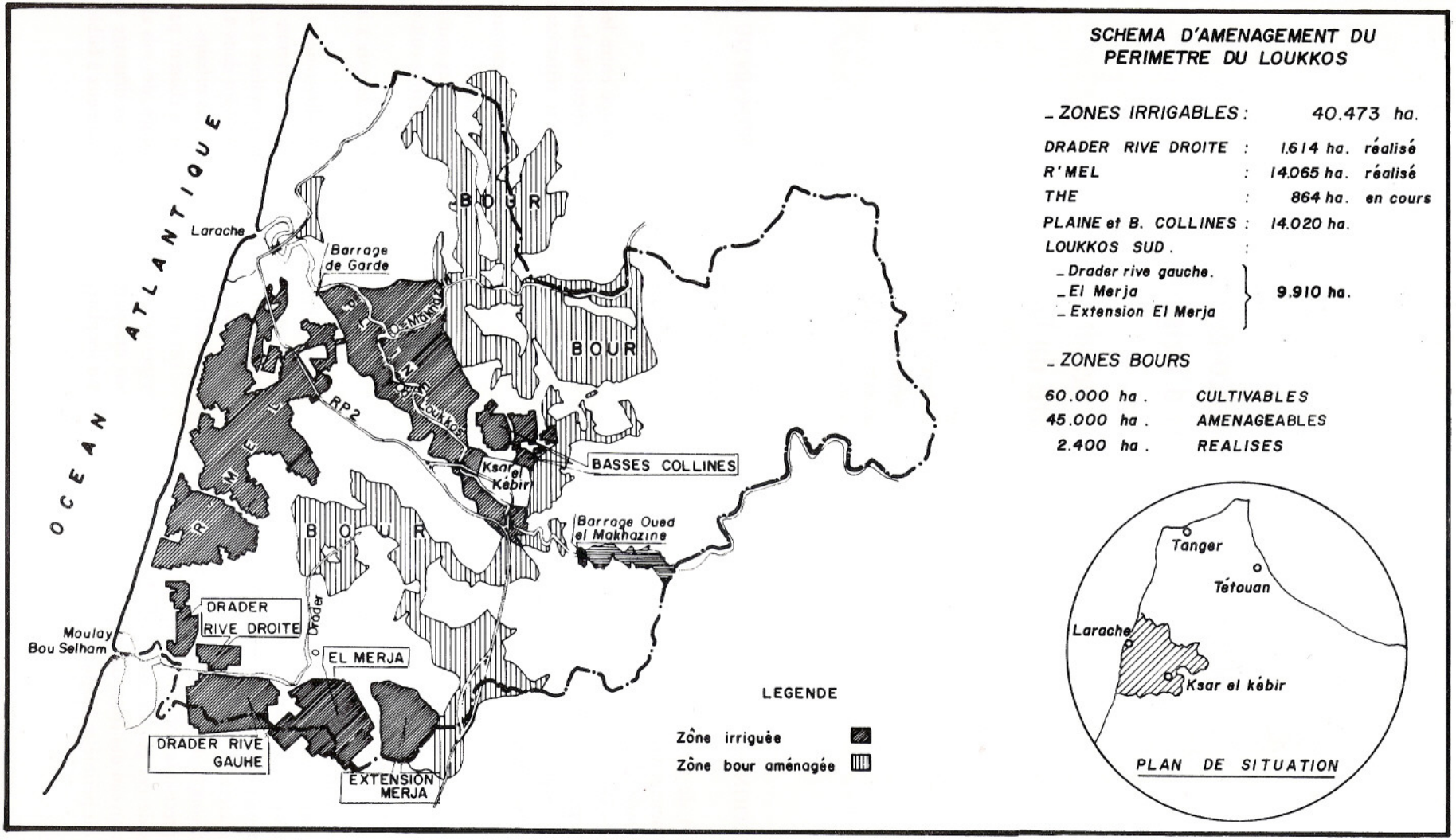
1 - Milieu naturel et humain

Situé au Nord-Ouest du Maroc entre les régions du Tangérois et du Gharb, le périmètre du Loukkos couvre une superficie de 2.560 Km² se répartissant entre les zones suivantes :

- une zone irriguée de 40.473 ha comprenant plusieurs secteurs de mise en valeur,
- une zone de collines et de vallées couvrant une superficie de 91.000 ha de terres cultivables en Bour,
- une zone montagneuse pour le reste à interventions forestières et pastorales.

Le climat est de type méditerranéen à influence océanique avec une pluviométrie moyenne de 650 mm. La population du périmètre est évaluée à 253.600 habitants dont 141.600 habitants vivant dans 413 Douars et 112.000 habitants dans 4 centres urbains.

Les sols aptes à l'irrigation se classent parmi les deux types extrêmes. Dans les plaines, des sols alluviaux plus ou moins lourds nécessitant un drainage souterrain et sur les plateaux, des sols sablonneux à faible capacité de


SCHEMA D'AMENAGEMENT DU
PERIMETRE DU LOUKKOS
_ ZONES IRRIGABLES : 40.473 ha.
DRADER RIVE DROITE : 1.614 ha. réalisé
R'MEL : 14.065 ha. réalisé
THE : 864 ha. en cours
PLAINE et B. COLLINES : 14.020 ha.
LOUKKOS SUD :
_ Drader rive gauche.
_ El Merja
_ Extension El Merja
9.910 ha.
_ ZONES BOURS
60.000 ha . CULTIVABLES
45.000 ha . AMENAGEABLES
2.400 ha . REALISES
OCEAN ATLANTIQUE
Larache
Barrage de Garde
BOUR
Oued Mharhar
Oued Loukkos
RP2
R'MEL
Ksar el Kébir
BASSES COLLINES
Barrage Oued el Makhazine
Moulay Bou Selham
DRADER RIVE DROITE
Drader
EL MERJA
DRADER RIVE GAUHE
EXTENSION MERJA
LEGENDE
Zône irriguée
Zône bour aménagée
Tanger
Tétouan
Larache
Ksar el kébir
PLAN DE SITUATION

rétention. Concernant la structure foncière des sols, celle-ci se répartit selon les régimes suivants :

- Melk	59.175	45 %
- Collectif	40.765	31,1 %
- Dmaine	28.272	21,4 %
- Habous	3.287	2,5 %
	131.500	100 %

La taille moyenne des exploitations est estimée à 6 ha et 83 % des exploitations sont gérés en mode de faire valoir direct. La mobilisation des potentialités naturelles de la région du Loukkos dans le cadre d'un aménagement global a fait l'objet d'études de définitions préliminaires et d'études de factibilité dont l'objectif est d'obtenir à court et moyen terme l'utilisation optimale de ces ressources en vue de développer les productions agricoles et l'élevage dans le but d'atteindre l'autosuffisance nationale en produits alimentaires de base.

2 - Méthodologie d'approche pour l'aménagement dans le périmètre du Loukkos

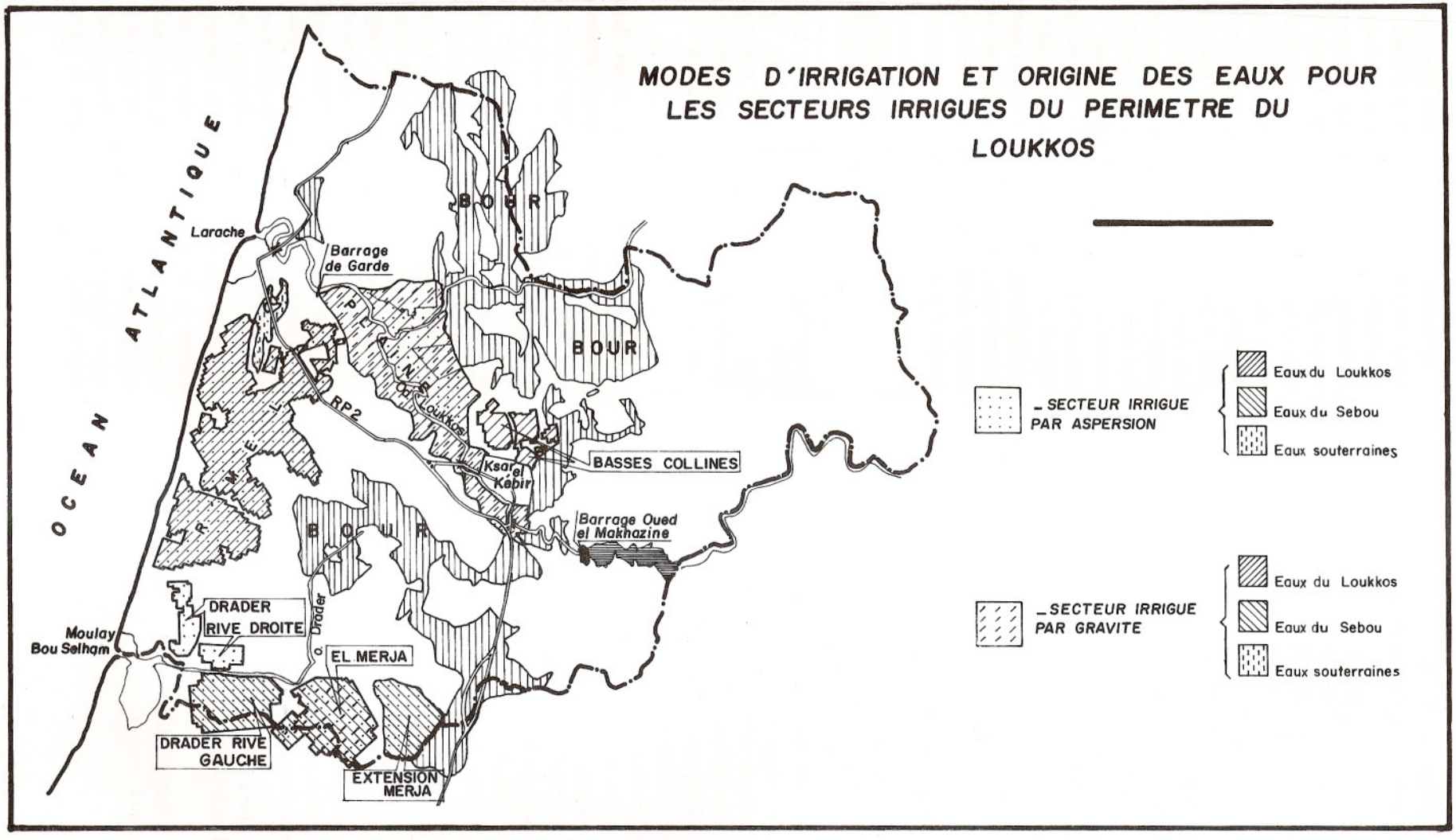
La mobilisation des eaux régularisées de l'oued Loukkos pour l'irrigation des terres n'est pas récente. Plusieurs études ont été tentées avant 1950 et ont abouti à l'équipement d'unités réduites, vu les problèmes et les difficultés techniques rencontrées. L'étude de factibilité entreprise en 1971 par le Ministère de l'Agriculture et de la Réforme Agraire a abouti à la définition de l'aménagement du Périmètre en délimitant les secteurs à irriguer et en introduisant l'idée d'un aménagement Bour Industriel sur les sols cultivables en Bour.
L'aménagement du Bour est conçu de manière intégré par rapport à celui de l'irrigué. Sur les 91.000 ha cultivables, le schéma directeur prévoit l'équipement de 60.000 ha dont 45.000 ha assolables en cultures betteravières et vivrières. L'aménagement des secteurs pour l'irrigation a fait ressortir la pauvreté des ressources en terres par rapport à l'abondance des ressources en eau. Les secteurs obtenus à l'issue de cette étude et qui constituent des unités individualisées sur le plan des sols et des ressources en eau sont les suivants :

- Drader Rive Droite	1.614 ha
- R'Mel I et R'Mel II	14.065 ha
- Thé	864 ha
- Plaine et Basses Collines	14.020 ha
- Loukkos Sud	9.910 ha
	40.473 ha

Le secteur Drader et le secteur Thé sont alimentés à partir des eaux souterraines et de l'Oued Drader indépendamment de l'Oued Loukkos. Les eaux régularisées du Loukkos desservent seulement le secteur R'Mel et le secteur Plaine et Basses Collines. Pour le Loukkos Sud, celui-ci est alimenté à partir du canal Nord Haut Service venant de l'Oued Sebou. Les eaux sont régularisées dans la retenue Oued El Makhazène qui réserve 320 (10^6MM) pour l'irrigation. Les eaux sont restituées à l'Oued Loukkos et sont reprises par des stations de pompage installées le long de l'Oued Loukkos qui refoulent l'eau soit dans des réseaux enterrés soit dans des canaux qui conduisent l'eau aux secteurs d'irrigation. Le plan d'eau de pompage est assuré grâce à la construction d'un barrage de garde à l'embouchure de l'Oued Loukkos. Le mode d'irrigation choisi découle de la nature physique des sols pour la majeure partie des secteurs et d'une analyse technico-économique pour les autres. Ainsi les modes d'irrigation adoptés sont les suivants :

Secteur	Superficie	Mode d'irrigation
Drader Rive Droite	1.614 ha	Aspersion
R'Mel	14.065 "	Aspersion
Thé	864 "	Aspersion
Plaine et Basses Collines	14.020 "	Gravitaire
Loukkos Sud	9.910 "	Aspersion

Pour les secteurs Drader et R'Mel, la topographie dunaire et la nature sableuse des sols imposaient le choix de l'irrigation par aspersion. Pour le secteur Thé, l'irrigation par aspersion était choisie vu la nature sableuse des sols et la brumisation nécessaire pour créer l'humidité de l'air pour la culture du thé. Quant au Loukkos Sud, l'aspersion s'impose sur le Drader Rive Gauche dont les sols sont sableux mais reste en concurrence avec l'irrigation par gravité pour El Merja dont les sols sont des vertisols plats. Pour El Merja, l'aspersion a été choisie car elle permettait d'avoir des longueurs de lignes de canne à sucre supérieures à 250 m, longueurs indispensables pour la mécanisation de la canne à sucre. Ce choix est actuellement en cours d'examen, vu que la réflexion se poursuit sur les techniques de nivellement dans l'irrigation gravitaire et la mécanisation de la récolte de la canne ; des études sont en cours pour réexaminer la validité des choix arrêtés en fonction des résultats obtenus dans les secteurs équipés et cultivés en canne à sucre en aspersion et en gravitaire. Quant au secteur Plaine et Basses Collines, la topographie et la


MODES D'IRRIGATION ET ORIGINE DES EAUX POUR LES SECTEURS IRRIGUES DU PERIMETRE DU LOUKKOS
OCEAN ATLANTIQUE
Larache
Barrage de Garde
BOUR
PLAINE du Loukkos
RP2
BOUR
BASSES COLLINES
Ksar el Kebir
Barrage Oued el Maknazine
TRMEL
BOUR
Moulay Bou Selham
DRADER RIVE DROITE
Oued Drader
EL MERJA
DRADER RIVE GAUCHE
EXTENSION MERJA
_ SECTEUR IRRIGUE PAR ASPERSION
Eaux du Loukkos
Eaux du Sebou
Eaux souterraines
_ SECTEUR IRRIGUE PAR GRAVITE
Eaux du Loukkos
Eaux du Sebou
Eaux souterraines

nature des sols se prêtent à l'adoption des deux techniques d'irrigation et pour cette raison l'analyse comparative des deux techniques sera axée sur l'étude de l'équipement hydro-agricole du secteur Plaine et Basses Collines.

3 - Intérêt de la comparation irrigation gravitaire et irrigation aspersion dans la Plaine du Loukkos

Le secteur Plaine et Basses Collines est un secteur complexe ceinturé par le Loukkos sinueux d'une part et le piémont des collines environnantes d'autre part. Son aménagement couvre toute la gamme des travaux hydro-agricoles (irrigation - assainissement, drainage, protection contre les crues,...). La prise en compte d'obstacles physiques (L'Oued Loukkos, les Collines,...) la limite des sols aptes à l'irrigation et protégés des eaux de crues, a conduit au découpage du secteur Plaine et Basses Collines entre les ensembles suivants :

- Les Basses Collines
- La Plaine de Ksar El Kébir Rive Droite et Rive Gauche
- La Plaine du Loukkos Rive Droite
- La Plaine du Loukkos Rive Gauche.

La Plaine du Loukkos Rive Gauche est traversée par un affleurement qui individualise la Plaine Mrissa Chkaïfien de la Plaine Rive Gauche. En outre, l'Oued Makhazène traverse la Plaine du Loukkos Rive Droite et la découpe en deux partie inégales. Ainsi le découpage obtenu en quatre ensembles correspond à l'optimum compte tenu des contraintes naturelles. L'intérêt d'étudier comme exemple le secteur Plaine et Basses Collines pour la comparaison irrigation par aspersion - irrigation gravitaire réside dans le fait que l'aménagement de ce secteur intègre toutes les interventions en matière d'irrigation et de drainage d'une part et peut techniquement en majeure partie être irrigué selon les deux modes d'irrigation d'autre part. Pour l'approche technique et économique de cette comparaison, il a été procédé au début à la définition de données et paramètres de base relatifs aux deux types d'irrigation. Par la suite, une comparaison technique et économique a été menée au niveau de l'étude comparative d'un secteur d'une superficie de 910 ha dans la Plaine de Ksar El Kébir. A partir des résultats de cette étude et de la forme des ensembles définis plus haut, une recherche de schéma optimum a été entamée dont l'objet est de mettre au point la délimitation des sous-secteurs par ensemble et par type d'irrigation qui donne le schéma le plus économique sur le plan d'investissement et fonctionnement et qui présente par ailleurs la plus grande facilité et fiabilité au niveau de l'exploitation.

II - ÉTUDE DU SCHEMA OPTIMUM DANS LE SECTEUR PLAINE DU LOUKKOS

1 - Données de base et paramètres de l'équipement

Pour l'assainissement et le drainage, les équipements ont été dimensionnées en fonction d'hypothèses hydrologiques identiques dans les deux cas de l'irrigation gravitaire et de l'irrigation par aspersion. Ainsi, les données diffèrent surtout au niveau de la conception de la trame et du réseau d'irrigation qui seront exposées ci-dessous.

a) Irrigation par aspersion

Les assolements culturaux prévus sont l'assolement canne à sucre, l'assolement fourrage et l'assolement riz. Les débits calculés à partir des besoins en eau définis par la formule de Blaney Criddle se sont basés sur les hypothèses suivantes :

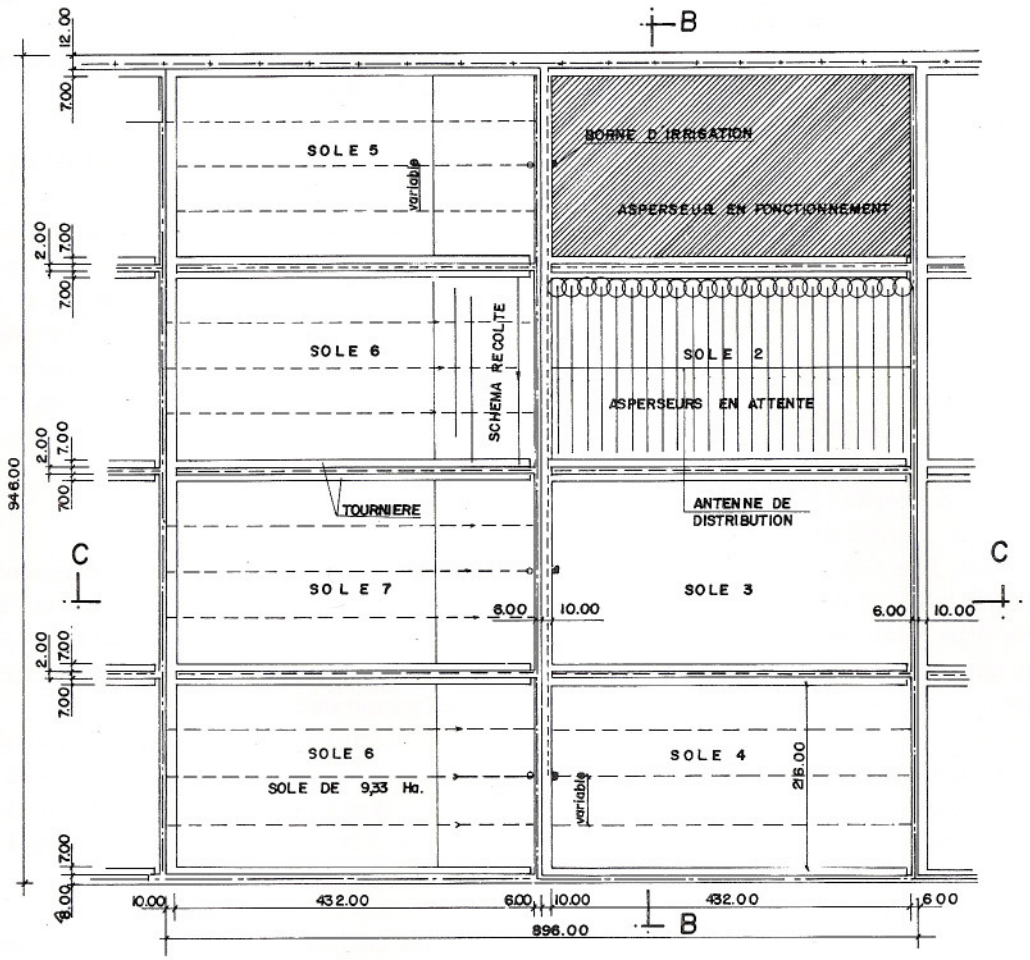
- Efficience globale : Efficience du réseau enterré x Efficience à la parcelle 0,80 = 0,9 x 0,9
- Rendement journalier égal à 20 H/24
- Rendement mensuel égal 30 j/30 j pendant le mois de pointe.

Les assolements fourrages et riz sont irrigués par gravité pour des raisons techniques inhérentes à la qualité des sols et qui seront exposées plus bas. Ainsi pour l'assolement canne à sucre, les données de base de l'équipement sont :

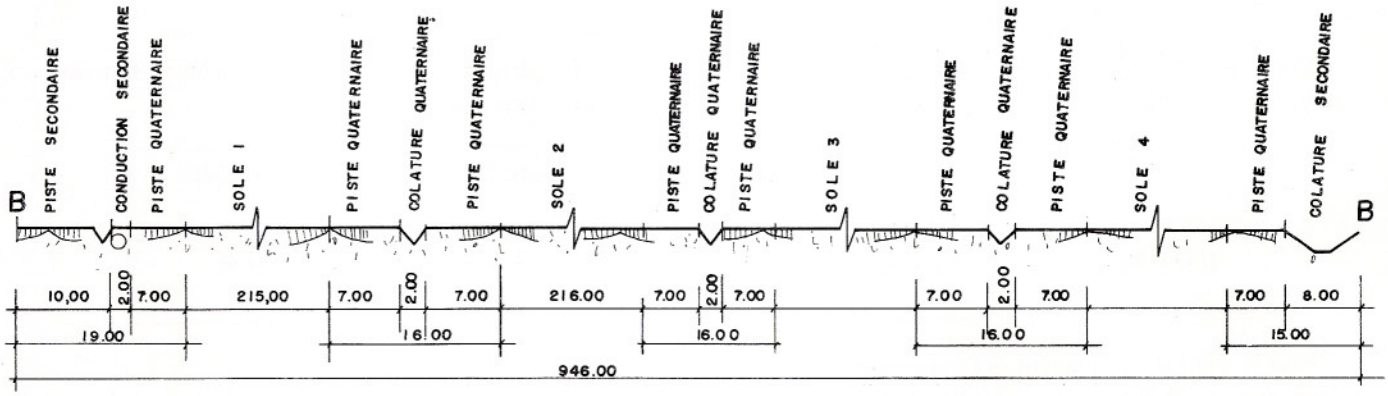
Désignation	Besoin mois de pointe mm/mois Juillet	Besoin en eau pour l'année en mm	Débit pour l'assolement 1/s/ha	Débit pour la culture la plus exigeante
Assolement Canne à sucre	202,9	841,8	1,174	1,34

IRRIGATION PAR ASPERSION AVEC QUADRILLAGE

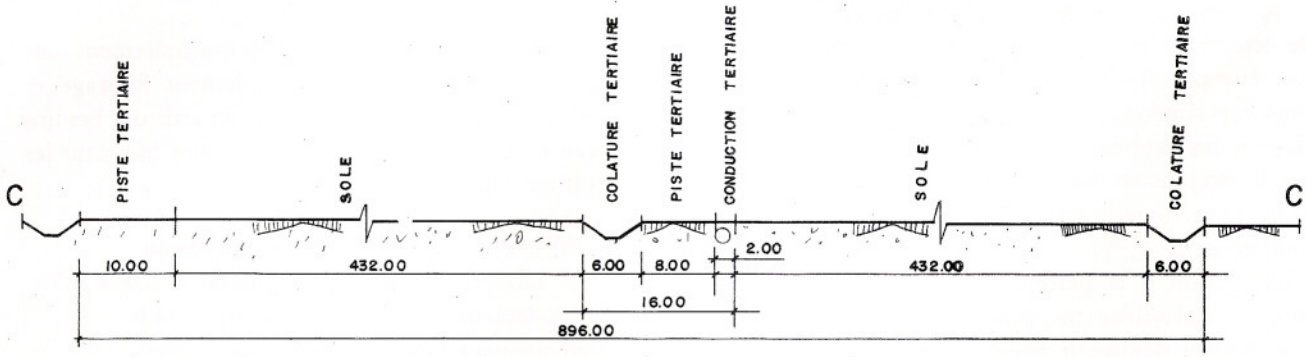
AMENAGEMENT DES BLOCS



COUPE B_B



COUPE C_C



SURFACE NETTE DU BLOC $S_N = 74{,}65$ Has

SURFACE BRUTE DU BLOC $S_N = 84{,}76$ Has

LEGENDE

- COLATURE SECONDAIRE
- CONDUCTION SECONDAIRE
- COLATURE TERTIAIRE
- CONDUCTION TERTIAIRE
- COLATURE QUATERNAIRE
- PROPRIETE
- DRAIN ENTERRE
- DEMI_ILOT DIRRIGATION

Pour le dimensionnement du réseau au niveau du bloc d'irrigation, il a été tenu compte du débit de la culture la plus exigeante à savoir la canne vierge 2ème année, ce qui donne les débits suivants :

Désignation	Débit disponible pour 1/s/ha	Débit corrigé nécessaire pour l'assolement 1/s/ha	Débit corrigé pour la culture la plus exigeante
Assolement Canne à sucre	1,286	1,057	1,206

Concernant le calcul du réseau des conduites enterrées, il a été appliqué la dégressivité des débits vu que le réseau est calculé à la demande. La loi débit en fonction de la superficie dominée est la suivante :

S/ha	0< S<75	75< S< 500	500< S< 1.000	S> 1.000
q/1/s/ha	1,286	1	1 à 0,86	0,86

Pour le débit d'équipement des stations de pompage, il est égal au D.F.C = (0,86 I/s/ha) multiplié par la superficie dominée.

Au niveau du canevas d'irrigation, la taille du bloc a été déterminée en fonction des lignes de canne qui doivent être parallèles au sens des propriétés et avoir des longueurs supérieures à 200 m pour obtenir une mécanisation des récoltes individuelles. Le bloc type obtenu a des dimensions de 946 m x 432 m et une superficie de 37 ha 32 ca. Le ratio superficie agricole nette, superficie équipée est de 0,95.

L'irrigation à la parcelle se fait par aspersion sur rampes déplaçables ou quadrillage en polyéthylène. L'agriculteur déplace le matériel deux fois par jour vu que la durée du poste est de dix heures, la dose d'irrigation de 62,5 mm et la pluviomètrie de 6 mm/heures environ.

b) Irrigation gravitaire

Les assolements culturaux irrigués gravitairement sont l'assolement canne à sucre, l'assolement fourrage et l'assolement riz. Les débits calculés à partir des besoins en eau définis par Blaney Criddle se sont basés sur les hypothèses suivantes :

- Efficience globale : Efficience du réseau × Efficience de la distribution 0,66 = 0,9 × 0,75
- Rendement journalier égal = 20 / 24 h
- Rendement mensuel égal = 30j / 30 j

Pour les différents assolements, les débits normes sont :

Assolement	Besoin en Eau mois de pointe en mm	Besoin en Eau pour l'année en mm	débit pour l'assolement 1/s/ha	débit pour la culture la plus exigeante
Canne à sucre	202,9 Juillet	841,8	1,423	1,62
Fourrages	155,4 Septembre	770,9	0,91	1,118
Riz	261,8 Juillet	763,6	2,42 Efficience = 50 %	2,42

Assolement	Débit disponible à la prise	Débit corrigé nécessaire pour l'assolement	Débit corrigé pour la culture la plus exigeante
Canne à sucre	1,2	1,28	1,458
Fourrages	1,2	0,82	1,006
Riz	2,4	2,18	2,18

Concernant le calcul du réseau, il y a absence de dégressivité des débits étant donné que le calcul du tour d'eau en période de pointe se base sur la simultanéité de l'utilisation des mains d'eau d'autant plus que le réseau est régulé par l'amont. De plus, les blocs irréguliers reçoivent une main d'eau au même titre que les blocs réguliers ce qui entraine un surdimensionnement excessif du réseau d'irrigation. Pour limiter ce surdimensionnement, les réductions suivantes ont été appliquées :

Cumul des mains d'eau jusqu'à 250 ha
10 % de réduction pour 250 ha< s < 500 ha
15 % '' '' 500 ha< s < 750 ha
20 % '' '' 750 ha< s

Pour les débits des stations de pompage, il est égal à celui du canal principal.

Au niveau du canevas d'irrigation, la dimension du bloc est imposée par la main d'eau de 30 l/s compte tenu du débit spécifique. Ainsi, la superficie du bloc est de 23 ha avec une largeur de 327 m et une longueur de 850 m. Cette disposition permet d'avoir des longueurs de ligne de canne à sucre supérieures à 200 m et s'adapte bien à une mécanisation de la récolte individuelle de la canne à sucre. Le ratio superficie agricole nette, superficie équipée est de 0,93.

L'irrigation à la parcelle se fait à la raie. Compte tenu de la main d'eau et du nombre de raies attaquées, l'agriculteur devra intervenir toutes les deux heures environ pour changer de poste d'irrigation pendant la durée de l'irrigation.

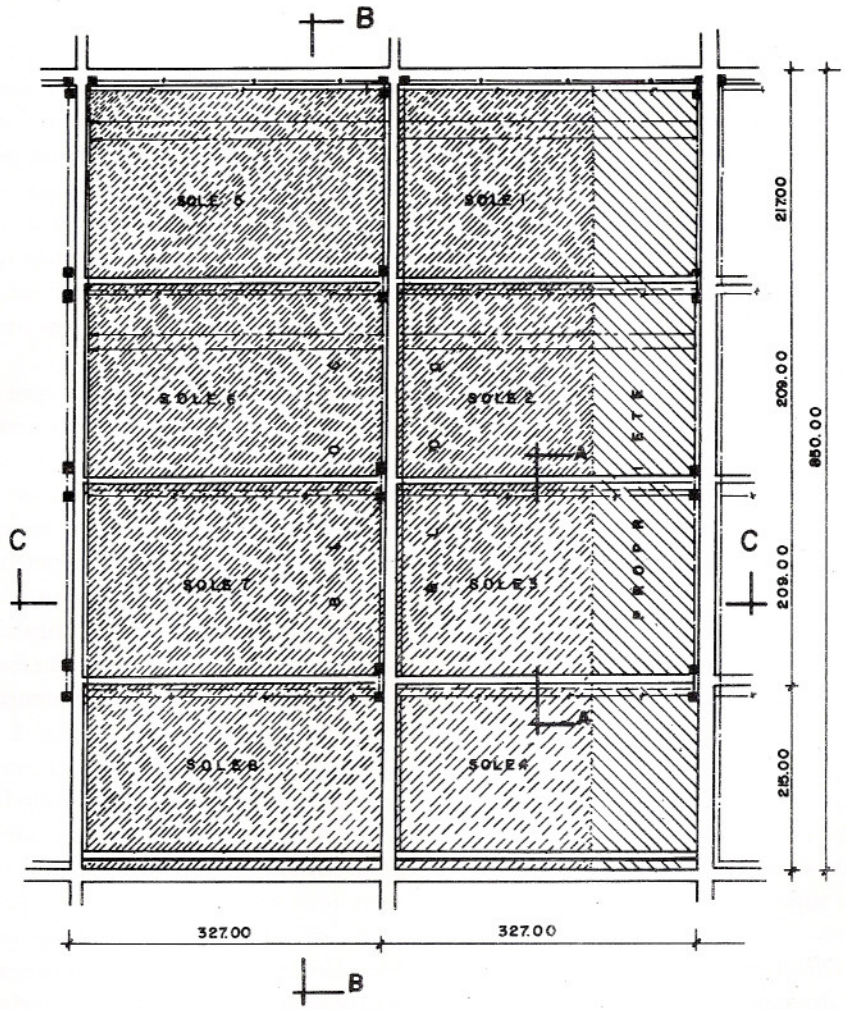
c) Conclusions

Les prescriptions énoncées plus haut démontrent qu'entre les deux techniques d'irrigation, les débits et les volumes d'eau mis en oeuvre ne sont pas identiques. Les résultats sont récapitulés ci-dessous et démontrent que pour un même assolement l'aspersion présente une économie d'eau plus intéressante et une économie de dimensionnement en débit des réseaux et des stations de pompage. De plus, l'aspersion permet une économie en terre agricole de 2 % par rapport à l'irrigation gravitaire. Par ailleurs, l'aspersion permet la conduite de l'irrigation à la parcelle avec souplesse car elle exige le déplacement de l'agriculteur deux fois par jour au maximum pour déplacer les rampes.

Dans l'irrigation gravitaire, l'agriculteur est obligé de respecter le tour d'eau et d'intervenir pendant les irrigations toutes les deux heures pour conduire l'eau dans les raies. En outre, il y a lieu de signaler la facilité d'irriguer en aspersion pour des agriculteurs n'ayant pas la tradition d'irriguer et la répercussion entrainée au niveau de la rapidité de la mise en valeur dans un secteur d'irrigation. La conduite de l'irrigation par gravité exige une connaissance et une pratique bien éprouvées pour une irrigation bien efficiente et demande beaucoup plus d'effort physique et de temps à l'agriculteur. Son apprentissage à des agriculteurs ayant cultivé en bour exige parfois bien des années. Toutefois, on ne peut pas passer sous silence, les problèmes fonciers vis à vis de ces deux modes d'irrigation. En effet, l'aspersion s'applique bien dans le cas d'un parcellaire moyen ou grand avec la majeure partie des propriétés supérieures à 5 ha. Cet état permet d'individualiser le matériel mobile d'irrigation et d'avoir une irrigation très simple. Dans le cas d'un parcellaire très morcellé avec la majeure partie des exploitations supérieures à 2 ha ou 1 ha, l'aspersion se trouve confrontée au problème de la passation du matériel d'un agriculteur à un autre et tous les avantages au niveau de l'efficience et de la souplessee d'irrigation par rapport au gravitaire se trouvent annulés. A ce niveau, d'autres problèmes surgissent que l'aspersion ne peut résoudre, alors que l'irrigation gravitaire y trouvait des solutions par l'appropriation d'un certain nombre

IRRIGATION GRAVITAIRE PAR CANAUX AUTOPORTANTS

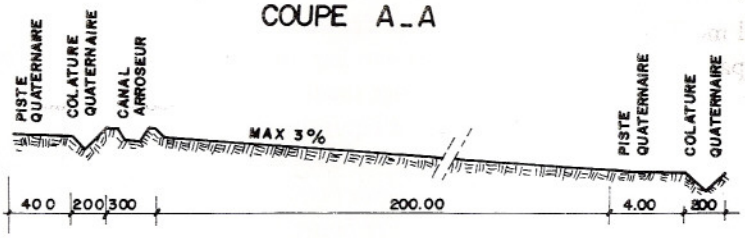
AMENAGEMENT DES BLOCS



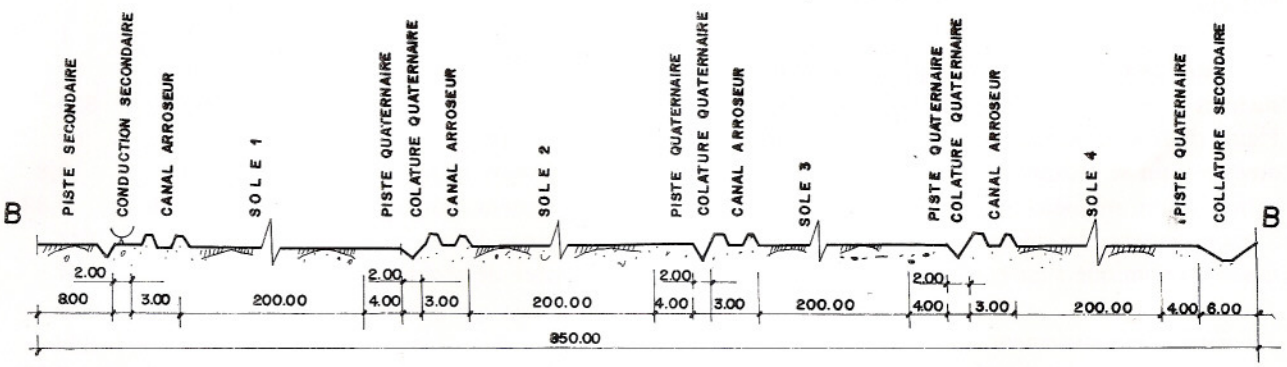
LEGENDE

COLATURE SECONDAIRE
COLATURE TERTIAIRE
COLATURE QUATERNAIRE
DRAIN ENTERRE
CONDUCTION SECONDAIRE
CONDUCTION TERTIAIRE
CONDUCTION ARROSEUR

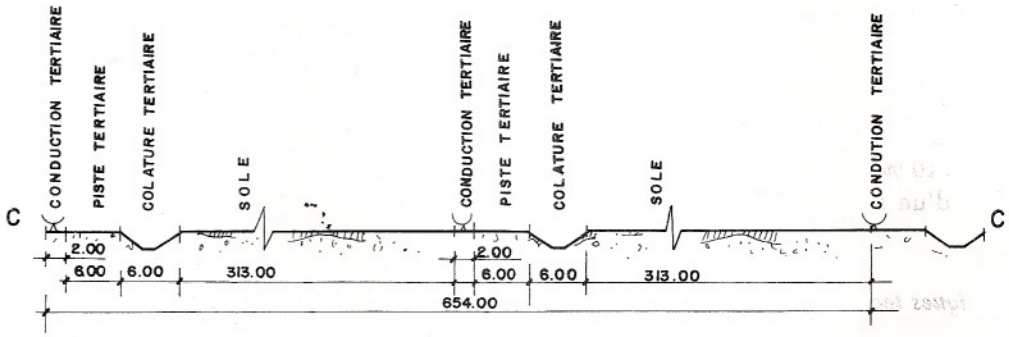
COUPE A_A



COUPE B_B



COUPE C_C



de raies par agriculteur. Dans ce cas, les agriculteurs se passent uniquement la main d'eau. Pour l'aspersion, ils doivent se passer l'accès à la borne et le matériel mobile d'irrigation. En plus, l'aspersion exige au niveau de la mise en valeur la résolution de tout litige foncier sur les terrains avant la distribution du matériel mobile d'irrigation. L'irrigation gravitaire n'avait pas cette contrainte, car après le remembrement les personnes étaient retransposées compte tenu de la situation existante avant le remembrement et bénéficient de l'eau sans la résolution du problème foncier. En outre, l'aspersion présente l'inconvénient important d'être très coûteuse en frais d'énergie électrique et plus coûteuse sinon comparable au niveau des frais d'investissement. Concernant le coût en devises étrangères, l'irrigation par aspersion est plus chère d'environ 15 à 20 % par rapport à l'irrigation gravitaire.

2 - Comparaison économique aspersion - gravitaire sur une zone de 910 ha dans le secteur de la Plaine de Ksar El Kébir

L'étude comparative a concerné l'assolement canne à sucre et a intéressé un secteur test de 910 ha dans la Plaine de Ksar El Kébir. Cette étude n'a pas intégré les ouvrages qui se retrouvent dans les deux modes d'irrigation d'une manière semblable comme le drainage, l'assainissement, les pistes, les routes etc. La comparaison économique s'est basée sur les points suivants :

- Coût d'investissement
- coût de l'énergie électrique pour le fonctionnement des stations de pompage
- Coût de la main-d'oeuvre pour l'irrigation
- Durée de vie des ouvrages

La méthode du calcul économique de l'étude est celle du coût annuel équivalent. En effet, l'investissement est rapporté compte tenu de la durée de vie et d'un taux d'actualisation de 10 % à l'annuité correspondante pour l'amortissement d'un capital équivalent à l'investissement consenti.

a) Caractéristiques techniques des équipements

Les deux variantes ont été définies à l'échelle 1/20.000e. L'implantation de réservoir de régulation et la station de pompage est la même dans les deux solutions. Le réservoir se trouve à la cote 13,5 NGM et la ligne d'eau minimum dans la bâche d'aspiration est à la cote 1 NGM.

La fiche technique de chaque solution est la suivante :

Bloc d'irrigation	**Gravitaire**	**Aspersion**
S.A.U. (ha)	25,04	37,32
Nombre des soles	4	4
Dimension Ext. (m x m)	850 × 327	946 × 432
Efficience totale	0,66	0,80
Débit d'équipement de réseau (1/s/ha)	1,2	1,286 à 0,86
Main d'eau (1/s)	30	-
Débit à la borne (1/s/ha)	-	1,286
Débit à la station (1/s/ha)	1,32	0,93
Réservoir		
Côte T.N. (NGM)	13,5	13,5
Hauteur (m)	5,1	56,. 5
Volume (m^3)	810	129
Station		
Cote d'aspiration (NGM)	1	1
Cote de refoulement (NGM)	18,6	70
Débit (1/s)	1.080	859
H.M.T. (m)	17,6	69
Rendement pompes	0,8	0,8
Rendement moteurs	0,88	0,88
Puissance absorbée (Kw)	265	827
Nombre de groupes	3	4
Puissance groupe (Kw)	100	225
Puissance installée (Kw)	300	900
Rendement transformeur	0,98	0,98
Energie consommée		
Besoins en eau par ha (m^3/an)	10.000	8.300
Volume d'eau total (m^3/an)	$9,10 \times 10^6$	$7,55 \times 10^6$
Energie consommée (Kwh)	$0,64 \times 10^6$	$2,06 \times 10^6$

b) Comparaison économique

b1. EVALUATION DES COÛTS

Les ouvrages ont été évalués sur la base de métrés ou de courbes de coût en fonction de paramètres de base établis sur la base de marchés de travaux pour des ouvrages similaires. Le coût de l'énergie utilisé a été de 0,15 dh/kwh et de la main-d'oeuvre de 1,25 dh/h. Pour l'irrigation par apersion, il a été pris 44 h/ha/an et pour l'irrigation par gravité 195 h/ha/an. Les données utilisées pour le calcul d'actualisation sont :

- taux d'actualisation : 10 %
- durée de vie des ouvrages :
  - Matériel électromécanique : 10 ans
  - Matériel mobile d'irrigation : 10 ans
  - Réseau d'irrigation : 30 ans
  - Nivellement : 30 ans
  - Génie civil des stations de pompage : 50 ans
  - Réservoirs : 50 ans

b2. RESULTATS DE LA COMPARAISON ECONOMIQUE

Les résultats sont les suivants :

	Coût d'investissement (dh)		Coût annuel équivalent	
	Gravitaire	Aspersion	Gravitaire	Aspersion
1. Réseau d'irrigation ext.	3.364.769	3.123.876	356.655	331.131
2. Réseau d'irrigation int.	2.771.860	3.958.500	293.817	419.601
3. Station de pompage :				
- Groupes électropompes	257.250	528.200	41.932	86.097
- Matériel hydraulique	-	95.000	-	15.485
- Transformateurs	120.000	399.000	19.560	65.037
- Matériel électrique	-	87.400	-	14.246
- Travaux génie civil	655.000	693.000	66.155	69.993
4. Réservoir :				
- Travaux de génie civil	232.000	1.182.750	23.432	119.458
- Equipement	113.990	117.088	18.580	19.085
5. Nivellement	3.549.000	-	376.194	-
6. Energie			96.000	309.000
7. Main-d'oeuvre			218.400	50.050
Total	11.063.869	10.184.814	1.510.735	1.499.183
Total par ha brut	12.158	11.192	1.660	1.647
Ratio	108,2	100	100,8	100

Leur examen appelle les observations suivantes :

L'investissement est moins cher de 9 % pour l'irrigation par aspersion que pour l'irrigation par gravité. Quant aux coûts annuels équivalents, ils sont comparables. Cependant il faut noter les éléments qui suivent :

- Le nivellement pèse lourd dans la solution gravitaire. Il n'est pas compensé par la moins value sur les autres postes.

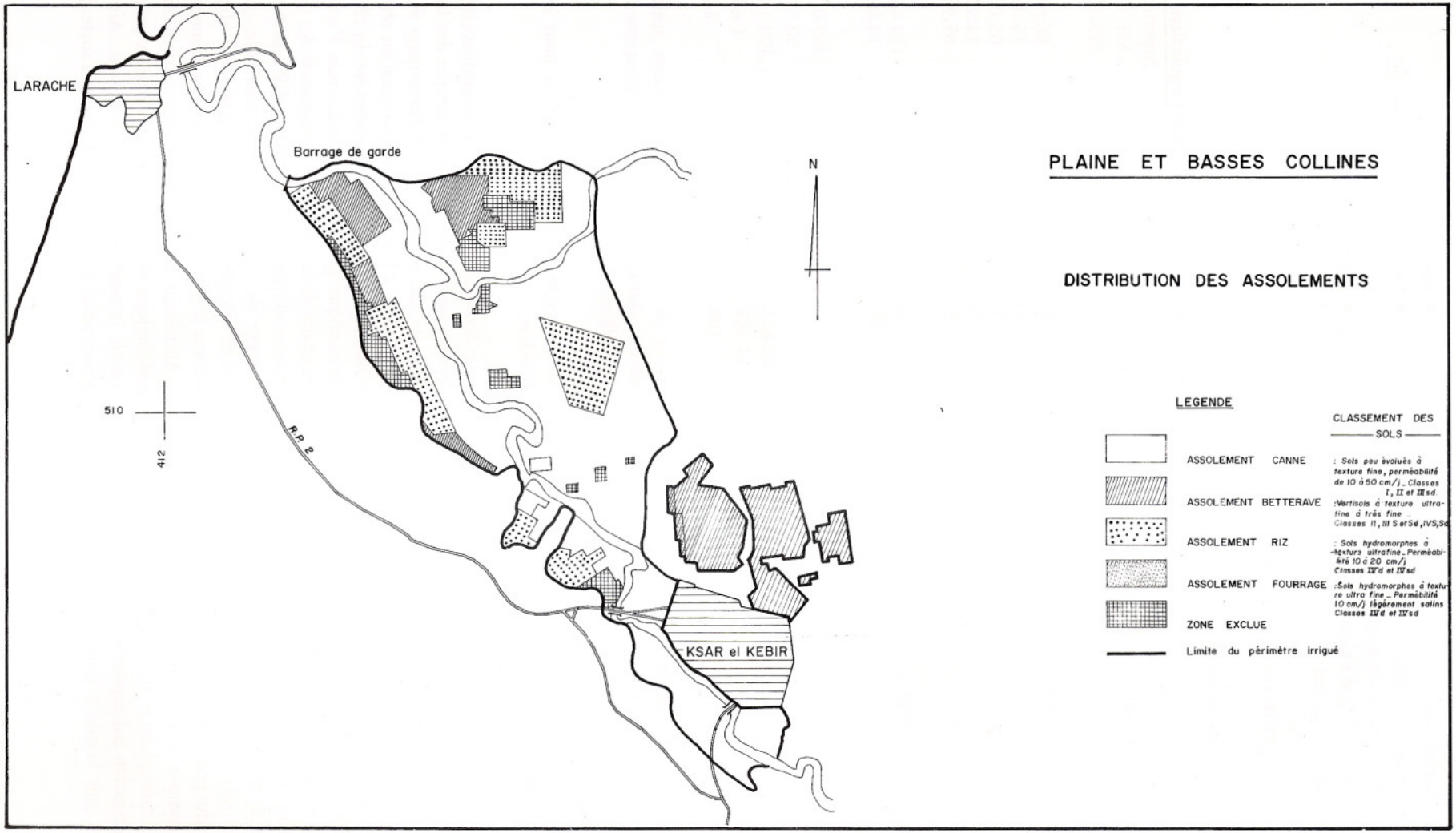
- L'incorporation des frais de main-d'oeuvre dans le bilan des charges annuelles rétablit en faveur de l'aspersion le déséquilibre créé par les charges de l'énergie. Sur le plan du fonctionnement, les deux solutions sont à égalité. Il faut noter que si les charges de main-d'oeuvre étaient considérées comme des charges de main-d'oeuvre de culture non rémunérées, la solution gravitaire serait plus économique de 13 %.

Ainsi, on peut conclure que les deux systèmes sont équivalents du point de vue économmique. Le choix doit tenir compte surtout de critères techniques au niveau de la conception et de la facilité d'exploitation. En effet, l'irrigation par aspersion à prix égal est préférable sur les sols lourds à tendance hydromorphe en raison de la maîtrise de l'eau. Cette approche a été menée pour la conception de l'aménagement au niveau de la Plaine du Loukkos.

3 - Recherche de schéma optimum pour la plaine du Loukkos

Le découpage du secteur en ensembles cités plus haut relevait surtout de la prise en compte des limites naturelles (oueds, collines, etc.). Ce découpage étant fait, il a été procédé à l'optimisation du tracé du réseau d'assainissement sur la base de la recherche du réseau le plus économique permettant au maximum l'assainissement gravitaire de la plaine. La combinaison des limites naturelles et du tracé des collecteurs a fait ressortir un certain nombre de sous-secteurs par ensemble qui ont fait l'objet d'optimisation pour arrêter le choix sous le schéma le plus optimum sur le plan économique.

Au niveau des choix des modes d'irrigation, la nature pédologique des sols et les assolements préconisés ont parfois imposé le système d'irrigation. Ainsi, les sols défavorables à la culture de la canne à sucre dont la tex-



PLAINE ET BASSES COLLINES

DISTRIBUTION DES ASSOLEMENTS

LEGENDE

		CLASSEMENT DES SOLS
	ASSOLEMENT CANNE	: Sols peu évolués à texture fine, perméabilité de 10 à 50 cm/j. Classes I, II et IIIsd
	ASSOLEMENT BETTERAVE	:Vertisols à texture ultra-fine à très fine . Classes II, III S et Sd, IVS, Sd
	ASSOLEMENT RIZ	: Sols hydromorphes à texture ultrafine. Perméabilité 10 à 20 cm/j. Classes IVd et IVsd
	ASSOLEMENT FOURRAGE	:Sols hydromorphes à texture ultra fine. Perméabilité 10 cm/j légèrement salins Classes IVd et IVsd
	ZONE EXCLUE	
	Limite du périmètre irrigué	

ture est très argileuse avec des indices de salinité et qui nécessiteraient un drainage très coûteux (écartement des drains inférieur à 10 m) ont été réservés à l'assolement riz ou l'assolement fourrage avec le mode d'irrigation par gravité. Compte tenu des éléments évoqués plus haut, l'optimisation du schéma a été conduite et a abouti aux résultats suivants :

a) Les Basses Collines (1945 ha)

Vu la topographie collinaire du secteur, l'irrigation par aspersion a été adoptée. L'optimisation a concerné quatre solutions qui testent le facteur énergie, le nombre de stations de pompage et de réservoirs surélevés.

b) La Plaine de Ksar El Kébir (1734 ha)

L'assolement préconisé est l'assolement canne à sucre et couvre la totalité du secteur. De plus le secteur était coupé par le Loukkos ; il a été opté pour l'irrigation par aspersion vu que les coûts sont comparables. L'optimisation du schéma a porté sur la comparaison de trois solutions en aspersion dont la variation se situait au niveau du nombre de stations et de réseaux indépendants.

c) Plaine Rive Gauche (3321 ha)

Le sous-secteur Plaine Rive Gauche est très allongé. On y trouve les trois assolements canne à sucre, riz et fourrager. Vu que la partie occupée par les assolements riz et fourrager était réservée à l'irrigation gravitaire, plusieurs solutions ont été étudiées en testant pour la partie restante l'irrigation par aspersion ou par gravité. Plusieurs solutions ont été étudiées et sont :

- solution 1 : 1 seul réseau gravitaire pour l'ensemble
- solution 2 : réseaux gravitaires indépendants
- solution 3 : 3 réseaux gravitaires indépendants
- solution 4 : 2 réseaux gravitaires indépendants et 1 réseau par aspersion pour la partie assollée en canne à sucre.

Les résultats de la comparaison ont été :

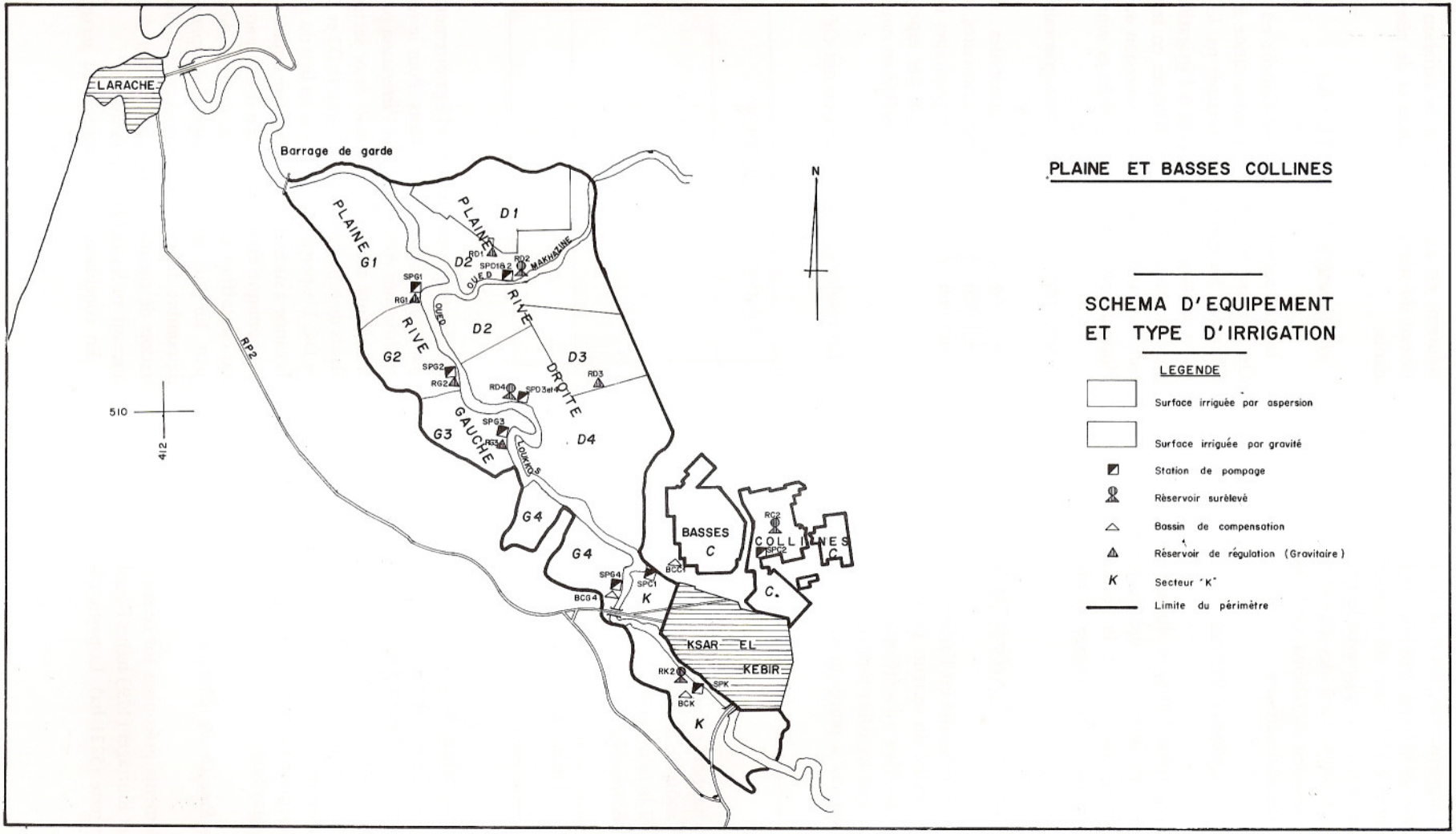
	Solution 1	Solution 2	Solution 3	Solution 4
Rapport entre les coûts de la solution à la solution la plus économique.	163,7	113,7	100	150
Classement	4	2	1	3

La différence entre l'aspersion et le gravitaire pour l'assolement canne à sucre est de l'ordre de 50 %. Cette différence ne peut en aucun cas compenser les avantages attendus de l'aspersion. Aussi, il a été opté pour la solution gravitaire pour toute la Plaine Rive Gauche. Pour le sous-secteur M'Rissa - Chkaifien, vu la taille du secteur et la présence d'assolement riz, il a été choisi l'irrigation gravitaire.

d) Plaine Rive Droite (7014 ha)

Les assolements préconisés sur ce secteur sont l'assolement riz et fourrager (1793 ha) et l'assolement canne à sucre sur le reste (5221 ha). La partie réservée au riz et aux fourrages est irriguée obligatoirement par gravité par deux réseaux indépendants. Pour le reste, plusieurs schémas ont été étudiés pour l'irrigation par aspersion et le schéma retenu comprenait deux secteurs indépendants de superficie 2.601 ha pour le D2 et 2.620 ha pour le D4. L'aspersion a été choisie au lieu du gravitaire pour la canne à sucre dans la Plaine Rive Droite vu que le coût économique était comparable d'une part, et vu le fait qu'elle offrait une meilleure maîtrise de l'eau d'autre part. En plus, la solution aspersion a permis de réduire le nombre de stations de pompage et d'éviter la prolifération de canaux autoportants de fort diamètre à coût excessif vu les faibles pentes du sol.

En conclusion, la répartition du secteur Plaine du



PLAINE ET BASSES COLLINES

SCHEMA D'EQUIPEMENT ET TYPE D'IRRIGATION

LEGENDE

- Surface irriguée par aspersion
- Surface irriguée par gravité
- Station de pompage
- Réservoir surèlevé
- Bassin de compensation
- Réservoir de régulation (Gravitaire)
- K — Secteur "K"
- Limite du périmètre

Loukkos en sous-secteurs et par mode d'irrigation est la suivante :

Sous - secteur	Superficie	Gravitaire	Aspersion
Basses Collines (C)	1.945	-	1.945
Plaine de Ksar (K)	1.734	-	1.734
Plaine rive gauche			
G 1	993	993	-
G 2	704	704	-
G 3	706	706	-
G 4	918	913	-
Plaine rive droite			
D 1	961	961	-
D 2	2.601	-	2.601
D 3	832	832	-
D 4	2.620	-	2.620
	14.014	5.114	8.900

III - RECOMMANDATIONS EN MATIÈRE D'INTERPRETATION DES ETUDES COMPARÉES POUR LES SYSTEMES D'IRRIGATION

L'utilisation de ces études comparatives lors des études de factibilité de périmètre d'irrigation ne peut avoir une signification importante. En effet, les données sont peu précises et la conception des ouvrages reste superficielle. Ainsi, il est utile que ces études comparatives se situent au niveau du schéma d'irrigation. Il est préférable même qu'elles soient réalisées au niveau des avants-projets sommaires ou détaillés. Ce n'est qu'à ce niveau que leurs résultats peuvent orienter avec justesse la décision de l'aménager. Il faut retenir que des différences de l'ordre de 5 à 10 % ne peuvent être significatives. En effet, dans cette comparaison économique, nous distinguons deux types de facteurs :

- les facteurs fixes, coût des équipements, qui une fois dépensés selon un planning constituent une charge fixe.
- les facteurs fluctuants (énergie électrique, main-d'oeuvre d'exploitation, renouvellement etc.) qui varient en fonction de la conjoncture internationale et du système de gestion.

Ainsi, dans les études de comparaison, une importance devra être réservée au facteur fixe de premier investissement qui devra être déterminant dans le choix du système d'irrigation. Pour le facteur fluctuant, la comparaison économique devra être soumise à des tests de sensibilisation avec les coûts de charges variables avec des hypothèses de leur hausse dans des fourchettes non négligeables. A ce sujet, il y a lieu de signaler que le prix du kwh pris dans la comparaison économique de cette étude a été de 0,15 DH/kwh en 1977. Actuellement, le prix est de 0,43 DH/kwh fin 1981. Le facteur énergie a connu une hausse de 300 %, ce qui a eu comme conséquence de remettre en cause les résultats de la comparaison, s'ils étaient refaits ce jour en faveur de l'irrigation gravitaire. Le prix de l'énergie électrique dépensé par m^3 refoulé en aspersion a connu une variation de 0,048 DH/m^3 en 1977 à 0,12 DH/m^3 en 1981.

Ainsi, les résultats de ces études comparatives ne peuvent être adoptés que si les différences sont très prononcées au-delà de 10 à 15 %. En dessous, il y a lieu de tenir compte de considérations techniques et surtout des contraintes qui se posent au niveau du fonctionnement et de l'exploitation pour l'organisme qui sera chargé de la gestion des ouvrages. A coût économique comparable, il y a lieu d'adopter, quand les deux systèmes sont envisageables, le système le plus fiable, et de technologie la plus appropriée et la plus sûre pour la gestion et la maintenance des ouvrages.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Dossier " Données et Paramètre de Base de l'Equipement du Secteur Plaine et Basses Collines"
(E.D.E.S)

- Dossier " Schéma Général d'Equipement du Secteur Plaine et Basses Collines"
(E.D.E.S.)

- Dossier "Note sur la Cohérence des Données de Base, les Choix et les Estimations de l'Etude d'Aménagement Hydro-agricole du Secteur Plaine et Basses Collines"
(14.020 ha équipés)
(G.E.R.S.A.R)

L'intérêt actuel des divers systèmes d'irrigation au Portugal

Par

J.Rasquilho Raposo

Professeur à l'Institut Supérieur d'Agronomie de Lisbonne

RESUME

Dans cette communication, on présente, d'abord, la classification des méthodes d'irrigation adoptée à l'Institut Supérieur d' Agronomie de Lisbonne. Ensuite, on décrit les divers systèmes d'arrosage en mettant en relief leurs avantages et inconvénients ; en même temps, on présente quelques éléments au sujet de leur divulgation dans le monde et au Portugal. Finalement, on conclut sur l'intérêt actuel de chacun des systèmes d'arrosage au Portugal.

1 - CLASSIFICATION DES METHODES D'IRRIGATION

Dans le tableau ci-joint, on présente la classification des méthodes d'irrigation, d'après Ruy Mayer-Varennes de Mendonça, adoptée à l'Institut Supérieur d' Agronomie ; nous y avons inclus les nouveaux procédés d'irrigation localisée (avec mini-diffuseurs et goutte-à-goutte).

Dans cette classification, on considère fondamentalement quatre méthodes d'irrigation, divisées, à leur tour, en divers procédés d'arrosage.

Analysons chacun de ces procédés considérant leurs avantages et leurs inconvénients.

2 - IRRIGATION PAR RUISSELLEMENT

Dans l'**irrigation par ruissellement** (ou par **déversement**), l'eau s'écoule sur le terrain en formant une lame plus ou moins épaisse et s'infiltrant dans le sol pendant que cette écoulement se maintient.

2.1-Arrosage par rigoles de niveau

Dans ce système, la distribution de l'eau se réalise par des rigoles sensiblement horizontales, suivant à peu près les courbes de niveau, d'où l'eau déborde, s'écoulant en une mince lame sur le sol, jusqu'à la rigole inférieure suivante.

Ce procédé s'emploie presque exclusivement dans des terrains accidentés, avec des pentes de 2 % à plus de 25 % (préférablement entre 3 % et 5 %) et dans des sols peu profonds, avec des cultures serrées qui les protègent contre l'érosion et qui n'ont pas besoin de grands travaux entre les semailles et la récolte, comme c'est le cas des prés et des fourrages, surtout quand il s'agit de cultures pérennes (luzerne, etc.)

L'**arrosage par rigoles de niveau** est très simple à mettre en fonctionnement et, par conséquent, relativement économique, puisqu'en général il n'exige pas l'aménagement (nivellement) du sol.

Par contre, il a l'inconvénient d'une basse efficacité d'arrosage (pertes et mauvaise répartition de l'eau) et d'exiger une main-oeuvre importante.

Finalement, il a encore le grave inconvénient d'empêcher la mécanisation des travaux de culture.

Le système des rigoles de niveau, malgré les inconvénients cités, est assez répandu dans les régions montagneuses de divers pays.

Au Portugal, on l'emploie spécialement dans les zones accidentées du Nord du pays pour l'arrosage des prés et fourrages.

Maintes fois, on l'utilise même en hiver, dans l'arro-

sage de « lima », dans l'intention de défendre les prés contre les basses températures.

2.2 - Irrigation par rases

Dans ce procédé, les rigoles (en **arête de poisson**) sont nettement inclinées par rapport aux courbes de niveau, donc elles ont une certaine pente ; leur section décroît progressivement.

L'**arrosage par rases** s'emploie presque exclusivement dans des terrains ayant une pente inférieure à 2 %.

En général, il s'agit d'un procédé imparfait, ayant les mêmes avantages et les mêmes inconvénients que l'arrosage par rigoles de niveau,

Son utilisation au niveau mondial est très limitée. Il en est ainsi au Portugal, où on l'emploie seulement pour l'arrosage de quelques prés de plaine.

2.3 - Plans inclinés

Dans ce procédé, qu'on emploie spécialement pour des terrains aux pentes supérieures à 1 % (généralement de 2 % à 4 %), on aménage le terrain en une succession de **plans inclinés** de forme rectangulaire.

L'arrosage de chacun d'eux se fait par une rigole placée dans sa partie supérieure, suivant à peu près une courbe de niveau, comparablement à ce qui se passe avec le système d'irrigation par rigoles de niveau.

Dans les cas les plus parfaits, ce procédé permet une certaine économie et une bonne répartition de l'eau et aussi une importante économie de main d'oeuvre.

Par contre, il a le grave inconvénient d'obliger à un aménagement du terrain très couteux et de ne pas permettre la mécanisation des travaux de culture.

Il est très peu employé dans le monde. Au Portugal, nous croyons qu'il ne s'utilise pas du tout.

2.4 - Arrosage par ados

Pour utiliser ce système, le terrain doit être divisé en plans inclinés, groupés deux à deux, et on fait l'arrosage au moyen de rigoles de niveau passant par l'arête d'intersection de deux plans, lesquels distribuent l'eau d'un côté et de l'autre.

L'arrosage par ados s'emploie spécialement dans des terrains à pentes réduites, ou assez réguliers.

Ce système présente pratiquement les mêmes avantages et les mêmes inconvénients que le procédé des plans inclinés.

Il s'emploie spécialement au Nord de la France et au Nord de l'Italie, surtout pour l'arrosage des prés. Nous croyons qu'il ne s'utilise pas au Portugal.

2.5 - Irrigation par planches

Dans ce système, le terrain à arroser est divisé en parcelles planes (**planches** ou **calants**), tant que possible rectangulaires, avec une petite pente dans le sens de la longueur.

Les planches sont limitées par des bourrelets (diguettes) en terre capables de retenir et régler l'écoulement de l'eau.

Celle-ci distribuée au sol à partir d'une rigole d'alimentation située dans la partie supérieure de la planche, parrallèle à sa largeur.

Dans sa partie inférieure, il y a généralement une rigole de drainage destinée à recueillir les eaux éventuellement en excès, lesquelles peuvent être utilisées dans l'arrosage des autres planches inférieures.

Le nivellement du terrain, qui est fondamental dans ce procédé d'arrosage, devient toujours très cher. Pour réduire cette charge, l'**irrigation par calants** s'emploie spécialement dans des terrains ayant de petites pentes (jusqu'à 3 %) et déjà relativement régularisés.

L'arrosage par planches est ainsi indiqué surtout pour irriguer des terrains de plaine, particulièrement ceux qui ont des sols profonds, une texture moyenne et qui sont très perméables.

Bien qu'on puisse employer ce procédé dans presque toutes les cultures (à l'exception des rizières), il s'utilise spécialement avec des cultures serrées, recouvrant entièrement le sol (comme la plupart des fourrages) ou avec celles qui possédent des racines profondes (cas des vergers, vignobles, etc.).

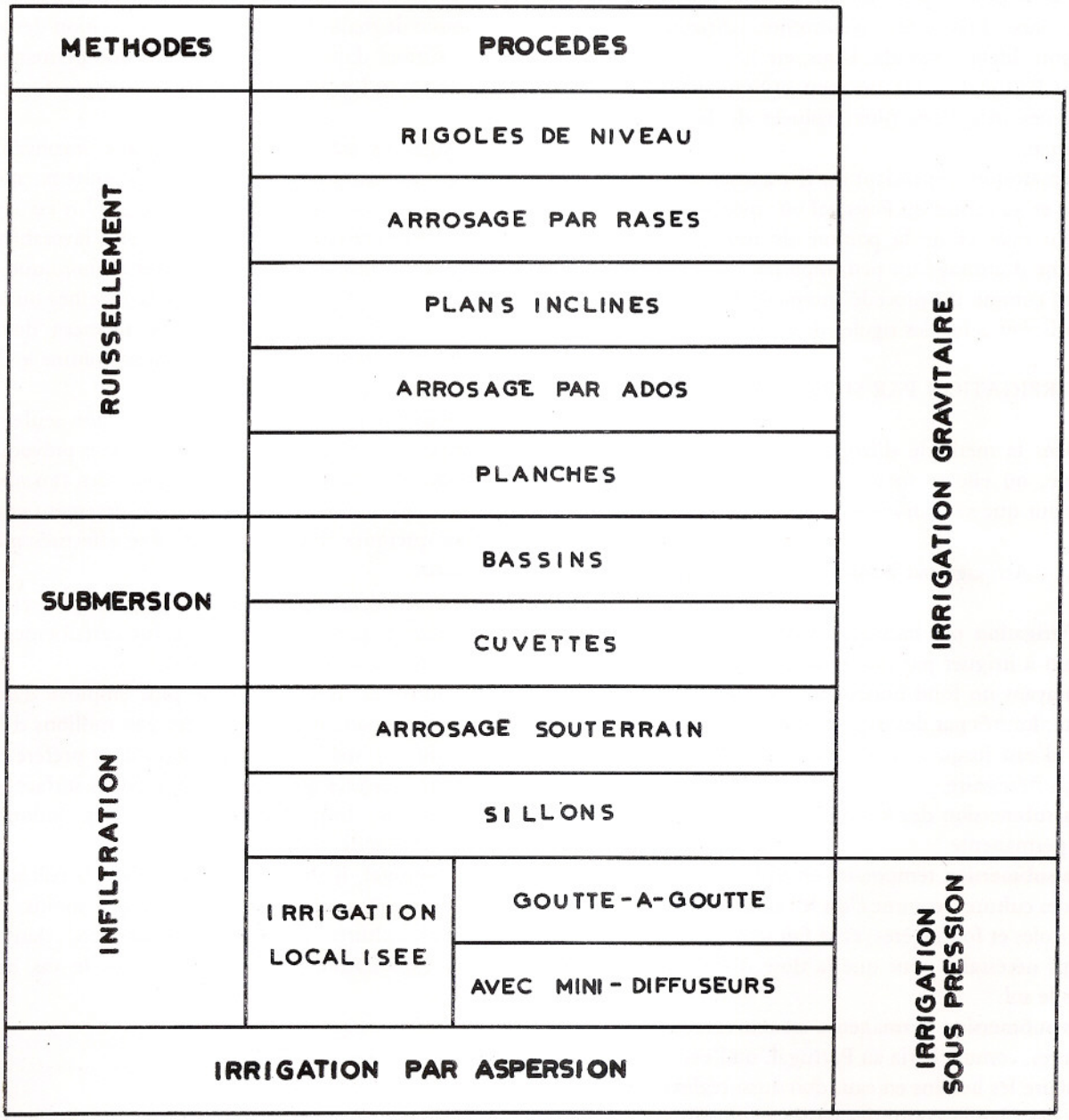
L'irrigation par planches a le grand avantage de permettre la mécanisation intégrale des travaux de culture.

Outre cela, elle permet encore une grande économie de main-d'oeuvre à condition que la dérivation de l'eau des rigoles d'alimentation vers les planches soit faite automatiquement (au moyen de siphons, vannettes, etc.).

Quand les planches sont bien nivelées, le procédé a encore l'avantage de permettre une irrigation efficace, avec une bonne répartition de l'eau au sol.

Pour que le procédé devienne convenablement fonctionnel, les planches doivent avoir la plus grande longueur possible, c'est-à-dire, de 100 m (pour les terrains sableux), jusqu'à un maximum de 800 m (pour les sols argileux), et une largeur de 10 à 50 m (plus petite dans les terrains légers que dans les sols compacts).

CLASSIFICATION DES METHODES D'IRRIGATION



La pente des planches (dans le sens de la longueur) est généralement comprise entre 0,15 % et 0,4 % (parfois plus).

Pour que la distribution de l'eau soit uniforme au long de toute la largeur de la planche, celle-ci doit avoir, dans sa partie supérieure, une zone horizontale (palier) avec une longueur à peu près égale à la largeur de la planche.

Ce procédé d'arrosage, malgré ses grands avantages, est encore peu employé dans le monde. Il est utilisé surtout aux Etats-Unis (Californie, Arizona, Texas, Oregon, Idaho, Nevada, Utah, etc.).

Au Portugal, il est très peu utilisé, seulement dans quelques irrigations plus évoluées de la province du Ribatejo.

Remarquons cependant qu'il y a assez d'arrosages au Nord et au centre du Portugal où, spécialement dans le cas du maïs et de la pomme de terre, on utilise un système d'arrosage un peu imparfait qui peut être considéré comme un procédé intemédiaire entre celui des planches et celui des rigoles de niveau.

3 - IRRIGATION PAR SUBMERSION

Dans la méthode d'**irrigation par submersion** l'eau stagne, ou elle se meut très lentement sur le terrain pendant que se réalise son infiltration dans le sol.

3.1 - Arrosage par bassins

L'irrigation par bassins consiste dans la division du terrain à irriguer par une série de compartiments **(bassins)** ayant un fond horizontal, ou avec une très petite pente, limités par des diguettes en terre, qui se remplissent d'eau jusqu'à la hauteur convenable pendant le temps nécessaire.

La submersion des bassins peut être soit temporaire, soit permanente.

La **submersion temporaire** est utilisée pour la généralité des cultures (comme c'est le cas de quelques cultures horticoles et fourragères) et se fait seulement pendant le temps nécessaire pour que la dose d'arrosage s'infiltre dans le sol.

La **submersion permanente** est une caractéristique de cultures, comme le riz au Portugal, où l'eau, en plus de satisfaire les besoins en eau, doit aussi réaliser la protection des plantes contre les basses températures, surtout contre celles qui surviennent pendant la nuit.

L'irrigation par submersion, bien qu'elle puisse être utilisée en des terrains de textures très variées, est spécialement indiquée pour des sols argileux, normalement peu perméables et avec une grande capacité de rétention de l'eau. Ces sols sont très difficiles à arroser par d'autres systèmes gravitaires.

Ce procédé proportionne logiquement une très bonne satisfaction des besoins des plantes en eau, même des plus exigeantes, bien que normalement aux dépens de grandes quantités d'eau, c'est-à-dire, d'une efficacité d'arrosage moindre.

Il a l'avantage de permettre, en général, une certaine économie de main-d'oeuvre pour la réalisation des arrosages, surtout dans le cas de la submersion permanente, lorsque toute l'installation se trouve dûment fonctionnelle.

L'irrigation par bassins a le grave inconvénient d'exiger un aménagement du sol très coûteux, même quand il est fait mécaniquement, et qu'il n'est viable que dans des terrains à topographies plus favorables.

Pour cette raison, elle n'a d'intérêt économique que pour les cultures pérennes (comme la luzerne) ou alors pour des cultures annuelles qui se répètent dans le même terrain pendant quelques années (comme le riz et quelques cultures maraîchères).

Soulignons encore que les diguettes, non seulement réduisent la surface utile de la culture, mais provoquent aussi des difficultés à la mécanisation des travaux de culture, sauf quand les bassins sont relativement grands et que quelques travaux peuvent être effectués même par avion.

Ce procédé est, peut-être, le plus simple système d'arrosage et pour cette raison il fut certainement le premier à être utilisé par l'homme.

Aujourd'hui, il est encore le plus employé dans le monde (occupant près de 2/3 des 240 millions d'hectares irrigués), spécialement parce qu'il est préféré dans la plupart des pays qui ont les plus grandes surfaces irriguées (Chine, Inde, Pakistan, Iran, Iraq, Indonésie, Japon, Thaïlande, etc.).

Au Portugal, il s'emploie surtout dans la culture du riz (environ 30 mille hectares) et, un peu moins, dans quelques cultures potagères (spécialement dans les petites exploitations familiales) et dans le cas de la luzerne.

3.2 - Arrosage par cuvettes

L'arrosage par cuvettes est, à la rigueur, un cas particulier de l'irrigation par bassins quand celle-ci est utilisée dans les vergers et, quelques fois, dans les vignobles.

Il consiste à aménager de petits bassins, les **cuvettes**, eux aussi limités par des petits bourrelets en terre, autour de chaque arbre.

Parfois, on fait des cuvettes un peu plus grandes comprenant deux arbres ou plus (quelques fois plus de quatre).

Les cuvettes sont, d'habitude, circulaires, spécialement quand elles sont individuelles. Dans ce cas, elles doivent correspondre, à peu près, à la projection de la ramure de l'arbre.

Les cuvettes carrées ou rectangulaires sont plus fréquentes quand il s'agit de plus d'un arbre (ou vigne).

Ce procédé s'adapte très bien aux terrains plus imperméables où une submersion est convenable, même temporaire (dans la cuvette), pour que l'eau s'infiltre dûment dans le sol.

L'arrosage par petits bassins a l'avantage de permettre une certaine économie d'eau par rapport aux autres procédés d'irrigation gravitaire et de pouvoir s'adapter à des terrains avec des pentes accentuées.

L'aménagement du terrain est, en général, bien simple et économique, n'empêchant normalement pas la mécanisation.

Il y a des cas où il peut devenir un peu coûteux parce que les cuvettes doivent être périodiquement refaites une fois qu'elles sont endommagées par quelques travaux de culture.

Ce procédé oblige à une certaine quantité de main-d'oeuvre pour la réalisation des arrosages, lesquels, seulement en des cas plus parfaits, peuvent être mécanisés.

Les cuvettes sont très utilisées au niveau mondial, presque exclusivement dans l'arrosage des arbres fruitiers.

Au Portugal, il est un des procédés d'irrigation les plus employés, parce qu'il est encore la solution utilisée dans la plupart des vergers arrosés du pays.

4 - IRRIGATION PAR INFILTRATION

Dans l'**irrigation par infiltration,** selon Ruy Mayer, l'eau arrive jusqu'aux racines des plantes après avoir traversé le terrain, se mouvant latéralement.

4.1 - Arrosage souterrain

Dans l'**arrosage souterrain** l'eau est fournie au sol à une certaine profondeur, d'où, par capillarité, elle se répand dans la couche du sol occupée par les racines des plantes cultivées.

Cela peut se faire avec des fossés, ou au moyen de tuyaux enterrés, ou encore par des systèmes mixtes (fossés et tuyaux).

Ce procédé permet une remarquable économie de main-d'œuvre et surtout une grande économie d'eau, particulièrement dans les cas où on utilise seulement des tuyaux enterrés, ce qui annule, presque totalement, les pertes d'eau par évaporation directe du sol.

En face des hauts frais d'investissement qu'il exige, dès que possible, on associe à ce procédé le drainage du même terrain, solution qui peut être obtenue au moyen de dispositifs appropriés (vannes, écluses, etc.).

L'arrosage souterrain est, en principe, le plus parfait système d'irrigation.

Malheureusement, il a l'inconvénient de son haut coût. D'un autre côté, pratiquement tous les efforts dans le sens de provoquer sa divulgation ont échoué , puisque, à la rigueur, il n'est indiqué que pour des terrains qui ont une texture uniforme et une perméabilité convenable pour que l'eau se meuve (surtout horizontalement) sur toute la zone d'absorption radiculaire, fait qui, généralement, ne réussit que dans des terrains tourbeux ou très riches en matières organique.

Pour cette raison, son utilisation dans le monde est extrêmement réduite. On peut dire que sauf dans quelques cas très spéciaux, il se limite à être employé dans l'arrosage de quelques terrains de sport (football, rugby, etc.).

Au Portugal, il n'est presque pas utilisé, sauf si on considère comme arrosage souterrain un système d'irrigation employé, avec succès, dans des terrains sableux du littoral nord du pays et qui se base sur l'élévation artificielle du niveau de la nappe phréatique (**« sous-irrigation »**)

4.2 - Arrosage par sillons

Dans ce procédé, les plantes sont cultivées en billons limités par des rigoles **(sillons)**, en général avec une petite pente et parallèles entre elles, à travers lesquelles on fait couler l'eau, qui, par infiltration latérale, se répand dans la zone du sol où se localisent les racines des plantes cultivées.

Ce procédé s'adapte exclusivement aux cultures en lignes, comme c'est le cas du maïs, coton, betterave, canne à sucre, tabac et pratiquement toutes les cultures maraîchères ou horto-industrielles (tomate, melon, pommes de terre, piment, haricots, etc.) et même des vergers et vignobles.

Bien qu'on puisse l'utiliser dans des terrains de tex-

tures les plus variées (hormis ceux très sableux ou très argileux), il est surtout indiqué pour les sols de texture moyenne.

L'arrosage par sillons (ou à **la raie**) a l'avantage de pouvoir être utilisé dans des terrains très déclivés (même plus de 25 %) et très irréguliers, à condition que leur aménagement soit proprement fait, ce qui, dans les terrains très accidentés, peut exiger la construction de terrasses.

D'habitude, ce procédé, tout comme celui des cuvettes, conduit à une certaine économie d'eau par rapport aux autres procédés d'arrosage gravitaire, mais l'uniformité de distribution de l'eau n'est pas très parfaite.

L'irrigation à la raie permet aussi la mécanisation des travaux de culture et une importante économie de main-d'oeuvre une fois que l'aménagement du terrain est exécuté comme il faut et que l'apport d'eau aux sillons, à partir de la rigole d'alimentation, se réalise automatiquement (en général par siphons).

Dans ce procédé, comme dans l'arrosage par planches, il est très important que les sillons aient la plus grande longueur possible. Celle-ci peut aller de 100 m (terrains sableux) jusqu'à 800 m (sols argileux).

La pente des sillons varie normalement entre 0,1 % et 0,4 % (moins dans les terrains compacts que dans les sols légers) avec une limite de 2 % à 3 %.

Ce procédé d'arrosage se trouve très répandu dans le monde, étant, après celui des bassins, le système le plus employé.

Au Portugal, c'est le procédé d'irrigation le plus utilisé ; il occupe plus de 2/3 de nos 700 mille hectares irrigués, surtout parce qu'il est employé dans la culture du maïs, qui est la culture la plus arrosée du pays,

Il est aussi utilisé dans les cultures de tomate, de pommes de terre, de piment, de melon, de haricots, et dans presque toutes les autres cultures maraichères.

Remarquons quand même que ce procédé d'arrosage est, généralement, employé au Portugal d'une façon assez imparfaite : sillons avec pentes exagérées (même supérieures à 3 %) et longueurs très petites (parfois moins de 10 m), surtout dans le cas des cultures potagères des petites exploitations familiales, où le problème de l'économie de main-d'oeuvre n'est pas important.

4.3. - Arrosage localisé

l'arrosage localisé (micro-irrigation) est un système d'irrigation où on humidifie seulement une partie du sol, laquelle, logiquement, doit correspondre à la zone occupée par les racines des plantes cultivées,

Il y a deux types fondamentaux d'irrigation localisée : l'arrosage **goutte-à-goutte** et la **mini-diffusion** (avec mini-diffuseurs).(1)

Remarquons que, à la rigueur, quelques procédés d'irrigation gravitaire, antérieurement cités, peuvent aussi s'apparenter à un arrosage localisé, comme on le constate surtout dans le cas des cuvettes et dans le procédé des sillons.

L'arrosage localisé offre les importants avantages qui suivent :

a) il entraîne une grande économie d'eau par rapport aux autres systèmes d'arrosage (hormis le souterrain) ;
b) il peut être employé dans n'importe quel type de sol, depuis les plus sableux jusqu'aux argileux, et dans des terrains assez accidentés ou irréguliers, sans avoir besoin de les niveler ;
c) il permet l'emploi d'eau relativement salées, impossibles à utiliser par d'autres systèmes d'irrigation ;
d) il permet une grande économie de main-d'oeuvre étant donné qu'il se réalise avec des installations fixes, parfois avec fonctionnement automatique ;
e) il permet d'utiliser la fertirrigation minérale, c'est-à-dire, d'inclure les engrais chimiques dans l'eau d'arrosage ;
f) en général, il augmente la quantité et la qualité des productions agricoles, en conséquence d'un plus rigoureux contrôle de l'humidité du sol dans les meilleures conditions pour le développement des plantes ;
g) il permet de réaliser les travaux de culture à tout moment, même avec les installations en fonctionnement ;
h) il provoque un plus petit développement des mauvaises herbes entre les rangs des plantes cultivées ;
i) les installations peuvent fonctionner parfaitement pendant la nuit et par n'importe quelles conditions climatiques, même par vent fort ou hautes températures ;
j) il s'adapte très bien pour être utilisé dans l'agriculture sous abri (serres ou tunnels) ;
l) il consomme moins d'énergie (par rapport à l'arrosage par aspersion) étant donné que les

(1) Un grand nombre d'auteurs considère encore une troisième modalité d'arrosage localisé, qui est l'**arrosage par lignes** au moyen de rampes du type de celles du Bas-Rhône, système très peu divulgué hors de la France.

pressions de fonctionnement des distributeurs (généralement inférieur à 2 atmosphères) sont moindres.

Par contre, ce procédé a les inconvénients ou limitations suivants :

a) le coût relativement haut des installations ; ainsi, il n'a de justification économique que dans les cultures maraîchères (spécialement quand il s'agit de primeurs), vergers, vignobles de raisin de table, etc. ;
b) il occasionne des obstructions aux distributeurs (émetteurs et quelques fois même dans les tuyaux), surtout dans le cas de l'irrigation goutte-à-goutte ;
c) il provoque un plus petit développement radiculaire des plantes cultivées et, par conséquent, une utilisation imparfaite du sol, fait grave, surtout quand il s'agit de terrains ayant une bonne fertilité naturelle ;
d) il entraîne le développement des mauvaises herbes près des rampes avec les distributeurs ;
e) il provoque l'accumulation des sels dans le sol des zones arides où il ne se fait pas de lessivage naturel par la pluie ;
f) il ne permet pas la réalisation de la fertirrigation organique (avec le lisier et le purin provenants des bâtiments d'élevage) ni la protection des plantes cultivées contre le gel (comme l'irrigation par aspersion).

L'arrosage localisé, malgré sa grande vulgarisation dans les dernières années, occupe encore dans le monde une surface totale qui ne doit pas dépasser un million d'hectares.

La plupart de ces surfaces existent dans des régions arides, ou qui ont de grandes difficultés hydriques, surtout aux Etats-Unis (spécialement en Californie) et, un peu moins en Australie, en Afrique du Sud, au Mexique et en Israël.

Au Portugal, la micro-irrigation commence aussi à avoir une certaine implantation ; elle doit occuper actuellement une surface de plus de mille hectares, spécialement en Algarve et dans le Ribatejo : vergers, vignobles et cultures horticoles et florales (surtout sous serre).

4.3.1 - Arrosage goutte-à-goutte

Ce système consiste dans l'apport d'eau par des distributeurs désignés par **goutteurs** (avec débits de 2 à 12 1/h chacun) placés à certains points du terrain par rapport à la position des plantes cultivées, à partir desquels l'eau se répand dans la zone d'absorption radiculaire.

L'économie d'eau obtenue par l'irrigation localisée prend sa plus grande expression dans le cas de l'**arrosage goutte-à-goutte,** bien que celui-ci ait l'inconvénient d'exiger des installations plus sophistiquées et plus délicates (et généralement un peu plus chères).

D'un autre côté, le problème des obstructions des distributeurs prend dans ce système d'arrosage sa plus grande importance.

En général, quand il s'agit d'eaux de mauvaise qualité, ce problème devient pratiquement insoluble, même en utilisant les meilleurs systèmes de filtration.

Actuellement, l'arrosage goutte-à-goutte s'emploie plutôt dans les cultures maraîchères et dans les vignobles que dans les vergers, à moins qu'il ne s'agisse de jeunes arbres ou de vergers en palmette.

Il est aussi indiqué pour l'agriculture sous abri (serres), très particulièrement dans le cas des tunnels, où, en général, il est la seule solution possible.

4.3.2 - Mini-diffusion

Dans ce système, l'eau est fournie à des petites surfaces du terrain (circulaires, ou secteurs circulaires) au moyen de petits asperseurs **(mini-diffuseurs),** lesquels distribuent des débits de 20 à 150 1/h.

La mini-diffusion (mini-aspersion), qui est plus récente que le goutte-à-goutte, a sur ce dernier le grand avantage d'être beaucoup moins atteinte par les bouchages des distributeurs.

Ainsi, elle est dernièrement préférée à l'irrigation au goutte-à-goutte. Les installations, bien que semblables, sont généralement moins délicates dans le cas de la mini-diffusion.

Ce procédé est surtout indiqué pour les vergers, spécialement d'arbres adultes, exigeant des doses d'irrigation plus importantes.

La mini-aspersion peut quand même être employée dans les vignobles et dans beaucoup de cultures potagères, même sous serre.

5 - IRRIGATION PAR ASPERSION

Dans l'arrosage par aspersion, l'eau est fournie au terrain sous la forme de pluie au moyen d'appareils (**asperseurs**) distribuant des débits supérieurs à 250 1/h chacun.

L'**irrigation par aspersion** a les avantages suivants :

a) elle n'a pas besoin du nivellement du terrain, indispensable pour les méthodes gravitaires ;

b) elle permet de régler, avec une certaine rigueur, la quantité d'eau fournie au sol à chaque arrosage ;
c) elle permet une bonne répartition de l'eau au sol ;
d) elle permet une bonne répartition de l'eau par rapport aux méthodes gravitaires ;
e) elle évite la possible érosion du sol provoquée par l'arrosage ;
f) elle mène à une totale utilisation du terrain ;
g) elle permet une importante économie de main-d'œuvre par rapport à d'autres procédés d'arrosage ;
h) elle entraîne un certain chauffement et une certaine aération de l'eau d'irrigation ;
i) souvent, elle donne une meilleure quantité et qualité des productions agricoles ;
j) les installations d'aspersion ont une grande variété d'utilisations (protection contre le gel, réalisation de traitements phytosanitaires, fertirrigation minérale et organique, protection contre les hautes températures, etc.).

L'irrigation par aspersion a, par contre, les inconvénients ou limitations suivants :

a) haut coût des installations et de leur fonctionnement ;
b) distribution irrégulière à cause du vent ;
c) favorise le développement de quelques maladies des plantes ;
d) peut provoquer une certaine compactation du sol ;
e) impossibilité d'employer les eaux relativement salées.

L'aspersion est la méthode d'irrigation qui dans la dernière trentaine d'années a éveillé le plus d'intérêt dans le monde, où elle occupe actuellement une surface de plus de 20 millions d'hectares, spécialement aux Etats-Unis, en Union-Soviétique, en Italie, en Roumanie, en France, en Australie, en Hongrie, etc.

Elle s'emploie dans presque toutes les cultures, surtout dans les cultures de maïs, fourrages, coton, betterave, canne à sucre, vergers, vignobles et beaucoup de cultures maraîchères et horto-industrielles.

Au Portugal, cette méthode d'arrosage s'est bien répandue dans les dernières années et elle doit occuper actuellement environ 40 mille hectares ; elle s'utilise spécialement pour le maïs, les fourrages, les prés, les cultures maraîchères, les vergers, etc.

6 - L'INTERÊT DES DIFFERENTS SYSTEMES D'IRRIGATION

Partant des considérations antérieures, voyons maintenant quel est l'intérêt actuel des différents systèmes d'arrosage au Portugal.

6.1 - Rigoles de niveau

Ce procédé, malgré ses inconvénients, maintient encore un certain intérêt au Portugal, une fois qu'il est normalement le seul possible, parmi les systèmes d'arrosage gravitaire, pour irriguer des terrains accidentés auxquels (pour des raisons économiques et techniques) le nivellement du sol n'est pas viable.

Il doit pourtant être évité dans une agriculture moderne parce qu'il ne permet pas la mécanisation des travaux de culture.

6.2 - Arrosage par rases

L'irrigation par rases n'a aujourd'hui aucun intérêt au Portugal parce que son emploi est limité aux prés de plaine où il est possible d'utiliser, avec avantage, d'autres systèmes d'arrosage plus parfaits, comme, par exemple, l'irrigation par aspersion et le ruissellement par planches, qui permettent la mécanisation des travaux de culture.

6.3. - Plans inclinés et ados

Ces deux procédés n'ont plus aucun intérêt au Portugal vu les inconvénients que nous avons signalés antérieurement (les hauts coûts d'investissement et l'impossiblité de mécanisation), hormis, peut-être, dans l'arrosage de petits champs expérimentaux (dans le cas des ados).

6.4 - Planches

L'arrosage par planches est, assurément, le seul procédé de la méthode par ruissellement qui a un intérêt réel pour l'agriculture moderne parce qu'il permet la totale mécanisation des travaux de culture.

Outre cela comme nous l'avons déjà signalé, une fois parfaitement établi, il permet une bonne répartition de l'eau au sol et une importante économie de main-d'oeuvre pour effectuer les arrosages.

Pour cette raison, il a, selon nous, un grand intérêt au Portugal. Son emploi est quand même limité par les

conditions topographiques, c'est-à-dire, aux terrains de petites pentes ou presque régularisés, comme c'est le cas des terrains de plaine, où le respectif nivellement est techniquement possible et moins onéreux.

Outre cela, et bien qu'il permette, dans les cas les plus parfaits, une appréciable efficacité d'irrigation, parmi les méthodes d'arrosages gravitaires, son utilisation est un peu conditionnée aux cas dans lesquels l'économie d'eau n'est pas un facteur fondamental.

6.5 - Bassins

L'irrigation par bassins a, et aura toujours, un grand intérêt au Portugal parce qu'elle est la seule solution possible pour les cas des rizières.

Ce procédé a encore de l'intérêt pour quelques cultures horticoles et fourragères, comme la luzerne, à condition qu'il existe de bonnes disponibilités hydriques.

Quand ces conditions n'existent pas, il vaut mieux arroser ces cultures par d'autres systèmes (aspersion, planches,sillons, etc.).

De toutes façon, c'est un procédé qui, en plus des grands volumes d'eau qu'il exige, oblige à un aménagement du sol très coûteux et qui n'est ainsi praticable que dans des zones à topographies plus favorables (plaines, coteaux à petites pentes, etc.).

6.6 - Cuvettes

Ce procédé continue à avoir assez d'intérêt au Portugal das le cas de l'arrosage des arbres fruitiers et, quelques fois, des vignobles, parce qu'il exige un aménagement relativement économique, permet une certaine économie d'eau et permet la mécanisation des travaux de culture.

Aujourd'hui, néanmoins, il commence à avoir, pour ces utilisations, une grande concurrence de l'arrosage localisé, surtout de la mini-diffusion dans le cas des vergers.

6.7 - L'irrigation souterraine

En face de ce que nous avons dit antérieurement, ce procédé d'arrosage n'a aucun intérêt pratique au Portugal au niveau de la grande culture.

6.8 - Sillons

Ce procédé d'arrosage est, comme nous l'avons déjà signalé, le plus utilisé au Portugal, bien qu'il soit normalement employé d'une façon extrêmement imparfaite.

Son intérêt ne devra pas diminuer dans le futur ; par contre, il pourra même augmenter, pour le cas des cultures en lignes, à condition qu'il commence à être utilisé convenablement, c'est-à-dire, avec les aménagements appropriés (déclivités et longueur des sillons, etc.) et le fournissement automatique de l'eau aux sillons (par des siphons, etc.).

Seulement ainsi le procédé sera dûment fonctionnel, permettant d'obtenir les avantages ci-dessus indiqués (économie de main-d'œuvre et d'eau. etc.).

6.9 - Irrigation localisée

Au Portugal, l'arrosage localisé a un intérêt qu'on peut considérer relativement grand, mais seulement limité aux cas déjà signalés, c'est-à-dire, fondamentalement aux cultures riches qui justifient économiquement des hauts frais que son usage provoque.

Cet intérêt augmente énormément quand les disponibilités hydriques pour l'arrosage sont limitées, avec la nécessité d'obtenir la plus grande économie d'eau possible.

On doit surtout faire ressortir l'intérêt de la mini-diffusion dans les vergers, en particulier des arbres plus exigeants, comme c'est le cas des orangers de l'Algarve.

Cette modalité d'arrosage localisé peut encore se justifier entièrement pour beaucoup d'autre cultures, spécialement pour les cultures horticoles, même sous serre.

L'intérêt de l'arrosage goutte-à-goutte est, selon notre opinion, bien moins important à cause du grave inconvénient qui est le risque d'obstruction des goutteurs (surtout avec des eaux de mauvaise qualité).

Ceci ne veut pas dire que cette modalité d'arrosage n'ait pas de viabilité dans beaucoup d'irrigations de notre pays, particulièrement des cultures horticoles et florales (spécialement si cultivées sous des serres ou des tunnels), vignobles et même vergers (surtout ceux en palmette ou quand il s'agit de jeunes arbres).

6.10. - Irrigation par aspersion

Selon notre avis, l'irrigation par aspersion a, au Portugal, un intérêt beaucoup plus important que l'arrosage localisé, en raison de son utilisation plus généralisée, puisque, pour le seul cas du riz, elle n'est pas valable.

Cette méthode d'irrigation est indiquée spécialement

pour le cas des cultures extensives, comme les prés, les fourrages, le maïs, les cultures horto-industrielles, etc., particulièrement dans les cas où on veut éviter le nivellement du terrain et obtenir une certaine économie d'eau par rapport aux procédés gravitaires.

Malgré la grande concurrence que lui fait aujourd'hui l'arrosage localisé, surtout la mini-diffusion, l'irrigation par aspersion continue à avoir de l'intérêt pour beaucoup de vergers, vignobles, cultures horticoles, etc., très spécialement dans les cas où on prétend profiter aussi de ses multiples utilisations (protection contre le gel, réalisation des traitements phytosanitaires, fertirrigation minérale et organique, etc.).

De toute façon, on doit toujours préférer les installations d'aspersion les plus fonctionnelles, puisque seulement celles-ci ont de la viabilité dans l'agriculture moderne.

Parmi ces installations, ressortent celles des types suivants :

1 - concernant celles avec des **rampes mobiles** (installations mobiles et semi-mobiles) :
   - systèmes de l'aile remorquée (drag-line, full-type, end-tow, etc.) ;
   - installations avec asperseurs sur traîneaux et tuyaux souples d'alimentation, si possible d'enroulement automatique (tambours), etc.

2 - dans les **installations fixes :**
   - temporairement fixes (de couverture totale par quadrillage ou de couverture intégrale) ;
   - complétement fixes (en permanence).

3 - dans les **installations automotrices :**
   - rampes géantes automotrices (pivot-systèmes, etc.) ;
   - asperseurs géants (booms) ;
   - canons automateurs (enrouleurs, enjambeurs, avec câble, etc.), etc.

Pour terminer, mettons en évidence l'aspect le plus négatif de cette méthode d'irrigation : elle provoque généralement des plus grandes consommations d'énergie que les autres méthodes d'arrosage, fait surtout grave dans le cas des canons automoteurs.

En réalité, il s'agit d'un inconvénient actuellement bien important (en face de la crise mondiale d'énergie) mais qui, à la rigueur, ne doit être analysé qu'en considérant aussi les consommations d'énergie (parfois très élevées) nécessaires pour effectuer l'aménagement des terrains, indispensable à l'emploi des procédés d'irrigation gravitaire.

D'un autre côté, il s'agit d'un désavantage qui n'existe pas dans le cas des installations fonctionnant à la pression naturelle et qu'il est possible de réduire avec l'adoption d'arroseurs fonctionnant à une pression moindre.

BIBLIOGRAPHIE

BOOHER, L. J. - **L'irrigation de surface** - Coll. FAO, N°95, Rome, 1974.

VERMEIREN, I. et G. A. JOBLING - **Localized irrigation** - FAO, N° 36, Rome, 1980.

GOLDBERG, D. et al. - **Drip irrigation** - Kfar shmaryahu, Israel, 1976.

KARMELI, D. et Jack KELLER - **Trickle irrigation design** - Rain Bird Ed.; Glendora, California, 1975.

BELTRÃO, J - **Rega gota-a-gota** - Liv. Clássica Editora, Lisboa, 1979.

FUKUDA, Hitoshi - **Irrigation in the world** - Univ. of Tokyo Press, 1976.

ROLLAND, Lionel - **La mécanisation de l'irrigation par aspersion** - Coll. FAO, N° 35, Rome, 1980.

RAPOSO, J. Rasquilho - **A rega por aspersão** - Livr. Clássica Editora, Lisboa, 1980.

RAPOSO, J. Rasquilho - **Classificacão dos méthodos de rega** - Lavoura, N° 126, Lisboa, 1974.

MAYER, Ruy - **A técnica do regadio** - Col."A Terra e o Hommen", Lisboa, 1945.

MENDONÇA, P. de Varennes e **-Lições de Hidráulica Geral e Agricola** - I. Sup. de Agronimia, Lisboa, 1968/69.

SOGREAH - **Irrigation gravitaire par canaux**- Minist. de la Coopération, Paris, 1976.

CLEMENT, R. et A. GALAND - **Irrigation par aspersion** - Edit. Eyrolles, Paris, 1979.

DURANS-DASTÈS, François - **Systèmes d'utilisation de l'eau dans le monde** - Soc. Edit. d'Enseignement Supérieur, Paris, 1977.

CONAC, Françoise - **Irrigation et développement agricole** - Soc. Edit. d'Enseignement Supérieur, Paris, 1978.

TIBAU, A. Oberlaender - **Téchnicas modernas de irrigação** - Liv. Nobel, São Paulo, 1979.

Analyse comparative aspersion - gravitaire des deux casiers du périmètre des Doukkala Boulaouane - Sidi-Bennour

Par
Abdelkader Hamidou
Service de Gestion des Réseaux à
l'O.R.M.V.A des Doukkala

I - PRESENTATION SOMMAIRE DE L'AMENAGEMENT DU PERIMETRE DES DOUKKALA.

A - Infrastructure

L'infrastructure de base de l'équipement hydro-agricole de la plaine des Doukkala est constituée comme suit :

- Un barrage de dérivation à vocation mixte (irrigation-énergie) à Imfout réalisé entre 1940 et 1944 ;
- Une prise en rive gauche de la retenue. A signaler que l'eau destinée à l'irrigation n'est pas turbinée d'où indépendance des prélèvements agriculture et O.N.E;
- La prise alimente une galerie tête morte de 17 km de long et 5,30 m de diamètre. Betonnée sur toute sa longueur, cette galerie peut transiter un débit de 36 m³/s.
- La galerie tête morte débouche en tête d'un canal principal Bas-Service (C.P.B.S) de 111 km. de long non revêtu ;
- Un canal intermédiaire ou moyen service de 24 km de long, bétonné sur toute sa longueur. Le canal intermédiaire est alimenté en tête par une station de relèvement de 22 m de HMT et de 7,2 m³/s de débit à Bir El Abid, alimentée elle même par un canal d'amenée de 3 km de long qui dérive de l'eau du C.P.B.S. à son PK 57.

B - Les périmètres d'irrigation.

On trouve d'amont en aval du C.P.B.S.

- Le casier de Boulaouane.

C'est le premier secteur important équipé en aspersion dans les Doukkala. D'une superficie de 1.100 ha, son équipement a eu lieu entre 1968 et 1970.

- Le casier du Faregh.

Sa superficie est de 8.900 ha, c'est le secteur le plus anciennement équipé (1952 - 58) du périmètre des Doukkala. Il a été aménagé en trame A gravitaire.

- Le casier de Sidi-Smaïl.

D'une superficie de 8.000 ha, il a été équipé en 1963 en irrigation par gravité.

- Le casier de Sidi-Bennour.

Dominé par le canal intermédiaire, ce casier d'une superficie de 10.000 ha environ a été équipé entre 1969 et 1974.

- Le casier de Zemamra.

Entièrement équipé en aspersion, ce casier s'étend sur une superficie de 16.000 ha et se compose de 4 secteurs d'équipement. Le premier de ces secteurs dit ZI d'une superficie de 45.000 ha a été mis en eau en juillet 1977.

La mise en eau des trois autres secteurs est intervenue en novembre 1980.

- Le casier de Tnine Gharbia.

Ce casier s'étend sur 13.100 ha et sera équipé en aspersion ; ses travaux d'équipement sont en cours et sa mise en eau est prévue pour octobre 1982. Il est divisé en 4 secteurs.

II - CHOIX DE DEUX CASIERS POUR L'ETUDE COMPARATIVE.

Le choix, pour l'analyse comparative, s'est porté sur les casiers de Boulaouane pour l'irrigation par aspersion et Sidi-Bennour pour l'irrigation gravitaire. Ce choix nous a semblé judicieux pour plusieurs raisons dont en particulier :

- Les travaux d'équipement pour les deux casiers ont eu lieu pendant la même période pour certains et à des périodes rapprochées pour les autres (58-70 pour le 1er et 69-74 pour le 2ème) ceci peut donner une comparaison plus exacte des coûts d'investissement et rendre plus juste la comparaison de l'évolution de certains paramètres ou indicateurs. Il est évident de même que la comparaison des coûts d'entretien est plus significative pour des réseaux ayant pratiquement le même âge.
- La proximité géographiques des deux casiers permet d'exclure dans une large mesure les disparités climatiques ou les différences de mentalité des populations pouvant avoir une incidence directe sur la mise en valeur.

A - Casier de Boulaouane.

Le casier de Boulaouane s'étend sur une superficie de 1.100 ha.; son équipement a eu lieu entre 1968 et 1970 et comporte une station de pompage d'une capacité de 1.100 1/s sous une HMT de 72 m CE. à régulation manodébimétrique (sans réservoir surélevé). La station refoule, comme pour tous les secteurs d'irrigation similaires, dans un réseau de conduites enterrées, lui même relié à un réseau mobile par l'intermédiaire des bornes d'irrigation.

La particularité essentielle de ce casier est son appartenance au secteur de la réforme agraire. De ce fait, la structure foncière y est simple mais également particulière car elle ne comporte qu'une seule classe d'exploitation. La S.A.U. est répartie en 220 exploitations de 5 ha appartenant à 220 attibutaires.

Cette particularité peut constituer un point en défaveur de l'équivalence des situations dans les deux casiers à comparer. C'est pourquoi il sera fait référence chaque fois qu'il est jugé nécessaire au secteur ZI de Zemamra qui est, rappelons le, mis en eau depuis juillet 1977.

L'encadrement des agriculteurs de Boulaouane a lieu à partir du CMV. 312.

B - Casier de Sidi-Bennour

Ce casier a une superficie d'environ 10.000 ha, ses travaux d'équipement se sont déroulés entre 1969 et 1974. Il est dominé par le canal intermédiaire d'une longueur de 24 km environ entièrement bétonné. Ce canal est alimenté à partir du C.P.B.S. par l'intermédiaire d'un canal d'amenée de 3 km environ, et d'une station de relèvement situé à Bir El-Abid. Cette dernière est prévue pour un débit de 7,2 m³/s et une HMT. de 22 m.

Trois CMV. encadrent les agriculteurs du casier de Sidi-Bennour : le CMV. 330, le CMV. 335 et le CMV.336. Pour la suite de l'analyse, nous avons choisi les deux derniers pour lesquels un maximum de données est disponible.

Signalons qu'ici comme partout ailleurs dans les Doukkala, la structure foncière est caractérisée par une large prédominance de la microproprieté comme peut en témoigner le tableau suivant qui donne pour Sidi-Bennour la structure foncière en pourcentage de la S.A.U. et des agriculteurs.

Classe de propriété (ha)	0 - 0,5	0,5 - 1	1 - 2	2 - 5	5 - 10	10 - 20	> 20
S.A.U.	2	4	13	25	23	17	16
% Agricul.	21	16	26	22	10	1	1

III - ANALYSE COMPARATIVE.

A - Considérations des coûts d'investissement.

Il est généralement admis, et même certain que les coûts d'équipement sont plus élevés pour l'aspersion que pour le gravitaire. La différence des coûts pour les deux modes d'irrigation peut varier énormément selon la situation et les conditions particulières de chaque périmètre.

En ce qui concerne les deux casiers choisis, nous nous sommes référés aux montants des marchés passés en vue de leur équipement, pour l'analyse des coûts. Les tableaux n° 1 et 2 ci-joints récapitulent pour les deux

Tableau N°I : Recapitulation des marchés de travaux d'équipement du casier de Sidi-Slimane

(9.960 ha)

Désignation des travaux	N° des Marchés	Entreprises	Montant des travaux
Canal d'Amenee	23/69	T.C.M. - T.C.A.	750.284,47
Station BIR EL ABID : Pompes	49/69	C.C.E.E.	1.431.521,06
Transformateur	67/69	C.G.E.	183.872,12
Génie Civil	78/69	ENATRA	1.971.206,65
Energie	6/70	O.N.E.	568.829,85
		Sous Total 1 =	4.155.429,68
Canal Intermédiaire : Lot 1	51/69	Hadj OMAR	1.618.482,70
Lot 2	50/69	BOUSSIRON DOUKKALI	1.867.122,00
Lot 3	57/70	DOUKKALI	1.730.167,36
Lot 4	9/73	BENNANA	1.583.140,45
		Sous Total 2 =	6.798.912,51
Matière Hydro-mécanique	55/69	S.N.C.E.	751.101,31
	38/71	S.N.C.E.	381.665,79
	4/73	S.N.C.E.	2.097.595,39
		Sous Total 3 =	3.230.362,49
Fournitures Canaux : SB III	65/70	S.N.C.E.	4.565.400,41
SB IV	8/72	S.N.C.E.	1.001.108,19
SB I-II Ext.	2/73	S.N.C.E.	5.461.167,46
		Sous Total 4 =	11.027.676,06
Réseaux d'Irrigation : SB-I-II	35/69	S.E.T.	3.047.304,90
SB III	1/71	S.E.T.	3.404.730,38
SB I-II Ext.	8/73	S.E.T.	485.887,21
SB III-IV	49/73	G.T.R.-L.R.M.	1.109.059,03
SB IV	2/74	S.E.T.	3.710.198,87
		Sous Total 5 =	11.757.180,44
Réseau Colature : SB.I.II.	7/70	HADJ OMAR	849.995,05
SB III-IV	15/71	S.T.A.M.	830.343,05
OUED AOUJA	14/71	HADJ ALI	1.244.466,56
DRAIN ARTIF	50/73	G.T.R. L.R.M.	427.776,55
		Sous-Total 6 =	3.352.781,21
Nivellement : SB.I - II	41/69	STAIP-STAL-COMA	4.297.037,21
COMPLEMENTAIRE	34/70	S.T.A.M.	451.613,12
SB.III	26/71	S.T.A.M. S.T.A.I.P.	1.399.960,27
SB.III	27/71	S.N.C.E. SOMET	1.100.149,72
SB.III	28/71	S.T.A.M. S.T.A.I.P.	1.365,791,79
SB-IV	14/73	S.T.A.M.	2.572.769,01
SB-IV	15/73	S.T.A.M.	2.274.630,57
DEFONCEMENT	61/69	TRAVAUX-MAROC	163.690,67
CONTROLE	43/71	LABO	71.338,12
		NIVELLEMENT	13.696.980,48
		TOTAUX------	54.769.407,34

Coût à l'hectare : $\frac{54.769.407,34}{9.960}$ = 5498,94 DH/ha

Tableau N°2

LOTISSEMENT BOULAOUANE

RECAPITULATION DES MARCHES DE TRAVAUX D'EQUIPEMENT DU CASIER DE BOULAOUANE (1.100 ha)

O U V R A G E S	N°S DES MARCHES	SOCIETES OU ENTREPRISES	MONTANT DES MARHCES D.DEFINITIF
Canalisations fixes Ø 500 - 600 et 800 (Lot B1)	53/68 DKV	S.O.C.E.A.	1.130.346,88 DH
Canalisations fixes Ø inférieures à 500	54/68 DKV	S.O.M.E.D.I.	2.314.802,69 DH
Matériel réseau mobile (Lot E)	55/68 DKV	SEPPIC - MAROC	995.223,16 DH
Matériel pompage (Lot C)	56/68 DKV	SOFRAMAR	713.454,44 DH
Poste de transformation (Lot F)	80/68 DKV	ET. BAUZON	78.536,27 DH
Génie Civil	82/68 DKV	M.E.G.C.	271.722,75 DH
Branchement Electrique	95/68 DKV	O.N.E.	629.912,74 DH
Fournitures de bornes d'irrigation	18/69 DKV	S.O.C.E.A.	165.467,98 DH
Poste de transformation (Equipement supplémentaire)	52/70 DKV	ET. BAUZON	45.716,00 DH
		Total :-------6.345.182,91 DH	

COUT A L'HECTARE : $\frac{6.345.182,91}{1.100}$ = 5.768,35 DH/ha.

casiers le montant des travaux ou des fournitures pour chaque marché, le nom de l'entreprise et le numéro du marché avec l'année de passation.

En première analyse la différence entre les coûts d'équipement rapportés à l'ha (5.770 dh/ha pour Boulaouane contre 5.500 à Sidi-Bennour) paraît très peu significative par rapport aux normes connues généralement. Cependant, il y a lieu de tenir compte de certaines particularités qui ont grevé le coût d'investissement dans le casier gravitaire à savoir :

- Sa situation particulière par rapport au C.P.B.S. qui, contrairement aux casiers du Faregh et de Sidi-Smaïl, a nécessité la construction du canal d'amenée et de la station de Bir-El-Abid. La déduction du sous-total 1 du tableau n° 1, correspondant à ces ouvrages réduirait le coût de 420 dh/ha (Dirhams 1969-70) dans le casier gravitaire.

- L'échelonnement des dépenses : si pour Boulaouane la quasi totalité des marchés (99,2 % en montant des travaux) était contractée entre 1968 et 1969, pour Sidi-Bennour 35 % ne l'ont été qu'en 1973 et 1974. La tendance ayant été à la hausse, ceci a dû grever d'une manière non négligeable, pour la comparaison, les coûts du gravitaire.

A cela il y a lieu d'ajouter que :

- Le casier de Boulaouane en raison probablement de sa topographie et de son sol sableux n'a pas nécessité de réseau d'assainissement. La dépense y afférente pour le casier de Sidi-Bennour s'est élevée à environ 340 dh/ha (entre 1970 et 1973). A titre indicatif elle est de 2.000 dh/ha pour les secteurs de Tnine Gharbia en cours d'équipement (pour des marchés passés en 1980).

- La régulation du fonctionnement de la station de Boulaouane est manodébimétrique ce qui a épargné la construction de réservoir surélevé comme pour les autres secteurs équipés en aspersion. On sait que la régulation par réservoir surélevé est la plus fiable certainement, mais aussi la plus coûteuse (2.100 dh/ha pour l'extension du Faregh, de superficie analogue à Boulaouane, le marché ayant été passé en 1980).

- Probablement en raison du prix de l'énergie relativement bas, pendant les années soixante, l'étude d'optimisation a sous dimensionné le réseau (réseau moins coûteux) au détriment des charges d'exploitation. La H.M.T. de la station, 72 m C.E., est en effet très importante pour un si petit périmètre.

Ceci constitue autant de facteurs qui faussent la comparaison mais qui prouvent en même temps que, contrairement à ce qui résulte des tableaux récapitulant les investissements, les coûts de première installation sont beaucoup plus importants pour le système aspersif que pour le système gravitaire.

Faute de données plus récentes pour le gravitaire dans le périmètre des Doukkala et pour donner une idée de la différence des coûts, faisons la comparaison des coûts de Zemamra, casier plus représentatif pour l'irrigation par aspersion du point de vue coût, mais récemment équipé (1976-1977) et ceux de Sidi-Bennour. Pour celà, nous devons actualiser le coût d'aménagement de ce dernier à 1976-1977 soit un coût moyen de 9.500 dh. Pendant la même période, l'équipement du casier de Zemamra s'est élevé à environ 16.000 dh/ha soit environ 1,7 fois l'investissement en gravitaire.

B - Mise en valeur agricole et revenus

Dès qu'il s'agit de procéder à des comparaisons entre le gravitaire et l'aspersion, on pense, après les considérations de coût, à la meilleure adaptation ainsi qu'aux avantages, et inconvénients, de l'un ou l'autre des deux systèmes, sur la mise en valeur agricole qui est la finalité de l'aménagement ; pour essayer de voir dans quelle mesure le mode d'irrigation peut effectivement avoir une incidence sur la production et d'avoir une appréciation tangible de cette incidence, nous nous proposons dans ce paragraphe d'analyser l'évolution de certains indicateurs de la mise en valeur dans les deux systèmes. Nous avons pensé notamment à l'évolution du taux d'intensification ou taux d'occupation des sols dans les deux systèmes, au revenu brut à l'hectare comparé et son évolution dans les deux modes d'irrigation et enfin, au prix de revient des cultures principales.

1°/ - Le taux d'occupation des sols

Le taux d'occupation des sols ou taux d'intensification de la mise en valeur peut traduire le degré d'adaptation d'un mode d'irrigation, son degré d'exigence en technicité et par conséquent son effet d'émulation ou d'incitation à la production.

Pour l'analyse de ce paramètre et pour une question de disponibilité de données, nous avons pris 2 C.M.V. le 335 et le 336 du casier du Sidi-Bennour (gravitaire) couvrant une superficie de 5.800 ha environ soit 58 % de la superficie du casier et le CMV. 312 du casier de Boulaouane qui couvre la totalité de sa superficie.

Les tableaux n° 3, 4 et 5 récapitulent les données relatives à la production agricole, respectivement pour les CMV 312 (aspersion), 336 et 335 (gravitaire). Ils permettent de voir que pour les deux modes d'irrigation il y a une progression du taux d'occupation des sols. Mais, ils

TABLEAU N° 3

EVOLUTION DE L'OCCUPATION DU SOL

-CMV. -312.

-SUPERFICIE TOTALE IRRIGUEE (SAU) 1.100

-MODE D'IRRIGATION : - ASPERSION -

S.R. = SUPERFICIE REALISEE
Rt. = RENDEMENT TOTALE
P. = PRODUCTION TOTALE.

CULTURES	80 - 81			79 - 80			78 - 79			77 - 78		
	S.R.	Rt.	P.	S.R.	Rt.	P.	S.R.	Rt.	P.	S.R.	Rt	P.
CEREALES D'AUTOMNE												
-Blé dur	110	26	2860	219	15	3285	130	25	3250	265	15	3975
-Blé tendre	220	37	8140				90	30	2700			
-Orge												
CEREALES DE PRINTEMPS												
-Maïs hydrique	110	26	2860	110	22	2420				110	13	1430
-Maïs local	140	12	1600				103,05	9	927,45			
CULTURES INDUSTRIELLES												
-Betterave à sucre	225	738	166912	329,5	62,2	205279	340,5	782	266271	327	694	226938
-Coton				28,35	5,55	157	36,45	6,40	233,20	36,45	3,00	109
CULTURES FOURRAGERES												
-Luzerne	210	500	105000	130	400	52000	135	450	60750	180	500	90000
-Bersim	10	300	3000	20	250	5000	20	300	6000	10	250	2500
-Orge fourragère	185	350	64750	103	300	30900	20	200	4000	8	300	2400
-Maïs fourrage												
-Sorgho	2	250	500	2	250	560	25	300	75000	10	250	2500
-Soudam-grass												
MARAICHAGE												
-Pomme de terre												
-Tomate	11	250	2750	15	300	4500	20	20	400			
-Oignon	21	300	6300	6	120	960	30	125	3750			
-Navet	47	150	7050							170	170	28900
-Carotte							40	170	6800			
-Courge et Courgette												
-Melon	212	170	36040	215	350	75250	150	120	18000	57	270	15390
-Pastèque				15	160	2400	120	150	3000	114,55	130	14892
-Divers												
-Petis pois	32			200	15	3000	40	20	4800	50	15	750
Total superf.cultivée	1536			1394,85			1200			1388		
% occupation du sol	140 %			127 %			109 %			122 %		

TABLEAU N°4

EVOLUTION DE L'OCCUPATION DU SOL

S.R. = SUPERFICIE REALISEE
Rt. = RENDEMENT A L'HECTARE
P. = PRODUCTION TOTALE.

-CMV. 336
-SUPERFICIE TOTALE IRRIGUEE (SAU) 2 968 ha
-MODE D'IRRIGATION : -GRAVITAIRE-

CULTURES	80 -81			79 - 80			78 - 79			77 - 78		
	S.R	Rt	P.	S.R	Rt	P.	S.R	Rt	P.	S.R	Rt	P.
CEREALES D'AUTOMNE												
-Blé dur	831	17	141,27	793	14	11102	851,60	20	170,32	642	18	11561
-Blé tendre	63	25	1575	7	17	119	48,50	25	1212	117	21	2467
-Orge				20	15	300	120,00	15	1800	40	12	486
CEREALES DE PRINTEMPS												
-Maïs hydrique	104	25	2600	100	6	600	130	18	2340	222	5	1110
-Maïs local	65	16	1040	119	10	1190						
CULTURES INDUSTRIELLES												
-Betterave à sucre	596,75	456,56	272452	665,40	360,91	240149	593,25	430	255097	596,20	377,10	223942
-Coton	91,80	10,65	977	104,40	845	882,18	91,10	8,15	651,31	79,50	7,60	604,20
CULTURES FOURRAGERES												
-Luzerne	160,90	600	96540	111	350	38850	205,65	300	61695	234,10	600	140460
-Bersim	300,00	700	210000	288	400	115200	227,00	200	45400	157,50	650	102375
-Orge fourragère				28	200	5600	30,45	200	6090			
-Maïs fourrage	59,65	200	11930	62	200	12400				122,00	150	18300
-Sorgho	15	300	4500	6	400	2400						
-Soudam-grass												
MARAICHAGE												
-Pomme de terre	17	220	3740	10	250	2500	12,90	180	2322	18,90	200	3780
-Tomate	53	300	15900	50	400	20000	25,85	250	6462	25,00	260	4500
-Oignon	5	100	500				2,00	180	362	1,50	100	150
-Navet	5	120	600	15	200	3000	14,40	100	1440	11,00	70	770
-Carotte							1,00	80	80			
-Courge et Courgette	16	150	2400									
-Melon	297,80	450	134010	260	800	208000	96	650	62400	206,35	400	82540
-Pastèque	102,25	300	30675	155	600	93000	191,90	800	153520	89,20	500	44600
-Divers												
-Petits Pois	5											
-Fêves	10											
Total superf.cultivée	2798,15			2793,80			2641,60			2562,25		
% Occupation du sol.	94 %			94 %			87 %			86 %		

TABLEAU N°5

EVOLUTION DE L'OCCUPATION DU SOL

-CMV 335

-SUPERFICIE TOTALE IRRIGUEE (SAU) 2902-80ha

-MODE D'IRRIGATION -GRAVITAIRE

S.R. = SUPERFICIE REALISEE
Rt. = RENDEMENT A L'HECTARE
P. = PRODUCTION TOTALE

CULTURES	80 - 81			79 - 80			78 - 79			77 - 78		
	S.R.	Rt.	P.	S.R.	Rt.	P.	S.R.	Rt.	P.	S.R.	Rt.	P.
CEREALES D'AUTOMNE												
-Blé dur	784	12	9408	660	10	6600	786	18	14148	725	20	14500
-Blé tendre	140	22	3080	200	12	2400	275	16	4400	100	25	2500
-Orge												
CEREALES DE PRINTEMPS												
-Maïs hydrique	175	15	2625	118	4	472	52	9	468	397	5	1985
-Maïs local	35	5	175	18	10	180						
CULTURES INDUSTRIELLES												
-Betterave à sucre	846,70	465,32	300922	646,45	539,13	348521	545,05	412,25	223697	575,40	415,60	239136
-Coton	50	11	550	102	8,54	871	88,80	7,85	697	136	6	816
CULTURES FOURRAGERES												
-Luzerne	194,70	500	97350	198,75	560	99375	186	600	111600	180	400	72000
-Bersim	300	600	180000	281	600	168600	218	600	109000	186	600	93000
-Orge fourragère	60	200	12000	60	250	15000	40	850	14000	30	300	9000
-Maïs fourrage	46	350	16100									
-Sorgho	8	280	2240									
-Soudam-grass	33	260	858									
MARAICHAGE												
-Pomme de terre	11,70	250	2925	10	250	2500	8	250	2000	12	150	1800
-Tomate	40	250	10000	13,20	250	3300	12	250	3000	40	300	12000
-Oignon												
-Navet	5,75	80	460	10	250	2500						
-Carotte	0,60	60	36									
-Courge et Courgette	11,30	100	1130	6	40	240						
-Melon	300	150	45000	291	400	116400	223	150	3450	140	100	1400
-Pastèque	30	120	3600	35	200	7000	29	120	3480	12	50	600
-Divers	20,30	30	609	6	30		31	30		20	40	800
-Petits Pois	7						68					
-Fèves	15			13			50	140	9520	90	16	1440
Total Superf. Cultivée	2914,05			2668,30			2611,85			2547,10		
% Occupation du sol	104 %			95 %			93 %			91 %		

montrent surtout la nette différence qui existe entre le gravitaire et l'aspersion. Le taux de mise en valeur dépasse en effet rarement 100 % pour le premier alors qu'il peut atteindre 140 % pour le second.

A titre indicatif, signalons que pour le secteur ZI du casier de Zemamra, mis en eau depuis 4 campagnes, le taux d'intensification était successivement de : 76,2 %, 90,8 %, 96,4 % et 112,2 % pour la campagne 1980 - 81.

On peut donc conclure que les agriculteurs trouvent plus de facilités à s'adapter à l'aspersion qui nécessite, il est vrai, beaucoup moins de technicité pour la conduite des irrigations que le gravitaire et mobilise, comme nous le verrons plus loin, moins de main-d'oeuvre.

2°/ - Prix de revient des cultures.

Ne disposant pas des éléments permettant la détermination du prix de revient de toutes les cultures, ce qui aurait permis de comparer le revenu net/ha des deux systèmes d'irrigation, nous nous contenterons d'analyser ce prix de revient pour les cultures principales. Ceci permettrait de dégager le coût différentiel des facteurs de production variables d'un mode d'irrigation à un autre et de conclure éventuellement quant à la supériorité de l'un de ces modes par rapport à l'autre.

Parmi les facteurs de production qui varient du gravitaire à l'aspersion, on trouvera essentiellement :

- la main-d'oeuvre pour certaines opérations ;
- les traitements phytosanitaires pour certaines cultures pour lesquelles l'aspersion favoriserait le développement de maladies cryptogamiques ;
- et bien entendu, le prix de l'eau d'irrigation (la marge due à la taxe de pompage en supplément pour l'aspersion).

Le tableau n° 6 permet de dégager les points suivants :

- Seul le billonnage, en ce qui concerne les travaux du sols, constitue un supplément pour l'irrigation gravitaire. Son coût reste cependant modeste.
- Si pour les semences et la fumure il n'y a en principe pas de différence pour les produits phytosanitaires, on relève un léger supplément en faveur du gravitaire mais uniquement pour la tomate.
- La différence en main-d'oeuvre concerne essentiellement les travaux d'irrigation qui sont non seulement peu importants pour le système aspersif mais contrairement au gravitaire ils ne mobilisent l'agriculteur que très partiellement, ce qui lui évite de recruter un ouvrier tout en lui permettant de vaquer à d'autres travaux. Ceci peut constituer un facteur encourageant pour l'intensification de la mise en valeur.
- La différence du prix de l'eau provient bien entendu de la taxe de pompage. Signalons que les coûts de production tels que déterminés dans le tableau n° 6 sont ceux relatifs à Zemamra (taxe de pompage 0,044 dh/m³) et Sidi-Smaïl (sans pompage). Rappelons que pour Sidi-Bennour, la station de Bir-El-Abid donne lieu à une taxe de pompage de 0,016 dh/m³ et qu'en raison de la hauteur manométrique importante à Boulaouane, cette taxe est de 0,054 dh/m³. Dans ces conditions les coûts de produtions seraient les suivants :

Cultures / Casier	Betterave en dh/ha	Blé en dh/ha	Tomate en dh/ha	Luzerne en dh/ha
SIDI-BENNOUR (gravitaire)	3.308,00	1.475,00	4.58,00	2.539,00
BOULAOUANE (aspersion)	3.238,00	1.450,00	4.558,00	2.432,00
Gain en aspersion	+ 70,00	+ 25,00	- 10,00	+ 107,00

On peut donc dire au vu de ces chiffres que la différence des coûts de production à l'hectare reste relativement peu significative entre les deux modes d'irrigation. Et si l'on exclut le cas de la tomate, en raison des traitements phytosanitaires, cette légère différence est à l'avantage de l'aspersion. Si en plus on néglige les infimes différences dûes au billonnage, on s'aperçoit que la différence des coûts de production provient dans

TABLEAU N°: 6

(- L. : LABOUR
(- C.C.: COVERCROP.
(- BIL.: BILLONNAGE
(- REC.: RECOLTE
(- M.B.: MOISSON BATTAGE
(- N.J.: NOMBRE DE JOURS
(- Val.: VALEUR
(- T.M.D'OEUVRE: TOTAL MAIN-D'OEUVRE.

- COUT DE PRODUCTION A L'HA-
- ASPERSION-

Culture	TRAVAUX MECANIQUES							SEMENCES		FUMURE					PRODUIT PHITOSANITAIRE	EAU D'IRRIGATION				MAIN D'OEUV.		T.M.D'OEUV.		TOTAL FRAIS DE LA PRODUCTION.
	L.	C.C.	BIL.	Rec.	Transp	M.B.	Total	KG	DH.	Fond Qx.	Fond DH.	Couverture Qx.	Couverture DH	TOTAL		m³	Val.	Main-d'oeuv. Nj.	Main-d'oeuv. Val.	Nj.	Val.	Nj.	Val.	
BETTE-RAVE.	150	180	-	150	-	-	480	15	428,5	5	712,5	2	195	907,50	131,50	4000	392	3,2	48	54	810	57,2	858	3198
BLES	130	90	-	-	-	150	370	120	198	3	233	1	79	312	-	2500	245	2,00	30	18	270	20	300	1425
TOMATE	150	180	-	-	800	-	1130	1	300	2	173	1,5	125	298	400	8000	784	6,4	96	98	1470	104,4	1566	4478
LUZERNE	37,5	45	-	-	-	-	82,5	25	355	3	258	1	86	344	-	10000	980	8,0	120	30	450	38	570	2332

- GRAVITAIRE -

Culture	TRAVAUX MECANIQUES							SEMENCES		FUMURE					PRODUIT PHITOSANITAIRE	EAU D'IRRIGATION				MAIN-D'OEUV.		T.M.D'OEUV.		TOTAL FRAIS DE LA PRODUCTION.
	L.	C.C.	BIL.	Rec.	Transp	M.B.	Total	KG	DH.	Fond Qx.	Fond DH.	Couverture Qx.	Couverture DH.	TOTAL		m³	Val.	Main-d'oeuv.(*1) NJ.	Main-d'oeuv.(*1) Val.	Nj.	Val.	Nj.	Val.	
BETTE-RAVE.	150	180	30	150	-	-	510	15	428,5	5	712,5	2	195	907,5	131,5	4000	216	16	240	54	810	70	1050	3244
BLES	130	90	-	-	-	150	370	120	198	3	233	1	79	312	-	2500	135	10	150	18	270	28	420	1435
TOMATE	150	180	30	-	800	-	1160	1	300	2	173	1,5	125	298	280	8000	432	32	480	98	1470	130	1950	4420
LUZERNE	37,5	45	7,5	-	-	-	90	25	355	3	258	1	86	344	-	10000	540	40	600	30	450	70	1050	2379

*1= Main-d'oeuvre autre que pour l'irrigation.

sa quasi totalité de l'irrigation (eau + main-d'oeuvre). Celà voudrait donc dire que l'économie de main-d'oeuvre en aspersion compenserait largement la taxe de pompage. En effet, en rapportant le coût de la main-d'oeuvre de l'irrigation au volume consommé, on détermine un coût des "travaux d'irrigation" qui est de 0,012 dh/m³ en aspersion et de 0,06 dh/m³ pour le gravitaire, soit une marge de 0,048 dh/m³. Alors que la taxe de pompage est de 0,044 dh/m³ à Zemamra et la différence des taxes de pompage entre Boulaouane et Sidi-Bennour est de 0,038 dh/m³ soit un gain 0,4 ct/m³ à Zemamra par rapport à Sidi-Smaïl et de 1 ct/m³ à Boulaouane par rapport à Sidi-Bennour. On comprend alors aisément pourquoi le coût de production est d'autant plus faible dans l'aspersion par rapport au gravitaire que la consommation en eau la culture est élevée.

Il y a lieu de signaler enfin que faute d'éléments concrets, il n'a pas été tenu compte du coût de l'entretien du nivellement dans le gravitaire, de même qu'il était difficile de quantifier certains effets tel que le charriage,dans le gravitaire, des fertilisants et des semences, ce qui doit jouer en principe sur les rendements mais peut aussi engendrer des opérations, tel que le ressemis, pouvant être prises en compte dans le coût de production.

C - Fonctionnement et maintenance

D'une manière générale, l'exploitation des réseaux aspersifs permet beaucoup plus de souplesse et mobilise moins de personnel, notamment en aiguadiers, que les réseaux gravitaires.Par ailleurs, ils sont en grande partie moins exposés aux risques de dégradation par les riverains et nécessitent donc généralement moins de maintenance pour ces parties non exposées (dans l'hypothèse où le matériel mobile d'irrigation est considéré comme équipement interne à la charge des usagers). Par contre, les dépenses en énergie absorbée par les stations de pompage ainsi que l'entretien relativement coûteux de ces dernières aboutissent rapidement à un relèvement du coût de fonctionnement, à en juger par les chiffres donnés ci-après relatifs à Sidi-Bennour, Sidi-Smaïl et au secteur ZI de Zemamra (nous ne disposons pas des données individualisées de Boulaouane) pour les deux campagnes 1978-79 et 1979-80.

Secteurs / Désignation	Sidi-Smaïl Gravitaire	Sidi-Bennour Gravitaire + SP	ZI Aspersion
Superficie	8.300	9.960	4.500
Fonctionnement * 1978-79	542.859,37 dh	1.729.077,59 dh	1.465.510,63
Maintenance 1978-79	711.498,60 dh	435.348,06 dh	131.951,80 dh
TOTAL 1978-79	1.254.357,93 dh	2.164.425,65 dh	1.600.462,43 dh
Coût/ha 78-79	151.13 dh/ha	217,31 dh/ha	355,66 dh/ha
Coût/ha 79-80	132,12 dh/ha	231,96 dh/ha	404,22 dh/ha

On voit à travers ces chiffres qu'effectivement le coût de fonctionnement et d'entretien est très élevé en aspersion : trois fois le coût dans un gravitaire type (s.smaïl) et 1,75 fois à Sidi-Bennour avec sa station de relèvement.

Il y a lieu de signaler que le coût réel de l'énergie qui a été prise en compte pour le fonctionnement est largement supérieur à la taxe de pompage. Bien qu'elle n'ait été arrêtée qu'en 1980 (B.O du 13 septembre 1980), cette taxe est déjà dépassée. Pour le secteur ZI de Zemamra, le montant des factures ONE rapporté au volume refoulé par la station s'élève à 0,056 dh/m³ pour

*Les charges de fonctionnement englobent le personnel et les frais d'énergie.

la campagne 1979-80 et 0,070 dh/m³ pour 1980-81 contre une taxe de pompage de 0,044 dh/m³, soit un manque à gagner de près de 60 % de la facture d'énergie pour la dernière campagne.

A ce prix l'économie de main-d'œuvre du système aspersif ne compense plus, comme nous l'avons vu, le coût du fonctionnement induit par le pompage. Le seuil, rappelons le, est de 0,048 dh/m³.

CONCLUSION :

Notons au préalable que les conclusions que nous pouvons tirer à l'issue de cette petite approche de l'analyse comparative des modes d'irrigation gravitaire et aspersif ne peuvent être que partielles. Pour être complète, cette étude aurait dû en effet aborder d'autres aspects qui peuvent être déterminants pour les orientations de la politique agricole. Parmi ces aspects on peut citer :

- le revenu brut et le revenu net à l'hectare globaux pour deux secteurs comparables ;
- le revenu brut et revenu net par type d'exploitation. Cet indicateur est plus précis que le précédent car il permettrait, contrairement à celui-ci, de révéler l'impact financier du mode d'irrigation pour l'agriculteur tout en tenant compte de la structure foncière.

Faute d'évaluation et de suivi nécessaire, il nous a été difficile d'accéder à toutes les données permettant de déterminer ces deux paramètres.

L'efficience des réseaux, paramètre très important compte-tenu de l'importance des sujétions relatives à la mobilisation des ressources en eau dans notre pays, doit en principe militer en faveur de l'aspersion (du moins selon les normes théoriques communément admises). Sa détermination rélève cependant de l'expérimentation en raison de la précision des matériels de mesure installés sur les réseaux d'irrigation (modules à masques) quand ils existent (les secteurs de Boulaouane et ZI ne comportent pas de compteurs sur les bornes d'irrigation).

L'efficience des réseaux devrait être en outre examinée parallèlement à la comparaison des consommations en eau d'irrigation dans les deux systèmes.

Malgré toutes ces lacunes, on peut dire, qu'en dépit de son coût de premier investissement élevé, l'irrigation par aspersion est un système qui ne nécessite pratiquement aucune technicité pour la conduite de l'eau à la parcelle. Ceci constitue sans doute la raison pour laquelle il est très rapidement adopté ce qui se traduit par une intensification de la mise en valeur indéniablement plus intéressante que dans le gravitaire, intensification qui est en fin de compte l'un des objectifs majeurs recherchés à travers un programme d'aménagement. Il convient cependant de noter que la tendance en hausse du coût de l'énergie, surtout depuis deux années, risque de remettre en cause ce système d'irrigation, du fait même de sa répercussion sur le prix de l'eau dont les charges par hectare ne devraient pas excéder 50 % de la plus value apportée par l'irrigation (taux maximum admissible, selon les observations BIRD).

Résumé des débats du Thème 1

Par
A. Aomari
O.R.M.V.A. du Gharb

Le rapporteur général du thème 1, M. Armando Lencastre a présenté successivement un résumé pour chaque communication et des commentaires de façon à rendre à travers les débats quelques données claires et supprimer les lacunes. Le président donne ensuite la parole aux auteurs des communications pour les présenter succinctement en comblant les lacunes soulignées notamment par le rapporteur général. Les exposés ont été faits successivement par MM. :

- V. Frade
- J. Rasquilho Raposo
- M. Bouhamidi
- A. Bennani
- J. Rasquilho Raposo
- A. Hamidou
- Manuel Antonio Tabuada.

Le président des séances de travail du thème 1, M. Lahlou Othmane, prit la parole pour présenter les problèmes rencontrés dans la gestion d'un secteur équipé en aspersion dans le périmètre du Gharb (P7 de 2.600 ha). Il insista notamment sur les pratiques effectives des agriculteurs dans ce secteur, la détérioration du matériel mobile d'irrigation, le coût d'énergie élevé de ce mode d'irrigation. M. Lahlou a préconisé l'amélioration du mode d'irrigation gravitaire pour l'adapter aux exigences de l'exploitation des cultures telle que la mécanisation d'une façon générale.

Le président donna la parole ensuite aux différents membres du Panel.

M. Bennani, pour sa part, a insisté sur le fait que la comparaison économique aspersion-gravitaire qui constitue une comparaison économique (meilleur revenu, meilleure production) ne suffit pas à elle seule pour faire le choix du mode à adopter ; il faut en outre faire une analyse des répercussions au niveau de l'exploitation en ce qui concerne la main-d'œuvre et le renouvellement des équipements, ainsi qu'une approche de l'évolution du coût de l'énergie.

Quant à M. Rasquilho Raposo, il suggère, pour tirer des conclusions valables, de faire des études de comparaison aspersion gravitaire a priori et a posteriori.

Au Portugal , la comparaison se fait entre l'aspersion et les systèmes d'irrigation traditionnels. En ce qui concerne l'aspersion elle est adoptée sans tenir compte des problèmes sociaux et agronomiques sur les petites exploitations.

M. Bastos a souligné que compte tenu des spécificités de chaque périmètre d'irrigation au Maroc, il n'existe pas de règle générale en matière de comparaison entre l'aspersion et le gravitaire. L'irrigation par aspersion a été introduite au Maroc en 1970 dans le périmètre des Doukkala. Ce mode d'irrigation présente des avantages en ce qui concerne l'économie d'eau, la rapidité d'équipement et un taux de mise en valeur plus élevé, mais également des inconvénients surtout en matière d'énergie actuellement.

Pour M. Lencastre, la comparaison aspersion - gravitaire doit intégrer tous les éléments techniques et économiques.

Ensuite, la parole fut donnée au professeur Pereira qui demanda des éclaircissements sur le calcul des débits à M. Bennani.

Ce fut ensuite le tour de MM. Abdellaoui, Lamrani, Lencastre, Aomari, Kamch, Laraichi et Ababou qui interviennent pour souligner les problèmes aspersion-gravitaire chacun selon les expériences vécues notamment :

- Le mode d'irrigation par aspersion permet la régulation des réseaux et station de pompage ;
- Les avantages généralement reconnus à l'aspersion

s'avèrent dans le cas du Gharb peu justifiés et tout milite en faveur du gravitaire.

- La comparaison aspersion - gravitaire dans le cas du Gharb doit intégrer la reprise du nivellement après les inondations et tenir compte également de l'infrastructure industrielle et de la main-d'œuvre occupée par celle-ci pour la fabrication des équipements pour l'irrigation par aspersion.

M.Lahlou a répliqué en disant que le privé a pris un risque pour investir en vue de répondre aux besoins de l'irrigation par aspersion qui s'avère coûteuse actuellement pour l'administration.

M. Lencastre, en guise de conclusion générale, a insisté sur le fait que tout en étant facilement acceptée par les agriculteurs, l'irrigation par aspersion conduit à des coûts résultant principalement de l'énergie qui mettent en cause ce mode d'irrigation. Le gravitaire semble être la solution la plus économique quand les conditions de sol et de topographie sont favorables. Il est nécessaire de pousser les investigations au niveau de l'irrigation gravitaire.

LISEZ

HOMMES, TERRE ET EAUX

Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires

BULLETIN D'ADHESION
ET D'ABONNEMENT

• en dernière page à découper et à nous retourner

Compte rendu du voyage d'études organisé par le Comité National Portugais de l'Irrigation et du Drainage.

Par
M. Bazza
I.A.V. Hassan II

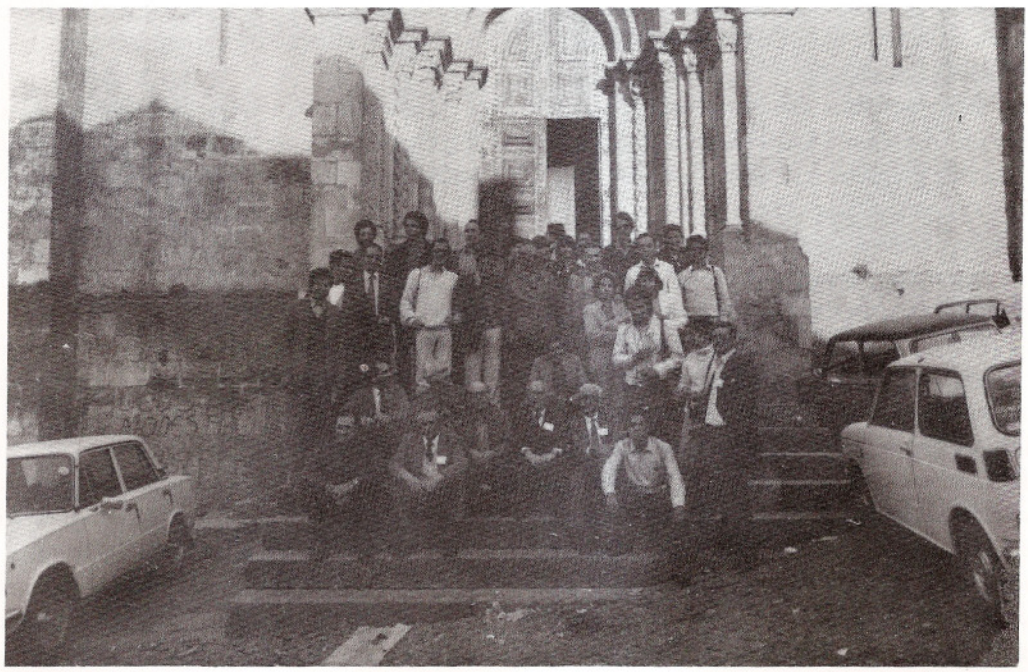
Le voyage avait pour but la visite de différents ouvrages composant l'aménagement hydraulique du Mondego. Au cours de ce voyage, quelques monuments historiques, l'Université de Coimbra et quelques sites touristiques se trouvant sur l'itinéraire ont été visités.

Ont participé à ce voyage tous les membres marocains avec à leur tête le président de l'A.N.A.F.I.D., M. BEKKALI Abdellah, et un groupe de portugais représentant différents organismes : sociétés d'études ayant participé directement ou indirectement à l'aménagement du Mondego, ministère des travaux publics, universités et laboratoires...

Le voyage d'une durée de deux journées, les 24 et 25 mars comprenait les étapes et activités suivantes :

Journée du 24-3-82
- Départ de Lisbonne à 7.00 h
- Visite de Monastère de Batalha
- Visite du Barrage de Aguieira
- Déjeuner
- Visite du Barrage de Raiva
- Tour de la ville de Coimbra et Visite de l'Université
- Dîner et nuitée à Figueira da Foz.

Journée du 25-3-82
- Quinta do Conal : exposition sur l'aménagement
- Visite d'un site expérimental de drainage et de zones de travaux
- Visite du barrage-Pont de Coimbra
- Visite des villes de Leira, Alcobaça, Nazaré et Vila Franca de Xira



Avant de rejoindre Lisbonne, le dîner de clôture des journées Luso-marocaines fut offert par le Comité National Portugais de l'Irrigation et du Drainage dans cette dernière ville. Au cours de ce dîner, le Président de l'A.N.A.F.I.D, M. BEKKALI Abdellah, a prononcé une allocution dans laquelle il a remercié le CNPID pour l'effort que celui-ci a déployé pour la réussite de ces premières journées Luso-marocaines. Notant les caractères similaires agricoles et hydro-agricoles, le climat, et vue la réussite des premières et deuxièmes rencontres luso-marocaines (octobre 1981 à Rabat et mars 1982 à Lisbonne), M. le président a invité le C.N.P.I.D. à étendre la collaboration entre l'ANAFID et le CNPID à d'autres sujets d'interêt commun et à porter la délégation portugaise aux prochaines journées qui seront organisées à Rabat en mars-avril 1983, à une quarantaine de participants.

Le président du CNPID, M. Adolfo GONCALVES, a à son tour, pris la parole pour souligner la réussite, à un point inattendu, des journées luso-marocaines, l'importance des thèmes étudiés et des discussions qui ont suivi, féliciter les deux comité nationaux de la CIID de cette réussite et souhaiter plein succès aux prochaines rencontres.

APERCU SUR L'AMENAGEMENT HYDRAULIQUE DE LA VALLEE DU MONDEGO

Le Mondégo, le plus grand cours d'eau qui se développe entièrement en territoire portugais, a sa source à une altitude de 1.547 m à Serra de Estrela. Après un parcours de 227 km, il se jette dans l'Atlantique aux alentours de Figueira da Foz (fig 1).

Son bassin hydrographique est d'une superficie de 6.671 km² environ. Le régime hydrologique est du type torrentiel et est très irrégulier : les débits de crue atteignent 3.000m³/s et ceux d'étiage sont inférieurs à 1 m³/s.

Les objectifs de l'aménagement du Mondégo, conclu en 1962, sont mutliples : il s'agit d'un aménagement intégré pour lequel les aspects énergétiques et de protection contre les crues de la vallée du Bas Mondégo sont prioritaires. L'aménagement permet également la création d'un réseau de circulation (construction de ponts sur le Mondégo) reliant le Nord et le Sud du Portugal. Il permet également la systématisation de l'irrigation de 15.000 ha, dont la majeure partie sera drainée. D'autres objectifs tels que l'amélioration de l'environnement, la création d'activités récréatives, le tourisme , l'emploi... sont visés par l'aménagement.

Le schéma hydraulique de l'aménagement comprend



Fig 1 Situation du Bassin du Mondego

quatre tronçons en cascade et un tronçon sur l'un des affluents du Mondégo (Asse-Dasse,Girabolhos, Ervedal, Aguieira et Fronhas). Tous ensemble , ces aménagements dominent 76 % de superficie du bassin hydrographique en amont de Coimbra (fig.2)

Les ouvrages d'irrigation visent à distribuer l'eau régularisée par le système Aguieira-Fronhas-barrage mobile de Coimbra aux zones à arroser. La superficie totale de ces zones est de 14.884 ha desquels 5.300 sont prévus pour la culture du riz et le reste pour des cultures consommatrices d'eau et à hauts rendements (maraîchage, fourrages,...)

Sans drainage préalable, toute culture autre que le riz n'est pas envisageable dans la majeure partie de ces zones à cause des excès d'eau superficielle et souterraine. C'est pour celà qu'une station expérimentale de drainage et d'étude de la salinité a été créée.

La station dont le but est la détermination des données nécessaires pour le drainage des sols étudie l'espacement et la nature des drains, la profondeur d'installation des drains souterrains, divers types de filtres, le colmatage des drains et autres.

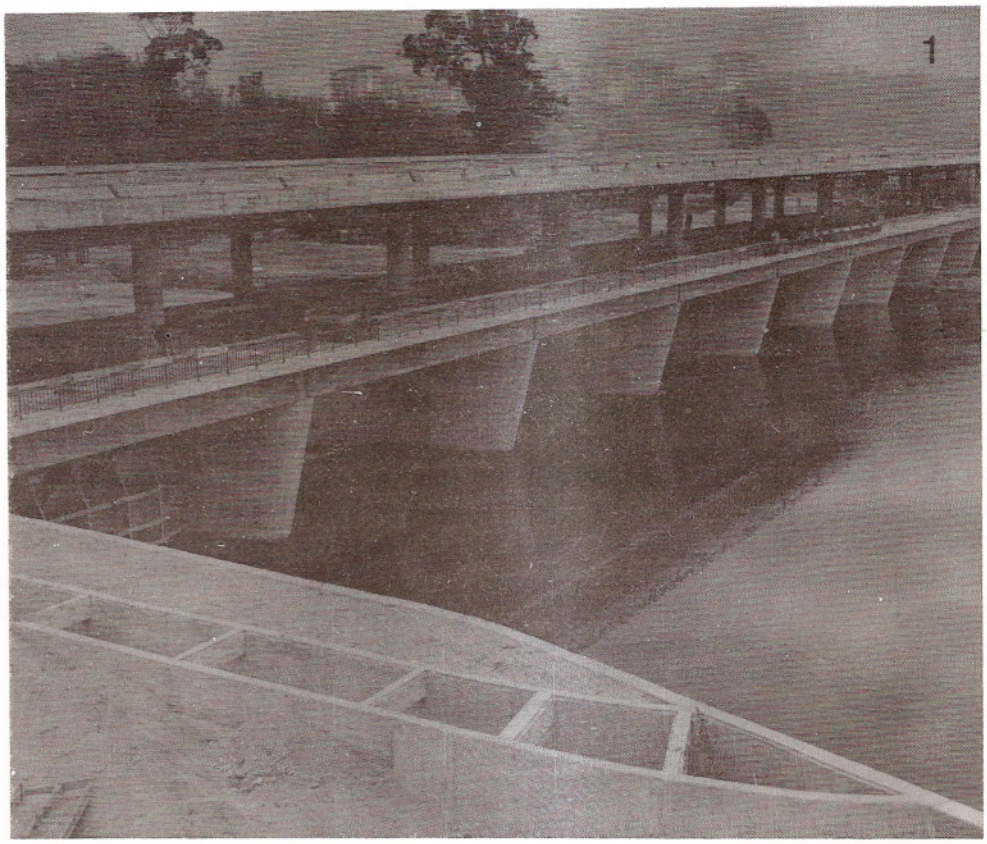
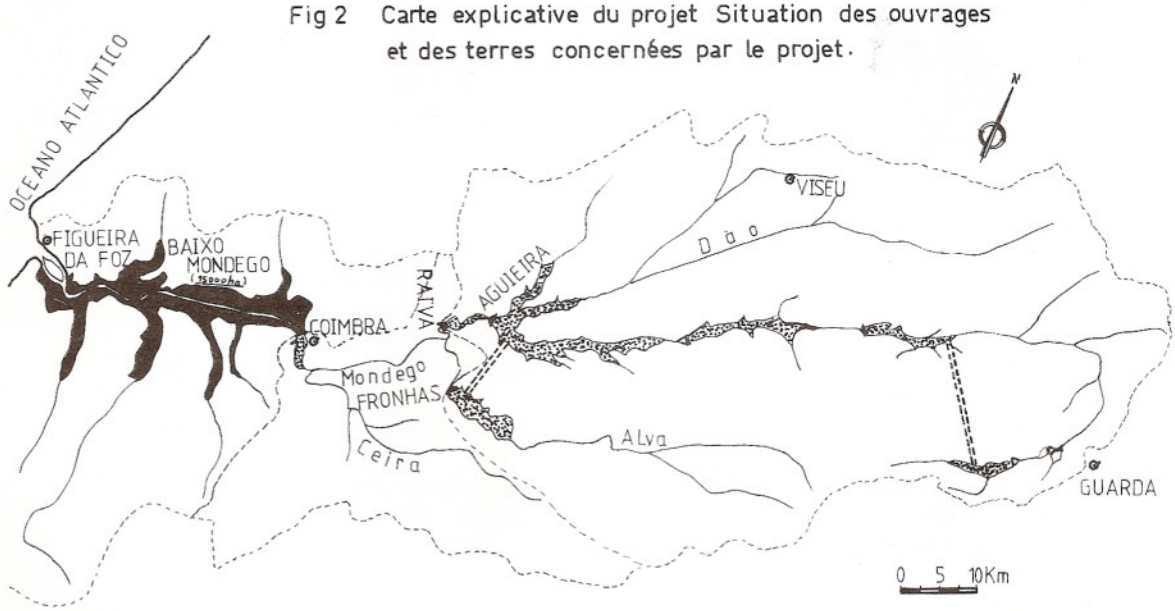


Fig 2 Carte explicative du projet Situation des ouvrages et des terres concernées par le projet.



QUELQUES PARTICULARITES DE L'AMENAGEMENT HYDRAULIQUE DU MONDEGO

- L'aménagement est plus hydro-électrique qu'hydro-agricole.

- L'existence de turbo-pompes réversibles permettant de turbiner l'eau en période de pointe (fortes demandes en énergie électrique) à partir du barrage d'Agueira d'une capacité de 430 millions de m³. A l'aval du barrage, est créée une retenue de 21 millions de m³, desquels 14 millions sont pompés par les turbo-pompes réversibles pendant les périodes où les demandes en énergie sont faibles, et retournent au barrage d'Agueira. Ainsi les eaux du barrage sont turbinées plusieurs fois.

- Un barrage en voûtes et contreforts : le barrage d'Agueira combine voûtes multiples (trois dômes, celui du centre a un vide de 90 m) et deux contreforts centraux où se situent deux évacuateurs de crue, d'un débit de 1.000 m³/s chacun.

Cette combinaison permet une certaine économie en évitant de creuser de grandes distances dans les berges de la rivières pour chercher le terrain stable.

- Barrage mobile de Coimbra. Il permet entre autres :
  - prise d'eau pour irrigation et autres ;
  - utilisation au profit du réseau de communication (pont) ;
  - création d'un plan d'eau pour la ville.

Commandé à distance, il se compose de 10 piliers ; les neuf pertuis sont équipés de vannes-segment protégées par des batardeaux.

Comme il a été mentionné au début de ce compte rendu, le programme du voyage d'études comprenait aussi des visites de villes et de monuments historiques portugais.

Ces visites ont permis aux participants marocains de se faire un aperçu ou de compléter leurs connaissances antérieures sur le patrimoine historique du Portugal à travers les lieux visités et les exposés des guides.

Les vestiges des arabes, l'université de Coimbra, le village des pêcheurs (Nazare) et particulièrement les monastères visités ont reçu une attention particulière de la part des participants.



CICALIM

S.A. AU CAPITAL DE 6 300 000 DH
LEADER DE L'ALIMENTATION ANIMALE

— 35 ans au service des Eleveurs.
— 80 000 tonnes d'aliments par an, obtenues en appliquant les dernières recherches en matière de nutrition animale.
— Une capacité de production de 130.000 tonnes par an.
— Une gamme variée (volailles, bovins, ovins, équins...).
— Produits d'allaitement (Lacto-remplaceurs) pour veaux, des meilleures marques européennes.
— Un aliment de qualité garanti par l'assistance technique des meilleurs spécialistes mondiaux.
— Un service Technico-Commercial dynamique, une documentation technique toujours actualisée au service de l'éleveur.
— 110 points de vente dans tout le Maroc.

Renseignements :
« CICALIM »
Km 9, route de Rabat, Aïn-Sebaâ - CASABLANCA
Tél. : 35.09.03/04
35.02.74/75

Les aménagements hydro-agricoles au Portugal*

A l'exemple des autres régions méditerranéennes, le développement du réseau d'irrigation au Portugal est d'une importance primordiale dans la réalisation de l'objectif d'accroissement et de diversification de la production agricole.

La variabilité de la pluviométrie constitue un facteur limitant de l'agriculture portugaise. Car la pluviométrie se concentre, en général, entre Octobre et Mars, et est à l'origine d'un semestre sec au moment où les conditions climatiques (t°, rayonnement) sont les plus favorables pour le développement des plantes.

1. Evolution historique

La technique de l'irrigation a été introduite dans le pays lors de la conquête de l'Islam au VIIIème siècle, les musulmans étaient porteurs d'une technique agricole extrêmement développée à l'époque, en particulier en ce qui concerne la lutte contre la sécheresse.

Mais, pour des raisons historiques, ce n'est qu'au moment des découvertes maritimes du XVIème siècle que l'introduction du maïs a provoqué la véritable expansion de l'irrigation, au XVIIème et XVIIIème siècle.

Les conditions de peuplement des régions Nord et Centre littorales du pays étaient favorables au remplacement du système cultural traditionnel d'autosuffisance basé sur les céréales, par une culture dont la productivité était plus intéressante, bien que plus exigeante en eau et fertilité des sols ; l'irrigation s'est alors développée dans ces régions. Son évolution a donné naissance au secteur appelé secteur d'irrigation traditionnelle qui représente aujourd'hui encore 90 % de la superficie totale irriguée.

L'intervention de l'Administration à partir de 1935, en particulier dans la région Sud du pays s'est traduite par la réalisation de plusieurs projets d'irrigations.

★Cet article a pu être constitué grâce à des documents fournis par le Comité National Portugais de la C.I.I.D.

2. Caractéristiques générales des aménagements (1978)

Superficie irriguée : 668.000 ha			
dont irrigation traditionnelle	:	600.000	ha
projets gouvernementaux	:	74.545	ha
dont par gravité	:	95	%
par aspersion	:	5	%
dont vergers	:	5,2	%
vignes	:	6,6	%
dont cultures de plein champs			
seuls	:	72,0	%
associées avec arbres	:	5,4	%
dont cultures horticoles	:	4,5	%
associées avec arbres	:	1,9	%
pâturages	:	2,6	%

selon régions	Nord	: 38	%
	Centre	: 46	%
	Lisbonne	: 8	%
	Sud	: 8	%

3. Irrigation traditionnelle

Elle couvre environ 600.000 ha à partir d'eaux superficielles. L'irrigation est dans la plupart des cas gravitaire et les principales cultures irriguées par ce réseau sont : le maïs, les fourrages et pâturages, les vergers et le maraîchage.

L'irrigation traditionnelle est réalisée à partir de petits schémas d'aménagement privés et se situe, surtout, dans les vallées des régions montagneuses (parcelles terrassées) et des régions littorales au Nord du Tage. En Alentejo, elle concerne des petits périmètres supérieurs à 100 ha, irrigués à partir de petits barrages en terre.

4. Projets gouvernementaux en exploitation

Depuis 1930, 19 projets gouvernementaux ont fait l'objet d'aménagements hydro-agricoles sur une super-

ficie totale de 74.545 ha. Le rythme annuel de l'équipement se situait à 2.000 ha entre 1950 et 1960, 2.500 ha entre 1960 et 1970. Depuis 1970, il était voisin de 1.000 ha, puis s'est considérablement ralenti.

Le schéma hydraulique général de ces aménagements est fondé sur un système gravitaire traditionnel au tour d'eau, le réservoir étant créé à partir d'un barrage en terre, à enrochement, ou à voûte en béton. Le financement est assuré par l'Etat et la Direction Générale des Ressources et Aménagements Hydrauliques, qui est responsable de l'élaboration du projet et de sa construction. La gestion du projet est assurée par une association d'irrigants.

Les principales cultures irriguées dans ces projets en 1978 étaient le riz (38 % soit 4.500 ha), les tomates (18 % soit 6.800 ha), le maïs (5.000 ha), l'arboriculture...

La superficie réellement irriguée en 1977 et 1978 était voisine de 38.000 ha, soit environ 50 % de la superficie équipée. Les principales raisons du décalage entre superficie équipée et superficie irriguée sont :

- d'origine physique :

Ces projets ont intégré de larges superficies dont les caractéristiques pédologiques exigeaient en certains endroits des précautions particulières, que les réseaux mis en place n'ont pas permis de satisfaire.

- liées au régime foncier

En effet, une grande partie des zones bénéficiaires étant constituée par des grandes propriétés exploitées en régime extensif, les « latifundio », ceux-ci ne constituent pas un milieu d'accueil favorable à l'irrigation et ce, pour deux raisons essentielles :

- les revenus des exploitants en cultures extensive étaient satisfaisants auparavant, car les superficies étaient importantes.
- le capital d'exploitation nécessaire pour la mise en oeuvre de l'irrigation augmente exponentiellement en fonction du rapport : SAU intensive / SAU totale

D'autre part, le mode de faire valoir des « seareiros » (locataires pour une année) admissible en culture céréalière en sec n'est pas adaptée à la culture irriguée, qui exige des investissements de première installation ainsi qu'une adaptation progressive aux aménagements et aux cultures pratiquées.

- liées à la situation démographique

En effet la population est peu nombreuse et très concentrée dans de gros villages ; or la multiplicité des interventions de l'agriculteur irrigant sur ses parcelles nécessite la résidence à proximité immédiate de l'exploitation en irriguée.

- liées à la formation professionnelle des agriculteurs

Une longue pratique de la céréaliculture en sec avait créé dans ces périmètres des comportements qui ne correspondaient pas aux exigences des cultures irriguées intensives. Les moyens mis en place pour la formation des irrigants ont été trop faibles pour résoudre ce problème.

- économiques et financières

La production agricole escomptée à partir de ces projets n'a pas fait l'objet d'un développement des infrastructures de commercialisation et de transformation, aussi bien à l'amont qu'à l'aval, ainsi que de développement du crédit et des garanties aux agriculteurs.

D'autres difficultés liées à la technique mis en œuvre dans ces projets sont apparues :

- inadéquation des dispositifs de distribution d'eau,
- absence de drainage, de pistes de desserte des parcelles,
- absence de plans d'assolement techniquement adaptés aux conditions locales et économiquement rentables.

D'autre part, des difficultés d'ordre administratif sont apparues liées principalement au cloisonnement constaté entre les différents agent de l'Etat intéressés d'une part, et les représentants des usagers d'autres part.

5. La loi de développement hydro-agricole

Cette loi publiée le 10 juillet 1982 classifie les aménagements hydro-agricoles en 4 groupes à savoir :

I Aménagement d'intérêt national, qui nécessite une profonde transformation des conditions de production.
II Aménagement d'intérêt régional
III Aménagement local d'impact collectif
IV Aménagement privé.

Les aménagements des deux premiers groupes sont du ressort de l'Etat ; ceux du groupe IV laissés à l'initiative

privée et ceux du groupe III laissés à l'initiative soit de l'Etat, soit privée.

La conception et la construction des aménagement des groupes I et II est sous la responsabilité de la Direction Générale des Ressources et Aménagements Hydrauliques du Ministère de l'Habitat et des Travaux Publics, pour les unités hydro-électriques, aménagement des cours d'eau, barrages et structures hydrauliques primaires. Tous les autres ouvrages sont à la charge de la Direction Générale de l'Hydraulique et du Génie Rural du Ministère de l'Agriculture, du Commerce et des Pêches.

La gestion et l'entretien seront assurés par une association de bénéficiaires, constituée pour chaque aménagement avec un représentant du Ministère de l'Agriculture du Commerce et des Pêches. Une partie des investissements fixée pour chaque aménagement sera à la charge des bénéficiaires.

Pour les ouvrages des groupes III et IV, les agriculteurs pourront demander au Ministère de l'Agriculture, du Commerce et des Pêches une assistance technique ou un appui financier, de même que l'accord pour la réalisation du projet ; la gestion et l'entretien seront sous la responsabilité des bénéficiaires qui choisiront, eux-même, la forme d'organisation.

6. Principaux projets en cours d'étude

.Plaine du Baixo-Mondego - mise en valeur de 15.000 ha à partir de l'amélioration des conditions d'irrigations, drainage, lutte contre la salinisation et défense contre les crues.

.Projet d'irrigation de Cora Da Beira - où il est envisagé dans une première phase l'irrigation par aspersion de 14.000 ha.

.Réhabilitation du Périmètre de Mira - révision du plan de mise en valeur, adaptation à l'irrigation (nivellement), modernisation des réseaux.

.Projet de Funcho-Odelouca (Algarve) - mise en valeur et irrigation de 15.000 ha et alimentation en eau potable des localités.

.Petits périmètres d'irrigation, inscrits dans le cadre du Programme des Actions Communes de la C.E.E.; il prévoit l'extension de la superficie irriguée en dehors des grandes périmètres d'irrigation.

ABENGOA, S. A.

MONTAJES ELECTRICOS

SEVILLA ESPAÑA

Siège Social : Av. Carlos V, 20 SEVILLA-4

Activités : Centrales électriques, Installations hydrauliques, Postes de transformation, Réseaux de distribution, Télécontrôle, Traction électrique, Télécommunication et Téléphonie, etc.

Fabrication : Cellules M.T, Tableaux de puissance et contrôle, Equipements pour centrales nucléaires, Redresseurs, Centres de transformation, etc.

DELEGATION AU MAROC. 66 AV. MOHAMED V. __ TANGER

TELEPHONE 38823 et 38816 - TÉLEX : 33772 M -