

Fonds Documentaire IRD
Cote : Bx 2555 8 Ex : 1

Optimisation de l'utilisation de l'eau pluviale dans la zone aride méditerranéenne (cas de la Tunisie)

Roger PONTANIER

pédologue à l'ORSTOM

INTRODUCTION

Les zones arides méditerranéennes, qui reçoivent de 100 à 400 mm de pluie moyenne annuelle, couvrent, au Magreb, près de 600 000 km² dont 30 à 50% sont cultivés ou en jachère (Le Houerou 1995). Elles sont caractérisées par une longue sécheresse estivale (4 à 6 mois) et une grande variabilité inter-annuelle. La végétation naturelle est de type steppique.

Les systèmes agropastoraux sont loin d'utiliser les quantités d'eau disponible de façon optimale. En effet, si l'on considère que 1 m³ d'eau peut produire de 1 à 4 kg MS, on devrait obtenir, avec 200 mm de pluie, de 2 à 8 tonnes de MS ha⁻¹ an⁻¹ si la pluie tombait à une période favorable sur des systèmes à végétation performante. Or en zone aride méditerranéenne du sud, on observe en général des rendements inférieurs à 1 tonne de MS ha⁻¹ an⁻¹ (Floret et Pontanier, 1982; Le Houerou, 1984). La marge d'amélioration est donc grande, soit en jouant l'efficacité du matériel végétal, soit sur le stockage et la redistribution de l'eau de pluie pour les plantes, soit encore sur la disponibilité en éléments nutritifs. Par ailleurs, ces steppes ont été fréquemment défrichées pour la céréaliculture ou pour l'arboriculture, même dans la zone où la pluviosité moyenne annuelle est inférieure à

Fonds Documentaire IRD



010025558

300 mm, voire même 200 mm, valeurs considérées comme limite pour la réussite d'une céréale. Des appoints d'eau sont donc à trouver pour régulariser ces productions agricoles. Cet article a pour objectifs de donner quelques principes, de gestion des ressources et d'aménagement, concurrençant à l'optimisation de l'utilisation de la pluie, pour la production végétale de ces zones arides. Les aspects socio-économiques de ces aménagements ne sont, ici, pas pris en compte.

Optimisation du matériel végétal

Le couvert végétal

Optimiser l'utilisation de l'eau par la végétation consiste évidemment d'abord à limiter la part perdue par ruissellement et évaporation. Un couvert continu de végétation à la surface du sol serait l'idéal; mais cela n'est pas généralement possible dans les zones recevant 100 à 400 mm de pluie, où le couvert des espèces pérennes dépasse rarement 30-40%. Cette simple couverture diminue cependant la vitesse du vent et la température à la surface du sol, et permet de limiter l'évaporation. Des mesures effectuées en Tunisie (Floret et al., 1981), montrent que lorsque le couvert végétal atteint 30% en zone sableuse, la part de l'eau du sol perdue par évaporation sur l'ensemble de l'année n'est plus que de 50%. C'est vers cette situation qu'il faut tendre dans les systèmes pastoraux, par régénération des espèces pérennes steppiques. En effet, la végétation à base d'annuelles à cycle court des zones dégradées, laisse le sol à nu durant une grande partie de l'année, et la part du ruissellement et de l'évaporation peut être très forte. La régénération naturelle par protection de la végétation est assez rapide dans les zones sableuses; elle est plus lente sur les autres supports édaphiques, surtout si les porte-graines se sont raréfiés.

La pluristratification aérienne et souterraine, une strate arbustive

Favoriser la pluri-stratification de la végétation permet aussi une meilleure utilisation de l'eau. Les faibles pluies sont facilement utilisées par les petites espèces pérennes à faible enracinement et les annuelles, alors que l'eau qui s'infiltré en profondeur lors des épisodes pluvieux importants, est reprise par les grandes espèces ligneuses (chaméphytes) qui peuvent ainsi croître jusqu'au début de l'été. On tend actuellement à essayer de réintroduire une strate

arbustive qui devait exister autrefois. On trouve en effet encore quelques témoins de cette steppe arborée à base d'*Acacia tortilis*, et l'introduction d'acacia exotiques (*A. cynophylla*, *A. ligulata*, etc.) a été pratiquée avec plus ou moins de succès (Le Houerou et Pontanier, 1987). Il faut un certain appoint d'eau par ruissellement, qui peut être obtenu par exemple dans les petits talwegs, pour que l'arbuste s'installe et produise. Ces arbres peuvent parfois atteindre la nappe phréatique dans les vallées, et ils prennent alors de grandes dimensions. L'intérêt pratique d'une strate arbustive est de pouvoir disposer de réserves fourragères sur pied, durant la saison sèche ou les périodes de disette.

Des types photo-synthétiques adaptés. La diversité

Dans ces zones méditerranéennes, le maximum d'eau est disponible en hiver. Il faut donc chercher à installer ou à favoriser des espèces qui peuvent photosynthétiser à base température. La plupart des espèces sont de type photo-synthétique C3. Quelques espèces des steppes poussent mieux que les autres en hiver; il faut les favoriser (*A. ciliata*, *S. lagascae* etc...) On peut s'interroger sur l'efficacité du matériel végétal vis-à-vis de l'eau évapotranspirée. En effet des résultats obtenus dans la zone à 100-200 mm (Floret et Pontanier, 1982) vont de 0,2 à 0,6 g MS.kg⁻¹ d'eau évapotranspirée, valeurs proches de celles obtenues dans les déserts américains (Szarex, 1979), alors que dans des zones des zones identiques (à maximum de pluies printanières) au Machrek, on obtient 1 à 4 grammes.

L'orge montre une bonne croissance en période froide et c'est une des raisons du défrichement des steppes. La céréale semée à l'automne, est pâturée en vert si les pluies de l'hiver ne sont pas assez abondantes pour l'amener à maturité. Quelques espèces steppiques restent photo-synthétiquement actives en été (*arido-actives*); elles ont l'intérêt d'offrir de la matière verte stockée sur pied, aux animaux durant la période estivale.

En plus d'une majorité d'espèces de type C3, il reste quelques espèces de type d'origine tropicale (*Cenchrus ciliaris*, *Digitaria commutata*, etc), à type photo-synthétique C4, qui ont une efficacité maximale lorsque les pluies sont précoces à l'automne ou tardives au printemps. Des essais probants de resemis de mélanges à base de ces graminées locales C3 et C4, ont été réalisés en Tunisie dans des zones dégradées, afin de reconstituer des steppes qui puissent

produire, malgré la grande variabilité de la distribution des pluies. Les populations des espèces steppiques montrent souvent une gamme d'individus adaptés à cette variabilité, et la sélection sur le seul critère de la productivité peut être dangereuse. Les variétés de populations traditionnelles d'orge produiront plus régulièrement que les des variétés sélectionnées à haut rendement. D'une façon générale aussi la grande *diversité floristique* des steppes nord-africaine d'espèces procure une certaine *stabilité à la production pastorale*. Il faut chercher à favoriser cette diversité.

Optimisation de la disponibilité en eau

En l'absence d'utilisation continue et intensive de l'irrigation, les communautés rurales maghrébines vivant dans les zones du sud de la Méditerranée, ont essentiellement bâti leur civilisation agricole sur l'élevage et les cultures pluviales (céréales, oliviers, figuiers et vignes etc...), localisées dans des zones privilégiées sur le plan des ressources hydriques. L'agriculteur de ces zones n'a jamais pu faire disparaître totalement le risque de voir ses récoltes anéanties par la sécheresse, bien que, depuis très longtemps, il ait toujours cherché à minimiser les variations interannuelles de la production végétale par des pratiques traditionnelles. La réussite des cultures était conditionnée par la mise en œuvre de différentes techniques de récolte et d'économie (collecte d'eau à partir d'impluvium, dérives de cours d'eau, petites retenues, etc...) dont certaines relevaient d'une gestion collective (El Amami, 1983; Pontanier et Souissi, 1988). En période de sécheresse et d'extrême disette ces communautés se rapprochaient des zones oasiennes où elles pouvaient sauvegarder une partie de leurs animaux et attendre le retour de périodes plus favorables. La sédentarisation et l'accès à des modes de vie moins précaires, ont fait disparaître cette flexibilité.

C'est donc au niveau de la maîtrise des eaux de surface qui se perdent par ruissellement ou par évaporation, que la marge manoeuvre est la plus importante. L'amélioration du statut hydrique des terres de ces régions est une des composantes fondamentales de l'aménagement. Aussi, il faut absolument chercher à limiter, capter, et dériver les eaux de ruissellement sur le champs par des ouvrages de petite hydraulique agricole, à réduire l'évaporation et la concurrence des mauvaises herbes par des pratiques culturales, ou encore favoriser le stockage de l'eau en vue d'irrigation de complément (limitation du risque).

La collecte de l'eau

Il est un principe à réadopter ou à conserver : *en zone aride, une partie de la surface agricole, même utile doit être conservée pour produire l'eau de ruissellement qui sera utilisée sur des parcelles cultivées situées à l'aval* (Thames et Fisher, 1981; Evenary et al. 1971; National Academy of Sciences, 1977; Floret et Pontanier, 1982; El Amami, 1983, 1984). Or, ce principe actuellement est de moins en moins respecté en raison de la forte pression sur les terres.

L'objectif principal est de récupérer de grandes quantités d'eau produite par ruissellement et aussi de provoquer la création de nouveaux sols à partir des produits de l'érosion. En Tunisie, les pratiques visant à atteindre ces objectifs sont très anciennes. El Amami (1984) montre comment les agriculteurs en fonction de la zone climatique ont imaginé des systèmes de collecte de l'eau. Certains sont fortement menacés et même en voie de disparition. Deux de ces systèmes parmi les plus faciles à réhabiliter et à adapter aux contraintes agricoles actuelles sont présentés ci-dessous (Bonvallot, 1979; El Amami, 1984; M'Timet, 1983 et 1987). Il s'agit de :

Equipement des talwegs

De petits barrages, appelés généralement *jessours* sont disposés au travers d'une vallée, en montagne ou en piedmont. Un déversoir existe sur chacun d'eux, il permet d'éliminer le surplus d'eau lorsque le jessour est plein. Une série de jessours, ainsi placés l'un au dessous de l'autre, dans une vallée, ralentit la vitesse du ruissellement et favorise l'infiltration de l'eau. L'arboriculture est pratiquée derrière ces jessours où sont piégés les produits d'érosion (fig. 1).

L'aménagement des glacis, l'agriculture d'impluvium

Sur les glacis, d'autres ouvrages sont construits pour ralentir le ruissellement, retenir l'eau et augmenter l'infiltration. La *tabia*, levée de terre suivant la courbe de niveau, en est l'élément principal. Une partie de la surface sert d'aire de ruissellement (*impluvium*), et n'est pas cultivée.

Dans la région de Gabés (P=180 mm), sur un glacis limoneux présentant une pente de 2% pour espérer avoir un équivalent pluviométrique au champ (pluie + ruissellement) en année moyenne, de 250 mm, il faut, entre aire de ruissellement (*impluvium*) et aire cultivée un rapport de 3.5 (Huynh van Nhan 1984; Bourges et al

1984). On peut se poser la question : quel est l'agriculteur qui aujourd'hui acceptera de sacrifier une telle surface pour produire de l'eau ? Les solutions consistent donc à utiliser au mieux de l'eau des oueds qui débouchent des reliefs sus-jacents, en l'épandant sur les glacis grâce à des travaux de petite hydraulique d'adduction aux champs (Nahal, 1975; Thames, et Fisher, 1981; Bourges et al 1984).

Parmi les autres solutions on peut retenir, celles qui visent à augmenter l'efficacité du ruissellement de certains impluvium : épierrage, destruction de la végétation naturelle manuellement ou chimiquement, compactage. Ainsi Ehreler et al. (1978) ont travaillé dans la région de Phoenix (Arizona) sur la supplémentation en eau du Jojoba (*Simmondsia chinensis*) à partir de petits impluviums de 20 m² par plant. Ils montrent, pour une durée de l'expérimentation égale à 4 ans, que les arbres des parcelles non traitées (témoin) ont reçu en moyenne une quantité d'eau (pluie + ruissellement) de 154 mm. Sur les parcelles où les impluviums ont été desherbés, nettoyés, aplanis et compactés au rouleau, cette quantité d'eau s'élève à 435 mm, tandis que les impluviums imperméabilisés celle-ci atteint 876 mm.

Le travail du sol. Diminution de l'évaporation

Sur les zones suffisamment arrosées par les pluies ou supplémentées en eau de ruissellement, le travail du sol doit viser à augmenter l'absorption sur place des eaux pluviales (précipitées et/ou ruisselées), et limiter l'évaporation. L'accès, pratiquement généralisé à la mécanisation, a bien entendu intensifié les pratiques de travail du sol. Or, cette intensification a plus porté sur l'extension des surfaces cultivées que sur l'amélioration du profil cultural et des caractéristiques physico-hydriques du sol. Le résultat, à l'heure actuelle est que de nombreuses terres de la zone aride se sont déstructurées, fragilisées et ont perdu une partie de leurs propriétés hydro-dynamiques.

A ce sujet, nous citerons Bahri et al. (1986) qui a l'aide d'un simulateur de pluie ont appliqué une séquence d'averses, représentant une hauteur de 80 mm. Voulant montrer l'influence des différentes façons culturales pratiquées avant la saison des pluies (fin août) sur la recharge des réserves hydriques et sur l'érodabilité des terres, ceux-ci concluent que le labour profond avant la saison des pluies améliore de 90% l'infiltrabilité des terres par rapport au témoin non travaillé, que le labour superficiel augmente l'infiltrabilité de 40% mais augmente leur sensibilité à l'érosion hydrique de 20%.

En outre, ils montrent qu'il est impératif de laisser le sol non travaillé plutôt que d'effectuer un labour superficiel dans le sens de la pente, malgré le gain sur l'infiltration.

Ces essais, sans rejeter les techniques préparatoires du sol sec, montrent bien que celles-ci sont d'emploi délicat. De toute façon, l'agriculteur n'investira que de façon parcimonieuse, dans les travaux du sol. Il préfère augmenter ses surfaces en travaillant légèrement quitte à dégrader à moyen terme ses terres. Il faut en outre souligné que les différentes pratiques s'inspirant du *dry-farming* ne sont vraiment opérantes que pour les zones situées au delà de 450 mm (Floret et al 1977). Enfin, les pratiques qui consistent à défricher ou à labourer en sec, pour séduisantes qu'elles soient, sont rarement adaptées aux moyens de tractions disponibles (Baldy, 1986).

Dans le domaine de l'agriculture pluviale pérenne, grâce à une parfaite maîtrise du calendrier de façons culturales, on entretient en surface un horizon de rupture de capillarité (*mulching*). Mais, ici encore le système doit être amélioré; en effet, ces façons, indéfiniment répétées, fragilisent à l'extrême le sol qui, dans certains cas voit la totalité ou au moins une partie importante des horizons supérieurs disparaître. Aussi, actuellement, ces pratiques qui ont donné satisfaction pendant plus d'un demi siècle sont donc remises en question. Khatteli (1983), à l'occasion d'une étude en Djeffara tunisienne, propose une solution qui consiste à incorporer au sol un *mulch végétal* (résidu de culture, de taille, etc.) et à utiliser des outils à dents moins dégradants.

En outre toute solution, tendant vers l'embocagement de la steppe et qui consiste à augmenter la rugosité du paysage (brise-vents, murs de pierre sèche, cultures pérennes alternant avec des cultures annuelles), tout en diminuant la vitesse des vents et l'albédo, minimise de façon considérable l'évaporation et l'érosion (Baldy, 1986).

Discussions et conclusions

En région aride, peut être plus que dans les autres régions, il faut se préoccuper de l'aménagement pour une production durable sur le long terme. On assiste en Afrique du Nord, depuis quelques dizaines d'années à une augmentation globale de la production grâce au remplacement de la végétation naturelle par des cultures, mais en bien des endroits, il s'agit d'une agriculture qui détruit progressivement sols et semences naturelles. En effet, après dégradation, la

remontée biologique est lente avec une croissance végétale souvent limitée et une reproduction des espèces aléatoires, la reconstitution des sols impossible en raison des faibles processus d'altération des roches-mères. Les perturbations qu'entraîne une intensification désordonnée des pratiques agricoles sont beaucoup moins absorbées par ce milieu qu'en zone plus humide. Il convient donc d'intensifier en utilisant au mieux les eaux pluviales dans les endroits les plus aptes.

Pour cela, il faut tout d'abord s'assurer du concours d'un matériel végétal très efficace. La régénération de la végétation naturelle et son utilisation optimale par le parcours sont à privilégier, car ces écosystèmes pastoraux bien que peu stables au niveau de la production interannuelle, sont très résiliants (Noy Meir, 1974). Ils sont bien adaptés pour résister aux sécheresses prolongées qui peuvent se produire. Il existe ainsi des cycles d'années, au cours desquels même l'espèce physionomique dominante peut être temporairement remplacée par une autre sans que l'équilibre général de la communauté soit irréversiblement menacé. La composition floristique à un instant donné intègre des paramètres correspondant à des événements climatiques anciens et récents (Westoby, 1980). C'est pourquoi les manipulations que l'on pourrait faire sur la végétation, doivent être effectuées avec précaution. On peut être tenté de supprimer une espèce moins palatable ou moins efficace pour l'eau ; mais il pourra s'agir justement de l'espèce qui peut résister à une perturbation donnée et occuper l'espace en attendant que des espèces plus performantes, mais plus fragiles, aient effectué leur multiplication et leur réinstallation après perturbation.

Lorsque le système est trop dégradé, on peut imaginer réintroduire des espèces ou des mélanges d'espèces, complémentaires pour l'utilisation de l'eau, et dont il faut s'assurer qu'ils sont relativement stables à long terme et reproductibles en présence d'animaux. A ce titre les espèces exotiques introduites sont peut être parfois plus performantes en production que les espèces autochtones, mais elles sont en générale moins bien armées pour le long terme, supportant mal par exemple une succession d'années sèches ou ne reproduisant pas. C'est le cas d'*Acacia cyanophylla* et de la plupart des espèces d'*Atriplex* introduites qui peuvent être conduites que comme des cultures à durée de vie limitée.

En ce qui concerne globalement l'utilisation de l'eau de la région, il faut évidemment chercher d'abord à réduire au maximum les pertes au niveau des oueds qui s'écoulent vers la mer, sauf si l'eau est

volontairement laissée aux oueds pour l'alimentation de nappes d'inferoflux. On a donc un choix à faire entre la transformation immédiate de l'eau de pluie en matière verte, ou, grâce au stockage, un report de l'utilisation de l'eau par l'irrigation (nappes, lacs collinaires etc...). Ce dernier modèle est intéressant en climat aride où les pluies se produisent principalement en saison froide, alors que la température optimale de photosynthèse n'est atteinte que durant une faible partie de la journée.

Si l'on ne cherche pas à stocker de l'eau libre, un autre modèle consiste à emmagasiner l'eau dans le sol, en favorisant l'infiltration dans la zone qui peut être atteinte par les racines. Ceci s'obtient : (i) soit en maintenant un bon couvert végétal sur l'ensemble de la zone, en limitant donc la pression pastorale. Végétation et litière doivent être en particulier relativement abondantes au début de la saison, au moment où les caractéristiques physiques des sols sont, les plus défavorables pour l'infiltration des pluies, souvent orageuses ; (ii) soit en provoquant le ruissellement sur une partie de la surface, pour une accumulation en des endroits privilégiées pour la culture et où la profondeur du sol est suffisante pour le stockage de l'eau excédentaire. C'est, globalement à l'échelle de la région, le modèle qui permet la meilleure économie de l'eau, par limitation de l'évaporation. En effet, on cherche à éviter le stockage de l'eau dans les horizons superficiels des sols, où les phénomènes de reprise par le pouvoir évaporant de l'air, sont les plus intenses. L'eau stockée en profondeur peut être reprise par le végétal plus tard dans la saison, en particulier à la fin du printemps, à une période où les conditions de température sont optimales pour la croissance.

On a aussi un moyen de régulariser la production, par une supplémentation en eau de ruissellement à partir d'une partie du territoire. Plus on va vers des climats arides, plus la surface de l'impluvium stérile augmente par rapport aux écosystèmes productifs. C'est un modèle qui va continuer à se développer, involontairement par augmentation de la dégradation, ou même volontairement en favorisant le ruissellement et même l'érosion par différentes pratiques (épierrage, compactage, suppression du couvert végétal). On arrivera ainsi à des petites zones vertes où la production pourra être intensifiée par de nouveaux cultivars et par des engrais, entourées de zones dénudées servant seulement d'impluvium. C'est un modèle inquiétant, mais relativement plus simple que les modèles actuels, qui demandent une grande flexibilité afin de pallier les irrégularités de la pluviosité (ex : pâturage des céréales en vert si

l'année est sèche, transhumance de plus en plus difficile à pratiquer, compter tenu de la sédentarisation, fluctuation du nombre d'animaux selon la pluviosité, etc.;). C'est aussi un modèle à coût socio-économique plus élevé, car il nécessite des intrants que l'agriculteur hésite à utiliser, même si le risque a été minimisé, et désorganise les sociétés pastorales.

BIBLIOGRAPHIE

- BAHRI, A.A.; DRIDI, B. et PONTANIER R. — 1986. Conséquences des façons culturales en fin de saison sèche sur le régime hydrique et l'érosion des terres du Kairouanais. *Actes du Séminaire National sur les terres à céréales. 10-11déc. 1986, Thiabar (Tunisie)*, Direction des sols, Tunis.
- BALDY, Ch. 1986 — Agrométéorologie et développement des régions arides et semi-arides. Institut National de la Recherche Agronomique, Paris 114 p.
- BONVALLOT, J., 1979. — Comportement des ouvrages de petite hydraulique dans la région de Medenine (Tunisie du sol) au cours des pluies exceptionnelles de mars 1979. *Cah. ORSTOM, sér. Sci. Hum.* 16 (3), 233-245.
- BONVALLOT, J. 1986. — Tabias et jessours du Sud tunisien. Agriculture dans les zones marginales et parade à l'érosion. *Cah. ORSTOM, sér. Pedologie*, 22 (2) 163-171.
- BOURGES J., FLORET, C. GIRARD, G.; PONTANIER, R. 1984. — Dynamique de l'eau sur un glacis du Sud tunisien (type Segui). ORSTOM, Tunis, CEPE/ CNRS, Montpellier, multigr. 86 p.
- EL AMAMI, S. 1984. — Le aménagement hydriques traditionnels en Tunisie. CRGR, Tunis 69 p.
- EHRELER, V.L., FINK, D.H. et MITCHELL, S.T. 1978. — Growth and yield of Jojoba plants in Native Stands using Runoff-Collecting Microcatchments. *Agronomy Journal*, 70 : 1005-1009.
- EVERNARY, M.; SHANAN, L. et TADMOR. N. 1971. — The Negev : the challenge of a Desert. Haward University Press, Cambridge, Massachusetts, 345 p.
- FLORET, C., PONTANIER, R. 1982. — L'aridité en Tunisie presaharienne. Travaux et Documents de l'ORSTOM, 150, Paris 544 p.
- FLORET, C.; PONTANIER, R. et RAMBAL R. 1982. — Measurement and modelling of primary production and water use in a South Tunisian steppe. *Journal of Arid Environments*, 5 : 77-90.

- FLORET, C.; PONTANIER, R. et SOUSSI, A. 1992. — Optimisation de l'utilisation de l'eau en zone aride méditerranéenne; *Actos des seminarios Mapimi. Etudes des relations eau-sol-végétation dans une zone aride du Nord Mexique, orientée vers l'utilisation rationnelle de ces ressources pour l'élevage bovin extensif.* J.P. Delhoume y M.E. Maury eds. Instituto de Ecologia A.C., ORSTOM : 273-284
- HUYNH, VAN NAHN. 1982. — Utilisation des eaux de ruissellement dans le sud tunisien. Résultats pour la culture céréalière : Approche en milieu réel de production. Bulletin technique de l'IRA n° 2, Medenine Tunisie, 106 p.
- KHATTELI, H; 1983. — Recherches stationnelles sur la désertification dans la Djéffara (Tunisie). Dynamique de l'érosion éolienne. Thèse, Université Paris 1, 218 p.
- LE HOUEROU, H.N. 1984. — Rain use efficiency : an unifying concept in arid land ecology : review. *Journal of Arid Environment*, 213-247.
- LE HOUEROU, H.N. 1995. — Bioclimatologie et biogéographie des steppes arides du Nord de l'Afrique. Diversité biologique, développement durable et désertification. Options méditerranéennes, Série B : Etudes et recherches. CIHEAM/ACCT Paris; 396 p
- LE HOUREOU, H. N, PONTANIER, R. 1987. — Les plantations sylvo-pastorales dans la zone aride de Tunisie. *Notes techniques, MAB 18. UNESCO*, Paris, 81 p.
- M'TIMET, A, 1983. — Contribution à l'étude pédologique des limons des Matmatas. Thèse, Université Pierre et Marie Curie, Paris 183 p., + annexes, 7 cartes h.t.
- M'TIMET, A. 1987. — Evaluation de la sensibilité des sols arides à l'érosion hydrique. ES 240, Direction des SolsTunis, 51 p.
- National Academy of Sciences, 1977. — Expansion des ressources en eau dans les zones arides. Techniques prometteuses et possibilités et recherches, Washington, D.C., 156 p.
- NOY-MEIR, I. 1974. — Stability in arid ecosystems and effects of man on it. Structure, functioning and management of ecosystems. In : Cove A. J.(ed). *Proceeding of the First International Congress of Ecology. The Hague, The Netherlands, Sept. 4 - 8, 1974*, 220-225.
- PONTANIER, R. et SOUSSI, A. 1988. — Pratiques agricoles et changement du régime hydrique des terres en zones aride méditerranéenne. Atelier sur l'agriculture et la transformation des

terres dans le bassin méditerranéen. I.AM Montpellier, 13-17 juin 1988. MAB-UNESCO Paris, CIEEAM Montpellier, Comité Français du Scope.

- THAMES, J.L. et FISHER, J.N. 1981. — Management of water resources in arid lands. Lands. In : Goodall, D.V. and R. A. Perry (eds) *Arid Land Ecosystems.2* : 519-547.
- SZAREK, S.R. 1979. — Primary production in four north american deserts : indices of efficiency. *Journal of Arid Environments.*, 2 : 187-209.
- WESTORY, M. 1980. — Elements of a theory of vegetation dynamics in arid ragelands. *Israel Journal of Arid. Botany*, 28 :169-194.

REPUBLIQUE TUNISIENNE
MINISTERE DE L'AGRICULTURE
INSTITUT NATIONAL AGRONOMIQUE DE TUNISIE

Centenaire de l'INAT 1998

Actes du
1^{er} Séminaire International

*Mobilisation,
exploitation et conservation
des ressources naturelles*

10 - 11 - 12 Novembre 1997

Editeur : MHIRI Ali

