

Problèmes et potentialités des terres arides de l'Afrique du Nord

Le Houérou H.-N.

L'aménagement des zones arides

Paris : CIHEAM

Options Méditerranéennes; n. 26

1975

pages 17-35

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

<http://om.ciheam.org/article.php?IDPDF=CI010589>

To cite this article / Pour citer cet article

Le Houérou H.-N. **Problèmes et potentialités des terres arides de l'Afrique du Nord.** *L'aménagement des zones arides.* Paris : CIHEAM, 1975. p. 17-35 (Options Méditerranéennes; n. 26)



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

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

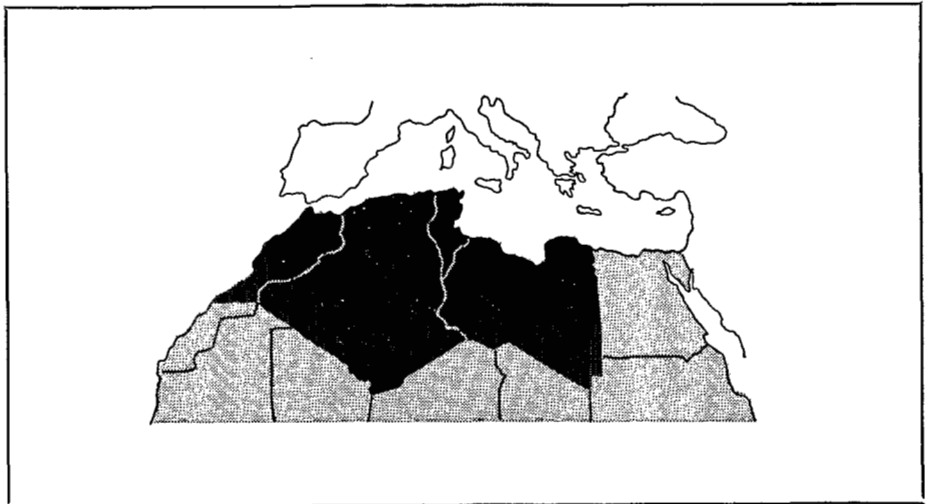
H.N. LE HOUÉROU

Dr. Sc.

Écologiste

F.A.O., Rome

Problèmes et potentialités des terres arides de l'Afrique du Nord



L'auteur, engagé depuis 20 ans dans des recherches d'écologie végétale et appliquée dans ces quatre pays, se propose de dresser ici une synthèse des problèmes de développement des régions du nord-ouest de l'Afrique. Ces problèmes se retrouvent identiques, à des nuances près, dans chacun des quatre pays considérés.

En dépit de leur diversité, les quatre pays de l'Afrique du Nord (Maroc, Algérie, Tunisie, Libye) présentent une incontestable homogénéité, aussi bien dans les conditions naturelles que dans le peuplement humain.

Le climat est partout de type méditerranéen, c'est-à-dire à pluies concentrées sur la saison fraîche et à journées courtes.

Les formations géologiques comprennent essentiellement des affleurements sédimentaires particulièrement développés au cours des temps secondaires, tertiaires et quaternaires.

Les zonalités climatiques et géologiques induisent des types de végétations et de sols comparables d'un pays à l'autre.

Le peuplement humain a subi les mêmes vicissitudes depuis le début de la période historique; les frontières politiques ont constamment varié au hasard des conquêtes et du flux et reflux de populations allochtones, créant un puissant brassage ethnique depuis le Néolithique.

Depuis le VII^e siècle les différences ethniques sont fortement aplanies par la religion musulmane liée à la civilisation arabe. Celle-ci a imprégné profondément de sa philosophie le comportement humain jusque dans les moindres actes de la vie quotidienne.

LES CONDITIONS NATURELLES

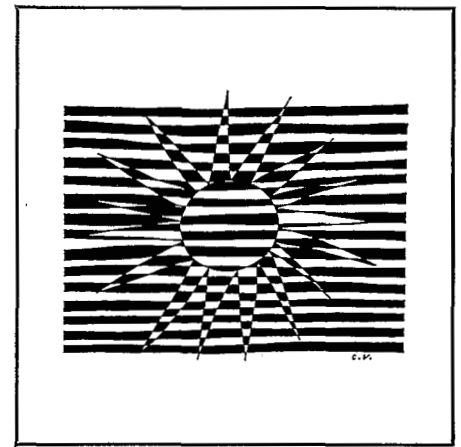
Définitions et superficies

Les géographes, les climatologues et les biologistes spécialistes de l'Afrique du Nord sont généralement d'accord pour qualifier d'arides les portions de territoire comprises entre les isohyètes de 100 à 400 mm, bien que l'on constate de nombreuses variations dans la terminologie utilisée.

Les zones recevant plus de 400 mm sont considérées comme semi-arides, subhumides ou humides (EMBERGER, 1930) selon l'importance des précipitations.

Les zones recevant moins de 100 mm de précipitations moyennes annuelles sont classées comme désertiques ou sahariennes (EMBERGER, 1930; CAPOT-REY, 1953; LE HOUÉROU, 1959; SAUVAGE, 1963; QUÉZEL, 1965, etc.).

Ces limites constituent des seuils remarquables et sont justifiées par des considérations biogéographiques et agronomiques. Les isohyètes de 350-400 mm correspondent à la limite septentrionale de la végétation steppique et à la limite méridionale de la céréaliculture régulière et productive en dry farming (LE HOUÉROU, 1959; MONJAUZE, 1960).



Climat

Les pluies tombent entre octobre et avril; dans certaines zones d'altitude, les orages d'été peuvent représenter 10 à 20 % des hauteurs annuelles.

La pluviosité varie de 5 mm à 400 mm par an. La région de l'Erg Libyque, à la frontière égyptienne, est l'une des plus arides du monde (Koufra $\neq$ 0) ainsi que le Fezzan et certaines parties du Sahara Central (Ténéré et Tanezrouft) où la pluviosité ne dépasse guère 5 à 10 mm (DUBIEF, 1963).

La variation des précipitations (2) croît en raison inverse des hauteurs moyennes (VERNET, 1954; LE HOUÉROU, 1959). Ce qui constitue en facteur d'aridité supplémentaire.

Le coefficient de la variabilité est de l'ordre de 30 à 40 % en zone aride; (le maximum égalant 4 à 6 fois le minimum); il atteint et dépasse 60 à 80 % en zone désertique où le maximum observé au cours d'une année donnée atteint et dépasse 12 fois le minimum. La variabilité mensuelle est également très grande : tout mois de l'année peut être absolument sec ou anormalement pluvieux (BALDY, 1965).

A l'intérieur de chaque grande zone la pluviosité croît avec l'altitude selon un gradient de l'ordre de 20-25 mm pour 100 m entre les isohyètes de 100 à 400 mm (SELTZER, 1947; GAUSSEN et al., 1954-1958; LE HOUÉROU, 1959; BALDY, 1965, etc.).

Les températures dépendent de la latitude, de l'altitude (0,5 °C pour 100 m de dénivellation) et de la continentalité. La moyenne des minimum de janvier atteint 9-10 °C sur le littoral atlantique 7-8 °C sur le littoral méditerranéen et s'abaisse à 0 °C et moins au-dessus d'une altitude de 1 000-1 200 m.

La moyenne des maximum de juillet est de l'ordre de 27-30 °C sur la côte et 30-35 °C à l'intérieur; elle atteint 42 et même 45 °C au Sahara.

L'humidité relative dépasse 70 % toute l'année sur les côtes. Dans l'hinterland elle est de l'ordre de 60-65 % en hiver et 35 à 40 % en été. Dans la zone désertique elle descend à 25 % et moins en été et ne remonte pas à plus de 55 % en hiver.

(2) $v = \frac{100}{P} \sigma$
ou
 v = Variabilité interannuelle
 P = Précipitations moyennes annuelles
 σ = Écart-type des précipitations annuelles

L'isohyète de 100 mm limite vers le Nord un cortège d'espèces désertiques et un ensemble de communautés végétales bien définies. C'est aussi la limite méridionale extrême de l'agriculture non irriguée (LE HOUÉROU, 1959; QUÉZEL, 1965; LE HOUÉROU et FROMENT, 1966).

Bien d'autres critères : climatiques, géomorphologiques, hydrologiques, pédologiques, agronomiques, zoologiques, botaniques et écologiques concordent pour limiter la zone aride entre les isohyètes de 100 et 400 mm (LE HOUÉROU, 1959, 1969, 1970).

Il serait trop long de les passer en revue ici.

Ces critères de pluviosité moyenne annuelle souffrent peut-être quelques exceptions locales, notamment le long de la côte atlantique, mais restent simples, commodes, et, somme toute, assez exacts à l'échelle qui nous intéresse. Ils sont en concordance satisfaisante avec des valeurs remarquables de divers indices climatiques plus complexes (EMBERGER, GAUSSEN, THORNTHWAITE, DE MARTONNE, etc.).

Les zones ainsi délimitées correspondent sensiblement à celles des cartes de MEIGS (1953, 1960) (1), bien que la zone désertique, telle que nous l'entendons, soit notablement plus étendue vers le Nord que la zone « extrêmement aride » de MEIGS.

Ainsi définies, les zones arides et désertiques occupent en Afrique du Nord les superficies suivantes (S en 10³ km² et %) :

Pays Zones	Maroc (3)		Algérie (4)		Tunisie (1)		Libye (2)		Total	
	S	%	S	%	S	%	S	%	S	%
Aride . . .	120	26,8	200	8,4	55	35,4	90	5,1	465	9,8
Désertique.	130	29,0	2 000	84,0	63	40,7	1 167	94,7	3 860	81,1
Total aride + désertiq.	250	55,8	2 200	92,4	118	76,1	1 757	99,8	4 325	90,9
Total Pays.	447		2 381		155		1 760		4 743	

(1) Le Houérou, 1969; (2) Le Houérou, 1965; (3) Ionesco, 1965; (4) Le Houérou, 1970.

(1) Les cartes de Meigs présentent d'ailleurs quelques anomalies peu compréhensibles telle que l'inclusion des massifs du Hoggar et du Tassili dans la zone semi-aride, alors que la pluviosité n'y dépasse nulle part 150 mm!

Les vents chauds et secs de secteur Sud soufflent 20 à 60 jours par an et peuvent faire descendre l'humidité relative à des valeurs de 10-15 %.

L'évapotranspiration potentielle mesurée sur gazon de *Pennisetum clandestinum* varie de 1 200 à 1 600 mm par an selon les zones (DAMAGNEZ et al., 1964; DE VILLÈLE, 1965).

La saison sèche évaluée selon la méthode de BAGNOULS et GAUSSEN (1953) dure de 7 à 11 mois dans la zone aride et 12 mois dans la zone désertique (3). Cette évaluation correspond presque exactement avec celle obtenue par l'emploi de la méthode THORTHENWAITE (PRÉZIOSI, 1954; LE HOUÉROU, 1959).

Les climats de l'Afrique du Nord appartiennent à la gamme des climats méditerranéens au sens d'EMBERGER; la zone désertique, au nord du Tropique du Cancer, n'est qu'une forme extrême de ce type de climat, puisque les pluies surviennent en hiver. Nous classerons ici les climats suivant la méthode d'EMBERGER parce que cette méthode est la plus utilisée en Afrique du Nord où elle a d'ailleurs été conçue, et que, de plus, elle se montre en harmonie avec les faits biogéographiques et agronomiques (LE HOUÉROU, 1958; LE HOUÉROU et GOUNOT, 1959).

Les climats sont classés en fonction de deux critères : l'indice pluviométrique « Q^2 » et la moyenne des minimum du mois le plus froid « m ».

$$Q^2 = \frac{2000 P}{M_2 - m_2}$$

où

P = pluviosité moyenne annuelle
M = moyenne des maximum du mois le plus chaud (juillet, août)
m = moyenne des minimum du mois le plus froid (janvier)

M et m sont exprimés en degrés Kelvin (Celsius + 273).

Nous obtenons ainsi les subdivisions suivantes :

$10 < Q^2 < 50$ = climat méditerranéen aride
 $2 < Q^2 < 10$ = climat méditerranéen désertique ou saharien
 $Q^2 < 2$ = climat eu-saharien.

(3) BAGNOULS et GAUSSEN considèrent comme sec tout mois où

$P < 2 T$: P = précipitation moyenne mensuelle
T = température moyenne mensuelle.

Le climat aride se subdivise en supérieur, moyen et inférieur et le climat saharien en supérieur et inférieur (LE HOUÉROU, 1958; LE HOUÉROU et GOUNOT, 1959).

Les valeurs remarquables de m déterminent des variantes à l'intérieur de chaque sous-climat.

- $5 < m < -2$:
variante à hivers très froids = TF
- $-2 < m < 1$:
variante à hivers froids = FF
- $1 < m < 3$:
variante à hivers frais = F
- $3 < m < 5$:
variante à hivers tempérés = T
- $5 < m < 7$:
variante à hivers doux = D
- $7 < m < 9$:
variante à hivers chauds = C
- $9 < m$:
variante à hivers très chauds = CC

Nous obtenons ainsi le schéma suivant :

Climats	Aride Supérieur (4)	Aride Moyen	Aride Inférieur	Désertique Supérieur	Désertique Inférieur	Eu-Saharien
Q^2 Pmm	32-50 300-400	22-32 200-300	10-22 100-200	5-10 50-100	2-5 20-50	0-2 0-20
CC	+	+	+	+	—	—
C	+	+	+	+	—	—
D	+	+	+	+	+	+
T	+	+	+	+	+	+
F	+	+	+	+	+	+
FF	+	+	+	+	—	—
TF	+	+	—	—	—	—

(4) Cette subdivision a été souvent classée jusqu'ici « semi-aride inférieur » (LE HOUÉROU 1958; GOUNOT et LE HOUÉROU, 1959). En raison des faits biogéographiques et agronomiques nous préférons la qualifier d'« aride supérieur » (LE HOUÉROU, 1970).

Nous obtenons ainsi 3 types de climats, 6 types de sous-climats et 7 variantes, auxquels correspondent 3 étages de végétation, 6 sous-étages et 7 variantes (LE HOUÉROU, 1969) définis par des communautés végétales. La combinaison des 6 sous-climats et 7 variantes donne donc en principe 42 nuances climatiques dont 32 ont été observées dans la réalité.

Ces 32 nuances climatiques correspondent aux 6 subdivisions de MEIGS : Ac 13 -

Ac 14 - Ac 23 - Ac 24 - Ea 23 - Ea 24, mais sont naturellement beaucoup plus précises.

Les spécialistes de différentes disciplines sont maintenant d'accord pour écarter l'hypothèse d'un changement de climat depuis le début de la période historique, en dehors peut-être de quelques balancements de faibles amplitudes (MONOD, 1958; DUBIEF, 1956; LE HOUÉROU, 1968).



Relief. Géomorphologie

La zone aride est limitée au Nord par une ligne de reliefs orientée SW-NE : Moyen Atlas et Haut Atlas du Maroc, Atlas Tellien d'Algérie et Dorsale Tunisienne. Ces reliefs atteignent 3 000-4 000 m au Maroc, 2 000-2 500 m en Algérie et 1 200-1 500 m en Tunisie. Ces reliefs réduisent d'une part les influences océaniques et méditerranéennes et d'autre part les influences sahariennes.

La zone désertique est limitée au Nord par une seconde ligne de reliefs : Anti Atlas au Maroc, Atlas Saharien et Aurès en Algérie, Chaîne des Chotts et Monts des Matmata en Tunisie, Djebels Nefoussa et Lakhdar en Libye. L'altitude de ces reliefs est de 1 500-2 000 m au Maroc et en Algérie, 500-800 m en Libye.

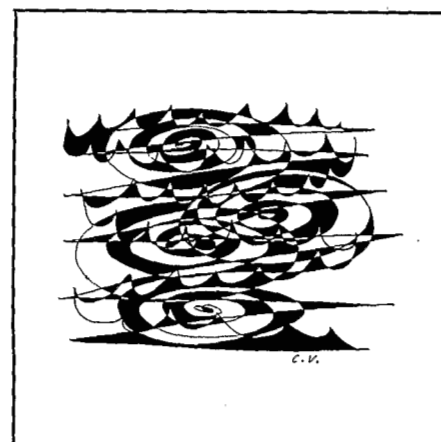
L'essentiel des zones arides est donc formé de hautes plaines de 800 à 1 200 m d'altitude limitées au Nord et au Sud par les chaînes atlasiques. Ces hautes plaines comprennent des dépressions (Zahrez, Hodna, etc...) dont l'altitude s'abaisse à 400-800 m. Aux deux extrémités de l'Afrique du Nord : sur le littoral atlantique et vers le golfe des Syrtes, les basses plaines arides s'abaissent progressivement au niveau de la mer.

La zone aride nord-africaine se présente comme une série de vastes plaines plus ou moins mollement vallonnées dont la monotonie est localement rompue par quelques reliefs témoins des plissements Atlasiques. Ces plaines constituent des séries de glacis d'érosion et de glacis alluviaux.

Les glacis d'érosion, généralement au nombre de 4 (5), se développent au pied des reliefs en une série de surfaces aplanies, emboîtées et couronnées par de puissantes croûtes calcaires ou, localement, gypseuses. Ils sont entaillés par les cours d'eaux qui ont édifié au cours du quaternaire des terrasses alluviales (au nombre de 4).

Les glacis alluviaux constituent souvent le niveau de base des systèmes endoréiques; ils sont souvent salés.

(5) R. Coque, 1962.

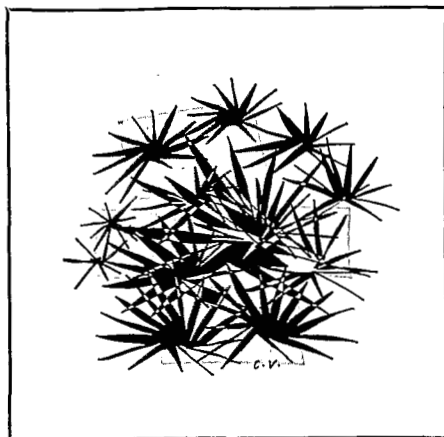


Hydrologie. Erosion

L'hydrologie superficielle se caractérise par des écoulements intermittents. Les rivières temporaires ou « oueds » ne coulent que quelques heures par an après les pluies. Les zones situées en bordure des reliefs élevés (2 000-4 000 m) du Maroc présentent des cours d'eau pérennes au moins dans la partie supérieure de leurs cours (O. Dra, O. Moulouya, O. Sous, O. Tensift, etc...). En zone aride, les pluies de 10-20 mm suffisent à déclencher les écoulements. Les zones arides situées en bordure des reliefs élevés constituent des cas particuliers en raison des possibilités agricoles offertes par l'utilisation du ruissellement (Aurès, Sud Marocain). 5 à 10% des précipitations alimentent le ruissellement et sont perdues (LE HOUÉROU, 1969).

L'érosion hydrique a été mesurée par l'accumulation des alluvions derrière les barrages réservoirs et par l'étude du débit solide des cours d'eau. En zone aride la tranche érodée est de 0,5 à 1,5 mm de sol par an (TIXERONT, 1960; LICITRI, 1966; MONJAUZE, 1960; LE HOUÉROU, 1969).

En bordure de la zone désertique la destruction de la végétation naturelle conduit à une érosion éolienne intense. La tranche érodée peut atteindre plusieurs centimètres par an sur les sols sableux (LE HOUÉROU, 1962, 1968, 1969; FLORET et LE FLOCH, 1972).



Végétation

La végétation des zones arides et désertiques de l'Afrique du Nord a fait l'objet de nombreux travaux, notamment en Tunisie et au Sahara. L'ensemble du territoire tunisien est couvert par des cartes phytécologiques à moyenne échelle (1/50 000 à 1/500 000).

Ces cartes phytécologiques couvraient les superficies suivantes en 1974 :

Algérie	50 000 km ²
Libye	25 000 km ²
Maroc	50 000 km ²
Tunisie	150 000 km ²
TOTAL	275 000 km ²

50 000 km² supplémentaires seront levés au 1/200 000 dans les steppes de l'Ouest algérien en 1975-1977.

Cette végétation est généralement qualifiée de steppique. Elle se caractérise par l'importance des espèces vivaces, ligneuses ou graminéennes, couvrant 10 à 80 % de la surface du sol et hautes de 10 à 50 cm avec un développement très variable des espèces annuelles liées aux pluies.

Dans les zones désertiques, surtout dans l'étage méditerranéen saharien inférieur, et eu-saharien, la végétation est généralement disposée sur un mode « contracté » (MONOD, 1937, 1954) c'est-à-dire localisée dans les zones basses et le long du réseau hydrographique.

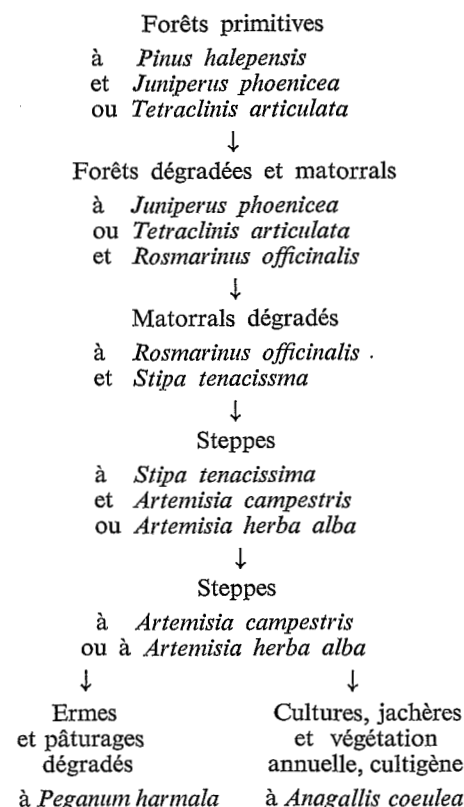
Dans les zones arides, au contraire, les steppes sont disposées sur un mode « diffus », c'est-à-dire à recouvrement végétal relativement régulier.

Entre les isohyètes de 200 et 400 mm les steppes résultent de la dégradation d'une végétation forestière (LE HOUÉROU, 1955, 1968, 1969) à *Pinus halepensis*, *Juniperus phoenicea*, *Tetraclinis articulata*, selon les zones. Les zones arides du Sud-Ouest marocain portent encore, sur 600 000 ha, une forêt claire d'*Argania spinosa*. Les reliefs inclus dans la zone aride sont couverts de boisements plus ou moins dégradés à *Pinus halepensis*, *Juniperus phoenicea*, *Rosmarinus officinalis* et *Stipa tenacissima*. Les reliefs situés en bordure ou en enclaves non arides portent une végétation forestière plus ou moins dégradées à :

Quercus ilex, *Pinus halepensis*, *Cedrus atlantica* (altitude supérieure à 1 200 m pour ce dernier).

L'évolution de la végétation des hautes plaines algéro-tunisiennes depuis le début

des temps historiques peut-être schématisée comme suit (LE HOUÉROU, 1968, 1969) :



La végétation des zones arides de l'Afrique du Nord est en voie de régression rapide depuis quelques décades (1930, environ).

Cette régression résulte de la pression démographique grandissante qui se traduit par un surpâturage intense, l'extension des cultures céréalières épisodiques et l'arrachage des espèces ligneuses pour le bois de feu. Aucune modification du climat n'est en cause (LE HOUÉROU, 1968).

Les steppes d'alfa couvraient au début du siècle les superficies suivantes (BOUDY, 1950) :

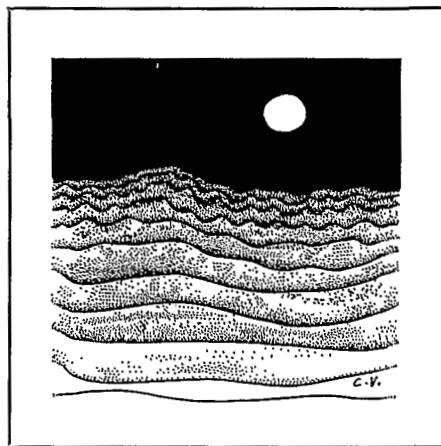
Algérie	4 000 000 ha
Maroc	2 200 000 ha
Tunisie	1 350 000 ha
Libye	500 000 ha
TOTAL	8 050 000 ha

soit près de 20 % de la zone aride.

Ces superficies régressent rapidement. En Tunisie, par exemple, il n'en reste

actuellement que 500 000 ha; soit une régression actuelle de l'ordre de 10 000 ha par an (LE HOUÉROU, 1969). La désertisation des bordures sahariennes intéresse probablement plusieurs dizaines de milliers d'ha par an pour l'ensemble de l'Afrique du Nord (LE HOUÉROU, 1968), 1973, 1974). Beaucoup de zones sont des « man made deserts » ainsi, d'ailleurs, qu'au Proche-Orient (REIFENBERG, 1952; EMBERGER, 1957; PABOT, 1960; PEARSE, 1970).





Géologie

L'Afrique du Nord aride, située depuis l'ère primaire au contact de la mésogée et du bouclier saharien, est constituée essentiellement d'affleurements sédimentaires d'origine néritique, lagunaire ou continentale avec quelques faciès de dépôts profonds dans les zones de subsidence. Les formations crétacées et tertiaires affleurent sur d'immenses surfaces ainsi que les pellicules quaternaires qui les recouvrent.

Les ensembles lithologiques comprennent principalement des calcaires des marnes et des grès avec des formations gypseuses et salifères au trias, au lias, à l'éocène et localement dans d'autres étages.

Les marnes sont elles-mêmes souvent gypseuses dans l'ensemble de la série depuis le permien jusqu'au pliocène.

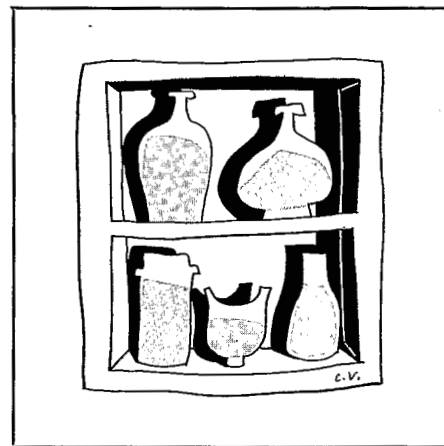
Ces faits sont d'une importance extrême et expliquent la grande extension des alluvions salées ainsi que la nature des eaux profondes ou superficielles et, par conséquent, les difficultés de l'agriculture irriguée qui utilise le plus souvent des eaux et des sols plus ou moins salés.

Les séries sédimentaires ont été puissamment plissées entre l'oligocène et le miocène lors de la surrection des chaînes atlasiques au cours de l'orogénèse pyrénéo-alpine. Ces chaînes jouent un rôle capital dans la climatologie et les ressources hydriques. Les limites climatiques correspondent en effet aux alignements atlasiques puisque l'Anti Atlas et l'Atlas saharien limitent vers le Nord la zone désertique et que le Moyen Atlas, le Haut Atlas et l'Atlas tellien correspondent à la limite nord de la zone aride.

Les chaînes constituent l'essentiel des « châteaux d'eau » qui alimentent le ruissellement et les nappes souterraines. Si bien que les ressources en eau diminuent d'Ouest en Est, comme la hauteur des reliefs.

(6) 1-3 % de mat. organique dans les horizons de surface.

(7) 0,2-1 % de mat. organique dans les horizons de surface.



Sols

Suivant la classification française (AUBERT et al., 1967) utilisée en Afrique du Nord, les principales catégories de sols de la zone aride sont (LE HOUÉROU, 1959, 1969) :

1. — CLASSE DES SOLS NON ÉVOLUÉS

11. — Sous classe des sols non climatiques

111. — Groupe bruts d'érosion

111. — 1 sous-groupe des Lithosols

111. — 2 sous-groupe des Régosols

112. — Groupe bruts d'apport

112. — 1 S/gr. Eolien

112. — 2 S/gr. Alluvial

112. — 3 S/gr. Colluvial

2. — CLASSE DES SOLS CALCO-MAGNÉSIMORPHES (300-400 mm) et au delà

21. — S/classe des sols rendziniiformes

211. — Groupe des Rendzines vraies

211. — 1 S/gr. Rendzines noires et grises

211. — 2 S/gr. Rendzines rouges

212. — Groupe des Rendzines à horizons

212. — 1 S/gr. des sols bruns calcaires

212. — 2 S/gr. sols bruns calcaires vert isoliques

22. — S/classe des sols gypseux (100-400 mm)

221. — Groupe des sols à concrétions gypseuses localisées

221. — 1 S/gr. des encroûtements gypseux

3. — CLASSE DES SOLS ISOHUMIQUES (100-400 mm)

31. — Sous classe des sols isohumiques saturés

311. — Groupe des sols bruns

311. — 1 S/gr. sols bruns steppiques (6) (200-400 mm)

311. — 2 S/gr. sols bruns subdésertiques (7) (100-200 mm)

312. — Groupe des sols gris subdésertiques (100-200 mm)

4. — CLASSE DES SOLS A SEXQUI-OXYDES A HUMUS DOUX (350-400 mm, et au delà)

41. — S/classe des sols bruns rouges méditerranéens

411. — Groupe des sols rouges méditerranéens non lessivés

5. — CLASSE DES SOLS HALOMORPHES

- 51. — *S/classe des sols salins*
 - 511. — Groupe peu salé
 - 512. — Groupe salé à très salé
 - 513. — Groupe à salure profonde
- 52. — *S/classe des sols salés à alcali*
 - 521. — Groupe non lessivé
 - 521. — 1 S/gr. peu salé
 - 521. — 2 S/gr. salé à très salé

6. — CLASSE DES SOLS HYDROMORPHES

- 61. — *S/classe à hydromorphie partielle de surface*
 - 611. — Groupe à taches et concrétions
 - 611. — 1 S/gr. à Amas et nodules calcaires
 - 611. — 2 S/gr. à Amas et nodules gypseux
 - 612. — Groupe des sols noirs hydromorphes
 - 612. — 1 S/gr. topomorphe
 - 612. — 2 S/gr. lithomorphe
- 62. — *S/classe à hydromorphie partielle de profondeur*
 - 621. — Groupe des pseudogley
 - 621. — 1 S/gr. à encroûtement calcaire de nappe
 - 621. — 2 S/gr. à encroûtement gypseux de nappe

7. — CLASSE DES VERTISOLS

- 71. — *S/classe des sols peu évolués vertiques*
 - 711. — Groupe des sols vertiques à caractère peu accentué
 - 712. — Groupe des sols vertiques à caractère de salinité

Certaines catégories sont rares ou très rares (21, 4, 7) d'autres, au contraire ont une extension énorme (1, 3, 5). Le groupe 111 comprend d'immenses surfaces de croûtes calcaires quaternaires, probablement plus de 200 000 km². Les sous-groupes 112-2 et 112-3 (alluvions et colluvions) occupent probablement plus de 100 000 km².

Dans la zone désertique on observe les catégories suivantes (LE HOUÉROU, 1959, 1960) :

1. — CLASSE DES SOLS NON ÉVOLUÉS

- 12. — Sous classe des sols bruts climatiques
 - 121. — Groupe /lithosols

- 121. — 1 famille de hammada (dalles et pavements des surfaces structurales)
- 121. — 2 famille des regs (ablation éolienne)
 - 121. — 21 regs autochtones
 - 121. — 22 regs allochtones
- 122. — Groupe des sols d'apport
 - 122. — S/groupe Eolien
 - 122. — 1 Famille voiles et placages
 - 122. — 2 Microdunes
 - 122. — 3 Barkhanes
 - 122. — 4 Nebkas
 - 122. — 5 Cordons dunaires

Du point de vue écologique et agrolologique les facteurs importants à considérer en zone aride sont :

- La texture et la profondeur;
- La position topographique (ruissellement ou accumulation d'eau);
- La perméabilité des horizons de surface;
- L'absence de toxicité.

Les trois premiers facteurs déterminent le bilan hydrique. Les sols sont d'autant meilleurs qu'ils permettent d'emmagasinier le plus d'eau pendant les courtes périodes sèches.

C'est l'expression de la « loi du minimum » de LIEBIG.



Les ressources en eau

Nous examinerons ici les disponibilités en eau pour les irrigations permanentes, à l'exclusion des eaux de crues qui permettent seulement des appoints temporaires.

Comme il a été dit plus haut (2-6) les ressources en eau diminuent d'Ouest en Est comme l'altitude des reliefs.

Le MAROC dispose de plus de 300 000 ha de terres irriguées et de possibilités d'extension de l'ordre de 350 000 ha. Soit une disponibilité actuelle en eau d'irrigation de l'ordre de 2 250 millions de m³ par an (8). Environ 80 % des superficies irriguées sont localisées dans les zones arides et désertiques.

L'ALGÉRIE dispose également de 300 000 ha de terres irriguées dont seulement environ 100 000 ha dans les zones arides et désertiques soit une disponibilité actuelle en eau de ces zones d'environ 750 millions de m³ par an pour ces zones.

La TUNISIE dispose actuellement d'environ 150 000 ha de cultures irriguées dont environ la moitié dans les zones arides et désertiques, la disponibilité en eau d'irrigation de ces zones serait de l'ordre de 375 millions de m³ par an.

En LIBYE les superficies irriguées intéressent environ 100 000 ha : elles sont entièrement situées dans des zones arides et désertiques soit une disponibilité en eau d'irrigation de l'ordre de 750 millions de m³ par an.

Les eaux d'irrigation du Maroc et de la zone non aride de l'Algérie sont essentiellement constituées de réserves accumulées derrière des barrages réservoirs ou par pompage dans des rivières pérennes. En Tunisie, en Libye et au Sahara Algérien, au contraire, les eaux proviennent principalement de nappes artésiennes ou phréatiques.

Si les eaux superficielles sont peu exploitées, dans l'ensemble, en revanche les eaux profondes sont utilisées à l'extrême limite des possibilités des nappes et même souvent au delà. Les nappes baissent (continental intercalaire, nappes du tertiaire) et les frais de pompage augmentent considérablement. L'amélioration dans le domaine de l'irrigation ne pourra venir de nouvelles ressources en eau mais de la meilleure utilisation des eaux déjà exploitées.

(8) Estimations obtenues en admettant des doses d'irrigation moyennes de 7 500 m³/ha/an.

L'HOMME, L'AGRICULTURE ET L'ELEVAGE

Introduction : histoire, démographie (tabl. pp. 33-34-35)

Les vestiges préhistoriques témoignent de la présence de l'homme en Afrique du Nord depuis plusieurs centaines de milliers d'années (*Pebble culture*).

Plusieurs civilisations préhistoriques originales s'y sont développées, notamment dans les zones actuellement arides et désertiques : Atérien (paléolithique moyen), Capsien (épipaléolithique) et Néolithique saharien (BALOUT, 1955).

Les civilisations orientales, notamment phénicienne, se développèrent depuis environ 1 000 ans avant J.C. (JULIEN, 1956).

L'agriculture était déjà bien développée au début des temps historiques puisque Massinissa, roi de Numidie (Tunisie et Algérie orientale), exportait à Rome et en Grèce plus de 200 000 q de céréales entre — 200 et — 170 tandis que Carthage commercialisait à la même époque des quantités équivalentes (CAMPS, 1960).

La domination romaine vit se développer pendant 6 siècles une agriculture prospère et diversifiée. L'Afrique du Nord devint le principal grenier de Rome. Les céréales les plantations de vignes et d'oliviers occupèrent plusieurs millions d'hectares dont une grande partie dans la zone aride entre les isohyètes actuels de 200 à 400 mm. De nombreux vestiges témoignent de cette prospérité antique jusque dans des zones aujourd'hui à peu près incultivées.

Il s'est probablement agi d'une agriculture « minière » dont l'érosion a sans doute été la principale raison du déclin.

C'est vraisemblablement sur un pays déjà plus ou moins ruiné par l'érosion que les conquérants arabes établirent leur domination vers la fin du VII^e siècle.

La civilisation des pasteurs nomades s'est principalement étendue dans les steppes de la zone aride et leurs confins désertiques. Beaucoup de plaines littorales étaient infestées de malaria. Les populations nomades furent en lutte permanente avec les agriculteurs sédentaires qu'elles repoussèrent dans les refuges montagneux (Atlas, Aurès, Matmata, Djebel Nefousa) ou dans les régions désertiques (M'zab, Hoggar, Tassili).

Les populations nomades furent également en lutttes tribales plus ou moins permanentes entre elles pendant 12 siècles, lutttes dont la conquête des pâturages, des terres à céréales et des oasis furent les motivations matérielles (MARTEL, 1965).

Outre les épidémies et les famines périodiques consécutives aux années de sécheresse, ces lutttes maintinrent pendant 12 siècles un équilibre plus ou moins stable entre les capacités de production des steppes et la densité du peuplement humain et animal.

Les conquêtes coloniales au cours de la seconde moitié du XIX^e siècle et de la première moitié du XX^e siècle ont rompu cet équilibre.

Il en est résulté une explosion démographique que n'ont contrebalancé qu'en faible partie et localement les progrès de la technique agricole.

La population des zones arides a sextuplé depuis le début du siècle alors que les techniques agricoles et pastorales sont demeurées à peu près inchangées dans les zones arides.

POPULATIONS (1)
Estimations et projections, en 10³ habitants

Pays	1900	1950	1962	1965	1972	1975
Algérie	2 000	8 753	11 055	11 540	15 016	16 500
Libye	—	1 032	1 451	1 616	2 122	2 250
Maroc	2 000?	8 953	12 360	13 260	16 526	18 000
Tunisie	1 000	3 555	4 396	4 650	5 408	6 800
Territoires espagnols	—	191	231	243	251	360
Afrique du Nord-Ouest	6 000?	22 493	29 493	31 309	39 523	43 610

(1) Les derniers recensements de 1966 fournissent des chiffres très voisins de ceux obtenus par estimation.

TAUX d'accroissements actuels

Algérie . . .	3,0 % - 3,2 %	par an
Libye . . .	3,0 % - 3,2 %	par an
Maroc . . .	3,3 % - 3,5 %	par an
Tunisie . . .	2,3 %	par an

POPULATIONS ACTUELLES ESTIMÉES

des zones arides et désertiques
de l'Afrique du Nord
en 10³ habitants et en % des pays
(y compris la population urbaine)

Algérie. . .	5 000	30 %
Libye. . . .	2 000	88 %
Tunisie. . .	2 800	41 %
Maroc	6 000	30 %
TOTAL. . .	15 800	35 %

POPULATION RURALE ET NOMADE

en 10³ habitants et %
(y compris nomades sahariens)

	rurale	nomade	
Algérie. . .	4 000	500	12,5
Libye. . . .	1 000	100	10,0
Tunisie. . .	2 200	20?	9,0
Maroc	4 000	200	5,0
TOTAL. . .	11 200	820	7,3

(1) Cf. Cl. Bataillon, 1963.

DENSITÉ DE POPULATION

en habitant par km²
(y compris la population urbaine)

	Zone aride	Zone désertique
Algérie. . .	25	0,3
Libye. . . .	21	0,1
Maroc	33	moins de 5
Tunisie. . .	50	moins de 5

La densité de population est extrêmement variable elle dépasse 80 habitants au km² en zone atlantique marocaine, dans le Sahel tunisien et les Hautes Plaines constantinoises, elle est de l'ordre de 15. h/km² dans les plaines steppiques du Maroc, de l'Algérie et de la Tunisie, elle peut atteindre localement 130 ha/au km² (Djerba, Tafilalet).

TAUX DE SCOLARISATION (1968)

(en % des enfants de 6 à 14 ans)

	Ensemble pays	Zones arides désertiques
Algérie. . .	47	30
Libye. . . .	39	20?
Maroc	45	30?
Tunisie. . .	85	70

PRODUIT INTÉRIEUR BRUT PAR HABITANT (\$ US)

Pays	1962	1965	1975 (2)
Algérie . . .	245	257	850
Libye (1) . .	156	187	4 500
Maroc	150	156	800
Tunisie . . .	180	193	350
U.S.A.	2 684	2 824	3 369
Comm. Écon.			
Europ.	1 123	1 241	1 637
U.R.S.S. . . .	820	951	1 373

(1) Pour la Libye et l'Algérie, les chiffres antérieurs à 1975 ne tiennent pas compte du « Boom pétrolier » : Algérie 50 millions, Libye 125 millions de tonnes pour 1974.

(2) Cette estimation tient compte du triplement du prix des phosphates et du quadruplement du prix du pétrole en 1974.

Le revenu effectif par habitant rural dans les zones arides et désertiques n'atteint pas actuellement 200 \$ de moyenne annuelle, à notre avis, sauf en Libye où il est de l'ordre de 800 \$.

Les tableaux ci-dessus montrent l'importance de l'explosion démographique. La population de l'Afrique du Nord était d'environ 6 millions d'habitants au début du siècle. Elle atteint maintenant 43 millions. Les prévisions pour 1980 et 2 000 sont respectivement de 50 et, 80 millions (REMILI, 1969), si le taux d'accroissement démographique actuel demeure inchangé.

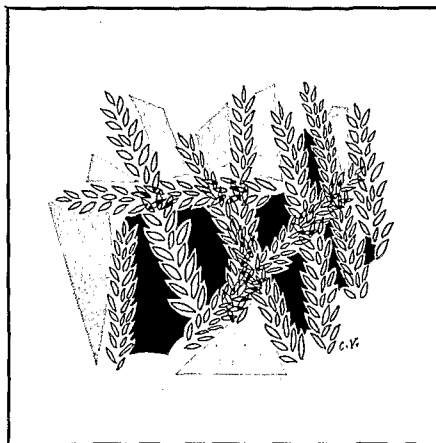
L'accroissement démographique n'est pas moindre dans la zone aride que dans l'ensemble des pays. Il serait même légèrement supérieur (CHEVALLIER, 1947; ARTIA, 1966).

L'ensemble de la zone aride nord-africaine a un demi million de bouches supplémentaires à nourrir tous les ans. C'est là le facteur économique, écologique et sociologique fondamental.

La conséquence de cette pression démographique accélérée en zone aride est la réduction de la productivité des écosystèmes par suite de la dégradation de la végétation et de l'érosion corrélative des sols. Elles résultent de la surcharge des pâturages, de l'extension d'une céréaliculture épisodique, aléatoire et improductive et de l'élimination des plantes ligneuses pour le bois de feu.

Le problème de développement des zones arides est aujourd'hui de transformer une économie ancestrale de subsistance en une économie de production rendue nécessaire par la pression démographique.





L'agriculture

Dans les zones arides plus de 80 % de la population vit directement ou indirectement des produits de l'agriculture et de l'élevage. Pour l'ensemble des différents pays, cette proportion atteint les chiffres suivants :

Algérie	: 63 %
Libye	: 60 %
Maroc	: 70 %
Tunisie	: 70 %

Le sous-emploi en zone rurale atteint plus de 50 % et le chômage environ 30 % de la population active, sauf en Libye qui, au contraire, importe de la main-d'œuvre.

Céréaliculture

L'agriculture aride nord-africaine se caractérise par l'extension généralisée de la céréaliculture, l'extension localisée de l'arboriculture en culture sèche.

Les céréales cultivées sont le blé dur, le blé tendre et surtout l'orge.

Cette dernière céréale est particulièrement adaptée à la zone aride en raison de son cycle végétatif court qui la met plus souvent que le blé à l'abri de l'échaudage consécutif aux sécheresses printanières.

Les cultures céréalières occupent les superficies suivantes dans les zones arides de l'Afrique du Nord. :

l'ordre de 50 à 100 kg par habitant et par an dans la zone aride. En Algérie environ 30 % de cette superficie est cultivée par les pasteurs nomades et la superficie moyenne exploitée par ménage est de l'ordre de 9 ha avec une superficie modale de 5 ha et médiane de 11 ha (REGAZZOLA, 1968).

Il faut remarquer que les superficies semées varient dans de très grandes proportions d'une année à l'autre en fonction des pluies automnales et du début de l'hiver. Cette variation augmente avec l'aridité.

Le résultat de cette céréaliculture extensive est la destruction des pâturages. Les espèces pastorales sont détruites par la charrue et laissent la place à des annuelles messicoles sans intérêt fourrager et incapables de retenir le sol qui devient la proie de l'érosion. Plusieurs dizaines de milliers d'hectares sont défrichés tous les ans. Malgré cela, en raison de la pression démographique, la superficie moyenne par exploitant diminue. Il en est de même des rendements puisque l'on défriche des sols de plus en plus médiocres. Environ 500 000 ha sont cultivés avec des appoints d'eau de ruissellement dont probablement 50 % au Maroc.

L'arboriculture en culture sèche

L'olivier en culture sèche occupe des superficies de l'ordre de 1 000 000 ha en Tunisie aride entre les isohyètes de 150 à 400 mm, soit environ 25 millions d'arbres. Les rendements moyens sont de l'ordre de 120 kg d'huile par ha (LE HOUÉROU, 1958). Le potentiel d'extension de cette culture qui était de l'ordre de 500 000 ha supplémentaires en 1960 (LE HOUÉROU, *ibid*) a été actuellement à peu près utilisé, après 15 ans.

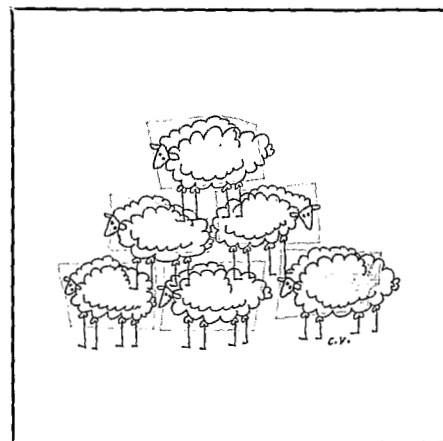
La culture de l'olivier prend la forme d'une monoculture dans les basses plaines de la Tunisie steppique notamment le long du littoral (Sousse, Sfax), où elle permet des densités de populations très élevées de 50 à 100 habitants au km² entre les isohyètes de 200 à 400 mm.

En effet, la culture de l'olivier permet, sur les sols sableux, une productivité et surtout une valeur ajoutée bien supérieure à celle de l'élevage ou de la céréaliculture en raison de l'abondante main-d'œuvre qu'elle nécessite. Aussi cette culture est-elle en extension rapide vers l'hinterland. Mais cette extension soulève des problèmes

Pays	Surfaces (10 ³ ha)	Rendements qx/ha	Sources
Algérie	2 000	2,5	Ragazzola, 1968
Libye	1 200	1,6	Le Houérou, 1963
Maroc	1 500	5,2	Troin, 1968
Tunisie	800	2,5	Le Houérou, 1962
TOTAL	5 500		1969

Les rendements sont de l'ordre de 1,5 kg de céréales par mm de pluviosité moyenne annuelle, sauf au Maroc où l'irrigation temporaire et l'utilisation des eaux de ruissellement permet des rendements supérieurs. La plus grande partie des récoltes est obtenue dans les zones de 300 à 400 mm de pluviosité.

En estimant les besoins annuels à 250 kg par habitant, le déficit serait de



difficiles d'équilibre agricole. En effet, les plantations sont constituées sur les bonnes terres sableuses qui sont aussi les meilleurs pâturages et ceux dont la production est la plus régulière, assurant la sauvegarde des troupeaux en année sèche.

Les pâturages sont donc progressivement relégués sur les sols médiocres (croûtes calcaires, sols salés), à faible productivité, accélérant la dégradation de ceux-ci et rendant les troupeaux de plus en plus vulnérables aux caprices des précipitations. En Libye, plus précisément en Tripolitaine, l'arboriculture fruitière en culture sèche intéresse environ 200 000 ha dont près de 60 % sont consacrés à l'olivier et 40 % aux amandiers et figuiers, soit environ 5 millions d'oliviers, 1,2 million d'amandiers et 800 000 figuiers.

Dans les hautes plaines arides algéro-marocaines, l'importance de l'arboriculture est à peu près négligeable en raison des rigueurs de l'hiver.

Il existe cependant un potentiel important de culture du pistachier, espèce adaptée aux hivers rigoureux et pour les fruits de laquelle existe une importante demande internationale.

Sud marocain où des eaux de meilleure qualité permettent la culture des agrumes (région du Sous et du Haouz).

Il serait extrêmement souhaitable d'étendre les cultures fourragères irriguées pour engraisser les agneaux nés dans la steppe et constituer des réserves fourragères en vue des périodes de disette pastorale (LE HOUÉROU, 1962, 1963; LE HOUÉROU, et FROMENT, 1966).

L'élevage

Effectifs et structures des troupeaux

L'élevage constitue la principale ressource agricole des régions arides de l'Afrique du Nord (60 %).

L'ensemble du troupeau converti en têtes ovines (9) serait de l'ordre de 40 millions d'unités; soit une densité animale de 0,8 mouton-équivalent par ha pour l'ensemble de la zone aride et un rapport bétail (moutons)/population de 2,2 têtes/habitant.

MOYENNE DU CHEPTEL
des zones arides et désertiques en 10³ animaux

	Ovins	Caprins	Asins	Bovins	Camelins
Algérie . . .	8 000	1 000	200	150	175
Libye	2 300	1 400	120	100	260
Maroc	12 000	4 000	350	800	100
Tunisie . . .	2 500	600	100	70	150
TOTAL . . .	24 800	7 000	770	1 120	685

Les cultures irriguées

Les cultures irriguées occupent environ 500 000 ha dans l'ensemble de la zone aride et désertique de l'Afrique du Nord. Les principales cultures irriguées sont : le palmier, les arbres fruitiers (notamment l'abricotier) les agrumes (surtout au Maroc) les cultures maraîchères (tomate, piment, oignon) les céréales et, localement, la luzerne.

L'ensemble des cultures irriguées représente probablement 20 à 30 % de la valeur de la production agricole des zones arides et la quasi totalité de la production des régions désertiques. Cette proportion varie beaucoup d'un pays à l'autre.

L'importance de l'élevage et des cultures fourragères en agriculture irriguée est très faible, ce qui constitue un goulet d'étranglement à l'intensification des cultures.

En effet les sols souffrent souvent du manque de matière organique dont les cultures fourragères et le fumier sont la principale source. Cette carence organique est d'autant plus néfaste que les sols et les eaux d'irrigations sont plus salés. Ces eaux titrent couramment 2 à 5 ‰ de sels solubles (parfois même 6 et 7 ‰) dont 20 à 50 % de NaCl, sauf dans le

Les caractéristiques de cet élevage sont sensiblement les mêmes dans les quatre pays :

- Élevage extensif.
- Peu ou pas de réserves fourragères.
- Hécatombes périodiques lorsque se succèdent plusieurs années sèches (environ 70 % des ovins et caprins furent décimés durant les terribles sécheresses de 1946-1947).
- Extrême variabilité des effectifs (surtout ovins et caprins) en fonction des conjonctures climatiques. Cette variabilité atteint couramment 400 % et parfois 700 % sur les marges sahariennes (LE HOUÉROU, 1962).
- Très faible productivité moyenne; dans l'élevage ovin, par exemple, la production d'agneaux vendus dépasse rarement 40 % du nombre de brebis. Le taux d'agnelage atteint à peine 60 %.
- Les propriétaires n'ont aucune notion de productivité, le troupeau est à la fois une banque et un signe de position sociale, seul le nombre de têtes est pris en considération.

(9) Sur la base des équivalences suivantes :
1 bovin = 1 camelin = 5 ovins = 7 caprins
= 2 équins (ânes).

— La proportion des effectifs nomades ovins-caprins est de :

- + de 60 % en Algérie
- 65 % ? en Libye
- 70 % ? au Maroc
- 25 % ? en Tunisie

— Les troupeaux sont de petite taille, en Algérie plus de 70 % des propriétaires possèdent moins de 100 têtes (REGAZZOLA, 1968).

En Libye, les propriétaires possèdent une vingtaine de têtes en moyenne (LE HOUÉROU, 1963).

En Tunisie, les troupeaux de moins de 100 têtes représentent environ 80 % des effectifs et les troupeaux de plus de 200 têtes, moins de 10 % du cheptel ovien (LE HOUÉROU et FROMENT, 1966).

— Les bovins appartiennent en grande partie aux sédentaires.

— Les dromadaires appartiennent en majeure partie aux nomades.

— Les ânes (et les chevaux) appartiennent probablement en plus grande proportion aux sédentaires.

Les pâturages, la charge

Dans la zone aride, plus de 80 % de la superficie est consacrée à l'élevage, y compris les jachères et les chaumes des céréales, on peut calculer la charge moyenne des pâturages en se basant sur les hypothèses de calcul suivantes : 1 ovin = 1,3 caprin = 0,2 bovin = 0,2 dromadaire = 0,5 âne = 300 unités fourragères par an = 210 unités amidon (10).

L'ensemble de l'Afrique du Nord aride et désertique aurait ainsi l'équivalent ovien de près de 31 millions de têtes.

En admettant que 10 % de l'alimentation des animaux est fourni par les zones sahariennes situées entre les isohyètes de 50 à 100 mm (ce qui paraît probablement excessif), nous aurions une charge moyenne

de : $\frac{465 \cdot 10^5 \text{ ha}}{36 \cdot 10^6 \text{ ovins}} = 1,3 \text{ ha par ovin ou } 0,77 \text{ ovin par ha ou encore } 220 \text{ UF par ha ou } 660 \text{ kg Mat Sèche par ha. Cette charge correspond en fait à celle observée entre les isohyètes de 200 à 300 mm (LE HOUÉ-}$

ROU, 1962, 1963 ; LE HOUÉROU et FROMENT, 1966). En réalité, la charge est légèrement plus faible, de l'ordre de 2 ha par ovin, car les besoins théoriques des animaux ne sont généralement pas couverts.

Ceci correspond néanmoins à une charge très élevée, étant données les conditions écologiques et montre bien une des principales causes de la dégradation des pâturages.

La production moyenne des pâturages serait donc de l'ordre de 0,5 à 1 UF ou 1,5 à 3 kg de M.S. par mm de pluviosité moyenne annuelle (LE HOUÉROU, 1964), ce qui équivaut à 50 % de la productivité des terres à céréales, car celles-ci correspondent aux meilleurs sols et reçoivent assez souvent un appoint d'eau latéral par ruissellement.

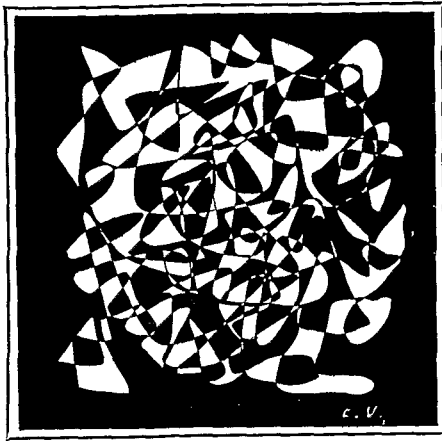
En réalité, à conditions écologiques comparables, la productivité des pâturages est supérieure et surtout beaucoup moins irrégulière que celle des terres à céréales, dans la zone aride.

L'élevage est conduit de façon ancestrale, irrationnelle. Les animaux sont trop âgés, réformés trop tard, la proportion de mâles est trop grande (20 %). Les pâturages sont utilisés en pâture continue, sans rotation et sans réserves fourragères. Il n'y a pratiquement aucune liaison entre l'élevage steppique et les zones irriguées.

Lors des années de disette, les éleveurs achètent des fourrages à des prix spéculatifs et anti-économiques dans l'espoir d'assurer la survie des animaux.

Les troupeaux nomades des hautes plaines algéro-marocaines passent l'hiver sur les marges sahariennes où la température est plus clémente. Ils remontent au printemps dans les hautes plaines qu'ils traversent pour se rendre au début de l'été sur les chaumes des régions semi-arides de l'Atlas tellien. En automne, ils reprennent le chemin inverse. Ce mouvement pendulaire se produit depuis des siècles.

(10) Ces hypothèses supposent que les besoins alimentaires théoriques, soit $300 \text{ UF} \times 1885 \text{ cal.} = 565\,000 \text{ calories}$, soient couverts, mais ils ne le sont généralement pas.



Production agricole et projections pour 1980

VALEURS DES PRODUCTIONS AGRICOLES (1) en 10⁶ \$ et %

Céréales . . .	100	18,6
Arboriculture en sec. . .	70	13,0
Cultures irriguées . . .	66	12,3
Élevage . . .	300	56,1
TOTAL . . .	536	100

(1) Céréales (60 % d'orge) 5,5.10⁶ ha à 2,5 qx à 10 \$ le q, Arboriculture 1,2.10⁶ ha à 120 kg d'huile/ha à 1,0 \$ le kg, cultures irriguées 0,5.10⁶ ha à 300 \$/ha élevage 40.10⁶ ovins dont 50 % vendus (agneaux + réformés) à 40 \$ par animal.

soit une production moyenne annuelle d'environ $\frac{2\,500 \cdot 10^6}{11,2 \cdot 10^6} = 220$ \$ par habitant et par an (population agricole).

Remarque: Il est bien évident que ces chiffres ne sont que des « ordres de grandeur » d'ailleurs très variables d'une région à l'autre.

Si l'on veut fournir aux populations de ces régions un niveau de vie décent (1 000 \$/an) vers 1980, il faudrait donc augmenter la production de 4 fois, puisque la population des régions arides serait de 15 millions de personnes vers 1980.

Dans la meilleure hypothèse possible la production pourrait seulement augmenter de 10 % d'ici à 1980. En supposant une amélioration improbable de 50 % de la production agricole le revenu par habitant serait en 1980 :

$$\frac{3\,000 \cdot 10^6 \$}{15 \cdot 10^6 \text{ personnes}} = 200 \$$$

Si la production reste stagnante, le revenu par habitant serait de :

$$\frac{2\,500 \cdot 10^6}{15 \cdot 10^6} = 166 \$$$

Donc le revenu agricole annuel par habitant vivant de l'agriculture se situerait entre 160 et 200 \$ vers 1980. *En d'autres termes, on peut, tout au plus, espérer maintenir le niveau de vie actuel des populations rurales.*

Ceci veut dire que l'amélioration du niveau de vie ne peut provenir de l'agriculture aride tant que les conditions socio-économiques et surtout le taux d'accroissement démographique resteront ce qu'ils sont.

Les perspectives agricoles sont donc très sombres. Les solutions des problèmes de la zone aride doivent venir de :

- abaissement du taux d'accroissement démographique,
- tourisme et artisanat,
- industrialisation,
- émigration,
- pêches.

Ces solutions impliquent une véritable mutation socioéconomique.

Mines

Les mines, surtout pour les phosphates, sont une source de revenus importants pour la zone aride notamment au Maroc et en Tunisie. Mais elles n'intéressent qu'une très faible proportion de la population.

Tonnes de phosphates exportés en 1967 :

- Maroc : près de 10⁷
- Tunisie : 3,5.10⁶
- Algérie : 9 .10⁴

Les réserves de phosphates d'Afrique du Nord sont estimées à 70 % des réserves mondiales, dont le Maroc détient à lui seul 50 %.

Tourisme

- Maroc : 1 500 000 touristes en 1973
- Tunisie : 1 000 000 touristes en 1973
- Algérie : 500 000? touristes en 1973

Pétrole

- Algérie : 50.10⁶ tonnes en 1973
- Libye : 125.10⁶ tonnes en 1973
- Tunisie : 5.10⁶ tonnes en 1973

Pêches

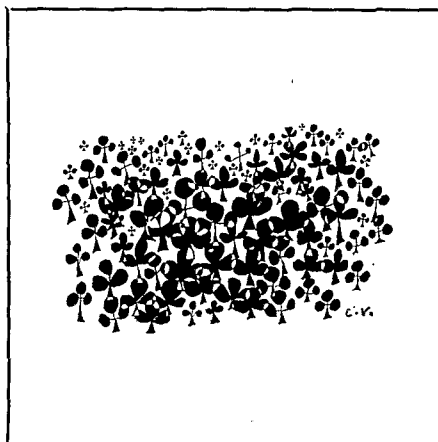
Les pêches présentent une importance non négligeable au Maroc et en Tunisie aride :

- Maroc : 120 000 tonnes
(Safi, Agadir, Essaouira).

Tunisie : 30 000 tonnes
(Sousse, Mahdia, Sfax, Gabès, Zarzis).

L'ensemble des pêches, des industries et du tourisme des zones arides emploie moins de 200 000 travailleurs et constitue les ressources de moins de 10 % de la population.





LES PROBLEMES TECHNIQUES DE L'AMELIORATION DE LA PRODUCTION AGRICOLE

Céréaliculture

La céréaliculture est en extension constante en raison de la pression démographique. Des sols de moins en moins favorables sont défrichés sur la steppe avec des rendements de plus en plus bas. Les quantités de céréales disponibles par habitant diminuent et n'atteignent le niveau de consommation (250 kg par personne) que dans 45 % des cas (REGAZZOLA, 1968).

L'accroissement de cette céréaliculture extensive et très peu productive (moins de 3 g/ha) en moyenne se fait aux dépens des meilleurs pâturages.

Les problèmes de l'amélioration consistent à :

- Limiter la céréaliculture aux zones recevant un appoint d'eau de ruissellement (actuellement 500 000 ha).
- Étendre les travaux de génie rural permettant d'utiliser au mieux le ruissellement.
- Utiliser les engrais, surtout phosphatés.
- Trouver des variétés rustiques, productives et à cycle végétatif plus court.

L'élevage

La stabilisation des effectifs permettrait d'accroître les produits de l'élevage de plus de 20 %. L'amélioration zootechnique par l'élimination des animaux sans valeur, la réduction de la proportion de mâles et la lutte contre les maladies permettrait encore une augmentation de l'ordre de 30 % (LE HOUÉROU et FROMENT, 1966). Il a été par ailleurs montré qu'un aménagement rationnel des pâturages peut accroître leur production de façon considérable (300 à 500 %).

Il est donc possible d'augmenter les produits de l'élevage de 50 à 100 % par la rationalisation des moyens de production.

Mais cette augmentation n'est pas possible sans améliorer les conditions d'alimentation des animaux. C'est avant tout une question de création de réserves fourragères et d'utilisation rationnelle des pâturages.

Les réserves fourragères

Cactus. Il est démontré que la plantation de cactus inerme (*O. Ficus-indica*) donne des résultats satisfaisants jusqu'à une altitude de 1 000 m environ, et au-dessus de l'isohyète de 150 mm (MONJAUZE et LE HOUÉROU, 1965).

Ces plantations produisent 10 à 50 t de fourrage vert par ha et par an soit 700 à 3 000 unités fourragères.

Les animaux peuvent en consommer indéfiniment 10 % de leur poids par jour sous réserve d'une alimentation complémentaire en matière sèche et en protéines.

L'alimentation exclusive des moutons avec des cactus peut-être poursuivie pendant 8 à 12 semaines sans danger (CORDIER, 1947).

L'extension des massifs de cactus nous paraît être la mesure la plus urgente à prendre en vue de la stabilisation des effectifs du cheptel et de son alimentation rationnelle (MONJAUZE et LE HOUÉROU, 1965; LE HOUÉROU et FROMENT, 1966). 50 000 ha de cactus inerme ont été plantés en Tunisie aride de 1970 à 1975.

Cette mesure doit être accompagnée par des plantations d'*Acacia* inermes xérophiles (*A. cyanophylla*, *A. aneura*, etc...) dont les feuilles riches en protéines sont appréciées des animaux. Il en est de même des *Atriplex* (*A. nummularia*, *A. halimus*, etc...). Les *Acacia* sont adaptés aux sols sableux et les *Atriplex* aux sols lourds et plus ou moins salés. Les rendements sont de 500 à 2 000 UF par ha et par an (FRANCLET et LE HOUÉROU, 1971).

L'extension des cultures fourragères irriguées. devrait permettre de constituer des réserves fourragères pour les années de disette et d'engraisser les agneaux et animaux de réformes en conditions normales. Ces cultures occupent actuellement des superficies à peu près négligeables et ne concernent que la luzerne. On estime que 30 % des superficies irriguées devraient être consacrées à ces cultures soit 150 000 à 200 000 ha, ce qui correspondrait à une production de l'ordre de 700.10⁶ U.F., soit 5 à 6 % des besoins théoriques du cheptel.

On a avantage à cultiver des espèces fourragères à cycle de végétation hivernal dont le rendement pour l'eau est supérieur à celui des cultures d'été d'au moins 50 % (LE HOUÉROU et FROMENT, 1966) (1,3 à 1,5 U.F. par m³ d'eau au lieu de 0,5 à 1).

Ceci est d'autant plus vrai que les eaux

sont plus salées et doivent par conséquent être utilisées avec prudence.

Les cultures fourragères qui ont donné les meilleurs résultats à l'irrigation sont : Culture d'hiver :

- Fétuque élevée (*Festuca elatior*)
- Mélilot blanc (*Melilotus alba*)
- Orge en vert (*Hordeum sativum*)
- Trèfle fraise (*Trifolium fragiferum*)

Culture d'été :

- Luzerne (*Medicago sativa*)
- Sudan grass (*Sorghum sudanense*) (Trudan, piper)

Toutes ces cultures sont très résistantes à la salure des eaux et du sol (5-10 millimhos).

Lorsque les eaux ne sont pas salées et que les températures d'hiver sont clémentes le Bersim (*Trifolium alexandrinum*) donne d'excellents résultats.

Plantation d'*Atriplex* (FRANCLLET, LE HOUÉROU et al., 1971)

Les *Atriplex* (*A. nummularia*, *A. halimus*, *A. glauca*, *A. canescens*) donnent d'excellents résultats, en culture sèche surtout dans les zones basses et jusque sous des pluviosités de 150 mm.

Ils sont très résistants à la sécheresse, productifs, de bonne valeur alimentaire et de bonne appétabilité. A l'irrigation, sous réserve de drainage, ils permettent d'utiliser des eaux de 10 à 15 millimhos et même plus, donc de valoriser les eaux de drainage en aval des zones irriguées, et les zones à nappes phréatiques salées.

L'amélioration des pâturages

Le resemis des pâturages a généralement conduit à des échecs sous des pluviosités inférieures à 350 mm. Ces échecs sont dus à l'irrégularité des conditions climatiques et à un manque de connaissance de base sur la physiologie de la germination. Les conclusions d'EVENARI et KOLLER (1956) à cet égard sont entièrement applicables à l'Afrique du Nord.

Entre les isohyètes de 350 et 400 mm des resemis ont été réussis et exploités avec les espèces suivantes : (THIAULT, 1963; GRANIER, 1966; F.A.O., 1967; LE HOUÉROU et FROMENT, 1966) *Medicago sativa* - *Oryzopsis holciformis* - *Oryzopsis miliacea* - *Cenchrus ciliaris* - *Lotus creticus* - *Sanguisorba minor* - *Hedysarum carnosum*

- *Lolium rigidum* - *Phalaris truncata* - *Agropyrum elongatum* - *Ehrharta calycina* - *Medicago truncatula*.

Les possibilités de resemis de pâturages sous des pluviosités inférieures à 350 mm sont subordonnées à des recherches théoriques et appliquées sur les conditions de la germination, la génétique et la physiologie.

Les espèces suivantes semblent dignes d'intérêt : *Oryzopsis miliacea* - *Cenchrus ciliaris* - *Digitaria commutata* ssp *nodosa* - *Sporobolus marginatus* - *Hedysarum carnosum* - *Lotus creticus* subsp. *collinus* - *Dactylis hispanica* - *Medicago tunetana* - *Stipa parviflora* - *Stipa lagascae* - *Stipa barbata* - *Stipa fontanesii* - *Melilotus alba* - *Sanguisorba minor* - *Artemisia herba alba* - *Moricandia suffruticosa* - *Atriplex nummularia* - *Atriplex halimus* - *A. glauca* - *A. canescens*, *Agropyron* sp. pl. dont les écotypes locaux (ou importés) ont donné lieu à quelques succès au niveau de l'expérimentation).

Mais les pâturages resemés ne peuvent produire aucune amélioration durable s'ils ne sont soumis par la suite à une exploitation rationnelle.

L'exploitation rationnelle des pâturages suppose :

- Le contrôle de la charge et de l'érosion.
- La rotation et le pâturage différé.
- La disponibilité de réserves fourragères (*Atriplex*, *Acacia*, *Cactus*, Foin, Concentrés).

Il est démontré qu'un pâturage rationnellement conduit produit 3 à 5 fois plus que le même pâturage surexploité, et dégradé (RODIN et al., 1970; LE HOUÉROU, 1971; DELHAYE, LE HOUÉROU et SARSON, 1974; LE HOUÉROU, CLAUDIN et HAYWOOD, 1974, etc).

C'est en fait un problème de Rénovation Rurale (MONJAUZE, 1959). Elle a pu être menée avec succès en Tunisie sur des superficies restreintes de quelques centaines d'ha et sur plusieurs dizaines d'années. On espère étendre la méthode à quelques dizaines de milliers d'ha en Tunisie dans les années qui viennent.

Une doctrine pastorale fondée sur la sédentarisation a été mise au point à ce sujet par l'auteur et D. FROMENT (1966). Elle a donné des résultats encourageants. Le facteur limitant n'est pas ici de nature technique mais sociologique. L'extension de la méthode implique l'adhésion des

populations par des arguments dialectiques et/ou autoritaires par le jeu des incitations (prêts, subventions, et des contraintes (impôts); c'est un problème de vulgarisation, d'éducation, de démonstration et d'organisation.

Des possibilités d'aménagement rationnel à grande échelle semblent se dégager dans les prochaines années dans les trois autres pays de l'Afrique du Nord où l'on assiste à une prise de conscience aiguë de ce problème, en particulier chez les jeunes cadres.

On a préconisé en Algérie une méthode différente fondée sur l'organisation du nomadisme (BAUMER, 1964). Elle nous paraît très difficile à appliquer notamment en ce qui concerne le contrôle de la charge en secteur nomade et l'intrication des méthodes d'élevage sédentaire et nomade. Elle semble avoir été abandonnée en faveur d'un aménagement de type sédentaire basé sur des « coopératives d'élevage ».

L'agriculture irriguée

L'agriculture irriguée est elle-même très peu productive en dehors de quelques périmètres de technique moderne, très limités (Souss du Sud Marocain).

La production est évaluée, en moyenne, à 300 \$ par ha (LE HOUÉROU, 1962). Les causes de cette faible productivité sont :

- Le manque de technicité des agriculteurs.
- La salure des eaux et des sols.
- L'absence de débouchés notamment pour les cultures maraîchères.

Ce qui se traduit par :

- L'insuffisance de l'encadrement technique.
- Des doses d'irrigation insuffisantes ou excessives (les besoins étant de 0,8 E.T.P. soit 10 à 12 000 m³/ha/an).
- L'absence générale de drainage artificiel donc excès d'hydromorphie et/ou de salure.
- La carence des sols en matière organique, notamment en fumier.
- L'absence générale de fertilisation minérale.
- La faible importance des cultures fourragères.
- L'importance du parasitisme notamment des nématodes du sol.
- Les difficultés de commercialisation de beaucoup de produits.

— La complexité des structures agraires et les faibles dimensions des exploitations (0,5-1 ha).

Ce diagnostic indique clairement la thérapeutique, nous n'y insisterons donc pas.

L'arboriculture en sec

Dans une perspective à long terme, l'extension des oliviers en sec se heurte à quelques difficultés en raison de la concurrence des huiles de graines dont la production est en voie de mécanisation et dont le coût de production est beaucoup plus bas.

Les revenus de l'olivier en zone aride ne dépassent guère en moyenne le coût de production dont l'essentiel est constitué par la main-d'œuvre (taille, récolte).

L'élévation du niveau de vie et l'augmentation des salaires risquent de faire de l'olivier une culture de pure subsistance.

Il est donc nécessaire de diversifier la production : amandier, pistachier, abricotier.

Par ailleurs, l'extension des cultures arbustives se produit aux dépens des meilleurs pâturages et diminuent par conséquent les ressources de ce secteur en accélérant la dégradation des pâturages médiocres par l'accroissement de leur charge, tout en rendant les troupeaux de plus en plus vulnérables aux fluctuations climatiques.

puisque le nombre d'ingénieurs agricoles diplômés n'atteint pas 200 par an, pour l'ensemble des quatre pays, c'est-à-dire 10 % des besoins minimaux.

Dans la meilleure hypothèse on peut espérer maintenir d'ici à 1980 le niveau de vie actuel (200 \$/an et /habitant vivant de l'agriculture).

Les ressources du pétrole, des mines, du tourisme et des pêches ne concernent qu'une faible partie de la population. Mais les possibilités touristiques sont importantes pour des pays situés à une heure de « jet » de l'Europe Occidentale.

L'amélioration du niveau de vie des populations rurales implique l'abaissement du taux d'accroissement démographique, l'émigration (environ un million de nord-africains travaillent actuellement en Europe faisant vivre 5 millions de personnes restées au pays; une partie importante d'entre eux provient des zones arides), et surtout une véritable mutation socio-économique par la rénovation rurale.

Le but de cette rénovation rurale doit être l'arrêt de la désertisation et l'amélioration de la productivité des écosystèmes.

Un programme de recherches interdisciplinaires à cet effet fonctionne depuis 1970 dans le Sud Tunisien (FAO/UNESCO/CNRS/ORSTOM/INRAT).

Il reste à espérer que les responsables de l'économie et de la politique des pays nord-africains sauront faire preuve du dynamisme et de l'imagination nécessaire à cette mutation.

CONCLUSIONS

Les perspectives de l'agriculture dans les zones arides de l'Afrique du Nord sont bien sombres en raison de l'explosion démographique et du caractère archaïque des processus de production.

Les pâturages sont en voie de dégradation rapide et le désert gagne plusieurs dizaines de milliers d'ha par an en moyenne, tandis que l'érosion enlève 1 mm de sol par an (Le Houérou, 1968, 1974).

Les seuls espoirs sont dans la rationalisation des moyens de production par un encadrement technique dense et compétent. Mais la technicité agricole, mal rémunérée et de faible prestige, a peu d'attrait pour les cadres nord africains

BIBLIOGRAPHIE

- (1) AUBERT (G.), BOULAIN (J.), DUCHAUFOR (P.), et al., 1967. — *Classification des sols*. 87 p. miméo, Lab. Géol. Pédol., Éc. Nat. Sup. Agron. Grignon.
- (2) ATTIA (H.), 1966. — *Structures sociales et évolution en Tunisie Centrale*. Rev. Tun. Sces. Soc., 3, 5-41 Tunis.
- (3) BAGNOULS (F.) et GAUSSEN (H.), 1953. — *Saison sèche et indice xérothermique*. Doc. Cartes. Prod. Végét., III, I, VIII, 47 p., Fac. Sc., Toulouse.
- (4) BAGNOULS (F.) et LEGRIS (P.), 1970. — *La notion d'aridité en Afrique du Nord et au Sahara*. 12 p., 4 pl., 1 carte, Trav. Lab. Forest.; Fac. Sces. I, V, III. Toulouse.
- (5) BAGNOULS (F.), GAUSSEN (H.) et LALANDE (P.) et al. — *Carte de la végétation de la région méditerranéenne 1/5 000 000*. Notice 90 p. Biblo. UNESCO-FAO.
- (6) BALDY (Ch.), 1965. — *Climatologie de la Tunisie Centrale*. 84 p. miméo, 20 cartes coul. 1/1 000 000, 38 tabl. et graph. FAO, Proj. Plah. Rur. Int. Tunisie Centrale, Rome.
- (7) BALOUT (L.), 1955. — *Préhistoire de l'Afrique du Nord*. 544 p., 72 pl., Arts et Métiers Graphiques, Paris.
- (8) BARRY (J. P.), CELLES (J. C.) et al., carte internationale du tapis végétal; feuilles de : Ghardaia 1/500 000 et notice 1967; Biskra 1/500 000 et notice sous presse; Ouargla 1/1 000 000 et notice sous presse; In Salah 1/1 000 000 et notice sous presse. Trav. Lab. Forest. Fac. Sces. Toulouse.
- (9) BATAILLON (Cl.) et al., 1963. — *Nomades et Nomadisme au Sahara*. UNESCO, Rech. Zone Aride, XIX, 195 p., 15 fig., 8 pl. phot.
- (10) BAUMER (M.), 1963. — *Les pâturages et l'élevage sur les hauts plateaux algériens. Rapport au Gouvernement de l'Algérie*. 94 p. miméo, FAO, PFAT n° 1784, Rome.
- (11) BOUDY (P.), 1950. — *Economie forestière nord-africaine*. T. II, fasc. II, pp. 529-878, Larose, Paris.
- (12) BOULAIN (J.), 1957. — *Étude des sols des plaines du Chélif*, 582 p. Thèse, Fac. Sces, Alger.
- (13) CAMPS (G.), 1960. — *Massinissa, ou les débuts de l'histoire*. Libyca, VIII, -1-320.
- (14) CAPOT-REY (R.), 1953. — *Le Sahara français*. 564 p., 22 fig., 12 pl., PUF, Paris.
- (15) CHEVALLIER (J.), 1947. — *Le problème démographique nord-africain*. 221 p., Inst. Nat. Et. Démogr., Cagier n° 6, PUF, Paris.
- (16) COQUE (R.), 1962. — *La Tunisie Pré-saharienne. Étude géomorphologique*. 476 p., 84 fig., XXX pl. phot., 4 cartes, Bibl. 647. A. Colin, Paris.
- (17) CORDIER (G.), 1947. — *De la composition de quelques produits fourragers tunisiens et de leur valeur pour l'alimentation du mouton*. Ann. Service Bot. Agron. de Tunisie, 20. 25-108, Tunis.
- (18) DAMAGNEZ (J.), RIOU (Ch.), DEVILLÈLE (O.), ELAMANI (S.), 1963. — *Problèmes d'évapotranspiration potentielle en Tunisie*. Int. Nat. Rech. Agron., Ann. Agron., 14, 4, 543-558, Paris.
- (19) DELHAYE (R.), 1974 LE HOUÉROU (H. N.) et SARSON (M.). — *L'Amélioration des pâturages et de l'élevage dans le Hodna (Algérie)*. 115 p., 5 phot., 17 fig., AGS : DP / ALG / 66509. Rapp. Techn. No. 2, FAO, Rome.
- (20) DEVILLÈLE (O.), 1965. — *Cinq années d'expérimentation sur les besoins en eau des cultures*. 54 p. mimeo — Doc. Techn. n° 2. Inst. Nat. de Rech. Agron. — Tunis.
- (21) DESPOIS (J.) et RAYNAL (R.), 1967. — *Géographie de l'Afrique du Nord-Ouest*. 570 p., 43 cartes, Payot, Paris.
- (22) DUBIEF (J.), 1959-1963. — *Le climat du Sahara*. I. — 1959, 312 p., 109 cartes, 190 fig. II. — 1963, 275 p., 107 cartes, 200 fig., 24 photos Mém. H. S., Inst. Rech. Sah. Univ., Alger.
- (23) DURAND (J. H.), 1954. — *Les sols de l'Algérie*. 244 p., Serv. Et. Scient. Appl. à l'Hydraul. Min. Trav. Publ., Alger.
- (24) DUTIL (P.), 1962. — *Étude du bilan d'eau des sols en cases lysimétriques sur les hauts plateaux constantinois*. 118 p., Serv. Et. Scient. Appl. à l'Hydraul., Alger.
- (25) EMBERGER (L.), 1930. — *La végétation de la région méditerranéenne. Essai de classification des groupements végétaux*. Rev. Gén. de Botan., 42, 641, 662, 705, 721, Paris.
- (26) EMBERGER (L.), 1936. — *Aperçu général sur la végétation du Maroc*. 117 p., 11 pl., 1 carte coul. 1/1 500 000 Géobot. Inst. Rübel, Zurich.
- (27) EMBERGER (L.), 1957. — *Mission au Moyen-Orient, Rapport sommaire*. UNESCO / NS / AZ / 327, 13 p., miméo.
- (28) EMBERGER (L.), GAUSSEN (H.), KASSAS (M.), DE PHILIPPIS, BAGNOULS (M.), 1963. — *Carte bioclimatique de la région méditerranéenne*. 2 coupures 1/5 000 000. Notice explicative 56 p. FAO, UNESCO, Rech. Zone Aride, Rome, Paris.
- (29) EVENARI (M.) et KOLLER (D.), 1956. — *Desert agriculture: problems and results in Israel*. In « The future of Arid Lands », pp. 390-413. Amer. Ass. for Adv. of Sc., Washington.
- (30) FAO, 1967. — *Projet Expérimentation Agricole en Tunisie centrale. Rapport final*. Env. 500 p. miméo, Rome.
- (31) FANTOLI (A.), 1952. — *Le Piogge della Libia*. 529 p., 2 cartes, Rome.
- (32) FLORET (C.), 1971. — *Recherches phyto-écologiques entreprises par le CNRS sur le biome « zone aride » en Tunisie*; 26 p., CNRS, CEPE, Doc. n° 57, Montpellier.
- (33) FLORET (C.) et LE FLOCH (E.), 1972. — *Désertisation et ressources pastorales dans la Tunisie présaharienne*. 12 p., Min. Agric. INRAT, Tunis.
- (34) FLORET (C.) et LE FLOCH (E.), 1973. — *Production, sensibilité et évolution de la végétation et du milieu en Tunisie présaharienne*. 45 p., 13 fig. dont 9 cartes noir et coul., 4 phot.; Inst. Nat. Rech. Agron. Tunis et CEPE (Doc. n° 71). Montpellier.
- (35) FLORET (C.) et PONTANIER (R.), 1973. — *Étude de trois formations végétales naturelles du Sud tunisien : production, bilan hydrique des sols*. 80 p., Inst. Nat. Rech. Agron., Tunis.
- (36) FRANCLÉ (A.) et LE HOUÉROU (H. N.), 1971. — *Les Atriplex en Afrique du Nord et en Tunisie*. 249 p., 27 fig., 50 phot.; Bibl. 375. Div. For., FAO, Rome.

- (37) GAUSSEN (H.) et AL., 1954-1958. — *Cartes des précipitations au 1/500 000 Maroc, Algérie, Tunisie*. Fac. Sc., Toulouse.
- (38) GOUNOT (M.), 1959. — *Contribution à l'étude des groupements végétaux messicoles et rudéraux de la Tunisie*. Ann. Serv. Bot. Agron. Tunisie, 31, 1-282, 1 carte, 17 tabl., Tunis.
- (39) GRANIER (A. et J.), 1966. — *Étude de la culture en sec de la luzerne et du Sulla et de leur rôle dans la rénovation des sols*. Bull. Ec. Nat. Sup. Agric., Tunis, 10, 11, 21-72, Tunis.
- (40) IONESCO (T.), 1965. — *Considération bioclimatiques et phytocologiques sur les zones arides du Maroc*. Cah. Rech. Agron., 19, 130 p., 3 graph. h. t., 10 cartes, Rabat.
- (41) JOLY (F.), 1954. — *Élevage ovins et caprins*. 46 p., 1 carte in « Atlas du Maroc », pl. 40 a, Rabat.
- (42) JULIEN (Ch. A.), 1851. — *Histoire de l'Afrique du Nord*. 2^e édit., 2 vol., Payot, Paris.
- (44) LE HOUÉROU (H. N.), 1958. — *Écologie, phytosociologie et productivité de l'olivier en Tunisie méridionale*. Bull., Carte Phytogéog., B, IV, 1, 7-72, Centre Nat. Rech. Scient. Paris.
- (45) LE HOUÉROU (H. N.), 1959. — *Recherches écologiques et floristiques sur la végétation de la Tunisie méridionale*. 510 p., 54 tabl., 4 cartes, 2 fasc., 1 pochette Mém. H. S. Inst. Rech. Sah. Univ., Alger.
- (46) LE HOUÉROU (H. N.), 1960. — *Contribution à l'étude des sols du Sud Tunisien*. Inst. Nat. Rech. Agron., Ann. Agron., 11 (3), 241-308, Paris.
- (47) LE HOUÉROU (H. N.), 1962. — *Les pâturages naturels de la Tunisie aride et désertique*. 106 p. miméo, XII pl., 4 cartes. Inst. Sc. Econ., Appl., Paris, Tunis.
- (48) LE HOUÉROU (H. N.), 1963-1965. — *Improvement of natural pastures and fodder resources. Report to the Government of Libya*. 46 p. miméo, 6 pl., 3 cartes, FAO-PEAT, n° 1979, Rome.
- (49) LE HOUÉROU (H. N.), 1964. — *Pasture lands in the Mediterranean Basin and their improvement*. 26 p. miméo, 1 graph. FAO, Goat Raising Seminar 14, Rome.
- (50) LE HOUÉROU (H. N.), 1965. — *Les cultures fourragères en Tunisie*. 81 p. miméo. Doc. techn., n° 13, Inst. Nat. Rech. Agron. Tunisie, Tunis.
- (51) LE HOUÉROU (H. N.), 1968. — *La désertisation du Sahara septentrional et des steppes limitrophes (Libye, Tunisie, Algérie)*. 33 p. miméo, 7 graph., Prog. Biol. Internat., C. T., coll. Hammamet, sous presse. London Ann. Alg. Géogr., 3, 6, 2-27, Alger.
- (52) LE HOUÉROU (H. N.), 1969 a. — *North Africa: past, present, future*. In: *Arid lands in transition*; pp. 227-278; Amér. Ass. for Adv. of Science; Washington, D. C.
- (53) LE HOUÉROU (H. N.), 1969 b. — *Principes, méthodes et techniques d'amélioration fourragère et pastorale en Tunisie*. 291 p., 9 graph., 4 cartes, 64 phot., Bibl. 250, FAO, Rome.
- (54) LE HOUÉROU (H. N.), 1969 c. — *La végétation de la Tunisie steppique (avec références aux végétations analogues d'Algérie de Libye et du Maroc)*. 624 p., bibl. 225, 40 phot., 39 fig., 1 carte coul. H. T., 1/500 000 (128 000 km²), XXI tabl. H. T., Ann. Inst. Nat. Rech. Agron., 42, 5, Tunis.
- (55) LE HOUÉROU (H. N.), 1971. — *Les bases écologiques de la production pastorale et fourragère en Algérie*. 60 p. Div. Prod. Prot. Pltes, FAO, Rome.
- (56) LE HOUÉROU (H. N.), 1971. — *An assessment of the primary and secondary production of the arid grazing lands; Ecosystems of North Africa*. 25 p., FAO, Rome, et Proceed of Intern. Symp. on Ecophysiological foundations of ecosystems productivity in Arid zones, pp. 168-172, éd. Nauka, Leningrad.
- (57) LE HOUÉROU (H. N.), 1972. — *The useful shrubs of the Mediterranean basin and of the Sahelian belt of Africa; in: Wild and Shrubs their Biology and Uses*, Intern. Symp., pp. 26-36, Utah State, Univ. Logan and Intermountain forest and Range Experiment Station, Ogden, Utah.
- (58) LE HOUÉROU (H. N.), 1973. — *Ecological foundations of agricultural and range development in Western Libya*. 20 p., Pl. Prod. Prot. Div., FAO, Rome.
- (59) LE HOUÉROU (H. N.), 1973. — *Peut-on lutter contre la désertisation?* 13 p., coll. Nouakchott, Bull. IFAN, Dakar (sous presse).
- (60) LE HOUÉROU (H. N.), 1974. — *Deterioration of the ecological equilibrium in the arid zones of North Africa*. Isr. Journ. of Agron. (in press).
- (61) LE HOUÉROU (H. N.) et GOUNOT (M.), 1959. — *Carte bioclimatique de la Tunisie*. In: Le Houérou, 1959.
- (62) LE HOUÉROU (H. N.) et FROMENT (D.). — *Définition d'une doctrine pastorale pour la Tunisie steppique*. Bull. Ec. Nat. Sup. Agron., 10-11, pp. 72-152, Tunis.
- (63) LE HOUÉROU (H. N.), CLAUDIN (J.) et HAYWOOD (M.), 1975. — *Étude phytocologique du Hodna (Algérie)*. 200 p., graph. tabl., 2 cartes coul., 1/200 000 (23 000 km²). AGS; DP ALG 66 509. Rapp. Techn., n° 6, FAO, Rome.
- (64) LEREDDE (Cl.), 1957. — *Étude écologique et phytogéographique du Tassili des Ajjer*. 455 p., 24 pl., Trav. Inst. Rech. Sah., Alger.
- (65) LOISEAU (P.) et SEBILLOTTE (M.), — *Étude et cartographie des pâturages du Maroc oriental*. 540 p., 12 cartes coul. 1/100 000, Min. Agric. Rabat, ERES-SCET Coop., Paris.
- (66) LONG (G. A.), 1950. — *Contribution à l'étude des pâturages tunisiens*. Ann. Serv. Bot. Agron., 23, 139-160, Tunis.
- (67) LONG (G. A.), 1954. — *Contribution à l'étude de la végétation de la Tunisie centrale*. Ann. Serv. Bot. Agron., 27, 1-388, 1 carte coul. 1/200 000 H. T., XXI tabl., Tunis.
- (68) LICITRI (R.), 1966. — *Les eaux superficielles en Tunisie centrale*. 16 p. miméo, FAO, Proj. Plan. Rur. Intégr., Tunisie Centrale, Rome.
- (69) MARTEL (A.), 1965. — *Les confins saharo tripolitains de la Tunisie (1881-1911)*. 1-824 p., II-428 p., PUF, Paris.
- (70) MEIGS (P.), 1952-1953. — *La répartition mondiale des zones arides et semi arides*. In « C. R. Rech. Hydrol. Zone Aride », UNESCO, Progr. Z. Aride 1, pp. 208-215.

- (71) MEIGS (P.), 1960. — *Word distribution of arid and semi arid homoclimates*. Rev. of Res. on Arid Zone Hydrology, UNESCO, Paris.
- (72) MONJAUZE (A.), 1959. — *La rénovation rurale en Afrique du Nord*. 36 p. In « Développement Africain ». Inst. Developp. Africain, Paris.
- (73) MONJAUZE (A.), 1960. — *Le problème de la steppe*. 38 p., miméo. Minist. Agric., Alger.
- (74) MONJAUZE (A.), 1960. — *Solutions doctrinales du problème pastoral dans les régions à climats xérotériques*. Cpte Rend. Coll. Teheran sur Conservt. et Restaur. des sols, pp. 307-319. Inst. Franc. Coop. Techn. et Fac. Agron. Univ. de Téhéran.
- (75) POUGET (M.), 1974. — *Étude écologique et pédologique de la région de Messad*. (1 carte phytocécologique 1/100 000), DERMH, Alger.
- (76) POUGET (M.) et LE HOUÉROU (H. N.), 1971. — *Étude agropédologique du bassin du Zahrez Gharbi* (Feuille Rocher de sel). 160 p., 9 fig., 30 tabl. H. T., 4 cartes coul. 1/100 000 : Groupements Végétaux, Aptitude à la mise en valeur, Pédologie, Nappe phréatique. DERMH, Alger.
- (77) PUJOS (A.), 1958. — *Étude des érosions dans le bassin de la Moulouya*. 4 cartes phytocécologiques coul. 1/200 000, 500 p. miméo., nombr. graph., fig. et photos. Div. Forêts, Min. Agric. Rabat.
- (78) MONJAUZE (A.) et LE HOUÉROU (H. N.). — *Le rôle des Opuntia dans l'économie agricole Nord africaine*. Bull. Ec. Nat. Sup. Agric., Tunis, 8-9, 85-164, Tunis.
- (79) MONOD (Th.), 1937. — *Méharées*. 300 p., Paris.
- (80) MONOD (Th.), 1954. — *Modes contracté et diffus dans la végétation saharienne*. In « Biology of deserts », 35-44, London.
- (81) MONOD (Th.), 1958. — *Parts respectives de l'homme et des phénomènes naturels dans la dégradation des paysages et le déclin des civilisations à travers le bassin méditerranéen L. S. avec les déserts et semi-déserts adjacents au cours des derniers millénaires*. 38 p. miméo., 65 réf. Bibliogr. Un. Intern. Conserv. Nat. 7^e réunion technique Athènes.
- (82) OZENDA (P.) et KERAUDREN (J.), 1960. — *Carte de la végétation de l'Algérie au 1/200 000*. Feuille de Guelt Stell-Djelfa; Pub. Gouv. Gén. Alger.
- (83) PABOT (H.), 1960. — *Peut-on arrêter la désertisation des régions sèches d'orient?* Cpte Rend. Coll. Téhéran Conservat. et Restaurat. Sols pp. 120-125. Inst. Franc. Coop. Techn. Fac. Agron. Univ. Téhéran.
- (84) PREZIOSI (P. C.), 1954. — *Le climat de la Tunisie, Évapotranspiration, Bilan hydrologique, Zones climatiques*. 13 p., miméo., 11 cartes, 4 graph.
- (85) QUEZEL (P.), 1965. — *La végétation du Sahara du Tchad à la Mauritanie*. 333 p., Fischer, Stuttgart.
- (86) REGAZZOLA (T.), 1968. — *Premiers résultats de l'enquête sur le nomadisme et le pastoralisme en Algérie*. 62 p. miméo., 4 cartes, Div. Statist. Minist. Finances et Plan, Alger.
- (87) QUEZEL (P.) et SIMMONEAU (P.), 1963. — *Les peuplements d'Acacia du Sahara nord occidental*. Étude phytogéographique. Trav. Inst. Rech. Sah., XII, pp. 79-121, Alger.
- (88) RAYNAL (R.), 1961. — *Plaines et pied-monts du bassin de la Moulouya*. Étude géomorphologique. Thèse, 619 p.
- (89) REIFENBERG (A.), 1952. — *The struggle between the desert and the sown*. Des. Res. Proc. Jérusalem. Res. Couac. of Israël, 1953, pp. 378-389.
- (90) REMILI (A.), 1969. — *L'Algérie et le monde dans 30 ans; perspectives à long terme*. 34 p. miméo, Journ. Études sur l'Algérie et le Monde en l'an 2000. Direct. Génér. Plan et Et. Econom., Minist. Fin. et Plan, Alger.
- (91) RODIN (L.), VINOGRADOV (B.) et al., 1970. — *Études géobotaniques des pâturages du secteur ouest du département de Médéa (Algérie)*, 124 p., 2 cartes coul. 1/200 000 (8 500 km). Nauka Edit., Leningrad.
- (92) ROGNON (P.), 1967. — *Le massif de l'Atakor et ses bordures (Sahara central)*. Étude géomorphologique. 546 p., XXXII pl., 8 cartes coul. H. T., 147 fig., Bibl. 250, CNRS Edit., Paris.
- (93) SAUVAGE (Ch.), 1963. — *Étages bioclimatiques*. 44 p., 1 graph. H. T., 1 carte coul. 1/2 000 000 in « Atlas Géographique du Maroc ». Comité Nat. de Géogr. du Maroc.
- (94) SELTZER (P.), 1946. — *Le climat de l'Algérie*. 219 p. Trav. Trist. Météor. et phys. globe, Univ., Alger.
- (95) SIMONNEAU (P.), 1952. — *La végétation halophile de la plaine de Perregaux*, 279 p., Serv. Et. Scient. Appl. Hydraul., Min. Trav. Publ., Alger.
- (96) STEWART (Ph.), 1969. — *Quotient pluvio-thermique et dégradation biosphérique*. Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. du Nord, 59, 1-4, pp. 23-36, 1 carte H. T. 1/3 500 000, 1 tableau H. T., Alger.
- (97) THIAULT (M.), 1963. — *L'amélioration des pâturages et des cultures fourragères en Tunisie. Rapport au Gouvernement de la Tunisie*. 69 p. miméo, FAO, PEAT, n° 1689, Rome.
- (98) TIXERONT (J.), 1960. — *Les débits solides des cours d'eau en Algérie et en Tunisie. Taux d'abrasion et teneur en suspension*. 23 p., miméo, Decr. Et. Agric., HAR, Tunis.
- (99) TIXERONT (J.) et BERKALOFF (E.), 1958. — *Carte du ruissellement moyen annuel de la Tunisie 1/1 000 000*. Notice explicative. Et. Hydraul. et Hydrologie, 1, 7, 11 p. Minist. Trav. Publ., Tunis.
- (100) TROIN (J. F.), 1968. — *Cultures céréalières*. 140 p. in « Atlas du Maroc », pl. 39 a, Rabat.
- (101) VERNET (A.). — *Notice explicative de la carte des précipitations en Tunisie au 1/500 000*. 20 p. Et. Climat. et Géophys., III, 2, Minist. Trav. Publ., Tunis.
- Gén. Plan et Et. Écon. Minist. Fin. et Plan, Alger.
- (105) ALGÉRIE, 1968. — *Situation de l'agriculture en 1967*. Statist. Agric., n° 7, 258 p., Minist. Agric., Alger.
- (106) ALGÉRIE, 1974. — *Statistiques Agricoles*, n° 14, 383 p. Min. Agr. Dép. Agr., Alger.
- (107) LIBYE, 1963. — *Agricultural statistics in Libya*. 142 p. miméo. Minist. of Agric., Tripoli.
- (108) LIBYE, 1968. — *Statistical Abstract, 1967*. 323 p. Ministr. of Planning and Développement, Census and Statistical Dép., Tripoli.
- (109) MAROC, 1960. — *Tableau économique du Maroc: 1915-1959*. 340 p. Serv. Cent. Statist., Dir. Coordin. Écon. et Plan, Ministère Écon. Nat., Rabat.
- (110) MAROC, 1968. — *Situation économique en 1967*. 198 p. miméo. Divis. Plan et Statist. Minist. Aff. Écon. Plan et Form. Cadres, Rabat.
- (111) MAROC, 1966. — *Annuaire statistique, 1964-1965*. 257 p. Serv. Cent. Statist., Minist. du Développement, Rabat.
- (112) TUNISIE, 1968. — *Annuaire statistique de la Tunisie: 1964-1965*. Vol. n° 15, 186 p. Secr. Et. Plan et Ec. Nat., Tunis.
- (113) TUNISIE, 1968. — *Annuaire économique de la Tunisie: 1966-1967*. 302 p., Un. Tun. Indust. Comm. et Artisan., Secr. Et. plan et Écon. Nat., Tunis.

Documents officiels consultés

- (102) FAO, 1967. — *Produits agricoles. Projections pour 1975 et 1985*. Vol. II, 308 p., Rome.
- (103) FAO, 1972. — *Production yearbook, 1972*. Vol. 21, 784 p., Rome.
- (104) ALGÉRIE, 1965. — *Annuaire Statistique 1963-1964*. 228 p., S/Dir. Statistiques, Dir.