

Christian FLORET, Édouard LE FLOC'H,
Roger PONTANIER

Perturbations anthropiques et aridification en zone présaharienne

PROBLÉMATIQUE ET OBJECTIFS

L'accroissement de la pression démographique, dans les zones arides d'Afrique du Nord, s'est accompagné de la mise en œuvre de moyens mécaniques de travail du sol et de transport. Ces évolutions ont entraîné durant les dernières décennies des modifications profondes des pratiques sociales de gestion de l'espace rural et des ressources naturelles par les populations. La sédentarisation a satisfait le souhait d'une appropriation des terres. Il s'est ensuivi une accélération très forte de la mise en culture ainsi qu'un surpâturage généralisé (régression de la pratique de la transhumance) sur des espaces pastoraux de plus en plus restreints. L'insuccès de la céréaliculture sur certains milieux, suite en particulier à la dégradation progressive des sols, a eu pour conséquence l'abandon de cette culture sur des surfaces aujourd'hui désertisées (LE HOUÉROU, 1969 ; FLORET *et al.*, 1973).

De tels changements, dans l'utilisation des ressources, peuvent être évalués par l'analyse des photographies aériennes, complétée par des contrôles de terrain (DEBUSSCHE *et al.*, 1987). Les unités élémentaires d'observation retenues sont les systèmes écologiques définis par un certain nombre de paramètres relatifs à la flore, à la végétation et au sol (en particulier les caractéristiques hydrodynamiques). Ces systèmes écologiques constituent les unités fonctionnelles des paysages de la région ; ils sont en relation entre eux par le jeu des transferts d'eau de ruissellement ou de produits d'érosion.

Une modification de la couverture végétale ou des horizons supérieurs des sols, entraîne des changements dans l'utilisation potentielle d'un système et dans sa productivité. On passe alors à un autre système écologique, souvent de façon irréversible si certains seuils sont dépassés.

Dans ce travail, nous proposons :

- d'analyser les transformations survenues entre 1948 et 1985 en ce qui concerne l'utilisation du sol et les systèmes écologiques, dans une petite région du Sud tunisien représentative des zones arides de ce pays ;
- d'étudier les conséquences de ces perturbations sur la production végétale (céréaliculture, pâturage) et sur le bilan hydrologique régional.

ZONE D'ÉTUDE

La zone d'étude est constituée par une petite région naturelle, d'une superficie de 81 260 ha, située à 50 km au nord-ouest de Gabès, représentative de la Tunisie présaharienne (fig. 1).

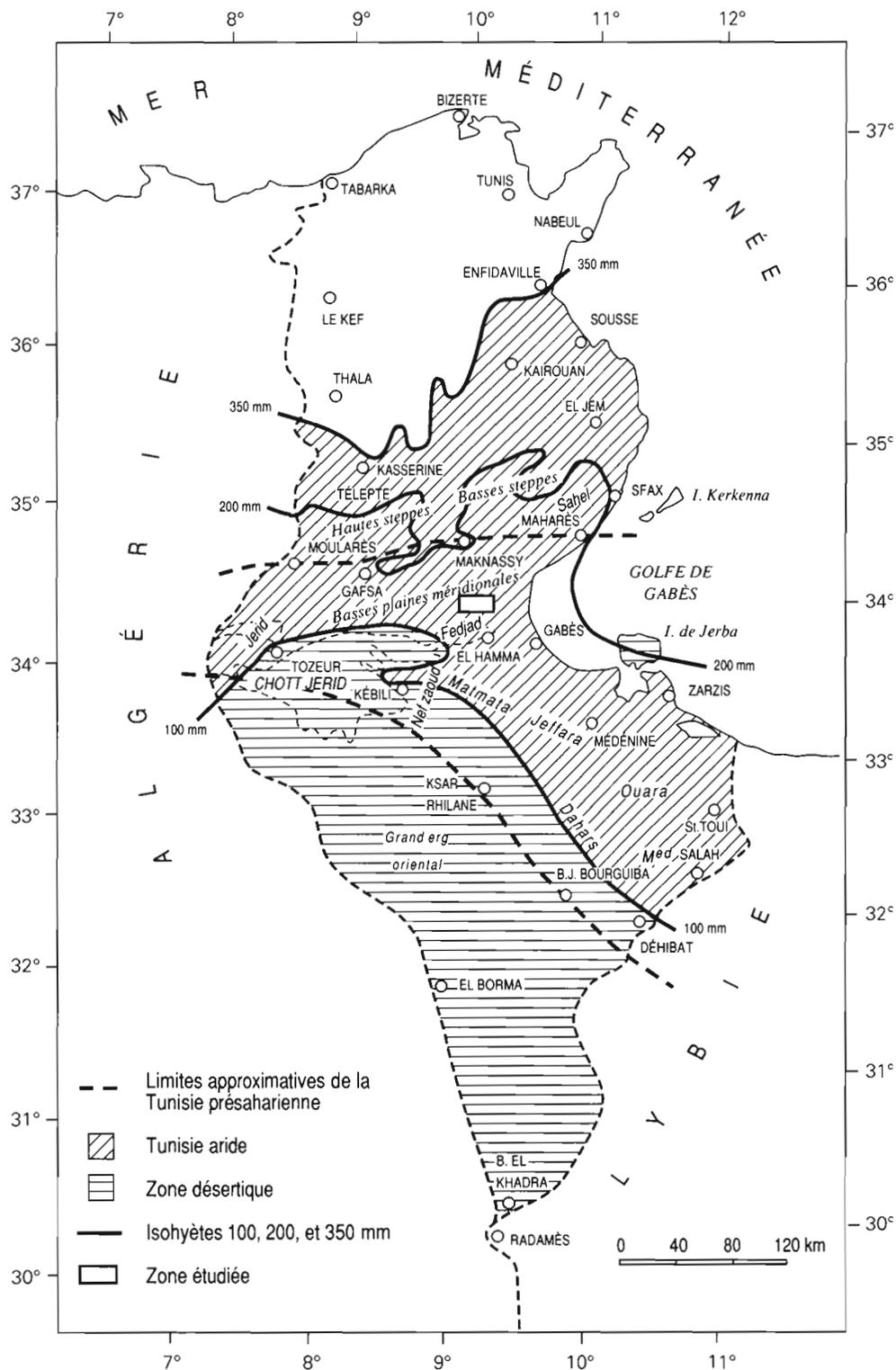


FIGURE 1 - La Tunisie présaharienne et la zone étudiée.

La pluviosité moyenne annuelle de la région, sous bioclimat méditerranéen aride inférieur à hivers tempérés à doux, est de l'ordre de 160 mm. Elle est marquée par une extrême irrégularité, avec cependant une saison sèche régulière de quatre mois (mai à août inclus). Le mois d'octobre est le plus arrosé. Des études statistiques conduites sur les données de la station de Gabès, considérée comme station de référence (FLORET *et al.*, 1978), montrent que la probabilité d'avoir une hauteur de pluie annuelle inférieure à 100 mm est de 1 année sur 5, la probabilité est la même d'obtenir des pluies supérieures à 250 mm. Ces pluies ont fréquemment un caractère orageux et tombent essentiellement durant la période froide, peu favorable à la croissance des végétaux. Le déficit hydrique, estimé entre 1 200 et 1 300 mm par an, est accentué par de forts vents desséchants durant la saison de végétation.

La zone d'étude se présente comme un ensemble de plaines et de plateaux du Quaternaire, reposant sur la puissante série sablo-argilo-gypseuse du Miopliocène ceinturée de petits anticlinaux en guirlande qui culminent à 400-500 m et se caractérisent par des faciès calcaire et marno-calcaire du Crétacé. Le réseau hydrographique, bien marqué près des montagnes, devient généralement endoréique au centre de la zone où l'on rencontre des dépressions fermées (*garaet*).

Les sols, pauvres en matière organique, sont peu différenciés et subissent de forts remaniements dus aux vents et aux eaux. Sur les reliefs et sur les hauts glacis, les sols fortement érodés sont caractérisés par des surfaces à croûte calcaire ou gypseuse plus ou moins démantelées. Sur les piémonts, glacis et zones d'épandage, se rencontrent des sols limono-sableux calcaires, avec présence de gypse en profondeur. Le centre de la plaine est le domaine des sierozems épais et sableux, qui reposent le plus souvent sur des limons à nodules calcaires, et des encroûtements calcaro-gypseux. Enfin, dans les *garaet* et à l'aval de la toposéquence générale, des caractères d'hydromorphie et de salure marquent généralement le faciès des sols alluviaux.

La végétation steppique de la région est assez contrastée en raison de la diversité des substrats et des situations géomorphologiques, et de l'impact des activités humaines. Il s'agit d'une végétation claire et basse, qui ne dépasse qu'assez rarement 50 cm de hauteur, constituée d'espèces pérennes (ligneuses le plus souvent). Les espèces annuelles peuvent atteindre un fort développement et un recouvrement élevé durant le printemps en année pluvieuse. Les talwegs sont généralement marqués par des formations particulières à nanophanéophytes.

En 1975, la densité de la population rurale était évaluée à 20 habitants.km² (FLORET *et al.*, 1978). Très irrégulièrement répartie dans l'espace, cette population est plus dense dans la partie sud de la zone, sur les piémonts des montagnes (possibilité d'utiliser les eaux de ruissellement) et, depuis peu, le long des axes routiers et dans les pôles de sédentarisation (Zougrata, Menzel Habib, Fejaj) où existent les infrastructures telles que écoles, dispensaires, etc.).

La céréaliculture puis l'arboriculture, d'abord limitées aux zones dépressionnaires, ou localisées derrière les petits ouvrages d'hydraulique de surface, se sont progressivement étendues aux glacis et elles concernent aujourd'hui, avec des succès très inégaux, une partie de la plaine sableuse.

MÉTHODE D'ÉTUDE

Caractérisation des systèmes écologiques

Les principes généraux de la démarche suivie s'inspirent très largement de la méthode du diagnostic écologique appliqué à l'aménagement du territoire (LONG, 1974-75, 1979).

Tableau 1 - Caractéristiques essentielles des systèmes écologiques de la région de Zougrata

SIGLE	PHYSIONOMIE VÉGÉTALE ESPÈCE DOMINANTE	COUVERT	TYPE DE SOL	RÉSERVE UTILE EN EAU DU SOL (en mm) RU	PRODUCTION EN ANNÉE PLUVIEUSE		COEF. D'EFFICACITÉ DE LA PLUIE Ke%	
					Parcours kg MS.ha ⁻¹ .an ⁻¹	Céréales (orge) q.ha ⁻¹ .an ⁻¹	année moyenne	année pluvieuse
SD2	Steppe herbacée et ligneuse basse	30 %	lithosols	60	370		90	75
SD1	avec <i>Stipa tenacissima</i>	15 %		45	210		75	60
GD2	Steppe ligneuse basse à	20 %	régosols sur croûte	98	800		90	75
GD1	<i>Gymnocarpos decander</i>	10 %	calcaire démantelée	75	400		80	65
AZ2	Steppe ligneuse basse et herbacée	20 %	sols à croûte ou	75	640		90	75
AZ1	à <i>Anarrhinum brevifolium</i>	10 %	encroûtement gypseux	52	320		80	65
AA2	Steppe ligneuse basse	20 %	sols isohumiques tronqués	144	420		90	80
AA1	à <i>Artemisia herba-alba</i>	3 %	ou limon à nodules calc.	108	180		80	65
aa	Faciès cultivé ou récemment abandonné de AA	5 %	<i>idem</i>	126	450	8	90	70
LK3	Steppe ligneuse basse à <i>Lygeum spartum</i>	30 %		75	910		100	100
RK3 }	Steppe	40 %	Sierozem sableux	137	1 130		95	80
RK2*}	ligneuse basse	20 %	pouvant être tronqué	126	650		90	70
RK1*}	à <i>Rhanterium suaveolens</i>	10 %	dans le cas du RK1	92	420		100	90
rk2	Faciès cultivé de RK3 et RK2	10 %	id. RK3-RK2	125	340	6	95	75
rk1	Faciès cultivé de RK1	5 %	id. RK1	85	280	4		
AR2	Steppe herbacée très claire à	10 %	sols bruts d'apport	160	630		100	100
AR1	<i>Aristida pungens</i>	5 %	éoliens ± fixés	80	170		> 100	> 100
ZR	Scrub à <i>Ziziphus lotus</i>	50 %	sols peu évolués	218	2 300		> 100	> 100
zr	faciès cultivé de ZR	15 %	alluviaux	218	840	10	> 100	> 100
NS	Steppe ligneuse basse à <i>Suaeda mollis</i>	50 %	sols halomorphes salins	160	1 460		> 100	> 100
PV	Steppe herbacée à <i>Pulicaria laciniata</i>	50 %	sols peu évolués alluviaux	310	540		> 100	> 100
pv	Faciès cultivé de PV	5 %	légèrement salés	310	410	10	> 100	> 100

* Des faciès particuliers (RX2, RX1) de ces systèmes écologiques sont apparus très récemment. Ils sont marqués par la dominance de *Astragalus armatus* spp. *tragacanthoides*, espèce épineuse délaissée par les ovins et peu appréciée par les caprins. Pour les valeurs des divers paramètres, nous considérons les équivalences suivantes : RX2 = RK2 et RX1 = RK1.

Il s'agit tout d'abord de définir, à un niveau de perception compatible avec les objectifs de l'étude, les unités de base opérationnelles. La démarche a consisté sur ce point à « zoner » l'espace étudié à 2 niveaux. Un premier niveau aboutit à la délimitation de secteurs écologiques (MANIL, 1963 ; LONG, 1974-75), définis par le type géomorphologique et la nature des formations superficielles (glacis limoneux, plaine sableuse, etc.), par l'exposition (ou le microclimat) et par le type physionomique de la végétation (steppe à *Rhanterium suaveolens*, scrub à *Ziziphus lotus*, etc.). L'unité élémentaire, de second niveau, doit être cartographiable (reconnaissance aisée sur le terrain et éventuellement sur photographie aérienne) et fonctionnelle (intégration de facteurs interactifs importants pour le fonctionnement). Nous avons retenu le système écologique au sens de TANSLEY (1946). Les critères retenus pour l'établissement de la clé de cartographie des systèmes écologiques dans la zone de Zougrata, ont été le mode d'utilisation du sol (parcours, culture, etc.) et l'état de dégradation de la couverture végétale et des horizons de surface du sol. Ainsi, 22 systèmes écologiques ont été caractérisés par leur flore, par leur végétation (recouvrement des espèces dominantes ou de catégories d'espèces) et par leur sol (nature, texture, profondeur, etc.). Pour les systèmes écologiques les plus importants, il a été procédé à des mesures : phytomasse aérienne, rendements des cultures dans les milieux cultivés et quelques caractéristiques physico-hydriques des sols (réserve utile, coefficient de ruissellement, etc.). Sur quelques unités des systèmes écologiques les plus étendus, des stations de mesure permanentes ont été installées qui permettent ainsi un suivi de l'évolution et la mise en relation de la production des parcours avec les conditions hydriques des sols (FLORET et PONTANIER, 1982). C'est l'ensemble de ces données qui constitue la légende de la carte des systèmes écologiques (FLORET *et al.*, 1978). Le tableau I est un extrait de cette légende et il contient les paramètres utiles à la présente analyse.

À cette représentation synchrone des systèmes écologiques, il importe d'ajouter la dimension dynamique qui permet la prise en compte des évolutions possibles. La végétation naturelle joue un rôle capital dans le piégeage du sable et de la matière organique (FLORET *et al.*, 1977 ; LE HOUÉROU, 1959, 1969 ; BENDALI, 1987 ; LE HOUÉROU, 1987) et sur le ruissellement et l'infiltration de l'eau (BOURGES *et al.*, 1984 ; FLORET et PONTANIER, 1984). Les relations dynamiques entre systèmes écologiques ont été étudiées au niveau de la dégradation de la couverture végétale (surpâturage, éradication) ou au niveau de la dégradation des horizons superficiels des sols (déflation suite au surpâturage ou à la mise en culture). Une fois dépassé un certain seuil de dégradation, ces systèmes ne peuvent revenir à leur état initial. Il s'ensuit une possible accentuation des processus érosifs qui entraîne la mobilisation d'éléments solides (sables, limons) et qui modifie à terme les sols et leur bilan hydrique. On a ainsi établi le diagramme des relations dynamiques entre les divers systèmes écologiques de la région (fig. 2). Les causes, la nature et l'intensité des phénomènes de transformation ont aussi été prises en compte. Les superficies occupées par les divers systèmes écologiques sont donc soumises à des fluctuations dans le temps, en relation en particulier avec le niveau de perturbation que représente la pression humaine sur les ressources naturelles et l'espace.

Étude de l'évolution des surfaces occupées par ces systèmes

Nous avons procédé, en 1975, à un levé cartographique exhaustif, à l'échelle 1/25 000, exprimé dans une carte au 1/50 000 (FLORET *et al.*, 1978). Les levés ont été effectués en utilisant les clichés de 1963, les limites des unités étant vérifiées sur le terrain afin d'obtenir un document actualisé (1975). Cette carte sert de base à la partie de cette étude qui concerne l'ensemble des superficies occupées par les systèmes écologiques à Zougrata entre 1975 et 1985.

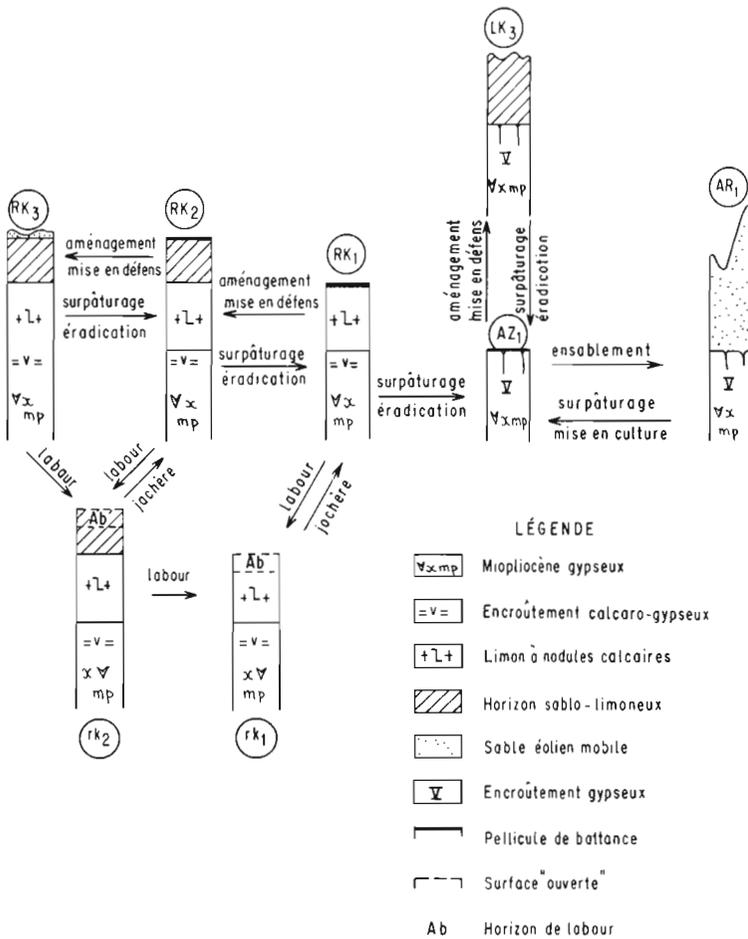


Figure 2 - Exemples de relations dynamiques entre les systèmes écologiques (voir tableau I) des steppes sableuses de la région de Zougrata, en fonction des perturbations anthropiques.

Par ailleurs, nous avons pu effectuer des prises de vue aériennes, au printemps 1975 (échelle approximative des photos : 1/8 000). Nous avons procédé au tirage au sort de 6 zones élémentaires, de tailles et d'orientations variables, qui représentent une superficie totale de 5 000 ha, soit 6,15 % de la superficie totale, ce qui est relativement élevé par rapport aux pratiques courantes dans ce domaine (LANLY, 1969). Sur les clichés, nous avons porté au hasard une grille orthogonale de points. La maille de la grille était adaptée de façon à permettre la lecture de 1 000 points pour l'ensemble des zones élémentaires retenues. Chaque point était donc considéré comme représentant une surface homogène de 5 ha.

Les points repérés sur les photographies de 1975 ont été ensuite soigneusement repérés sur les clichés de 1948 et de 1975 et analysés. Le même repérage n'a pu être complet sur la couverture de 1985 ; les clichés de cette année étaient de mauvaise qualité, ce qui a réduit la précision de l'analyse. Aussi, pour les données de 1985, avons-nous procédé principalement à des contrôles de terrain, sur les zones élémentaires, afin d'apprécier les changements survenus.

RÉSULTATS

Une première analyse concerne l'évolution de la mise en culture (tabl. II).

Entre 1948 et 1985 les surfaces défrichées ont triplé ; en fait, la pression ne s'est pas manifestée de la même façon sur l'ensemble des systèmes écologiques. Ce phénomène a donc été analysé en fonction du type de substrats. Les résultats qui concernent l'évolution des superficies des systèmes écologiques de la région figurent sur le tableau III. Les milieux alluviaux non salés, les mieux alimentés en eau à partir du ruissellement et qui présentent les meilleurs sols, étaient déjà cultivés en majorité en 1948. Avec la sédentarisation progressive, la mise en culture a gagné les zones où il était possible aisément de s'approvisionner en eau (puits de surface et citernes des glacis limoneux de piémont). Puis la culture s'est ensuite étendue jusque dans les plaines sableuses.

En un point donné, le passage d'un système écologique à un autre s'accompagne de changements profonds dans la composition floristique, la biomasse et la production pastorale, mais aussi dans les caractéristiques physico-hydrauliques des sols, qui se déstructurent, s'érodent et s'ensablent (BENDALI *et al.*, 1986), etc. D'une manière générale, l'ensemble de leurs propriétés tend à se dégrader : les eaux s'infiltrent de moins en moins bien dans des sols dont l'épaisseur se réduit de plus en plus ; en un mot, l'aptitude à absorber et à stocker l'eau régresse.

Tableau II - Évolution du pourcentage des terres défrichées et mises en culture à Zougrata entre 1948 et 1985.

	1948	1963	1975	1985
% de la surface totale mise en culture	13,9	31,2	38,2	41,6

On propose d'utiliser les données du tableau III pour tenter de chiffrer la baisse de potentiel physique et biologique.

En ce qui concerne les caractéristiques hydrodynamiques des sols, on utilise les notions de RU (mm) et de Ke %, soit :

- RU = réserve en eau utile pour la végétation ; cette variable intègre bien les variations d'épaisseur (troncature ou apport) des horizons et les degrés d'organisation (structuration et déstructuration) des sols ; on la note sous la forme suivante :

$$RU = \int_0^f dz(\Theta_{CC} - \Theta_{PF}) \text{ (mm)}$$

où :

Θ_{CC} et Θ_{PF} = les humidités volumiques qui correspondent respectivement à la capacité au champ et au point de flétrissement (avec $\Theta_{CC} = - 0,5$ et $\Theta_{PF} = - 1,6$ MPa)

Ke % = coefficient d'efficacité annuel de la pluie pour la recharge des réserves en eau du sol ;

on le note :

$$Ke = \frac{Pe}{Pt} \times 100$$

où :

Pe = pluie efficace infiltrée dans le sol (mm)

et Pt = pluie totale (mm).

Ces paramètres prennent toute leur signification lors des années pluvieuses.

Tableau III - Superficies estimées des divers systèmes écologiques de la zone test de Zougrata en 1948, 1963, 1975 et 1985 (surface totale : 81 260 ha)

SYSTÈMES ÉCOLOGIQUES	ANNÉES			
	1948	1963	1975	1985
SD2	2 885	1 803	1 610	536
SD1		1 082	1 275	2 349
GD2	2 330	383	315	0
GD1		1 947	2 015	2 330
AZ2	9 905	2 588	2 070	0
AZ1		7 317	7 835	9 905
AA2	14 725	360	315	0
AA1		9 143	8 280	7 378
aa	1 820	7 042	7 950	9 167
LK3		1 617	1 475	0
RK3	36 348	5 793	5 010	513
RK2		7 151	5 495	4 718
RK1		15 384	14 433	10 428
rK2	6 213	11 120	13 230	7 407
rK1		1 470	3 850	11 223
AR2	162	243	200	0
AR1		0	85	875
ZR	2 334	440	255	245
zr	2 541	4 435	4 620	4 630
NS	575	575	575	575
PV	616	54	12	12
pv	753	1 313	1 355	1 355
RX2	non observé	non observé	non observé	3 119
RX1	non observé	non observé	non observé	4 495

La détermination de RU et de Ke % pour chaque système écologique identifié (FLORET et PONTANIER, 1982), soit pour une année à pluviosité moyenne (150 mm), soit pour une année à forte pluviosité (250 mm), nous a permis de calculer des valeurs moyennes régionales pour ces 2 paramètres aux 4 dates de référence (tabl. IV). Les valeurs de Ke ont été déterminées entre 1969 et 1979.

Entre 1948 et 1985, on constate que l'accroissement de la mise en culture des terres et de la pression pastorale, ont fait baisser, sur l'ensemble des terres toujours exondées, la RU de 5,9 mm, ce qui correspond à une perte de capacité de stockage de près de 5 106 m³ sur l'ensemble de la zone test de Zougrata.

Tableau IV- Évolution du régime hydrique régional

		1948	1963	1975	1985
Valeur régionale moyenne de la réserve utile en eau des sols pour la végétation (RU en mm)		113,4	113,2	112,8	107,5
Perte de la capacité régionale de stockage en eau par rapport à 1948 (en 106 m ³)		-	0,163	0,488	4,794
Coefficient régional moyen d'efficacité des pluies pour la recharge des réserves en eau du sol (%)*	<i>En année moyenne (150 mm)</i>	91,38	91,02	91,17	89,34
	<i>En année pluvieuse (250 mm)</i>	76,9	76,1	76,2	72,7
Quantité moyenne annuelle d'eau perdue par ruissellement et d'eau accumulée dans les garaet et bas-fonds (106 m ³)*	<i>Année moyenne (150 mm)</i>	9,625	10,027	9,860	11,903
	<i>Année pluvieuse (250 mm)</i>	41,874	44,461	44,293	50,714

* À l'exception des systèmes écologiques présentant Ke > 100 %.

Dans le même temps, le coefficient régional d'efficacité des pluies Ke baissait de 6 %, ce qui correspond à une perte supplémentaire en eau par ruissellement de près de 10 106 m³ en cas d'année pluvieuse (250 mm).

Par ailleurs, il est intéressant de noter que les nuisances liées à la surexploitation du milieu ne se font pas sentir tout de suite. En effet, les grands bouleversements dans la gestion de l'espace ont eu lieu entre 1963 et 1975. Ce n'est qu'aujourd'hui que les conséquences sont les plus nettes. Durant la décennie 1969-1978, malgré de fortes perturbations, les systèmes écologiques ont montré une relative stabilité, certainement favorisée par des années climatiquement favorables. Depuis 1982, sans que la pression se soit particulièrement accrue, on constate une nette détérioration des propriétés hydrodynamiques de la région : fort ruissellement, forte évaporation, réduction de RU, etc.

.En ce qui concerne la réduction de la production végétale, celle-ci est également liée aux pertes en eau par ruissellement, plus importantes sur des sols tronqués avec pellicule de battance en surface que dans les situations avec une couverture végétale satisfaisante. La production végétale en année pluvieuse (tabl. V) constitue, en plus de la RU et du coefficient de ruissellement, un excellent critère pour juger du niveau de dégradation d'une région. Nous avons retenu comme paramètres de référence (tabl. I), les valeurs mesurées entre 1970 et 1975 (FLORET *et al.*, 1978) :

- pour les parcours, la partie consommable de la production de la végétation spontanée en année pluvieuse exprimée en kg MS.ha⁻¹.an⁻¹ ;

Tableau V - Évolution dans le temps de la production végétale consommable (PVC) et de la production d'orge (grains) de la zone test de Zougrata en année pluvieuse

		1948	1963	1975	1985
PVC	Production tonnes M.S.	51 230	40 504	38 756	36 766
	% par rapport à prod. 1975	132	104	100	94
ORGE	Production en quintaux	78 565	186 416	218 130	222 520
	% par rapport à prod. 1975	36	85	100	102

- pour les cultures, la production de céréales-grains en année pluvieuse exprimée en q.orge ha.an⁻¹.

Lors de la dernière période analysée (1975-1985), la décroissance (en pourcentage) de la production végétale consommable est nettement plus rapide que la progression de la production de grains (orge). Le phénomène est encore plus grave car en 1985, par exemple, année favorable sur le plan des précipitations, il s'est bien produit une extension des nouveaux défrichements pour mise en culture, mais les emblavures en céréales n'ont pas concerné toutes les superficies précédemment défrichées. Ainsi dans le tableau II, il apparaît qu'en 1985, 41,6 % des terres de la région étaient défrichés alors que les emblavures ne concernaient approximativement que 24 % de la même superficie. Ce phénomène était déjà très nettement visible, sur de nombreuses photographies aériennes, dès 1963 et en 1975, mais il s'est accentué. Il semble lié à la troncature des sols, qui rend la culture de moins en moins intéressante par réduction des rendements, mais également au fait que la population locale ne peut assurer les emblavures et surtout la récolte sur des superficies aussi importantes.

CONCLUSIONS

La comparaison des données des divers tableaux, et en particulier des tableaux II, III, IV et V, montre que la pression sur l'espace et sur les ressources s'est maintenue à un niveau raisonnable entre 1948 et 1963 et qu'elle est devenue excessive par la suite. Jusqu'aux années soixante, on peut considérer que l'impact de l'homme ne conduisait pas à une destruction des équilibres écologiques, malgré les irrégularités interannuelles de cet impact, liées à une certaine augmentation des surfaces cultivées au cours des années pluvieuses.

Depuis une vingtaine d'années, la mécanisation de la céréaliculture avec défrichage des steppes sableuses peut être considérée comme une véritable perturbation anthropique, puisque les équilibres sol-végétation ont été rompus et que la production végétale a diminué ; ceci a entraîné une dégradation du bilan hydrologique et une aridification du milieu.

Actuellement, la mise en culture est tellement intégrée au mode d'utilisation des ressources, que l'on peut se demander s'il s'agit encore d'une perturbation. Les effets sur les systèmes écologiques des zones sableuses ont été tels, avec formation de zones dunaires, que les surfaces mises en culture pourraient même tendre à diminuer. On semble être entré dans une période où de nouveaux équilibres s'installent, avec des niveaux de production évidemment inférieurs à ce qu'ils étaient par le passé.

Il serait nécessaire maintenant d'envisager une démarche, certainement coûteuse, d'aménagement de l'espace, afin de mieux gérer les ressources hydriques. Les eaux de pluie qui ruissellent sont très difficiles à maîtriser, en raison de leur caractère aléatoire en volume et en distribution dans le temps. Cependant, elles peuvent être récupérées par de petits ouvrages de surface, dont les techniques de construction sont bien connues (EL AMAMI, 1984). Ces ouvrages permettent une «supplémentation» en eau qui représente entre 0,25 et 3 fois la pluviosité annuelle. Par ailleurs, cette eau est de bonne qualité pour l'agriculture (résidu sec < 1 g.l⁻¹). Une grande partie de ces eaux sera cependant gaspillée, surtout durant les années à pluies abondantes où le volume des eaux de ruissellement ne peut pas être utilisé en totalité. La figure 3 présente, localisés pour Zougrata, un certain nombre de ces aménagements possibles.

Pour limiter l'érosion, la maîtrise du ruissellement doit être envisagée ; mais il est également nécessaire de réduire la déflation éolienne. On peut, en particulier, utiliser des outils et des techniques de travail du sol moins agressifs (HUYN VAN NHAN, 1982 ; KHATTALI, 1981). On peut encore, si les conditions économiques le permettent (périmètres irrigués), augmenter artificiellement la rugosité du paysage par l'installation de brise-vent (BALDY, 1986).

Pour certains milieux, où les sols ont encore une bonne épaisseur, la végétation a été trop dégradée pour qu'elle puisse se régénérer d'elle-même en l'absence de semenciers. Il convient alors de reconstituer des formations par semis et par plantations, à partir des espèces locales intéressantes raréfiées. Cette remise en végétation, qui ne peut réussir que lors d'années à pluviosité exceptionnelle, fait actuellement l'objet de recherches. Cette technique de réhabilitation coûteuse devra s'accompagner d'un mode d'utilisation rationnelle des parcours améliorés reconstitués.

L'aridification du milieu, liée aux perturbations naturelles (sécheresse prolongée par exemple) et anthropiques (sédentarisation, surpâturage, mise en culture, déboisement, etc.) est un phénomène qui tend à se généraliser dans les zones arides (Nord du Sahara, Sahel, Nordeste brésilien, etc.).

NOY MEIR (1974) signalait déjà que les systèmes écologiques de la zone aride méditerranéenne devenaient moins résilients et très sensibles aux périodes de sécheresse en raison de la sédentarisation.

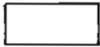
En effet, dans des conditions de pressions anthropiques faibles et même moyennes, les systèmes écologiques des zones arides présentent une certaine stabilité et/ou résilience vis-à-vis des contraintes saisonnières naturelles (inondations, pluviosité déficitaire, feu, etc.), et même vis-à-vis de certaines perturbations prolongées. Cette situation est celle qui a prévalu jusque vers les années cinquante dans la zone concernée par la présente étude de cas.

Actuellement, en zone aride nord-africaine, comme dans de nombreuses autres zones très dégradées sous bioclimat aride, il devient pratiquement impossible, les écosystèmes en bon état faisant défaut, de conduire des études relatives aux propriétés fonctionnelles et structurelles et aux seuils de tolérance aux perturbations anthropiques, seuils en deçà desquels les systèmes écologiques peuvent encore récupérer leurs potentialités antérieures (FROST *et al.*, 1986).

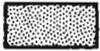
Sur le plan hydrique, la situation s'aggrave de décennie en décennie, et l'espérance d'années favorables sur le plan de la pluviosité ne signifie plus forcément l'espoir de



Zones traditionnellement cultivées en céréales de façon épisodique (glacis limoneux). Possibilités de travaux de conservation des eaux et des sols.



Zones de vocation pastorale - Milieux sableux de plaine, sensibles à l'érosion, très percolants.
- Milieux de collines et de glacis à encroûtements calcaires où la culture est impossible (lithosols).



Zones optimales pour les cultures annuelles maraichères et fourragères (cultures de décrue) et pour les plantations d'arbustes fourragers. Zones d'épandages d'oueds et dépressions semi-endoreïques.

h

Zones où les aménagements de petite hydraulique de surface (jessours, tabias, épandage de crues, citernes, etc.), sont localement possibles.



Zones susceptibles d'être irriguées localement.

FIGURE 3 - Carte schématique de localisation des aménagements possibles des ressources hydriques dans la zone de Zougrata.

productions agricole ou pastorale favorables, l'efficacité de l'eau ayant même tendance à diminuer dans ce cas-là. C'est donc dans la recherche de nouveaux équilibres du partage de la ressource hydrique par les végétaux spontanés ou cultivés que se trouve l'une des solutions de lutte contre l'aridité dans ces terres récemment dégradées.

C. FLORET et É. LE FLOC'H : *écologues*, CEFE-CNRS, BP 5051, 34033 Montpellier cedex, France
R. PONTANIER : *pédologue*, ORSTOM, 7 rue Teimour, Tunis-El Menzah 1 1004, Tunisie

BIBLIOGRAPHIE

- BALDY (C.), 1986. - Agrométéorologie et développement des régions arides et semi-arides. Inra, Paris, 114 p.
- BENDALI (F.), 1987. - Dynamique de la végétation et mobilité du sable en Jeffara tunisienne. Thèse université Sc. techn. Languedoc, Montpellier, 243 p.
- BENDALI (F.), EL HAMROUNI (A.), FLORET (C.), LE FLOC'H (É.) et PONTANIER (R.), 1986. - Végétation et fixation des sables en zone aride. Actes du séminaire organisé dans le cadre du projet pilote de lutte contre la désertification dans le Sud tunisien. MAB - PNUE, Ira, Djerba, 24-29 nov. 1986. Unesco FP/6201-85-03 : 49-114.
- BOURGES (J.), FLORET (C.), GIRARD (J.) et PONTANIER (R.), 1984. - Dynamique de l'eau sur un glacis du Sud tunisien (Type Segui). Document Cepe/CNRS, Montpellier ; ORSTOM, Tunis, 86 p.
- DEBUSSCHE (M.), RAMBAL (S.) et LEPART (J.), 1987. - Les changements de l'occupation des terres en région méditerranéenne humide : évaluation des conséquences hydrologiques. *Acta Oecol. Acta Applic.* 8(4) : 317-332.
- EL AMANI (S.), 1984. - Les aménagements hydrauliques traditionnels de Tunisie. CRGR, Tunis, 69 p.
- FLORET (C.) et LE FLOC'H (É.), avec la collaboration de MM. ROMANE (F.), LEPART (J.) et DAVID (P.), 1973. - Production, sensibilité et évolution de la végétation et du milieu en Tunisie présaharienne. Conséquences pour la planification de l'aménagement régional de la zone et d'Oglat Merteba, Inst. nat. rech. agron. de Tunisie et Centre d'études phytosociologiques et écologiques, Montpellier. N° 71, 45 p. 6 cartes noir, 34 cartes couleur.
- FLORET (C.), LE FLOC'H (É.), PONTANIER (R.) et ROMANE (F.), 1977. - Contribution à l'étude de cas sur la désertification région d'Oglat-Merteba, Tunisie. Conférence des Nations unies sur la désertification, Nairobi (1977). Extrait et adapté du document A/CONF. 74/12 : 3-93 et 130-143 (français et anglais).
- FLORET (C.), LE FLOC'H (É.), PONTANIER (R.) et ROMANE (F.), 1978. - Modèle écologique régional en vue de la planification et de l'aménagement de Zougrata. Inst. rég. arides, Médenine, Dir. ress. eau et sol, Tunis, *Doc. techn.* n° 274 : 1 carte h.-t.
- FLORET (C.), LE FLOC'H (É.), PONTANIER (R.) et ROMANE (F.), 1978. - Simulation of the impact of different levels of human pressure on the grazing lands of southern Tunisia. Proceeding of the International Rangelands Congress, August 14-18, 1978, Denver, Colorado : 52-54.
- FLORET (C.), LE FLOC'H (É.), PONTANIER (R.) et ROMANE (F.), 1981. - Dynamique de systèmes écologiques de la zone aride. Application à l'aménagement sur des bases écologiques d'une zone de la Tunisie présaharienne. *Acta Oecologica/Oecol. Applic.*, 2(3) : 195-214.
- FLORET (C.) et PONTANIER (R.), 1982. - L'aridité en Tunisie présaharienne. *Trav. et Doc. ORSTOM*, n° 150, Paris, 544 p.
- FLORET (C.) et PONTANIER (R.), 1984. - Aridité climatique, aridité édaphique. *Bull. Soc. bot., Fr.*, 131, *Actual. bot.* (2/3/4) : 265-275.
- FROST (P.), MÉDINA (E.), MENAUT (J. C.), SOLBRIG (O.), SWIFT (M.) et WALKER (B.), 1986. - Responses of savannas to stress and disturbance. IUBS. Unesco/Mab, Biology International. *Special ISSVE* - 10. 82 p.

- HUYN VAN NHAN, 1982. - Utilisation des eaux de ruissellement dans le Sud tunisien. *Bulletin technique de l'Ira*, n° 2, Médenine, 106 p.
- KHATTALI (H.), 1981. - Recherches stationnelles sur la désertification dans la Jeffara tunisienne. Dynamique de l'érosion éolienne. Thèse 3^e cycle univ., Paris-I, 218 p.
- LANLY (J.-P.), 1969. - Régression de la forêt dense en Côte-d'Ivoire. *Rev. Bois et Forêts des Tropiques*, n° 127 : 45-59
- LE HOUÉROU (H.-N.), 1959. - Recherches écologiques et floristiques sur la végétation de la Tunisie méridionale. *Végétation*, 281 p., tabl.; 2^e vol.- La Flore : 229 p. ; 1 pochette cartes et tableaux.
- LE HOUÉROU (H.-N.), 1969. - La végétation de la Tunisie steppique. *Ann. Inst. nat. rech. agron. Tunisie*. 42(5), 624 p. et 1 carte couleur 1/500 000.
- LE HOUÉROU (H.-N.), 1987. - Agroforestry and sylvopastoralism to combat land degradation in the mediterranean basin : old approaches to new problems. Workshop on desertification Madrid may 1987, 14 p.
- LONG (G.), 1974-75. - Diagnostic phyto-écologique et aménagement du territoire. Tome I (1974) : Principes généraux et méthodes. Paris, 256 p. et Tome II (1975) : Application du diagnostic phyto-écologique. 222 p. Masson & Cie. Paris.
- LONG (G.), 1979. - Les bases écologiques du développement de l'espace rural méditerranéen. Zones rurales marginalisées. *Le Courrier du CNRS.*, 31 : 17-25.
- MANIL (G.), 1963. - Niveaux d'écosystème et hiérarchie de facteurs écologiques. Un exemple d'analyse dans les hêtraies ardennaises de Belgique. *Bull. Sci. Acad. roy. Belgique*, 49, 6,(32) : 603-623.
- NOY MEIR (I.), 1974. - Stability in arid ecosystems and the effects of man on it. In Cove A.J. (eds). Structure, Functioning and Management of Ecosystems. Proc. of the first international congress of Ecology : 220-225. Wageningen Pudoc.
- TANSLEY (A. G.), 1946. - Introduction to plant ecology. 2nd. ed. 1949. Unwin Bros Ltd. London, 260 p.