

## Hydrogéologie et irrigation

Mortier F.

L'aménagement des eaux

Paris : CIHEAM  
Options Méditerranéennes; n. 16

1972  
pages 34-38

Article available on line / Article disponible en ligne à l'adresse :

<http://om.ciheam.org/article.php?IDPDF=CI010491>

To cite this article / Pour citer cet article

Mortier F. **Hydrogéologie et irrigation**. *L'aménagement des eaux*. Paris : CIHEAM, 1972. p. 34-38  
(Options Méditerranéennes; n. 16)



<http://www.ciheam.org/>  
<http://om.ciheam.org/>

F. MORTIER

Hydrogéologue  
à l'organisation  
des Nations-Unies pour  
l'Alimentation et l'Agriculture

# Hydrogéologie et irrigation

L'irrigation, indispensable pour fixer les populations des zones arides, permet dans les zones semi-arides de quintupler en moyenne la production agricole qu'on obtiendrait en culture sèche ; dans les zones tempérées aussi, l'irrigation s'est récemment révélée intéressante, car elle régularise les rendements d'une année à l'autre et étale l'emploi de la main-d'œuvre agricole sur une plus grande partie de l'année.

Cette technique agricole s'est d'abord développée à partir des eaux superficielles et a été la base des civilisations les plus brillantes, dès la plus haute antiquité, en particulier dans la zone orientale du bassin méditerranéen : vallée du Nil, « Croissant Fertile »... Plus récemment, dans toutes les parties non humides du monde, de très grands périmètres d'irrigation ont été créés à partir des eaux superficielles régularisées par barrages et distribuées par canaux.

Depuis un demi-siècle environ, les eaux souterraines (qui avaient jusqu'alors été utilisées surtout pour l'alimentation en eau des populations, en raison de leur pureté biologique, parfois sur une grande échelle comme en Allemagne) prennent une part relativement importante et d'ailleurs croissante dans la mise en valeur des terres par l'irrigation, et en particulier dans les zones semi-arides du bassin méditerranéen.

C'est ainsi qu'en 1968 en Espagne, 23 % des besoins en eau étaient assurés par les eaux souterraines (31 à 38 % sur la côte méditerranéenne pour des productions fruitières et 96 % dans les Îles Baléares et Canaries pour des productions de bananes et de primeurs irrigués) ; les investissements pour les puits et sondages entre 1964 et 1969 y étaient évalués à plus de 20 milliards de pesetas (1).

De même en Grèce, en 1967, 244 000 ha étaient irrigués à partir des eaux souterraines (principalement dans le Péloponèse, en Thessalie et en Macédoine) et 376 000 par eaux de surface (2).

Dans d'autres régions du monde également, le recours aux eaux souterraines pour une irrigation de complément ou pour l'irrigation d'une seconde culture en saison sèche est de plus en plus

important ; c'est ainsi qu'un des facteurs de succès de la « révolution verte » dans les plaines alluviales du Nord-Ouest de l'Inde et dans les plaines deltaïques du Sud-Est, fut de pouvoir assurer aux variétés de céréales à haut rendement l'eau nécessaire au moment propice, grâce à un développement explosif des eaux souterraines : le nombre de captages passa de 88 000 en 1950 à plus de 3 millions en 1971 (3).

Quel rôle a joué et jouera l'hydrogéologie dans le développement des irrigations ?

*L'hydrogéologie*, science qui traite des eaux souterraines, a beaucoup évolué au cours du dernier siècle, depuis que Darcy a défini en 1856 la première loi de l'écoulement des liquides dans un milieu poreux. Restant à base de bonne géologie (et surtout de lithologie et de tectonique détaillée), l'hydrogéologie a profité en les adaptant des techniques développées par les puissantes sociétés de recherche de pétrole (et notamment la géophysique, les sondages, les diagraphies de sondages, et même les simulations sur modèles mathématiques ou analogiques des écoulements souterrains) ; elle a aussi développé ses lois propres : hydraulique des puits et des nappes ; elle a enfin appliqué les techniques d'optimisation

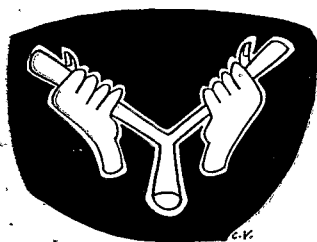
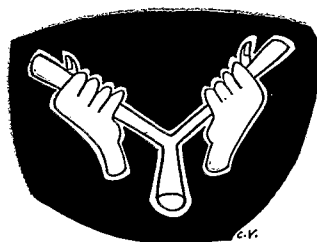
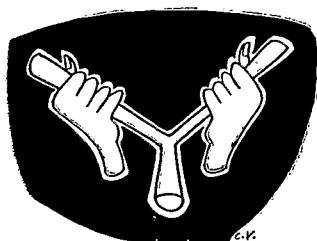
Au fur et à mesure que l'hydrogéologie perfectionnait et diversifiait ses méthodes et ses techniques d'investigation et d'interprétation, son rôle changeait dans la mise en valeur des eaux souterraines (dont le principal consommateur est l'irrigation, tout au moins dans les pays semi-arides et arides).

Au début, son rôle a été modeste : une grande partie des irrigations à partir des eaux souterraines a été le fait de nombreuses initiatives privées d'investissement, incitées par l'attrait de la valeur de productions agricoles accrues, diversifiées et assurées que la disposition d'un puits rendait possible. Ces fermiers entreprenants, profitant ou non de programmes de crédit agricole, ont surtout été nombreux dans les plaines alluviales où les risques d'échec (puits secs) sont rares et où l'imitation du voisin peut valablement tenir lieu d'étude hydrogéologique.

(1) GÓMEZ ANGULO. — El papel de las aguas subterráneas en España. Séminaire sur les eaux souterraines. Grenade, octobre 1971.

(2) Ministère de l'Agriculture. Athènes, 1968.

(3) B. B. VOHRA. — Président du Bureau Central des eaux souterraines. New Delhi, 1972.



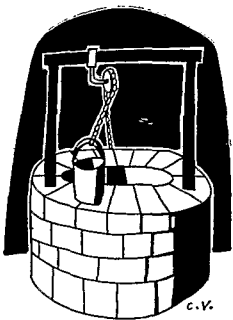
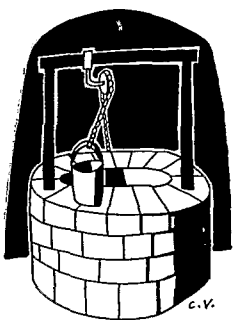
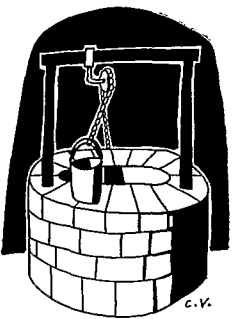
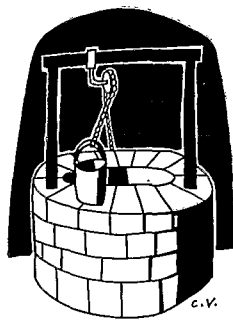
logique. Dans cette phase de croissance des irrigations, « en tache d'huile », l'intervention de l'hydrogéologue se limitait généralement à l'implantation de sondages dans les cas plus compliqués notamment des nappes captives ou profondes, d'abord sous forme d'expertise individuelle, au vu de la géologie locale, puis avec l'aide de la prospection géophysique.

Puis vint la phase des études hydrogéologiques régionales, orientées vers la définition des ressources en eaux souterraines, afin d'être en mesure de les sauvegarder dans certains pays et d'en organiser l'exploitation dans d'autres. Les effets de la multiplication des captages individuels se faisaient en effet sentir soit sur les captages eux-mêmes (baisse du niveau de la nappe en pompage, d'où baisse du débit) soit aux limites (tarissement de sources, diminution ou même assèchement du débit de base des rivières, intrusion d'eau salée, etc). Devant les inquiétudes et les plaintes des premiers « ayant-droit », l'Etat intervenait, suspendant généralement tout nouveau pompage jusqu'à la fin d'une étude hydrogéologique qui devait lui suggérer les mesures techniques et législatives capables de sauvegarder ou de restaurer les ressources apparemment sur-exploitées.

Dans les pays où la propriété de l'eau souterraine n'est pas liée à la propriété du sol, et dans ceux où l'Etat a une politique volontariste de promotion de l'agriculture, l'étude hydrogéologique régionale intervenait en général à un stade beaucoup moins avancé de l'exploitation des ressources en eau souterraine et avait pour objectif non plus de les conserver, mais d'en susciter et d'en organiser l'exploitation.

La méthodologie mise au point à cette époque (4) (5), à base de géologie, de géophysique, d'inventaire et de nivellement de points d'eau, d'observation de piézomètres, de sondages de reconnaissance puis de préexploitation, d'essais de pompage prolongés, et de calculs d'hydraulique souterraine, permettait certes une bonne connaissance qualitative de la géométrie du réservoir et du fonctionnement de l'unité hydrogéologique. Mais l'étude restait le plus souvent à un stade estimatif pour le calcul des ressources exploitables et de l'influence de cette exploitation sur les autres postes du bilan. Non seulement les études hydrogéologiques ne conduisaient pas toujours à l'établissement d'avant-projets d'utilisation des ressources en eau souterraine, mais encore, à la fin de la phase d'investigation, l'hydrogéologue n'était pas toujours capable de fixer des normes techniques de réglementations législatives qui, sans être malthusiennes, visent à rationaliser l'exploitation de la nappe par les particuliers.

De plus ce type d'étude apparaissait long et coûteux : l'étude hydrogéologique



d'un bassin de 20 000 à 100 000 km<sup>2</sup> durait au moins 3 ans et coûtait de 250 à 750 F par kilomètre carré de superficie perméable, selon la complexité du bassin et le degré de précision désiré.

Aussi, tout au moins pour les bassins neufs, la récente tendance des hydrogéologues est-elle de profiter du caractère progressif de la mise en valeur des eaux souterraines : dès qu'une phase d'investigation de durée réduite (6) a localisé une nappe et révélé des réserves et des ressources non négligeables, il vaut mieux procéder par étapes successives de développement concret plutôt que de se livrer à de longues études et à de coûteuses expérimentations. Ainsi chaque étape de cette exploitation progressive et contrôlée concourt déjà à la mise en valeur de la région et apporte en outre une somme de connaissances nouvelles autorisant l'exécution de l'étape suivante d'exploitation ; les enseignements hydrogéologiques recueillis au cours de la réalisation d'un premier secteur d'irrigation (coupes de puits, essais de pompage, variations de piézomètres...) minutieusement interprétés et alimentant régulièrement un « modèle » détaillé de la nappe, sont d'une valeur inestimable pour la suite de l'opération (car cette exploitation constitue en fait un essai de pompage global et prolongé) tout en étant pratiquement gratuits, car ils sont un sous-produit de la mise en valeur.

Aujourd'hui, grâce à une meilleure compréhension du rôle des réservoirs aquifères et à une utilisation plus efficace des ordinateurs et des modèles analogiques, l'hydrogéologue prétend accompagner la mise en valeur des eaux souterraines depuis la localisation de la nappe souterraine jusqu'à la définition des règles de gestion optimale des réservoirs aquifères (plan-directeur puis factibilité des diverses phases de mise en valeur).

### Importance des réserves souterraines

Tant que les puits individuels ne captent qu'une faible portion des ressources globales, on peut ne se préoccuper que de leur productivité locale et des interférences possibles entre captages voisins. Mais à partir d'un certain développement de l'exploitation, apparaît la nécessité d'une gestion intégrée des réserves aquifères souterraines et des cours d'eau de surface.

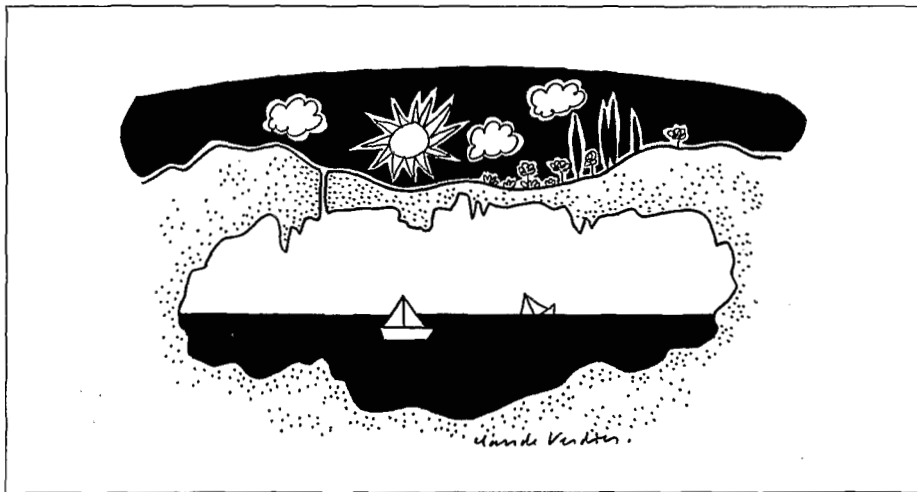
Les caractéristiques de gisement (souvent sous les pieds mêmes des utilisateurs), de volume (de l'ordre de la centaine ou du millier de millions de mètres cubes), d'écoulement lent (de l'ordre de quelques millimètres à quelques mètres par jour) des eaux souterraines déterminent les rôles importants d'emmagasinement, de régularisation et de transport des réservoirs aquifères (7).

(6) J. MARGAT, G. CASTANY, M. ALBINET, M<sup>me</sup> O. DELLAROZIERE. — *Evaluation rapide des ressources en eau d'une région* — Palerme, 1970.

(7) M. B. FIERING, C. GOMELLA, J. W. HARSBERGER, J. MARGAT, F. MORTIER, P. RUBY. — *Rapports du séminaire sur le rôle des eaux souterraines dans l'utilisation optimale des ressources hydrauliques*. — Grenade, 1972.

(4) R. AMBROGGI, R. HAZAN, J. MARGAT, F. MORTIER. — *Réflexions sur la coopération de diverses disciplines dans la recherche hydrogéologique* — AIHS, 1967.

(5) G. CHAPOND et F. MORTIER. — *Méthodologie et Programmation en Hydrogéologie*. — Inédit, 1967.



Les réservoirs souterrains ne sont pas toujours pleins et grâce au volume des vides au-dessus de la nappe aquifère (vide constitué naturellement, par exemple, après une série d'années sèches ou artificiellement par suite d'une surexploitation saisonnière ou même étalée sur plusieurs années), ils permettent d'emmagasiner, et donc de conserver une partie des écoulements superficiels non utilisés en hiver et non régularisables économiquement par barrages, et d'en disposer par la suite en été. Cette recharge peut être naturelle ou artificielle. Rationnellement utilisés, les réservoirs souterrains, offerts gratuitement par la nature, remplacent ou retardent la construction de coûteux barrages de surface : c'est ainsi que dans la vallée centrale de Californie, pour réaliser la capacité globale de stockage nécessaire, estimée en 1957 à 55 000 millions de m<sup>3</sup>, seulement 20 000 millions de m<sup>3</sup> seront stockés dans des réservoirs superficiels grâce à l'utilisation (d'ailleurs incomplète) de réservoirs souterrains.

La fonction de régularisation des réservoirs souterrains permet d'adapter de façon relativement aisée le régime d'exploitation au régime des besoins.

La régularisation naturelle est bien connue en zone méditerranéenne : les sources et le débit d'étiage des rivières (dû quasi uniquement au drainage des nappes par les rivières) sont, en été, les seules ressources en eau superficielle dans les zones perméables ; par contre, les rivières des zones imperméables sont pratiquement à sec. Comme le débit des exutoires naturels des nappes décroît tout de même au cours de l'été, en fonction de la baisse saisonnière des nappes, les hydrogéologues ont proposé, dans bien des cas, de renforcer par des pompages le phénomène de régularisation naturelle : les pompages vont encore réduire le débit des exutoires naturels, mais la somme des débits naturels réduits et des débits pompés sera supérieure au débit naturel sans intervention. C'est une solution de ce genre que les hydrogéologues du Projet du Guadalquivir ont étudiée pour l'amélioration des irrigations de la Vega de Grenade. Et cette forme de régularisation artificielle se révèle souvent moins coûteuse qu'une régularisation par barrage.

## Modalités des irrigations à partir des eaux souterraines

L'exploitation des eaux souterraines pour la mise en valeur agricole pose des problèmes spécifiques d'équipement. Le réservoir naturel est sous le périmètre à irriguer et il n'y a donc pas à faire de gros investissements préalables à l'irrigation (ni barrage, ni canal principal d'amenée des eaux) ; il s'agit de réaliser une multitude de petits réseaux indépendants qui doivent être adaptés aux conditions d'exploitation de la nappe (débit et rayon d'action du puits) et aux exigences agronomiques (besoins nets des plantes, assolement, efficacité de l'irrigation, risques de perte de la récolte ou de diminution de rendement en cas de panne d'une pompe).

Le système le plus courant est le pompage individuel : chaque fermier fait creuser ou forer un puits qui selon les résultats lui permettra d'irriguer une partie de sa parcelle ou la totalité ; il se peut même que le débit potentiel du puits soit supérieur aux besoins, auquel cas le fermier peut essayer de vendre une partie de l'eau pompée à son voisin. Mais on voit que ce système ne conduit pas à une utilisation optimale du débit de chaque puits ; de plus pour être sûr d'avoir l'eau au moment voulu, le fermier doit souvent avoir deux pompes, dont une en réserve.

Aussi, des systèmes d'exploitation en commun de plusieurs puits apparaissent : ils devraient assurer une meilleure utilisation du débit de chaque puits, une plus grande sécurité de fonctionnement en cas de panne d'une des 2 à 6 pompes interconnectées, et surtout des investissements et des coûts de fonctionnement et de surveillance moindres.

De tels systèmes d'exploitation en commun ont récemment été proposés pour la Crète (plaine de Messara) et pour l'Espagne (zone d'Almonte). Ils seront expérimentés sous peu. Deux modèles d'exploitation communautaire ont été projetés :

- une maille unique pour la collecte de l'eau à partir des puits et distribution aux différentes parcelles : ce système pose de délicats problèmes de répartition des pressions à l'intérieur de la conduite et d'automatisation du démarrage des différentes pompes en fonction de la demande ;

- deux réseaux séparés pour la collecte et la distribution des eaux, reliés entre eux par l'intermédiaire d'un réservoir (creusé dans le sol et imperméabilisé) et d'une station de pompage de reprise (et de mise en pression si l'irrigation se fait par aspersion) : système incontestablement plus coûteux mais de fonctionnement beaucoup plus sûr.

## Rôle de l'hydrogéologue dans la mise au point de projets d'exploitation des eaux souterraines pour l'irrigation

La mise au point de ce type de projet sera évidemment un travail d'équipe. Pour la localisation du périmètre irrigué, l'hydrogéologue choisira avec le pédolo-

que les zones qui offrent à la fois de bons sols et de bonnes possibilités d'exploitation des ressources souterraines (zones de transmissivité élevée et de faible profondeur jusqu'à l'eau). Dans certains cas, on aura intérêt à amener l'eau sur de bons sols à partir de zones hydrogéologiques éloignées mais plus favorables : des calculs économiques révéleront alors la meilleure solution.

La détermination de la superficie irrigable maximum sera un travail d'équipe :

Une fois que l'agronome aura proposé les cultures permises par le climat, les sols et les conditions prévisibles du marché, et qu'il aura établi les besoins en eau correspondants par hectare, l'hydrogéologue étudiera l'influence sur la nappe de divers schémas d'exploitation, de superficie et assolements différents ; pour ces calculs ou simulations, l'hydrogéologue utilisera les besoins nets des plantes car la plus grande partie de l'eau pompée, qui ne sera pas évapo-transpirée par les plantes, retournera à la nappe.

Une fois déterminé l'ordre de grandeur de la superficie irrigable maximum, l'hydrogéologue tiendra compte du caractère provisoire des connaissances hydrogéologiques et il profitera de la possibilité d'une mise en valeur échelonnée dans le temps qu'offrent les eaux souterraines, pour proposer, dans le cadre de l'avant-projet d'ensemble, le projet d'un secteur-pilote d'irrigation représentant par exemple le quart de la superficie irrigable totale.

Puis, à partir du débit de pointe à pomper pendant le mois de déficit hydrique le plus élevé (pour satisfaire les besoins des plantes compte tenu de l'efficacité de la méthode d'irrigation choisie), à partir du débit maximum des puits, du rayon d'action de ceux-ci, de la réduction éventuelle du débit unitaire pour  $n$  puits en pompage concomitant (en fonction de leur espacement et de la baisse saisonnière de la nappe),

il déterminera le nombre de puits nécessaires et leur répartition. La courte phase d'investigation n'ayant livré que des ordres de grandeur des caractéristiques hydrauliques de l'aquifère, on affectera ces calculs d'un large coefficient de sécurité, au moins pour le premier secteur d'irrigation. Etant donné les variations dans l'espace des caractéristiques de l'aquifère et donc du rendement de différents puits, même voisins, on aura intérêt à interconnecter plusieurs puits et sans doute à établir des unités d'irrigation communautaires.

L'hydrogéologue participera alors avec l'ingénieur de sondage, le spécialiste des pompes, l'ingénieur d'irrigation et l'économiste à l'étude du coût de l'eau.

**Le coût des eaux souterraines les rend-elle économiquement exploitables pour l'irrigation ?**

On distingue le coût d'élévation à la surface du sol et le coût de distribution à la parcelle.

Le prix de revient d'un mètre cube d'eau élevé à la surface du sol dépend de nombreux facteurs d'ordre hydrogéologique (la profondeur utile du forage, le débit d'exploitation, le niveau de pompage correspondant), d'ordre technique (le prix du mètre de forage terminé et tubé, les prix des équipements de pompage et de génie civil, le rendement de l'ensemble pompe-moteur, les durées de vie du forage et de la pompe, le nombre d'heures d'utilisation dans l'année...), d'ordre économique (coût de l'énergie, de la maintenance et de la surveillance) et enfin d'ordre financier (intérêt du capital investi...). Il est recommandé de chercher à optimiser le coût du mètre cube d'eau pompé.

Les coûts de distribution varient en fonction des besoins en eau des cultures, de la superficie du réseau d'irrigation et

surtout de la sophistication plus ou moins grande du système d'irrigation (par exemple irrigation par gravité ou par aspersion).

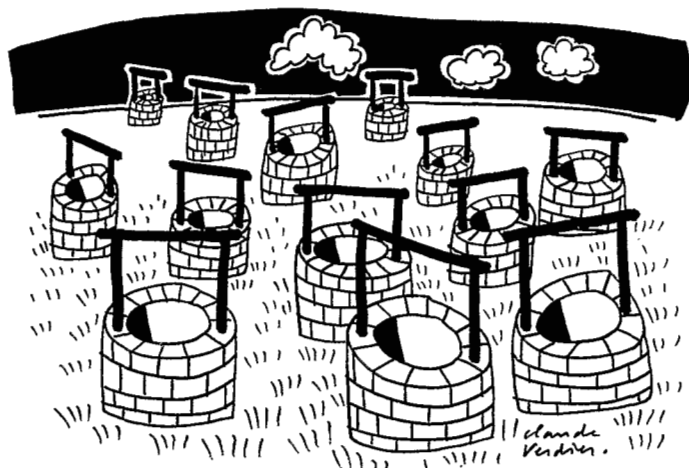
Les variables sont donc nombreuses et les coûts de l'eau à la parcelle sont relativement dispersés ; d'un certain nombre de projets analysés on peut tirer les ordres de grandeur suivants : le coût unitaire des puits à main varie peu autour de 250 F/mètre, jusqu'à une profondeur limitée et jusqu'à 1 ou 2 m au-dessous du niveau de l'eau ; pour les forages tubés, le coût unitaire se situe entre 350 et 1 000 F le mètre, suivant les caractéristiques du forage et le pays. Le coût des installations de pompage varie entre 500 et 1 000 F par cheval-vapeur installé. Ainsi les investissements pour élever l'eau à la surface du sol varient autour de 1 250 F par hectare, depuis moins de 500 F par hectare (pour des puits à main) à plus de 5 000 F par hectare pour des forages profonds. Le coût unitaire du réseau d'irrigation (et du nivellement dans le cas de distribution gravitaire) varie aussi (en fonction de la sophistication) autour de 500 F/ha pour le système de distribution par gravité et de 1 500 à 3 000 F/ha pour l'irrigation par aspersion. En conséquence le total des investissements pour de petits périmètres d'irrigation à partir des eaux souterraines varie largement d'un projet à l'autre, autour d'une moyenne de 2 000 F/ha.

Les coûts annuels de fonctionnement et d'entretien des projets analysés varient (moins que les investissements) autour d'une moyenne de 175 F/ha.

Ces coûts sont-ils économiquement acceptables dans une opération de transformation en irrigation ? D'abord il faut prendre conscience que les coûts actualisés relatifs à la fourniture de l'eau à la parcelle ne représentent généralement pas une part prépondérante dans l'ensemble des coûts de production agricole. Mais comme sans eau, il n'y aurait pas, dans beaucoup de cas, de transformation sensible, il faut dire que l'eau sera généralement plus ou moins économiquement exploitable pour la mise en valeur agricole, selon les cultures permises par le climat et le marché.

Si on compare maintenant l'exploitation des eaux souterraines et l'utilisation des eaux de surface pour l'irrigation, on constate que :

Sur le plan économique, les investissements pour l'exploitation des eaux souterraines peuvent être échelonnés dans le temps ; et les investissements sont immédiatement rentables, car les eaux pompées sont le plus souvent utilisées à proximité immédiate du puits ou du sondage ; par contre le début de la mise en valeur des périmètres irrigués à partir des eaux de surface est retardé de plusieurs années, par le temps nécessaire pour l'étude et la construction des barrages d'accumulation et de dérivation et des canaux principaux et secondaires d'amenée de l'eau, qui nécessitent des investissements élevés, indivisibles et immobilisés durant plusieurs années : ainsi le taux de rentabilité interne de deux opérations consistant à irriguer un



même périmètre à partir d'eaux superficielles ou à partir d'eaux souterraines devrait être dans la plupart des cas en faveur de ces dernières, malgré des frais d'exploitation des eaux souterraines plus élevés.

Sur le plan financier, les investissements liés à l'exploitation des eaux souterraines sont généralement effectués par des particuliers, au moins dans les pays où la propriété de l'eau souterraine est privée, alors que les investissements liés à l'aménagement des eaux de surface sont faits sur le budget de l'Etat, en raison de l'importance des sommes à mettre en œuvre et du caractère domanial des eaux superficielles ; or il est certainement de l'intérêt de la communauté nationale de mobiliser les sources de financement privé pour des actions sectorielles de mise en valeur.

Sur le plan de l'aménagement du territoire enfin, la richesse créée par l'exploitation de l'eau souterraine peut être répartie sur toute la surface des nappes, au lieu d'être liée à des structures de distribution commandées par la topographie comme dans le cas des barrages et canaux.

#### Problèmes législatifs posés par l'exploitation des eaux souterraines

Les eaux souterraines, lorsqu'elles sont situées à des profondeurs économiquement exploitables, présentent des avantages tels pour la mise en valeur, qu'une certaine réglementation apparaît rapidement nécessaire pour éviter une surexploitation dommageable à tous.

Dans beaucoup de pays européens et

plus généralement dans ceux qui ont adopté une législation inspirée du droit romain, la propriété de l'eau souterraine est liée à la propriété du sol.

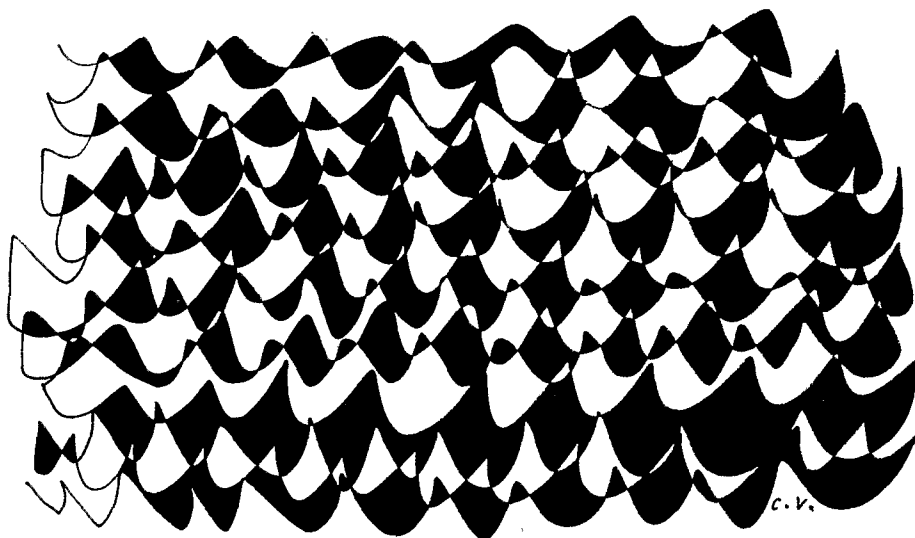
Par contre toutes les lois récentes déclarent que les eaux souterraines sont du domaine public, que ce soit dans des pays de libre entreprise (Allemagne Fédérale, 1957) ou d'économie planifiée (Israël, 1959, Roumanie...); aux Etats-Unis, la majorité des états arides ou semi-arides ont donné à leurs eaux souterraines un caractère public. Dans ces pays, la nécessité de réglementer (c'est-à-dire d'accorder des concessions définitives ou temporaires d'exploitation des eaux souterraines) a amené tout naturellement à considérer la possibilité et l'intérêt de planifier.

Dans les autres pays, où l'eau reste propriété privée, l'évolution de la législation de ce dernier demi-siècle, montre que l'on tend à sortir du cadre juridique du passé par des réglementations particulières qui visent d'abord à « conserver » avant d'envisager de planifier. C'est ainsi qu'en Grèce et en Espagne, certaines zones sont déclarées soit « contrôlées », soit « d'intérêt national » : dans les premières, la réalisation de tout nouveau captage est soumise à des conditions de distance entre ouvrages et de débit unitaire, et ne peut être autorisée que dans le cadre d'un bilan global des débits exploitables à ne pas dépasser ; dans le second type de zone, « d'intérêt national », les organismes d'Etat chargés de la mise en valeur se réservent le droit d'exploiter les ressources en eau souterraine nécessaires à la mise en valeur des terres. De plus, l'imprécision (inévitable au début) de l'estimation du bilan moyen des ressources en eaux souterraines, la variabilité des ressources d'une année à l'autre, les difficultés pratiques de répartir ces

ressources globales entre les propriétaires du sol d'une même unité hydrogéologique de manière à la fois juste et favorable au développement de la zone, toutes ces notions conduisent peu à peu d'une part à une législation évolutive (normes révisables en fonction de l'évolution de la nappe et de la demande), aspect légal de la notion d'exploitation progressive et contrôlée, et d'autre part à une gestion concertée de la richesse commune.

\*  
\*\*

A condition d'avoir apporté des solutions acceptables aux problèmes législatifs et d'organisation que pose l'exploitation des eaux souterraines, celle-ci peut être à l'origine de la formation d'une économie riche dans un pays aux ressources financières limitées ; à condition que le phénomène soit contrôlé par le service hydrogéologique, les ressources en eaux souterraines peuvent même être surexploitées pendant plusieurs années ; cela permet d'attendre, pour une seconde phase de mise en valeur, la fin de la construction de grands ouvrages hydrauliques, tout en laissant le temps d'expérimenter progressivement la solution des problèmes agricoles, sociaux, commerciaux, organisationnels posés par l'utilisation de l'eau. Donc, dans un pays neuf, on aura intérêt à commencer par exploiter et même surexploiter les ressources souterraines avant de construire barrages et canaux. En revanche, dans les pays où les barrages économiques sont déjà faits et exploités, l'eau souterraine acquiert une valeur marginale élevée, permettant de nouveaux aménagements hydrauliques, combinant souvent l'utilisation des ressources en eau superficielle et souterraine.



C. V.