

Economie de l'eau en zone aride : utilisation des eaux de surface

Demagnez J.

Le développement des zones arides

Paris : CIHEAM
Options Méditerranéennes; n. 28

1975
pages 35-41

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

<http://om.ciheam.org/article.php?IDPDF=CI010612>

To cite this article / Pour citer cet article

Demagnez J. *Economie de l'eau en zone aride : utilisation des eaux de surface. Le développement des zones arides*. Paris : CIHEAM, 1975. p. 35-41 (Options Méditerranéennes; n. 28)



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

J. DAMAGNEZ

Institut National
de la Recherche Agronomique
Station de Bioclimatologie
Montfavet (France)

Économie de l'eau en zone aride : utilisation des eaux de surface

En zone aride, l'accroissement et la régularité de la production agricole sont très étroitement liés à l'amélioration des conditions d'utilisation de l'eau du sol par les cultures.

Depuis des temps très reculés, la principale préoccupation des agriculteurs de ces régions, a été de rechercher et d'inventer des techniques qui permettent, malgré les conditions très sévères, d'assurer une production aussi régulière que possible.

Ces techniques sont très variées. Elles vont de l'irrigation chaque fois que des ressources pérennes (forage) sont disponibles jusqu'aux techniques d'utilisation des eaux de ruissellement ou certaines techniques culturales utilisées en culture sèche.

Elles ont toutes cependant un point de convergence : favoriser autant que possible la transpiration par rapport à l'évaporation.

LE CLIMAT MÉDITERRANÉEN ET LES RESSOURCES EN EAU

Le climat

Les trois facteurs climatiques essentiels qui par leur niveau et leur répartition, décident de la production agricole des pays méditerranéens sont :

— *L'évapotranspiration potentielle, ETP*, caractéristique climatique au même titre que les autres éléments du climat (rayonnement, pluie, vent, température, etc...), traduit la demande en eau que le climat impose aux surfaces évaporantes.

— *La pluie*: une répartition saisonnière avec deux maxima d'automne et de printemps, est une caractéristique générale du climat méditerranéen. Mais les normales pluviométriques ne font apparaître ni leur répartition aléatoire, ni l'importance des averses de forte intensité nominale qui provoquent le ruissellement et accentuent le déséquilibre d'un bilan hydrique déjà déficitaire.

— *Les températures*: à proximité immédiate de la mer, les températures moyennes annuelles dépassent presque partout 15 °C; les températures hivernales restent douces et les étés relativement tempérés.

Par contre, dès qu'on s'éloigne des zones soumises à l'influence côtière, le continentalisme s'accroît : les amplitudes de température journalière et saisonnière deviennent rapidement importantes, les températures basses hivernales et les chaleurs intenses de l'été sont alors un facteur limitant de l'extension vers l'intérieur des principales cultures de la zone côtière.

Les ressources en eau

Face aux exigences climatiques définies par l'ETP, les ressources en eau sont très limitées. L'utilisation agricole des ressources en eau disponibles suppose donc une gestion parcimonieuse.

Dans les pays maghrébains en particulier, l'exploitation des ressources en eau pour l'agriculture repose :

- sur la création de retenues,
- l'exploitation des nappes souterraines,
- mais aussi, chaque fois que cela est possible, sur une gestion des eaux de surface issues du ruissellement, au niveau de la parcelle ou d'un petit bassin versant.

LE BILAN HYDRIQUE

L'expression générale du bilan hydrique est la suivante :

$$ETR = (P + I) \pm R \pm \Delta W \pm D$$

$ETR \leq ETP$ = consommation d'eau, évaporation + transpiration du couvert végétal.

Les variations des deux termes évaporation et transpiration sont corrélatives; en culture sèche, par exemple, toute technique qui aura pour effet d'accroître le rapport transpiration/évaporation, améliorera la productivité biologique de l'eau utilisée.

P = Pluie.

I = Irrigation.

R = Ruissellement; selon l'échelle d'espace considérée et selon la localisation topographique, ce terme est positif (gain) ou négatif (perte).

Les photographies illustrant cet article sont de l'auteur.

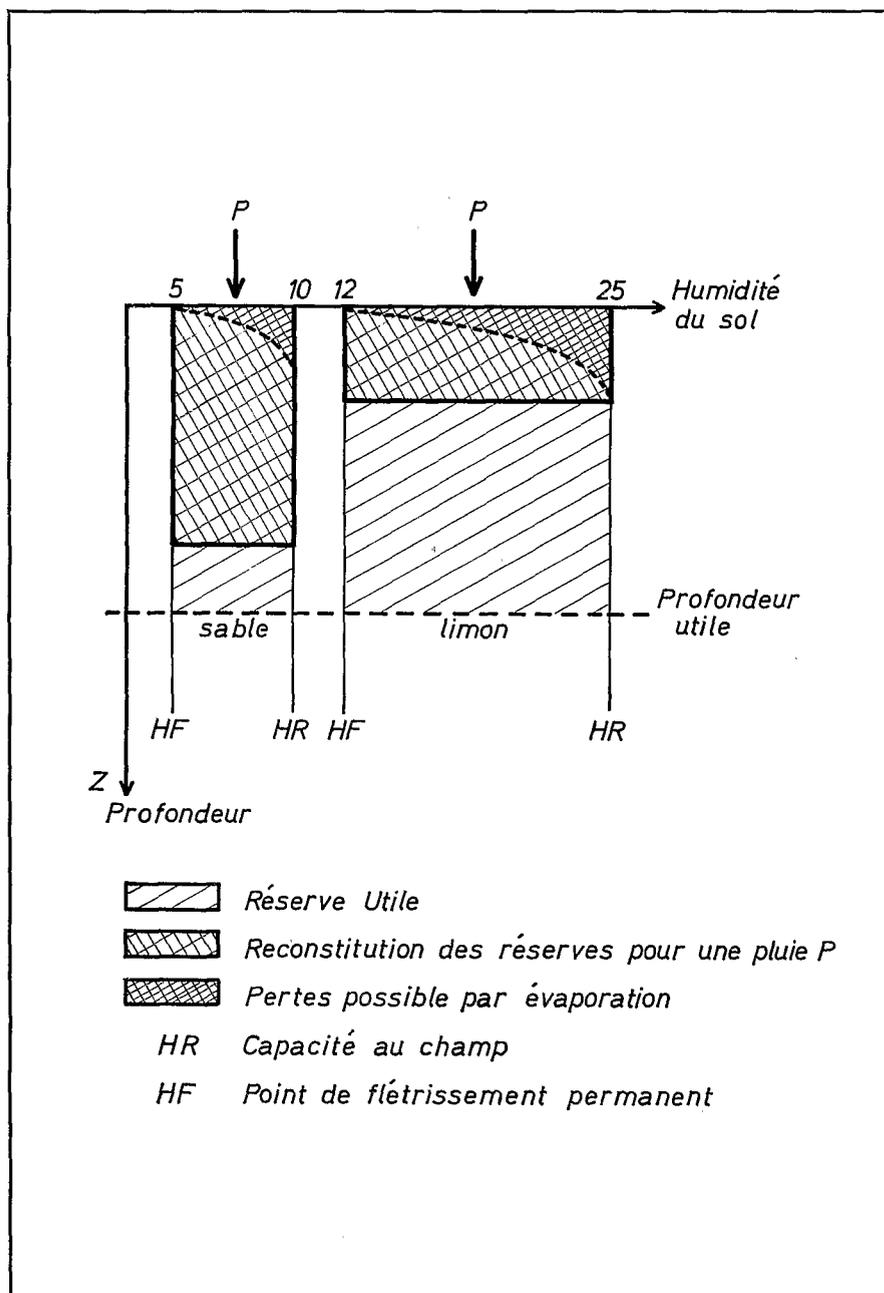


FIG. 1.

La profondeur de sol humectée au cours d'une pluie, Z_{em} , est inversement proportionnelle à sa capacité utile pour l'eau, c'est-à-dire, à l'écart ($H_R - H_f$) entre la capacité au champ H_R et l'humidité du sol au point de flétrissement (H_f).

A la suite d'une pluie de 50 mm par exemple, la profondeur humectée atteindra 65 cm environ dans un sable ayant une capacité utile pour l'eau de 5 %; elle ne sera que de 25 à 30 cm dans le cas d'un limon dont la capacité utile est 2 à 3 fois plus élevée.

Dans le premier cas l'évaporation est considérablement réduite après une perte d'eau de 8 à 10 mm, alors que pour le limon, toute l'eau infiltrée pourrait être évaporée.

Si la pluie est plus importante, ou si l'eau de ruissellement est utilisée pour reconstituer les réserves d'eau du sol, la profondeur humectée sera plus importante et les pertes par évaporation seront réduites dans un rapport voisin des surfaces d'impluvium et de culture.

ΔW = Variation des réserves en eau du sol exprimée en mm d'eau, calculée par tranche d'épaisseur z , en cm, avec la formule :

$$\Delta W = \frac{\sigma}{10} \cdot \Delta H \cdot \Delta Z$$

ΔH = variation d'humidité du sol pondérale,

σ = densité apparente du sol.

D = Drainage. Ce terme impropre englobe tous les mouvements d'eau, en milieu saturé ou non saturé, en dehors de la zone explorée par les racines. L'importance de ce terme a souvent été sous-estimée dans les études antérieures.

CONTRIBUTION DU SOL AU BILAN D'EAU ET RENDEMENT DES CULTURES

Dans les régions arides, les pluies ont un caractère aléatoire très prononcé. Ce sont elles qui permettent, en utilisant éventuellement le ruissellement, de reconstituer au moins une fois l'an la réserve utile pour l'eau du sol.

La réserve d'eau utile du sol (RU) est définie en première approximation par les paramètres hydriques du sol : capacité de rétention et point de flétrissement permanent, et par la profondeur utile qui peut être limitée :

- soit par des facteurs pédologiques : encroûtement, nappe phréatique salée...,
- soit par l'enracinement des cultures.

En fait, la réserve facilement utilisable (RFU) varie entre des limites importantes. Cette réserve facilement utilisable ne peut pas être déterminée *a priori* pour chaque sol, car elle est sous la dépendance étroite de la dynamique d'exploitation des réserves d'eau du sol; elle dépend en particulier du volume de sol exploité par les racines et de la vitesse de dessèchement du sol qui fait intervenir des facteurs climatiques tels que l'évapotranspiration potentielle.

Cette aptitude plus ou moins grande à utiliser les réserves d'eau du sol se traduit, pour des apports d'eau identiques — pluie et irrigation ou épandage de crue — par une consommation d'eau réelle plus ou moins élevée. Toutes les conditions de sol étant égales, une culture dont l'enracinement est dense et profond pourra se contenter d'apports d'eau relativement espacés, mais importants, à condition que la réserve utile du sol soit grande. Cette situation est adaptée à l'utilisation des eaux de surface : utilisation du ruissellement au niveau de la parcelle ou des épandages de crues. Au contraire, le fractionnement des apports d'eau, qui n'est possible que par l'irrigation, serait préférable dans le cas de cultures telles que l'oranger.

EFFICACITÉ DE L'EAU EN ZONE ARIDE

En l'absence d'apports d'eau complémentaires, les conditions de croissance et de développement des cultures sont très limitées par les conditions climatiques sévères des étés secs et chauds :

— les plantes annuelles indigènes ont un cycle de production très court; en année normale la maturation se produit souvent avant l'été;

— les plantes pérennes originaires de ces régions accusent souvent une phase de dormance estivale.

C'est tout naturellement que l'introduction de l'irrigation a permis d'accroître la production par l'introduction d'espèces ou de variétés nouvelles, mais aussi en prolongeant la phase de croissance. Cependant l'irrigation sur les espèces indigènes n'a pas toujours apporté les résultats escomptés, car elle ne permettait pas, le plus souvent, de s'affranchir de leurs rythmes endogènes adaptés aux climats méditerranéens — c'est-à-dire à une longue saison sèche estivale imposant un repos végétatif.

Les systèmes de production qui font appel à une irrigation estivale importante présentent de nombreux inconvénients :

— nécessité de stocker les eaux de surface par des retenues importantes;

— dimensions réduites des périmètres d'irrigation, quand les surfaces irriguées sont calculées sur les besoins théoriques des périodes de pointe;

— efficacité de l'eau relativement réduite de l'eau d'irrigation pendant les mois d'été où les contraintes climatiques sont les plus sévères.

En matière de production fourragère, par exemple, la productivité du mètre cube d'eau utilisée en été se situe à environ 1 unité fourragère (UF). En hiver, en régime de faible évapotranspiration potentielle, cette productivité de chaque mètre-cube d'eau consommé peut atteindre 2 à 3 UF.

En effet, la consommation d'eau d'une culture résulte d'un équilibre entre la demande en eau fixée par le climat — notion d'évapotranspiration potentielle — et les possibilités d'absorption d'eau du sol par la culture. Ces possibilités sont non seulement fonction de l'humidité du sol, mais également des caractéristiques morphologiques et physiologiques du système racinaire.

Si les contraintes imposées par le climat deviennent excessives, la plante, même bien alimentée en eau, pourra réagir par une fermeture des stomates aux heures les plus chaudes de la journée; l'assimilation chlorophyllienne est alors réduite.

L'accroissement de rendement obtenu

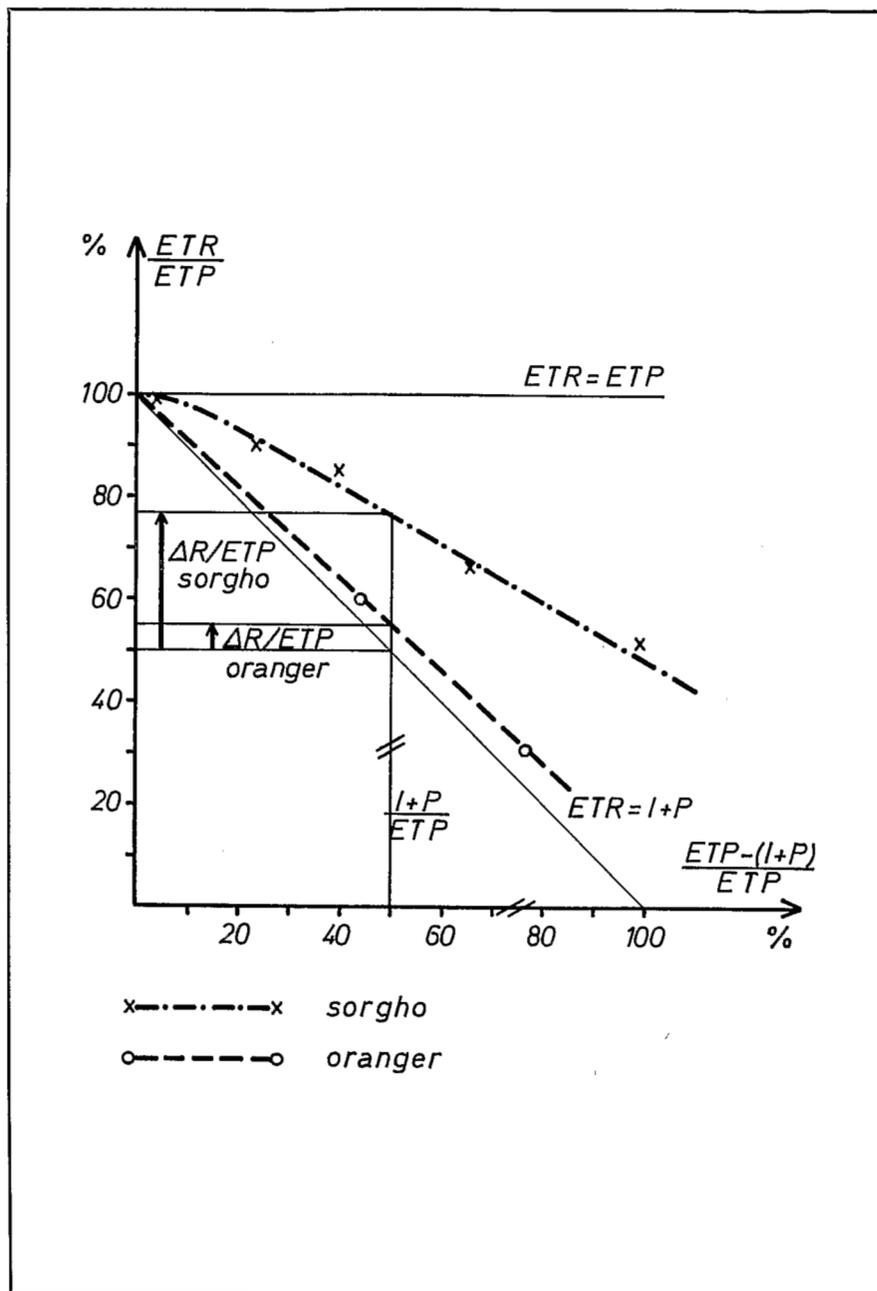


FIG. 2.

La réserve facilement utilisable d'un sol varie en fonction des cultures.

Cet extrait de résultats obtenus dans le cadre d'expérimentations sur l'irrigation concerne deux cultures : sorgho et orangers.

Les conditions expérimentales et en particulier l'alimentation en eau étaient identiques :

- Les réserves d'eau du sol avaient été intégralement reconstituées au printemps.
- Pour un régime d'irrigation identique : Irrigation + pluie correspondant à 50 % de la demande climatique fixée par l'ETP, la consommation d'eau réelle (ETR) des deux cultures est très différente : dans le cas de l'oranger, elle se situe à 55 % de l'ETP, cependant que pour le Sorgho, l'ETR se situe à près de 80 % de l'ETP.

Sur le même sol et sous le même climat, ces consommations d'eau différentes traduisent les aptitudes de chacune des cultures à utiliser les réserves d'eau du sol.

La maîtrise de l'eau commence au niveau de la parcelle pour éviter l'érosion hydrique qui est souvent à l'origine de la destruction des aménagements conçus par l'homme.

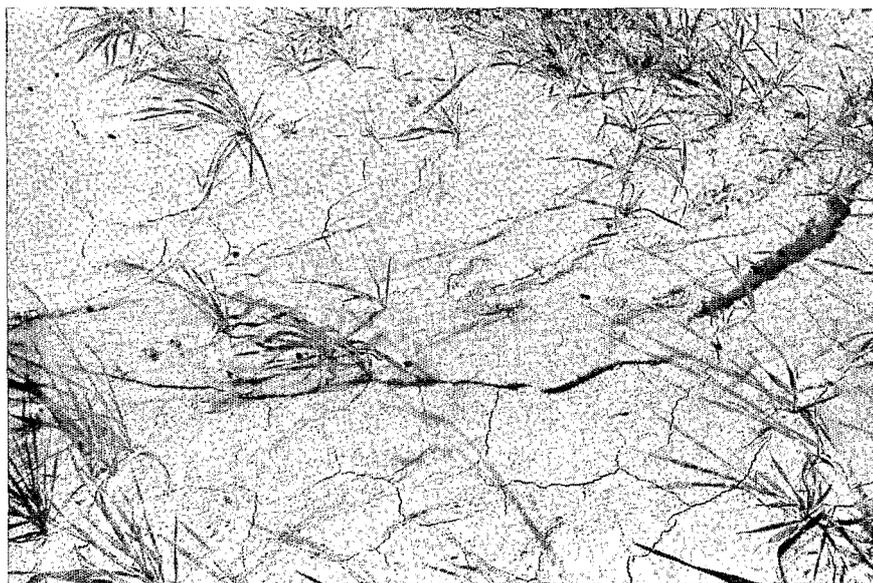
Cette série de photos montre combien l'utilisation des eaux de ruissellement est délicate, et combien en particulier il est difficile de maîtriser l'eau quand le débit unitaire des oueds en crue est important. (Plaine de Kairouan.)

L'aménagement des eaux devrait toujours commencer par l'amont. La maîtrise de l'eau commence au niveau de la parcelle pour éviter l'érosion hydrique qui est souvent à l'origine de la destruction des aménagements conçus par l'homme.



1. La Plaine du Kairouan en Tunisie après une crue.

Cette plaine, alimentée par deux oueds importants ayant leur source aux confins de l'Algérie, bénéficie, mais aussi souffre d'épandages de crues importants. Les débits des oueds en crue sont très importants et il est difficile, dans ces conditions, d'assurer un épandage des crues contrôlé.



2. Phénomène de battance sur un sol de piémont du sud Tunisien après labour avec charrue à disques.

La culture est une culture d'orge.

par l'irrigation n'est pas une relation simple de la quantité d'eau consommée, et au-delà d'un certain seuil, l'évapotranspiration potentielle apparaît alors, au même titre que la sécheresse édaphique, comme un facteur limitant de la production végétale.

EFFET DE CONCENTRATION DES EAUX DE PLUIES SUR LE BILAN HYDRIQUE

Puisque l'importance relative des pertes d'eau par évaporation directe est d'autant plus faible que la profondeur humectée est plus grande, il est possible d'accroître l'effet des pluies, en aménageant en impluvium une fraction plus ou moins grande de la surface totale disponible et en concentrant la pluie sur une surface réduite.

Examinons par exemple le cas idéal suivant :

- pluviométrie annuelle de l'ordre de 450 mm, répartie en 15 pluies égales, de 30 mm chacune;

- sols homogènes ayant une capacité utile pour l'eau de 10 % environ.

Si toute la surface est cultivée, les pertes par évaporation seront importantes — à chaque pluie de l'ordre de 15 à 20 mm. La culture ne pourra donc utiliser que 50 % au maximum de la pluie tombée et les ressources en eau disponibles n'assureront qu'une maigre récolte.

Au contraire, si une moitié seulement de la surface est cultivée, et si l'autre moitié est aménagée pour favoriser au maximum le ruissellement, l'évaporation sera réduite de moitié en valeur relative et le rendement obtenu sur la surface cultivée sera supérieur.

UTILISATION DES EAUX DE RUISSELLEMENT ET SYSTÈMES DE CULTURE

Par opposition aux systèmes de culture irriguée où l'eau disponible est répartie en fonction des besoins des cultures tout au long d'un cycle de végétation souvent assez long pour exploiter au mieux les potentialités de production, les systèmes de culture des zones arides sèches fondés sur l'utilisation des eaux de ruissellement sont soumis à un certain nombre de contraintes spécifiques :

- L'utilisation des eaux de ruissellement pour reconstituer les réserves d'eau des surfaces consacrées à la culture reste soumise à la probabilité qu'une séquence pluvieuse intervienne au moment opportun.

— Il est difficile de maîtriser les eaux de ruissellement :

- Pour les aménagements situés en tête de bassin versant, les surfaces utilisées comme impluvium ne doivent pas être sensibles à l'érosion ou être aménagées pour la prévenir. La surface de l'impluvium doit être limitée de telle sorte que la « main d'eau » à utiliser ne soit pas trop importante; dans bien des cas, il sera nécessaire de prévoir seuils ou déversoirs pour écrêter les pluies les plus importantes.
- A l'aval d'un bassin versant important, l'aménagement des surfaces pour l'épandage des crues sera d'autant plus délicat que le périmètre amont n'aura pas été aménagé pour accroître le temps de concentration des pluies et que le cours d'eau — le plus souvent temporaire — aura des crues brutales entraînant un transport solide important. L'exemple de la plaine de Kairouan présenté ici (photo n° 1) après une crue souligne combien cette technique d'épandage de crue est délicate.

— Le choix des sols et des techniques culturales reste aussi, pour ce type d'aménagement, délicat. Les sols qui autorisent une culture pérenne (olivier et éventuellement amandier et abricotier) ou une culture annuelle céréale, fourrage, culture vivrière) doivent présenter une réserve d'eau utile importante (sols profonds homogènes, présentant une capacité de rétention suffisante) mais ils doivent aussi avoir une capacité d'infiltration suffisante pour éviter les phénomènes d'engorgement.

De nombreux sols rencontrés en zone aride sèche ont une structure très sensible à la présence d'une lame d'eau en surface; cette sensibilité s'accompagne fréquemment de la formation d'une couche de battance s'opposant à la pénétration de l'eau et à une bonne aération du sol. Cette sensibilité particulière des sols est très prononcée dès que le taux de sodium dans la capacité d'échange des cations atteint 4 à 5 % et chaque fois que l'analyse physique révèle un rapport argile/limons totaux inférieur à 0,5. Ces situations sont fréquentes sur tous les sols de piémont susceptibles d'être utilisés pour l'épandage des eaux de ruissellement (photo n° 2).

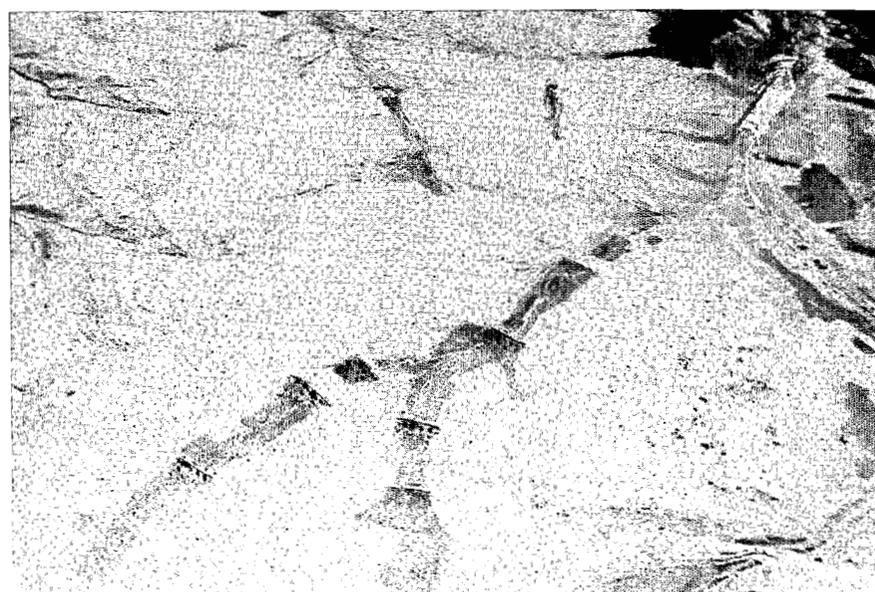
Dans ce type de sols, le choix des systèmes de culture, et plus précisément des techniques de travail du sol, sera déterminant sur leur comportement.

Tous ces facteurs climatiques, hydrologiques, pédologiques, agronomiques sont encore insuffisamment analysés en fonction d'objectifs tels que l'utilisation des eaux de ruissellement à des fins de production agricole. Néanmoins, les témoignages d'utilisation de tels systèmes de production sont encore nombreux dans toutes les zones arides de la ceinture méditerranéenne.



3. Les oliviers et les Meskats de la région de Sousse en Tunisie.

Dans le bas de la photo, les Meskats, qui sont des zones d'impluvium où l'eau de ruissellement est dirigée vers les cultures d'oliviers qui sont généralement établies sur des sols profonds et bénéficient ainsi d'un bilan hydrique plus favorable.



4. Un aménagement de Thalweg dans le Sud Tunisien.

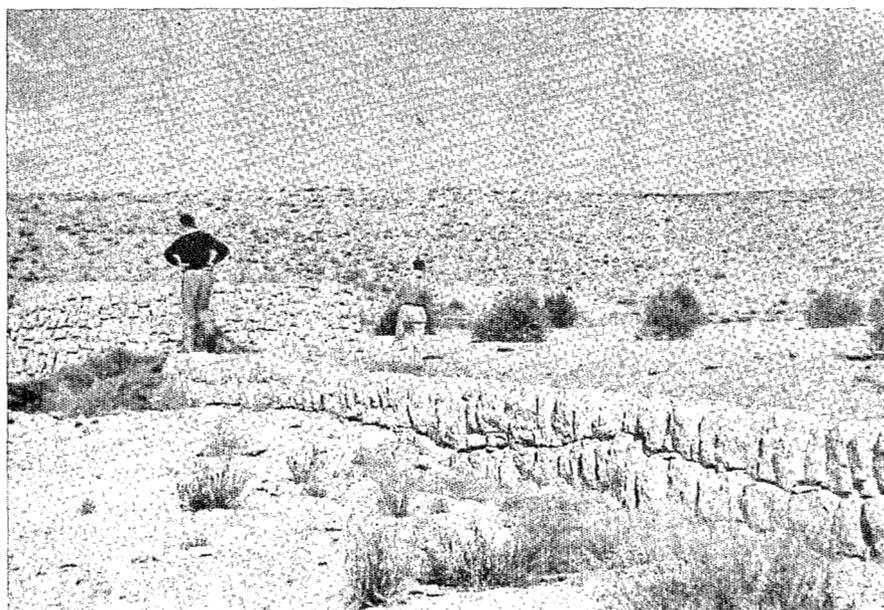
Chaque ligne d'oliviers correspond à un barrage établi dans le Thalweg (voir photos suivantes). En amont de la zone cultivée en arbres fruitiers, une zone de culture céréalière ensemencée après la pluie. En dehors des zones de Thalweg, maigres parcours à moutons.



5 et 6. Deux aménagements typiques de gessours — petits barrages établis dans le Thalweg

Le premier, à rétention totale, construit en terre et sans déversoir, a craqué sous la pression des eaux.

Le second, établi en pierre sèche et avec déversoir, résiste beaucoup mieux aux crues importantes.



Les systèmes de cultures

Si les conditions climatiques et l'aménagement permettent d'utiliser les eaux de ruissellement pour reconstituer, au minimum une fois par an, les réserves d'eau du sol à un niveau suffisant, il sera alors possible d'y établir un certain nombre de spéculations agricoles :

— Les arbres fruitiers, tels que l'olivier, qui ont un enracinement très profond sont aptes à utiliser au mieux des réserves d'eau reconstituées jusqu'à des profondeurs de 3 à 4 m :

- Les gessours, aménagements de Thalweg rencontrés dans les Matmatas du Sud de la Tunisie sous une pluviométrie de l'ordre de 150 à 200 mm (photos nos 4, 5, 6), sont plantés en oliviers dont certains ont une couronne qui atteint près de 20 m de diamètre
- Les systèmes de Meskat, aménagements traditionnels du Sahel côtier de Sousse, sous une pluviométrie de l'ordre de 300 mm, autorisent des cultures d'oliviers à haute densité sur les sols les plus profonds, cependant que les sols à encroûtement superficiel situés en amont constituent de maigres parcours aménagés en impluvium (photo n° 3).

— Les cultures annuelles ont un enracinement beaucoup moins puissant. Il s'agit alors d'assurer la compétition maximum, au profit de la culture, entre l'eau utilisée pour une production de matière sèche et l'évaporation du sol. Une production intéressante peut être assurée en utilisant :

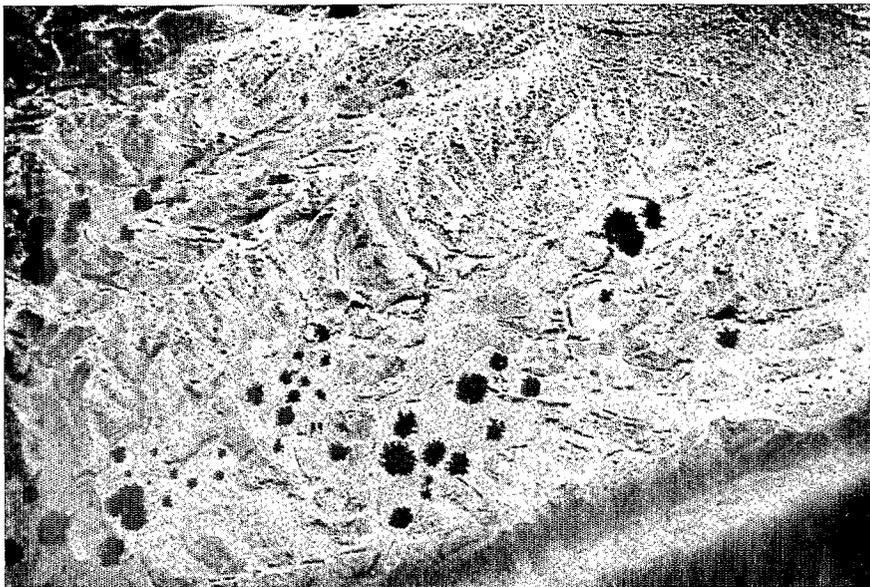
- pour la production fourragère, des espèces pâturables ou fauchables à cycle de production très court : octobre à décembre ou janvier, susceptibles d'utiliser rapidement les réserves d'eau du sol reconstituées par le ruissellement après les pluies;
- pour la production céréalière également, des espèces — orge essentiellement — et des variétés à cycle court assurant par des exigences en température réduites, l'essentiel de leur croissance à l'automne et en hiver, alors que la demande en eau fixée par le climat, ETP, est réduite. Pour ces espèces, il est nécessaire que la floraison, la croissance du grain et la maturation échappent aux premiers effets de la sécheresse et de la chaleur estivales toujours précoces.

Les zones de Segui (photo n° 8) situées sur les piémonts des montagnes du Sud Tunisien étaient, et sont encore parfois utilisées pour une production céréalière, mais bien souvent, les systèmes d'épandage des eaux ne sont plus opérationnels et les techniques culturales mal adaptées.

Les quelques exemples présentés ici ont été observés en Tunisie. Ce propos aurait tout aussi bien pu être illustré par des ménagements présents sur tout le pourtour du bassin méditerranéen. Ils sont les témoins d'une utilisation difficile mais très rationnelle de ressources en eau de surface souvent disponibles.

L'introduction de la mécanisation a parfois rendu caducs de tels aménagements, car les systèmes de culture, parfois très anciens, n'ont pas été adaptés ou transformés pour s'adapter à l'évolution de l'agriculture de ces régions. Parallèlement, une agriculture irriguée intensive s'est développée au fur et à mesure de la découverte de nouvelles ressources en eau; elle a souvent été opérée sans relation directe avec l'élevage.

Les ressources en eau ne sont pas illimitées et le pastoralisme restera encore longtemps le seul mode d'exploitation raisonnable des vastes espaces de steppe de la zone aride. L'équilibre de cette économie pastorale repose sur la mobilisation de toutes les ressources en eau disponibles et principalement des eaux de surface, de manière à assurer ainsi une production vivrière pour l'alimentation de l'homme et une production fourragère destinée à compléter et à équilibrer la ration provenant de la pâture.



7. Culture d'oliviers traditionnelle dans la région des Matmatas dans le nord Tunisien.

On aperçoit en plusieurs endroits et notamment sur la partie droite de la photo des marques d'érosion importantes après que plusieurs barrages aient cédés sous la pression des eaux.



8. Zone de Ségui dans la région de Gabès en Tunisie.

La zone de piémont est actuellement soit pâturée, soit semée en orge après préparation du sol à la charrue à disques.

Les témoins d'un aménagement du Ségui pour le contrôle de l'épandage des eaux de ruissellement sont nombreux mais le système d'épandage n'est plus à l'heure actuelle fonctionnel.