

Adéquation entre programmes de recherches menés et besoins réels en matière de lutte contre la désertification

Akrimi N.

Etat de l'Agriculture en Méditerranée. Les sols dans la région méditerranéenne : utilisation, gestion et perspectives d'évolution

Zaragoza : CIHEAM
Cahiers Options Méditerranéennes; n. 1(2)

1993
pages 53-68

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

<http://om.ciheam.org/article.php?IDPDF=95605227>

To cite this article / Pour citer cet article

Akrimi N. **Adéquation entre programmes de recherches menés et besoins réels en matière de lutte contre la désertification.** *Etat de l'Agriculture en Méditerranée. Les sols dans la région méditerranéenne : utilisation, gestion et perspectives d'évolution*. Zaragoza : CIHEAM, 1993. p. 53-68 (Cahiers Options Méditerranéennes; n. 1(2))



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

Adéquation entre programmes de recherches menés et besoins réels en matière de lutte contre la désertification

N. AKRIMI
INSTITUT DES RÉGIONS ARIDES
MEDENINE
TUNISIE

RESUME - Les causes et les processus d'aridité et de désertification sont rappelés. La contribution de la recherche scientifique à la compréhension de ces deux phénomènes et à la lutte contre leurs effets néfastes et parfois désastreux est brièvement exposée. Quelques propositions de thèmes prioritaires et d'organisation pratique de la recherche dans ce domaine sont avancées.

Mots-clés: Adéquation, désertification, recherches, réhabilitation, résistance à l'aridité.

SUMMARY - Main aridity and desertification causes and processes are recalled. Scientific research contribution in understanding and fighting against their disastrous effects are briefly expounded. Some priority topics and useful scientific organisation proposals are put forward.

Key words: Adequation, desertification, research, rehabilitation, resistance to dryness.

Introduction

La désertification est l'un des plus graves problèmes auxquels le monde actuel est confronté. Avant d'aborder les processus et les effets de ce phénomène il est nécessaire d'en rappeler quelques définitions de langage.

Il faut noter que les termes "désertique", "aride" et "sec" sont parfois utilisés pour exprimer le même sens et qu'un même terme parmi ceux-ci peut également exprimer des sens différents selon les auteurs. Le vocable "régions sèches" est utilisé par beaucoup d'auteurs comme synonyme de désert.

La définition qui semble être la plus communément admise est celle de Tricart (1969) qui définit les régions sèches comme étant "celles où par suite de l'insuffisance des ressources en eau la couverture végétale et les sols sont trop réduits pour assurer une protection efficace de la roche contre les actions atmosphériques".

D'après Durand (1988) la notion d'aridité "correspond à la difficulté apparente pour les hommes de vivre dans les conditions naturelles des régions concernées, généralement liées à la sécheresse que celle-ci soit due au climat ou aux propriétés des terrains, elle n'est donc pas nécessairement liée au climat".

D'après le même auteur une zone peut être dite aride du point de vue climatique lorsque les précipitations par leur quantité et leur irrégularité ne permettent pas l'établissement d'un tapis graminées pérenne et continu.

Les auteurs distinguent généralement trois degrés d'aridité, "hyperaride", "aride" et "semi-aride" mais

le terme "aride" est parfois utilisé pour exprimer les trois notions confondues.

La distribution mondiale des degrés d'aridité est montrée dans le Tableau 1. Dans le Tableau 2 est présentée la distribution des zones arides par continents.

Tableau 1. Répartition mondiale des zones arides (Joly, 1957).

Climat	Superficie (million km ²)	Proportion (%)
Hyperaride	5,81	5
Aride	21,80	16
Semi-aride	21,24	15
Total	48,86	36

Tableau 2. Répartition des zones arides par continents (Grainger, 1990).

	Superficie (million km ²)	% du total
Afrique	17,3	37
Asie	15,7	33
Australie	6,4	14
Amérique du Nord Mexique	4,4	9
Amérique du Sud	3,1	7
Europe	0,2	0
Total	47,1	100

De nombreux auteurs ont proposé une définition de la désertification. Nous rappelons ci-après celle proposée par la Conférence des Nations Unies sur la désertification (UNCOD, 1977) qui définit celle-ci comme étant la diminution ou la destruction du potentiel biologique de terres qui peut, dans une étape

ultime, aboutir à des conditions semblables à celles qui règnent dans un désert. Ce phénomène correspond à un aspect de large détérioration des écosystèmes sous la pression combinée d'un climat sévère et irrégulier et d'une exploitation excessive.

La superficie des déserts naturels est estimée à 14 000 000 km² (ACSAD, 1986) et le taux annuel de désertification est estimé près de 202 460 km² par an (Dregne, 1983).

Processus de désertification et facteurs responsables

Climat

Tous les auteurs s'accordent sur le fait que l'aridité est d'origine essentiellement climatique. Vue à l'échelle planétaire l'aridité a un caractère zonal évident et les climats aride ou subaride sont localisés en gros entre les 20 et 40èmes parallèles latitudinaux au Nord et au Sud de l'Equateur. C'est le cas du Sahara, des déserts d'Arabie, touranoiranien, nord américain de l'hémisphère Nord. C'est le cas des déserts du Sud-Ouest africain, chilien, péruvien, argentin, australien dans l'hémisphère Sud. Les conditions climatiques qui règnent dans ces zones terrestres ont des prolongements beaucoup plus étendus au niveau des océans ce qui rend plus évident le phénomène zonal (Monod et Durov, 1989). Néanmoins certains facteurs comme le relief et les courants marins peuvent être à l'origine de zones désertiques.

Opposer influence climatique et action anthropique dans la genèse des déserts, relève d'un débat parfois simpliste et procède d'une approche qui tend à confondre des facteurs qui agissent à des échelles d'espace et de temps incomparables.

Mais si la situation des déserts *sensu-stricto* paraît évidente, il n'en est pas de même des zones riveraines de grands déserts. Leur dénomination de zones "subdésertiques" ou, mieux encore, "pré-désertiques" suggère qu'elles sont condamnées à devenir tôt ou tard des déserts et trahit déjà le pessimisme des spécialistes qui anticipent sur leur destin. Cette attitude est, d'ailleurs, renforcée par la tendance à la régression observée dans l'ensemble de ces zones qui est généralement attribuée à la pression humaine.

Mais est-il alors permis de penser qu'en rationalisant le comportement humain -l'élimination de toute intervention humaine étant inconcevable- il peut exister une situation d'équilibre assurant le maintien du niveau minimum de ressources naturelles (hydriques, édaphiques, biologiques) au dessous duquel se déclenchent les processus de désertification ? Rien n'est moins sûr.

Quelle que soit la dynamique écologique de ces milieux, il est indéniable qu'une exploitation abusive de leurs maigres ressources est responsable de la dégradation croissante des écosystèmes de ces zones qui peut aboutir à leur désertification. Même en supposant qu'il y ait une tendance naturelle à l'assèchement des climats et donc à la désertification de ces zones, l'homme est responsable de l'accélération de ce phénomène dans de grandes proportions.

Action de l'homme

Les principales actions humaines incriminées dans ce processus sont brièvement rappelées :

- i. Le défrichement du couvert végétal, déjà réduit, à des fins de mise en culture et le prélèvement de bois à des fins domestiques (combustion, construction) sont considérées comme les principales causes de la raréfaction ou de la disparition des couverts arborescents et arbustifs.
- ii. L'utilisation inadéquate des sols par leur affectation à des spéculations agricoles ne tenant pas

compte de leur vocation et par l'emploi d'outils de préparation et d'entretien non appropriés.

- iii. L'accroissement du cheptel vivant qui s'accompagne souvent d'une amputation des parcours au profit des cultures, ce qui se traduit par une charge animale élevée et par un surpâturage excessif entraînant la réduction du couvert végétal naturel et en premier lieu des espèces pastorales les plus intéressantes.
- iv. L'utilisation des eaux chargées en sels et le mauvais drainage dans les périmètres irrigués et dans certaines oasis qui contribuent à la salinisation des sols et à la baisse de leur fertilité, voire leur stérilisation.

Erosion

Les facteurs anthropiques combinés à ceux écologiques (notamment climatiques) ont pour effets plusieurs manifestations physiques (érosion) et biologiques (réduction, voire éradication).

Erosion éolienne

Le vent est considéré comme l'un des principaux facteurs qui ont façonné les paysages des régions arides. L'érosion éolienne revêt 3 aspects :

- i. La déflation qui est un balayage des éléments de sol dont le résultat final est la mise à nu de la roche dans les zones à substrat dur ou l'apparition de cuvettes désertiques dont le niveau est inférieur à celui de la mer (Coque, 1968).
- ii. La corrasion qui est un bombardement des roches ou du sol en place par les particules que transportent les vents chargés. La corrasion peut modeler des buttes allongées de plusieurs mètres de hauteurs comme les Yardening du Turkstan (FAO, 1986).
- iii. L'accumulation qui est un dépôt d'une partie de la charge du vent qui intervient lorsque la vitesse de celui-ci faiblit. Ce phénomène est à l'origine de l'édification aussi bien de grands édifices dunaires tels que ceux observés au grand Erg saharien, dans le désert d'Arabie que de petites dunes édifiées à la faveur de petits obstacles qui ralentissent la vitesse du vent et dont l'existence n'est pas limitée à la zone désertique mais peut s'étendre aux champs de cultures (Khatteli, 1983).

Erosion hydrique

Malgré la faiblesse du niveau et de la fréquence des précipitations en zone aride, celles-ci ont souvent un caractère orageux et parfois torrentiel. Dans les zones à relief accidenté le ruissellement peut prendre des allures catastrophiques. Ce phénomène est aggravé par la réduction du couvert végétal voire son absence totale, caractéristique de ces milieux et l'on peut dans certains cas assister à de véritables inondations. Les dégâts dans certaines régions sont énormes, le décapage de la couche arable et parfois la mise à nu de la roche mère peuvent être observés à l'issue d'une seule averse (Bourges *et al.*, 1973).

Réduction du couvert végétal

Le couvert végétal naturel connaît une régression alarmante. Excepté à l'étage semi-aride, les formations arborescentes ont disparu depuis longtemps. Celles arbustives faiblement représentées ne

subsistent sous forme de quelques îlots isolés. Les formations de type steppique dominant les milieux arides, se caractérisent par un couvert formé presque exclusivement de chaméphytes (ligneux pérennes) et de thérophytes (annuelles). Cette réduction a pour effet de réduire la fertilité du sol et d'amplifier les phénomènes d'érosion qui à leur tour agissent défavorablement sur ce couvert végétal.

Baisse de la fertilité des sols

Plusieurs facteurs concourent à la baisse de la fertilité des sols. Le cas de l'érosion hydrique et de l'érosion éolienne qui agissent par ablation et par enterrement des couches arables superficielles ont été déjà évoqués. Les procédés et les outils de travail de sol inadéquats détruisent la structure du sol et augmentent sa sensibilité à l'érosion.

La salinité des eaux souterraines est une autre caractéristique des zones arides, l'utilisation de ces eaux dans l'irrigation des cultures est à l'origine de la salinisation des sols. Ce phénomène est aggravé par l'insuffisance de lessivage par les eaux de pluie en milieu aride et à la longue, l'utilisation des eaux souterraines chargées aboutit à une stérilisation des sols. L'absence de drainage peut provoquer une asphyxie progressive des sols et mener à leur stérilisation. Ces deux phénomènes ont pris beaucoup d'ampleur ces dernières années en raison de l'extension des périmètres irrigués par l'exploitation de nouvelles ressources hydriques à la faveur du progrès des techniques de prospection et de forage.

Contribution de la recherche scientifique à la lutte contre la désertification

Les travaux de recherche traitant du milieu désertique et aride sont comparativement à ceux traitant d'autres milieux, limités. La recherche, comme tous les autres secteurs de l'activité humaine n'échappe pas à la sévère loi de rentabilité économique. Comme il s'agit de recherche dont les résultats et le rendement sont peu perceptibles dans l'immédiat, les moyens alloués comparativement aux autres domaines de recherche sont nettement insuffisants.

Néanmoins de nombreux résultats ont été acquis dans ce domaine et la synthèse de ces travaux nécessiterait des développements qui dépasseraient l'objet de cette note. Seuls les principaux thèmes faisant l'objet de ces recherches seront évoqués.

Cartographie des états de surface et suivi de la dynamique du milieu

Pour lutter efficacement contre la désertification il est essentiel de déterminer avec le maximum de précision possible l'étendue des zones affectées et de délimiter à l'intérieur de celles-ci les différents degrés de sensibilité.

La télédétection joue un rôle essentiel et son utilisation dans ce domaine a permis des progrès considérables non seulement en matière de délimitation des unités de milieux divers mais également en matière de compréhension des facteurs agissant et de la dynamique de leur évolution.

Les programmes d'analyse et les logiciels de traitement de données satellitaires font l'objet d'une recherche de pointe qui tend de plus en plus à se développer. Mais le coût des images satellitaires et du matériel de traitement en constitue la principale contrainte.

Protection et restauration des sols

La contribution de la recherche dans ce domaine porte sur l'amélioration de procédés de réhabilitation des terres affectées par l'érosion éolienne et hydrique.

La lutte contre les effets de l'érosion éolienne

Les travaux de recherche dans ce domaine portent sur la détermination du potentiel érosif des vents et sur la détermination du degré de sensibilité des différentes zones à l'érosion éolienne. Les mécanismes de déplacement des dunes et de façon plus générale les processus d'ensablement ont été définis. La connaissance de tels mécanismes est indispensable pour la conception de procédés de lutte efficace.

Le rôle de la recherche ne se limite pas à l'étude des phénomènes mais celle-ci s'emploie également à trouver des solutions aux problèmes posés. Dans ce contexte, nombreux sont les résultats acquis par la recherche et qui trouvent leur application à large échelle au niveau des programmes de développement. Parmi ces résultats, rappelons à titre indicatif ceux portant sur le choix des brise-vent les plus appropriés pour la protection des infrastructures, des sols et des cultures, sur les techniques de fixations mécaniques et biologiques des dunes, sur les techniques appropriées d'aménagement de l'espace agricole menacé d'ensablement et enfin sur le choix des procédés et des outils de travail du sol les plus adéquats et susceptibles de limiter leur sensibilité à l'érosion éolienne.

La lutte contre l'érosion hydrique

Elle est associée aux travaux d'épandage des eaux de ruissellement en vue d'une amélioration du bilan hydrique du sol et de la recharge des nappes d'eau souterraine. Elle est généralement conçue sous forme d'ouvrages disposés en courbes de niveau et dont le principal inconvénient est leur courte longévité.

Les programmes de recherche en la matière portent sur les possibilités d'amélioration de l'efficacité de ces ouvrages par le choix de matériaux adéquats, leur dimensionnement et leur écartement en fonction de l'impluvium de l'aire traitée, de la hauteur de rétention et de la lame d'eau ruisselée maximale.

En réalité plus l'état de dégradation du sol est avancé plus l'intensité de l'érosion s'accroît et en l'absence de mesures d'accompagnement ces ouvrages finissent tôt ou tard par céder d'où la nécessité de les intégrer dans un aménagement global du bassin versant incluant les travaux de protection et de fixation des zones érodables.

D'autres mesures propres à rationaliser la gestion de ces ouvrages doivent être prises et notamment une participation de la population rurale aux phases d'élaboration et d'exécution, la limitation des traitements aux zones appropriées, le suivi et l'entretien réguliers des ouvrages et enfin l'évaluation de leurs coûts-avantages agroécologiques et socio-économiques (Fauck *et al.*, 1991).

Augmentation des ressources hydriques

Cette augmentation procède essentiellement par deux moyens, le premier fait appel à la maîtrise des eaux de crues et de ruissellement, le second fait appel à l'exploitation des eaux souterraines.

Maîtrise des eaux de crues

Barrages et lacs collinaires

Ces ouvrages ne peuvent être envisagés en milieu aride qu'en cas d'apport d'eau permanent qui généralement provient d'une source extérieure à la zone aride (Assouan en Egypte, Tabga en Syrie).

En l'absence de telles sources ils sont pratiquement inconcevables en raison de l'assèchement quasi-permanent des cours d'eau locaux.

Leurs objectifs sont généralement multiples en raison de leur coûts considérables et par souci d'une meilleure rentabilisation (alimentation en eau potable, irrigation, production d'énergie, etc.). Ces ouvrages posent des problèmes originaux de recherche et exigent une haute qualification.

Leur inconvénient majeur, en plus des gros investissements qu'ils nécessitent, est l'énormité des pertes par évaporation en raison du pouvoir évaporateur de l'atmosphère extrêmement élevé. Les nombreux essais visant à pallier cet inconvénient ont été jusqu'ici peu concluants.

Epandage des eaux de crue

Le mode d'exploitation des crues dépend des régions et du régime des cours d'eau ; trois types peuvent être distingués :

** Crues d'inondation*

Certains pays sahéliens exploitent les lits majeurs des fleuves à la suite des grandes crues qui s'y déversent ou les cuvettes limitrophes inondées.

** Ouvrages de déviation*

Il s'agit d'un système caractéristique de Nord du Sahara basé sur l'utilisation de barrages de dérivation des eaux de crue prolongé d'un canal principal amenant l'eau retenue alimentant un réseau de distribution à des champs de culture.

** Les terrasses*

Il s'agit d'un système de culture des zones montagneuses pratiqué dans les bassins versants d'oued ou occupant le lit de l'oued lui-même.

Au Yémen les terrasses sont conçues en paliers successifs bordés par de petits barrages en terre sèche.

Dans les flancs de montagnes des zones steppiques du Maghreb, de petits barrages sont installés le long de talwegs construits soit en terre, soit en pierre soit en combinant ces deux constituants dans un double but de retenir des sédiments arables et des eaux de ruissellement.

L'endroit situé immédiatement à l'amont de ces ouvrages constitue un milieu idéal pour les cultures. Mais à la longue l'accumulation des sédiments derrière le barrage peut constituer un inconvénient majeur en raison de la diminution progressive de la hauteur de rétention et l'imperméabilisation de sa partie amont ce qui le rend de moins en moins efficace.

De nombreuses recherches portant sur le choix de matériaux de construction adéquats et le dimensionnement de ces ouvrages en fonction de l'impluvium, sur la détermination de l'aire et de la hauteur de rétention, ainsi que de la lame d'eau ruisselée maximale ont abouti à des résultats qui ont permis d'améliorer sensiblement leur efficacité.

Exploitation des eaux souterraines

Les zones désertiques peuvent renfermer des réserves hydriques fossiles importantes (Tableau 3).

Tableau 3. Quelques exemples de réserves hydriques fossiles et leurs caractéristiques (Margat, 1983).

Zone	Formation aquifère	Superficie (km ²)	Réserve théorique (millions m ³)
Sahara septentrional (Tunisie-Algérie)	Crétacé supérieur à miocène (complexe terminal + complexe intercalaire)	950 000	6.10 ¹³
Bassin de la Koufra (Libye)	Cambrien crétacé supérieur	1 800 000	6.10 ¹²
Nouvelle vallée (Egypte Nubie)	Grès de Nubie		
Sénégal Mauritanie	Maestrichtien	200 000	1,5.10 ¹²

Les techniques de prospection et de reconnaissance des ressources hydrogéologiques ainsi que les procédés de leur exploitation allant du captage des sources au puisage de nappes superficielles jusqu'au forage et au pompage à plusieurs km de profondeur ont connu un grand essor pendant les dernières décennies. Les prospections pétrolières ont largement profité à la découverte et à l'exploitation d'aquifères profonds.

Deux inconvénients majeurs sont à signaler. Le premier se rapporte à l'épuisement à plus ou moins long terme de ces réserves non renouvelables pour la majeure partie. Le second concerne le caractère saumâtre d'une grande partie de ces réserves. En plus de la toxicité vis à vis des cultures irriguées l'excès de sel risque de stériliser les sols cultivés de façon irréversible.

La recherche a résolu l'aspect technique du problème de salinité des eaux (énergie solaire, énergie nucléaire, osmose inverse, etc.) mais le trait commun de toutes ces solutions demeure leur coût exorbitant qui constitue l'inconvénient majeur à l'extension de leur usage.

Amélioration des pratiques culturelles appropriées

Il s'agit de pratiques agricoles visant au maintien d'un maximum d'humidité dans le sol par des travaux appropriés, l'élimination de toute végétation concurrentielle de l'espèce ou des espèces cultivées ainsi que par la réduction de la concurrence intraspécifique.

Ces pratiques répandues dans toutes les régions du globe (*dry farming*) reposent sur trois principes fondamentaux :

Travaux appropriés du sol

Menés dans le but d'augmenter la capacité de rétention hydrique du sol et la réduction de ses pertes par évaporation, ces travaux diffèrent selon les régions et les spéculations :

- i. Dans les zones à cultures annuelles extensives on pratique souvent la jachère travaillée qui consiste à effectuer de nombreux labours successifs durant la période de repos précédant la mise en culture dont l'effet est d'ameublir le sol et de stocker le maximum d'humidité.
- ii. Dans les cultures fruitières extensives des labours fréquents sont effectués surtout après les pluies dans le but de faire durer au maximum les réserves hydriques du sol en éliminant la végétation adventice et en détruisant les canaux d'évaporation.
- iii. Dans les cultures irriguées la pratique du mulch (paillage, film plastique, etc.) permet de réduire ou d'empêcher la perte des réserves hydriques du sol par évaporation.

Élimination de la végétation

Les travaux de préparation du sol aussi bien ceux de la jachère travaillée que ceux d'entretien des cultures légumières et fruitières, surtout extensives, visent en même temps que la réduction de l'évaporation la destruction de toute végétation adventice qui risquerait de concurrencer la culture mise en place.

Il s'agit souvent d'une destruction systématique de la végétation adventice par épuisement total au moyen de labours et de recroisements successifs.

Réduction de la concurrence intraspécifique

Le déficit hydrique important des cultures fruitières en zone aride est compensé par la densité de plantation. L'oléiculture tunisienne en fournit l'exemple typique.

A l'étage bioclimatique subhumide et en zone irriguée sa densité peut atteindre 270 pieds/ha ; à l'étage semi-aride elle est de l'ordre de 68 pieds/ha ; à l'étage aride cette densité descend à 17 pieds/ha.

Le même principe trouve son application en ce qui concerne les cultures céréalières, légumières et fourragères. Leur densité de semis est plus élevée en zones humide et subhumide que celle en zone semi-aride elle-même supérieure à celle en zone aride.

Cependant, si les densités optimales sont bien connues en matière de cultures irriguées aussi bien fruitières que céréalières et maraîchères, celles des cultures extensives en zone aride sont assez mal définies. Très peu d'études y ont été consacrées. Ceci est imputable à la difficulté d'expérimentation de tels optima en condition d'aridité en raison de l'irrégularité des précipitations d'une année à l'autre.

Inconvénients et mesures susceptibles d'en réduire les effets

L'inconvénient majeur des façons culturales précédemment décrites réside dans le fait que celles-ci recourent à des procédés souvent érosifs tels que le défrichement, les travaux de préparation du sol, notamment le labour avec retournement, l'élimination de toute végétation concurrentielle dont les principaux effets sont la raréfaction du couvert végétal naturel, ou sa disparition totale et la destruction de la structure du sol qui devient extrêmement vulnérable en raison de sa faible cohésion et de sa pauvreté en matière organique.

Pour pallier ces effets néfastes quelques solutions sont proposées par la recherche telles que :

- i. Choix des spéculations agricoles en fonction de l'aptitude des sols.

- ii. Choix des outils appropriés pour le travail du sol en milieu aride et notamment ceux qui permettent son maniement sans retournement, sans inversion d'horizons et sans destruction de sa structure et de sa cohésion.
- iii. Culture en bandes alternées ; les bandes non défrichées servent à la fois comme brise-vent et comme "réserve" de maintien du couvert végétal naturel.
- iv. Amendement du sol par des apports minéraux et organiques permettant l'amélioration de ses propriétés physico-chimiques.
- v. Protection des sols au moyen de brise-vent.

Si les sols ont atteint un degré avancé de dégradation, toutes ces solutions peuvent s'avérer insuffisantes. Il importe, dans ce cas, de procéder à des travaux de réhabilitation avant d'entreprendre toute forme d'exploitation.

Amélioration des cultures adaptées à la sécheresse

Le comportement des végétaux vis à vis du stress hydrique et de celui des végétaux qui y résistent le plus sont assez bien connus et de nombreuses études y ont été consacrées. La synthèse de cette littérature abondante nécessiterait un développement dont l'exposé dépasse le propos actuel et nous nous limiterons à un simple rappel très bref de quelques notions fondamentales.

Caractères d'adaptation

Les mécanismes d'adaptation de la végétation au xérisme décrits par les spécialistes sont d'ordre morphologique, physiologique et éthologique.

Caractères d'adaptation morphologiques

Désignés par le terme xéromorphisme, ils sont nombreux et diversifiés. Les caractères les plus importants sont exprimés par la feuille, (de taille réduite, sclérophylle, épineuse, crassulescente, etc.), le renforcement des protections (pluristratification de l'épiderme, épaissement des cuticules, importance du parenchyme) et le développement racinaire adapté aux ressources hydriques du sol.

Caractères d'adaptation éthologique

Le spectre éthologique établi par Raunkiaer (1937) pour différentes régions du monde fait apparaître qu'en milieu aride la végétation naturelle est constituée essentiellement de thérophytes, d'une faible proportion d'hémicriptophytes, d'une très faible proportion de chaméphytes, alors que les phanérophytes sont pratiquement inexistantes.

Caractères d'adaptation physiologique

Ils sont liés à l'adaptation morphologique et s'appuient sur de nombreux mécanismes physiologiques qui concourent à réduire la transpiration du végétal en période sèche (réduction et fermeture de stomates) et à augmenter leur résistance à la dessiccation (Stocker, 1960) ainsi que leur efficacité d'utilisation de l'eau traduite par les types biochimiques de photosynthèse qui sont au nombre de trois

(Solbrig, 1977) :

- Cycle de Calvin ou plantes en C_3 .
- Cycle des acides dicarboxyliques ou plantes en C_4 .
- Métabolisme crassulescent ou plantes CAM.

Travaux portant sur la sélection des espèces les plus adaptées à l'aridité du climat

La plupart des travaux en matière de sélection opérées aussi bien dans le domaine végétal que dans le domaine animal ont concerné, surtout, les espèces qui vivent sous climat plus ou moins humide ou dans les milieux irrigués. Les espèces du monde aride sont malheureusement très peu étudiées du point de vue génétique. Leur potentiel de production réduit est certainement à l'origine du faible intérêt manifesté jusqu'ici par les sélectionneurs dont l'attention est vouée aux espèces à haut rendement.

Mais dans des conditions aussi contraignantes que celles des milieux affectés par l'aridité du climat l'objectif primordial de toute sélection ne doit-il pas être la sauvegarde puis l'amélioration du patrimoine génétique autochtone fruit d'une sélection naturelle plurimillénaire ? Cet objectif n'est pas tant la recherche des caractères de performance de production mais surtout ceux inhérents à l'adaptabilité aux adversités du milieu (sécheresse, ensablement, pauvreté du sol). Les généticiens savent, d'ailleurs, très bien que l'amélioration des performances de production d'une espèce s'effectue en règle générale au détriment des caractères du rusticité et de résistance aux adversités.

Les espèces fruitières et céréalières connaissent une situation relativement plus favorable que celle des espèces fourragères. En effet, de nombreuses sélections variétales au sein des deux premières catégories d'espèces du milieu aride ont été opérées d'abord sur le plan empirique puis sur le plan scientifique.

Excepté dans quelques rares pays comme l'Australie, les espèces fourragères en zones arides n'ont, quant à elles fait l'objet que de peu d'attention sur le plan génétique. Ceci est d'autant plus regrettable que la vocation des zones arides est essentiellement pastorale.

Il faut admettre, cependant, que la productivité de ces espèces est assez limitée en raison d'une sélection naturelle plurimillénaire opérant dans le sens d'une adaptation aux rudes épreuves climatiques et édaphiques du milieu aride et favorisant les caractères de maintien de l'espèce au détriment de ceux des performances de production.

Cette évolution s'accompagne en raison de la pression anthropozoogène d'une régression de la variabilité phytogénétique qui conduit inéluctablement à une perte des caractères recherchés tant au niveau des aptitudes pastorales qu'au niveau de l'adaptation à l'aridité.

La mise en oeuvre d'un programme qui permettra à court terme d'opérer un choix des écotypes les plus intéressants et à long terme la sélection et/ou la création de génotypes performants s'impose.

Amélioration de la production animale

Mis à part les périmètres irrigués dont la superficie ne représente qu'une faible part, l'ensemble des zones arides est à vocation essentiellement pastorale.

L'amélioration de l'élevage dans ces régions s'appuie sur deux principes fondamentaux :

- i. Celui de l'amélioration pastorale.
- ii. Celui de l'amélioration des caractères zootechniques.

Amélioration pastorale

Elle procède généralement par deux voies :

- i. Si la dégradation du couvert végétal n'a pas atteint un stade trop avancé les modèles d'aménagement proposés par la recherche s'appuient généralement sur trois opérations :
 - * Création de réserves fourragères sur pied composées généralement d'arbustes fourragers.
 - * Mise en défens selon un calendrier adéquat de rotation permettant à la fois la régénération de la végétation et une alimentation normale du cheptel.
 - * Régulation de la charge animale en fonction de la nature des parcours et de leur capacité de production.
- ii. Si la dégradation du couvert végétal a atteint un degré tel que toute restitution par des interventions visant à une régénération naturelle ne puisse plus être espérée, le recours à des opérations de resemis direct s'avère une nécessité (Akrimi, 1990).

Dans la plupart des pays situés en zone aride l'étude des espèces pastorales autochtones ne fut que récemment abordée. Les premiers travaux ont porté sur l'identification des espèces les plus prometteuses tant du point de vue adaptabilité au climat que du point de vue aptitude fourragère. Les travaux actuels portent sur l'étude du comportement et sur les exigences écologiques de ces espèces à tous les stades de leur cycle de vie (germination, développement végétatif, production, composition alimentaire, etc.).

Les principaux obstacles rencontrés sont la non disponibilité de semences en quantités suffisantes et les contraintes d'installation.

Les pays ayant acquis une certaine expérience dans ce domaine, l'Australie en est un exemple, ont résolu le problème à leur échelle, mais ces solutions sont difficilement transposables, en l'état et les premiers essais ont montré qu'une recherche propre à chaque région est à développer (Boyce et Floret, 1988).

Amélioration des caractères zootechniques

L'élevage en zone aride est essentiellement de type extensif. L'accroissement du bétail consécutif à l'accroissement démographique d'une part et l'amputation des terres à parcours au profit des cultures vivrières d'autre part sont considérés parmi les causes essentielles de désertification.

L'amélioration des performances de production du cheptel est la seule voie possible permettant de satisfaire à la double exigence de maîtrise d'un haut potentiel de production animale tout en limitant sa charge.

Malheureusement les espèces animales en zone aride, au même titre que les espèces végétales, n'ont fait l'objet que de peu de travaux de sélection. L'élevage de petits ruminants et du dromadaire sont les élevages les plus répandus. Les premiers ont profité des recherches effectuées sur des races élevées en d'autres milieux que l'aride, les recherches sur le dromadaire sont encore à leur début.

Faune sauvage

C'est la ressource naturelle qui est indéniablement la plus menacée mais qui est, paradoxalement, la moins étudiée. Les races d'animaux et d'oiseaux disparus en l'espace de moins d'un siècle se comptent par centaines.

Non seulement cette ressource ne fait l'objet d'aucun projet ni d'aucune stratégie mais de plus elle est le théâtre d'abus et de délits, de toute sorte. Les nombreux textes juridiques de protection ou de réglementation de leur chasse ou de leur capture sont rarement respectés. La recherche dans ce domaine est quasiment absente dans la plupart des pays concernés.

Propositions pour une meilleure efficacité des programmes de recherche

Programmes de recherche

Il a été déjà mentionné que les espèces aussi bien végétales qu'animales du milieu aride étaient peu étudiées du point de vue génétique, comparativement aux espèces appartenant aux milieux plus humides. Mais ceci est aussi valable pour tous les autres thèmes de recherche.

D'après la FAO (1989) il existe beaucoup de lacunes dans nos connaissances du phénomène de désertification et du modèle d'aménagement des zones arides. Les principaux thèmes jugés comme étant les plus importants et devant être étudiés en priorité sont rappelés ci-après :

1. Elaboration de modèles climatiques à long terme et de prévisions des précipitations caractéristiques des zones affectées par la désertification.
2. Contrôle et suivi de la végétation des milieux arides en vue de détecter des changements dus à des causes spécifiques.
3. Actualiser les inventaires écologiques et leur évaluations quantitatives en milieu aride destinés à l'élaboration de systèmes d'aménagement.
4. Etude de comportement des espèces des zones arides ayant une importance économique et soumises à des prélèvements et des stress divers (pâturage, flux, etc.).
5. Détermination des exigences édaphiques et climatiques et des seuils de tolérance des espèces résistantes au sel.
6. Inventaire des zones affectées par la salinisation et classement en fonction du degré d'affectation.
7. Mise au point de méthodes de correction des sols salés et détermination des espèces les mieux adaptées.
8. Détermination des exigences minimales des cultures agricoles et sylvicoles.
9. Rationalisation de l'utilisation du feu pour l'amélioration des parcours et le contrôle de la végétation.
10. Intégration de la faune sauvage dans l'élevage et meilleure utilisation des produits de la faune sauvage en améliorant les conditions de conservation.
11. Etude anthropologique et sociologique dans les zones affectées par la désertification visant à l'analyse de la réaction des populations vis à vis des politiques d'aménagement et de développements en vue d'une meilleure implication.
12. Mise au point de méthodes simples d'implication des populations sédentaires dans les programmes de lutte contre la désertification.
13. Création d'institutions spécialisées de formation adéquate en matière de lutte contre la désertification à l'intention des techniciens oeuvrant dans ce domaine.

14. Evaluation économique de l'efficacité des techniques de réhabilitation des terres dégradées. Coût et efficacité des différentes techniques de collecte des eaux par l'afforestation et la réhabilitation des sols.
15. Evaluation économique des brise-vent en zones arides et semi-arides.
16. Evaluation économique de la biomasse produite en irrigué et en extensif à des fins d'usage énergétique et d'alimentation du bétail.
17. Choix des cultures les plus adaptées et plus productives.
18. Étude des aspects phytosanitaires qui posent des problèmes originaux.
19. Choix des techniques d'irrigation et de drainage les plus adéquates, notamment celles qui permettent une meilleure économie d'eau.
20. Recherches sur l'utilisation des eaux géothermales à des fins d'irrigation et de production d'énergies (chauffage de serre, de locaux, etc.).

Organisation de la recherche

La lutte contre les effets de la sécheresse et de la désertification fait curieusement, l'objet de plusieurs programmes nationaux, régionaux et mondiaux et alimente les discussions de nombreux congrès, réseaux et autres formes de débats mais, paradoxalement, ne suscite qu'un faible intérêt des chercheurs et des institutions de recherche.

A titre d'exemple dans la région méditerranéenne qui est l'une des plus concernées par le phénomène de sécheresse et de désertification 462 institutions de recherche et de formation ont été recensées (Fondation René Seydoux, 1989). Sur ce nombre seulement six institutions spécialisées en matière de sécheresse et de désertification ont été relevées.

Un deuxième exemple non moins significatif, celui des projets de recherche en matière d'agriculture tropicale et subtropicale financé par la Commission des Communautés Européennes (1989).

Sur les 186 projets réalisés entre 1983 et 1986, seuls 9 projets traitant exclusivement d'études du milieu aride ou de spéculations agricoles qui s'y adaptent ont été relevés.

La raison de cette faible motivation suscitée par les programmes traitant de recherches en matière de sécheresse et de désertification est essentiellement d'ordre économique.

Dans les pays développés qui détiennent plus des 90% des moyens de la recherche, ce type de milieu est soit inexistant, soit faiblement représenté. Dans les rares pays qui sont concernés il est considéré comme étant marginal par rapport aux autres écosystèmes et sa rentabilité trop faible pour mériter l'attention des développeurs et des chercheurs.

Dans les pays en développement concernés par ce problème, en plus de la modicité des ressources de la plupart d'entre eux la recherche ne constitue pas une priorité et encore moins celle portant sur les milieux "marginaux".

Dans ce cas comme dans l'autre le chercheur opérant dans ce type de milieu doit se munir de beaucoup de patience, se contenter de résultats modestes et long à venir en raison des nombreux aléas rencontrés et compenser par un effort supplémentaire l'insuffisance des moyens qui lui sont alloués en vertu du principe implacable de rentabilité.

Néanmoins l'ampleur des phénomènes de sécheresse et de désertification observée ces dernières années et ses conséquences désastreuses sur certains pays a incité quelques initiatives aux niveaux

régional et international (OSS, Conférence de Rio de Janeiro) propres à appuyer la recherche et de façon plus générale à renforcer la lutte contre les effets de ces phénomènes.

L'approche suivie par la recherche dans ce domaine, lorsqu'elle existe, pose aussi quelques problèmes :

- i. Il existe très peu de travaux qui appréhendent les sujets d'aridologie et de lutte contre la désertification comme une entité.
- ii. En règle générale les thèmes sont abordés séparément et l'on assiste à l'échelle d'un même pays à une multitude d'organismes et de chercheurs traitant du même thème.

La coordination entre divers intervenants et l'organisation des chercheurs en équipes multidisciplinaires oeuvrant pour réaliser un même objectif s'imposent dans le cas présent plus que dans tout autre domaine.

Conclusion

Les effets de la sécheresse et de la désertification ont atteint ces dernières années des proportions alarmantes. L'homme assume une grande part de responsabilité dans l'amplification de ces effets qui, dans certains pays, peuvent dégénérer en véritable catastrophe.

Il n'y a aucune commune mesure entre les moyens affectés à la recherche en matière de lutte contre la sécheresse et la désertification et l'ampleur de ces deux phénomènes.

De nombreuses lacunes subsistent encore dans nos connaissances tant au niveau de leur processus qu'au niveau des modèles d'aménagement des zones affectées.

Une mobilisation des moyens, une conjugaison et une meilleure coordination des actions aux niveaux national et régional ainsi qu'une plus grande solidarité à l'échelle internationale sont, plus que jamais, nécessaires pour pouvoir lutter efficacement contre ces fléaux.

Références

ACSAD (1986): L'Agriculture et l'eau dans les zones arides des pays arabes. n°4, Février 1986.

AKRIMI, N. (1990): Aptitudes pastorales de la végétation naturelle en zone aride tunisienne et possibilités de son amélioration. Volume Jubilaire du Professeur P. Quezel. *Ecologia Mediterranea* XVI, p. 371-382.

BOURGES, J., FLORET, C. et PONTANIER, R. (1973): Etude d'une toposéquence type du sud tunisien Djebel Disa, les sols, bilan hydrique, érosion, végétation. Direction des Ressources en Sols de Tunisie. Division des Sols, Rome 1980.

BOYCE, K. et FLORET, C. (1988): Rapport au Gouvernement tunisien sur la multiplication des semences et la remise en végétation des parcours du sud tunisien. Projet PNUD, PNUE/TUN/85/006.

COMMISSION DES COMMUNAUTES EUROPEENNES (1989): Sciences et techniques au service du développement de l'agriculture tropicale et subtropicale. Projet de Recherche 1983-1986. Résumés et rapport final.

- COQUE, R. (1968): Le systèmes morphogénétiques. Encyclopaedia Universalis Paris, 2: 273-381.
- DREGNE, H.E. (1983): Desertification of arid lands. Char. Switzerland Harword Academic Publishers.
- DURAND, J.H. (1988): Arrêter le désert. ACCT Presses Universitaires de France.
- FAO (1986): Brise-vent et rideaux abris avec référence particulière aux zones arides. Cahier FAO Conservation 15.
- FAO (1989): Role of forestry in combating desertification. FAO conservation guide 21, Rome.
- FAUCK, R., MAKLOUF, E., BACHT, M.S., LAMARY, M. et MARUANI, A. (1991): Evaluation des techniques de conservation des eaux et du sol en Tunisie. Projet PNUD-FAO/TUN/86 020. Document provisoire.
- FONDATION RENE SEYDOUX (1989): Répertoire Méditerranéen - Centre d'action, de recherche et de formation.
- GRAINGER, A. (1990): The threatening desert - controlling desertification. Earthscan Publications Ltd, London.
- JOLY, F. (1957): Les milieux arides - Définition, Extension. Notes marocaines, 8: 15-30.
- KHATTELI, H. (1983): Contribution à l'étude de la dynamique des dunes dans les parcours du sud tunisien. Séminaire sur les problèmes de l'érosion éolienne dans les zones prédésertiques, Jerba, Tunisie.
- MARGAT (1983): Les ressources en eau souterraine sont-elles durables ? Géochronique n°3.
- MONOD, T. et DUROV, J.M. (1989): AGEF France.
- RAUNKIAER, C. (1937): Plant life forms. Clarendon. Oxford, 104 p.
- SOLBRIG, O.T. (1977): Drought resistance in desert plants. Life form strategies in response to water resources. Convergent evolution in warm deserts, ed. US/IBP synthesis, Series 3, Dowder Hutchinson and Ross Inc. Strondsburg, Pennsylvania, USA.
- STOCKER, O. (1960): Physiological changes in plants due to water deficiency. Page 63 *in* Plant Water Relations in Arid and Semi-arid conditions, Reviews of Research, UNESCO, Paris.
- TRICART, J. (1969): Le modèle des régions sèches. Traité de géomorphologie IV. Paris SEDES, 472 p.
- UNCOD (1977): United Nations on desertification, 29 August-9 September 1977 Round up, Plan of Action and Resolution. United Nations, New York, USA.