

13

Les arbustes fourragers exotiques Leur intérêt pour la réaffectation des terres dégradées des régions arides et désertiques tunisiennes

M.S. ZAAFOURI ¹, N. AKRIMI ², CH. FLORET ³,
E. LE FLOC'H ³, R. PONTANIER ⁴

- 1. Institut des Régions Arides, Gabès, Tunisie*
- 2. Institut des Régions Arides, Médenine, Tunisie*
- 3. CNRS/CEFE, Montpellier, France*
- 4. ORSTOM Tunis, Tunisie*

Le système de production agricole pratiqué par les sociétés agro-pastorales des régions arides et désertiques, basé sur la combinaison agriculture/élevage, repose sur la notion de vastes espaces et de ressources naturelles non limitées. L'augmentation des effectifs du cheptel, lié à une forte croissance démographique, a entraîné une surcharge sur ces espaces pastoraux (réduction de la valeur et des surfaces pastorales). Cette pression excessive a eu comme conséquence un déséquilibre entre les prélèvements fourragers et la production des parcours. Cet état de fait a conduit à :

- la disparition du couvert végétal pérenne engendrant l'accroissement du processus d'érosion du sol et la réduction du potentiel pastoral ;
- la réduction de la valeur pastorale par la disparition des bonnes espèces pastorales ;
- la diminution de la résilience, déjà faible, des écosystèmes pastoraux due à la fois à la disparition des semenciers, à la dégradation générale et au dysfonctionnement hydrique.

Selon le niveau de détérioration des écosystèmes, plusieurs stades sont généralement discernables sur le terrain à partir de l'écosystème original : les écosystèmes dégradés, très dégradés et désertisés [1].

Aux premiers stades, la dégradation n'a pas encore atteint le niveau d'irréversibilité. Par contre, dans les écosystèmes désertisés, la dégradation du parcours a dépassé les seuils au delà desquels tout retour à l'état antérieur est presque impossible [1].

Ainsi, selon le niveau de rupture de l'équilibre et les dysfonctionnements qui affectent les écosystèmes des régions arides et désertiques, trois voies sont proposées [1, 11] pour remédier à la détérioration :

- la restauration (une simple mise en défens) : elle est pratiquée sur les écosystèmes dégradés et est envisageable quand la dégradation, peu accentuée, n'a pas altéré la dynamique de l'écosystème. Celui-ci peut répondre favorablement à la mise en défens, dans une période relativement courte (3 à 5 ans au maximum) ;

- la réhabilitation (une mise en défens et une intervention humaine plus ou moins forte) : elle est généralement pratiquée dans les écosystèmes très dégradés où la dynamique de la régénération de la végétation spontanée est presque bloquée. La restauration, dans de telles situations, demande une période assez longue (8 à 10 ans au minimum) pour que l'écosystème naturel soit rétabli. D'où la nécessité d'une intervention humaine ; celle-ci peut consister en la réactivation du fonctionnement hydrique du sol, et la réintroduction des espèces locales les mieux adaptées, pour accélérer la vitesse de cicatrisation qui, sans cette intervention de l'homme, est très lente ; la réhabilitation a pour terme l'écosystème de référence plus ou moins simplifié ;

- la réaffectation (avec très forte intervention humaine) : elle est pratiquée sur les écosystèmes désertisés où la réhabilitation ne pourrait ni améliorer le niveau de production ni rétablir l'équilibre biologique. Elle consiste donc à créer un nouvel écosystème aux fonctionnements et à la structure différents de ceux de l'écosystème préexistant. Les plantations sylvo-pastorales, à base d'arbustes fourragers exotiques, constituent une des techniques de réaffectation des steppes désertisées en Tunisie aride et désertique.

La création de réserves fourragères sur pied par plantation d'arbustes, généralement introduits, a donc été tentée en vue de pallier la détérioration irréversible des écosystèmes pastoraux. Cette technique fut tentée, pour la première fois en Tunisie aride et désertique, vers les années 1965. A partir des années 1980, les plantations sylvo-pastorales ont été intensifiées [2], sans se soucier des résultats d'une décennie et demie de pratique. Par ailleurs, il n'a été porté que peu d'intérêt critique à cette technique et l'on ne sait si les quelques succès notoires ne masquent pas une réalité décevante. Il serait cependant trop hâtif de rejeter *a priori* le recours aux arbustes exotiques comme agents de la réaffectation dans certains types de bioclimats.

Si la restauration et la réhabilitation ont toujours préoccupé les agents de développement et en particulier les chercheurs dans les régions arides et désertiques tunisiennes [1, 3-11], les actions de réaffectation, malgré les 20 000 ha plantés depuis 1980 [12], en Tunisie présaharienne (précipitations moyennes annuelles entre 100 et 200 mm), n'ont pas fait l'objet d'études de base.

Une dizaine d'espèces fourragères exotiques ont été introduites pour constituer ces réserves fourragères sur pied : *Acacia saligna*, *Acacia ligulata*, *Acacia salicina*, *Prosopis juliflora*, *Prosopis chilensis*, *Parkinsonia aculeata*, *Atriplex nummularia*, *Atriplex canescens*, *Opuntia ficus indica*, etc. *Acacia saligna* (Labill.) H. Wendl., espèce d'origine

australienne, généralement connue en Afrique du Nord sous la combinaison nomenclaturale erronée d'*Acacia cyanophylla* Lindl. (= *Acacia glauca* Hort. = *Acacia leiophylla* Benth.) constitue la pierre angulaire de la réaffectation des terres dégradées en Tunisie et dans tous les pays d'Afrique du Nord. En Tunisie présaharienne, cette espèce occupe 72,5 % des superficies des plantations sylvo-pastorales [13]. *A. saligna* qui, dans son aire naturelle, se trouve sous des précipitations de 600 à 1 000 mm. an⁻¹ [14], est introduit en Tunisie aride et désertique sous des précipitations de 50 à 350 mm. an⁻¹.

Dans cette contribution, nous tenterons d'évaluer et d'apporter certains éléments de réponse relatifs à l'intérêt de la réaffectation des terres dégradées des régions arides et désertiques tunisiennes par des arbustes fourragers exotiques. On étudiera ici essentiellement la faculté d'installation, les performances et la tolérance du stress d'*A. saligna* dans 4 régions naturelles, situées dans deux types de bioclimats méditerranéens : aride inférieur et saharien supérieur.

Méthodologie d'évaluation de la réaffectation

Nous ne détaillerons pas ici la méthodologie d'évaluation ; elle a déjà été décrite par Zaafouri [2, 13]. Seuls les éléments essentiels sont rappelés ici. Cette méthodologie est dite méthode comparative ou méthode d'enquête [16]. Le principe de celle-ci consiste à choisir un ensemble de stations représentatives de la variabilité des sols, d'une région réputée climatiquement homogène [16, 17]. La méthode est basée, d'une part, sur les niveaux de perception de l'écosphère au sens de Tansley [20] et, d'autre part, sur la notion du système écologique ou écosystème au sens d'Evans [18] comme unité élémentaire du diagnostic écologique [18, 19].

Zonage de l'espace : choix des placettes

Quatre régions écologiques (régions naturelles) ont été retenues pour la Tunisie aride et désertique (Figure 1) : les Basses Plaines Méridionales, la J'fara, les Matmata et l'Ouara ; chaque région est subdivisée en secteurs écologiques représentant les grands ensembles morphoédaphiques.

Si les conditions climatiques sont homogènes à l'intérieur d'un secteur, les formes édaphiques élémentaires sont cependant plus diversifiées. Ainsi, les secteurs sont, à leur tour, subdivisés en systèmes écologiques, niveau de perception pour lequel les facteurs écologiques sont les plus homogènes possibles.

Dans notre cas, la délimitation du système écologique a été réalisée sur la base d'un certain nombre de paramètres édaphiques et floristiques (Tableaux I à IV). Parmi eux, citons : la nature et l'épaisseur de la couche meuble, la nature de la roche mère ou du substrat (assise), le régime d'infiltration et de stockage des eaux, le type de recouvrement éolien, l'halomorphie et l'hydromorphie, le type de végétation spontanée (groupement végétal), l'âge de la réaffectation, etc. Dans chaque écosystème réaffecté, trois placettes, de superficie variable [15] ont été matérialisées. Nous avons considéré comme surface élémentaire de la placette celle occupée par les 15 individus les plus voisins et ceci en accord avec Pardé [21] qui recommande, en inventaire statistique, d'avoir en moyenne 10 à 20 individus par placette.

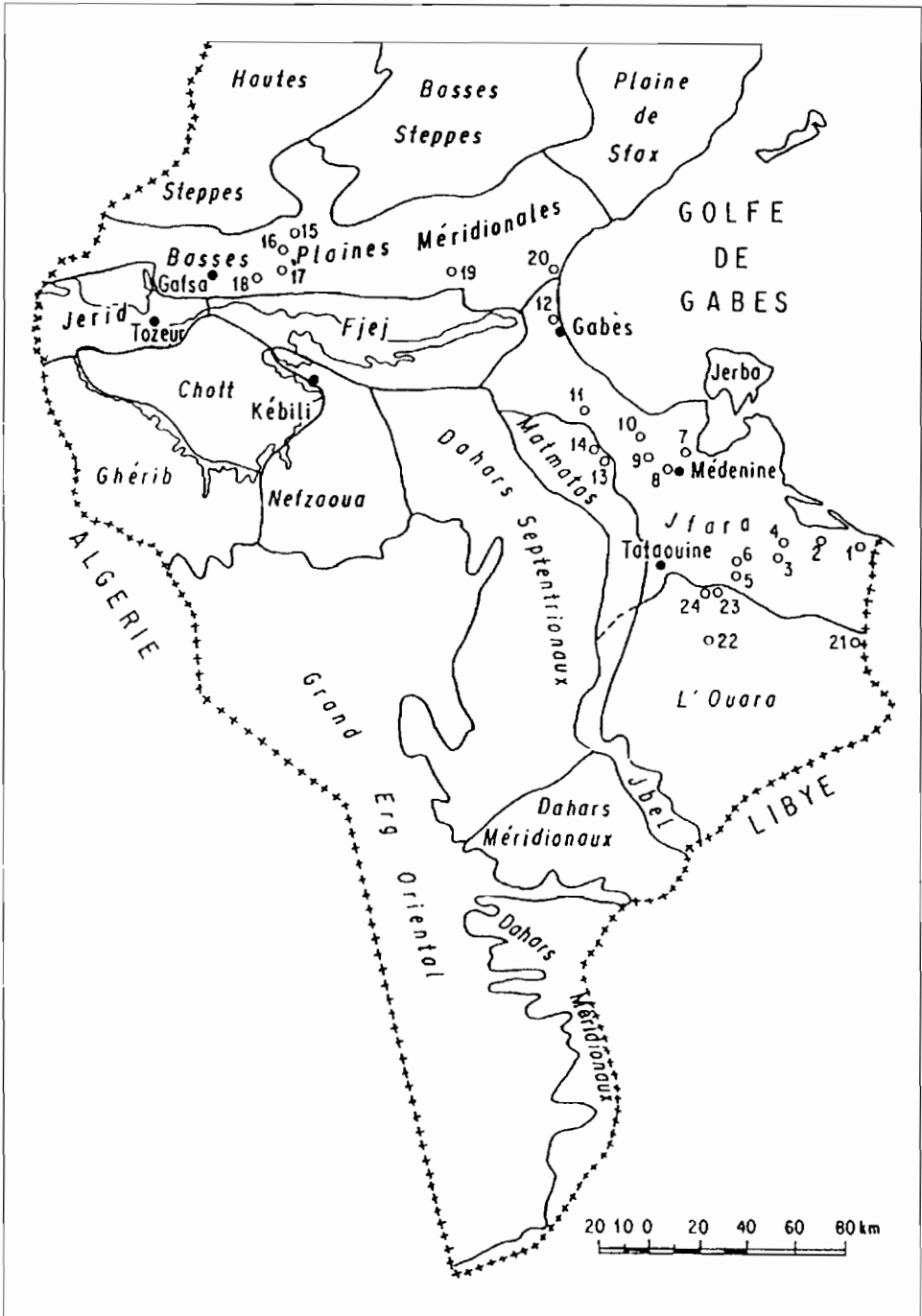


Figure 1. Situation des écosystèmes étudiés par rapport aux régions naturelles de la Tunisie méridionale (D'après Le Houérou, 1959).

Tableau I. Principales caractéristiques édaphiques et floristiques des écosystèmes étudiés dans la région naturelle des Basses Plaines Méridionales

Secteurs écologiques	SYSTÈMES Type de sol	ÉCOLOGIQUES Faciès et état de la végétation	Symboles	Épais. (cm)	Régime hydri	Mati. orga (%)	Gypse (%)	Calc. total (%)	Calc. actif (%)	Salure (mS.cm ⁻¹)
Glacis couvert de l'ancienne surface villafranchienne à croûte calcaire saumonée du groupement de dégradation de la forêt à <i>Juniperus Phoenica</i> ssp. <i>euphoenicea</i>	Sol peu évolué à couche meuble sableuse épaisse sur croûte calcaire	<i>Stipa tenacissima</i> , <i>Helianthemum lippii</i> var. <i>sessiliflorum</i> , <i>Salvia verbanaca</i> DÉGRADÉ	GC 1	60	I=P	0,04	0,0	12,6	3,0	0,5
				à 100		à 0,7		à 35,0	à 10,0	à 1,8
Sol peu évolué à couche meuble sablo-limoneuse très épaisse sans substrat identifié	Sol peu évolué à couche meuble sablo-limoneuse très épaisse sans substrat identifié	<i>Hammada elegans</i> , <i>Hammada scoparia</i> MOYEN	GC 2	>100	I=P	0,3	0,0	15,0	3,0	0,6
						à 0,4		à 32,5	à 8,0	à 2,2
Glacis gypseux sans recouvrement pédologique de la steppe à <i>Zygophyllum albumet</i> <i>Anarrhinum brevifolium</i>	Sol d'érosion à encroûtement et croûte gypseux	<i>Anarrhinum brevifolium</i> , <i>Helianthemum ellipticum</i> , <i>Gymnocarpos decander</i> TRÈS DÉGRADÉ	GG 1	0,0	I=P-R	0,2	23,2	12,7	12,0	2,6
						à 0,4	à 55,0	à 21,8	à 20,0	à 3,4
Plaine sableuse de la steppe à <i>Hammada elegans</i> , <i>Artemisia herba-alba</i> et <i>Hedysarum carnosum</i>	Sol peu évolué à couche meuble sablo-limoneuse très épaisse sans substrat identifié	<i>Helianthemum lippii</i> var. <i>sessiliflorum</i> , <i>Stipagrostis pungens</i> MOYEN	P 1	>100	I=P	0,1	0,0	13,8	0,0	0,4
						à 1,7		à 52,5	à 15,0	à 0,5
Sol peu évolué à couche meuble sableuse très épaisse sans substrat identifié et à mésonebkhas	Sol peu évolué à couche meuble sableuse très épaisse sans substrat identifié et à mésonebkhas	<i>Asphodelus tenuifolius</i> , <i>Stipagrostis pungens</i> MOYEN	P 2	>100	I=P	0,04	0,0	16,1	1,0	0,5
						à 0,3		à 29,9	à 4,0	à 1,2
Dépression façonnée dans le miopliocène du groupement sub-azonal à <i>Ziziphus lous</i> et <i>Nitraria retusa</i>	Sol peu évolué à couche meuble limono-sableuse épaisse	<i>Ziziphus lotus</i> , <i>Salvia verbenaca</i> MOYEN	D 1	60	I=P+R	0,6	0,2	23,6	2,5	0,5
				à 100		à 0,9	à 1,0	à 28,2	à 3,5	à 1,2

Tableau II. Principales caractéristiques édaphiques et floristiques des écosystèmes étudiés dans la région naturelle de la J'fara.

Secteurs écologiques	SYSTÈMES Type de sol	ÉCOLOGIQUES Faciès et état de la végétation	Symboles	Épais. (cm)	Régime hydry	Mati. orga (%)	Gypse (%)	Calc. total (%)	Calc. actif (%)	Salure (mS.cm ⁻¹)
	Sol peu évolué à couche meuble sablo-limoneuse peu épaisse sur croûte calcaire	<i>Rhanterium suaveolens</i> , <i>Artemisia campestris</i> , <i>Thymelaea microphylla</i> , <i>Stipagrostis pungens</i> DÉGRADÉ	GC 6	20 à 60	I=P-R	0,2 à 1,0	0,03 à 2,8	12,7 à 58,5	1,0 à 4,5	0,5 à 1,6
Glacis couvert de l'ancienne surface villafranchienne démantelée à croûte calcaire saumonée de la steppe à <i>Rhanterium suaveolens</i> et <i>Asphodelus refractus</i>	Sol peu évolué à couche meuble sableuse peu épaisse sur croûte calcaire et à mésonebkhas et nappe de sable	<i>Rhanterium suaveolens</i> , <i>Artemisia campestris</i> , <i>Stipagrostis pungens</i> DÉGRADÉ	GC 7	20 à 60	I=P	0,0 à 0,5	0,1 à 5,3	16,5 à 50,8	0,5 à 15,5	0,6 à 1,6
	Sol peu évolué à couche meuble sableuse épaisse sur croûte calcaire et à mésonebkhas et nappe de sable	<i>Rhanterium suaveolens</i> , <i>Artemisia campestris</i> , <i>Stipagrostis pungens</i> DÉGRADÉ	GC 8	60 à 100	I=P	0 à 0,5	0,03 à 0,7	9,0 à 26,6	0,0 à 5,0	0,5 à 1,0
Glacis couvert à croûte et encroûtement gypseux de la steppe à <i>Rhanterium suaveolens</i> et <i>Lygeum spartum</i>	Sol peu évolué à couche meuble sablo-limoneuse peu épaisse sur croûte gypseuse	<i>Rhanterium suaveolens</i> , <i>Thymelaea microphylla</i> , <i>Gymnocarpos decander</i> MOYEN	GG 2	20 à 60	I=P	0,05 à 0,3	0,4 à 21,2	11,1 à 25,5	0,0 à 5,5	0,5 à 3,0
	Sol peu évolué à couche meuble sableuse peu épaisse sur croûte calcaire	<i>Hammada elegans</i> , <i>Stipagrostis pungens</i> TRÈS DÉGRADÉ		20 à 60	I=P	0,1 à 0,4	0,0 à 0,2	11,55 à 49,0	0,5 à 2,0	0,0 à 0,6

Plaine sableuse de la steppe à <i>Hammada elegans</i> et <i>Stipagrostis pungens</i>	Sol peu évolué à couche meuble sableuse très épaisse sans substrat identifié à mésonebkhas et nappe de sable	<i>Hammada elegans</i> , <i>Stipagrostis pungens</i> BON	>100	I=P	0,1 à 0,2	0,04 à 1,0	11,5 à 16,3	0,0 à 13,0	0,0 0,5
	Sol halomorphe sur croûte gypseuse	<i>Pituranthos tortuoiss</i> DÉGRADÉ	20 à 60	I=P+R	0,0 à 0,4	10,0 à 15,7	15,7 à 21,3	1,0 à 8,5	5,2 à 10,2
Bases et moyennes terrasses des oueds de la steppe à <i>Rhanterium suaveolens</i> et <i>Artemisia campestris</i>	Sol peu évolué d'apport alluvial à couche meuble sableuse très épaisse et sans substrat identifié	<i>Artemisia campestris</i> , <i>Gymnocarpos decander</i> DÉGRADÉ	BMT 1 >100	I=P+R	0,13 à 0,53	0,1 à 3,0	12,5 à 52,1	0,1 à 12,5	0,4 à 4,8
	Sol halomorphe sur croûte gypseuse de nappe	<i>Imperata cylindrica</i> , <i>Arthrocnemum indicum</i> BON	BMT 2 60 à 100	I=P+R	0,0 à 1,0	0,0 à 10,0	0,0 à 11,5	0,0 à 0,0	5,0 à 19,2
Dépression à croûte et encroûtement gypseux de la steppe à <i>Rhanterium suaveolens</i> et <i>Lygeum spartum</i>	Sol d'érosion sur croûte gypseuse	<i>Artemisia campestris</i> , <i>Stipagrostis pungens</i> TRÈS DÉGRADÉ	D 2 0 à 20	I=P-R	0,0 à 0,3	1,4 à 75,3	15,0 à 18,5	2,0 à 4,5	3,1 à 6,7
	Sol peu évolué à couche meuble sableuse peu épaisse sur croûte gypseuse et à mésonebkhas	<i>Artemisia campestris</i> , <i>Stipagrostis pungens</i> TRÈS DÉGRADÉ	D 3 20 à 60	I=P+R	0,2 à 0,4	1,4 à 8,5	13,0 à 17,6	1,5 à 4,0	2,3 à 3,0
	Sol halomorphe sur croûte gypseuse	<i>Arthrocnemum indicum</i> , <i>Aeluropus litoralis</i> MOYEN	D 4 20 à 60	I=P+R	0,2 à 0,4	1,0 à 10,5	15,5 à 35,5	3,5 à 16,5	5,0 à 11,5

Tableau III. Principales caractéristiques édaphiques et floristiques des systèmes écologiques étudiés dans la région naturelle des Matmata.

Secteurs écologiques	SYSTÈMES Type de sol	ÉCOLOGIQUES Faciès et état de la végétation	Symboles	Épais. (cm)	Régime hydri	Mati. orga (%)	Gypse (%)	Calc. total (%)	Calc. actif (%)	Salure (mS.cm ⁻¹)
	Sol d'érosion à couche meuble sableuse très peu épaisse sur croûte calcaire remaniée par un sous-solage	<i>Thymelaea microphylla</i> , <i>Atractylis serratuloides</i> DÉGRADÉ	GC 3	0 à 20	I=P-R	0,5	0,4	42,5	3,0	1,4
Glacis couvert de l'ancienne surface villefranchienne à croûte calcaire saumonée de la steppe à <i>Hammada scoparia</i> et <i>Gymnocarpos decander</i>	Sol peu évolué à couche meuble sableuse peu épaisse sur croûte calcaire remaniée par un sous-solage, travaux de CES	<i>Thymelaea microphylla</i> , <i>Polygonum equisetiforme</i> DÉGRADÉ	GC 4	20 à 60	I=P+R	0,2	0,2 à 0,6	15,9	3,0 à 11,0	1,1 à 1,4
	Sol d'érosion à couche meuble très peu épaisse sur croûte calcaire	<i>Hammada scoparia</i> , <i>Atractylis serratuloides</i> DÉGRADÉ	GC 5	0 à 20	I=P-R	0,5	0,3	21,3	4,5	2,4

Tableau IV. Principales caractéristiques édaphiques et floristiques des systèmes écologiques étudiés dans la région naturelle de L'ouara.

Secteurs écologiques	SYSTÈMES Type de sol	ÉCOLOGIQUES Faciès et état de la végétation	Symboles	Épais. (cm)	Régime hydri	Mati. orga (%)	Gypse (%)	Calc. total (%)	Calc. actif (%)	Salure (mS.cm ⁻¹)
Glacis couvert de l'ancienne surface villafranchienne démantelée à croûte calcaire, remaniée par un sous-solage de la steppe à <i>Anthyllis henoniana</i> et <i>Gymnocarpos decander</i>	Sol d'érosion à couche meuble peu épaisse sur croûte calcaire remaniée par un sous-solage	<i>Anthyllis henoniana</i> , <i>Hammada elegans</i> DÉGRADÉ	GC 9	20	I+P	0,2	0,4	18,2	0,0	0,8
				à		à	à	à	à	
				60		0,4	0,7	35,5	11,5	1,2
Sol peu évolué à couche meuble sableuse très épaisse sans substrat identifié	<i>Hammada elegans</i> , <i>Helianthemum lippii</i> var. <i>intricatum</i> TRÈS DÉGRADÉ	GC 10	>100	I=P	0,1	0,3	15,4	0,0	0,4	
					à	à	à	à	à	
						0,3	0,9	18,2	14,5	1,4
Glacis gypseux plus ou moins couvert de la steppe à <i>Anthyllis henoniana</i> et <i>Gymnocarpos decander</i>	Sol peu évolué à couche meuble sablo-limoneuse peu épaisse sur encroûtement gypseux	<i>Hammada elegans</i> , <i>Atractylis serratuloides</i> TRÈS DÉGRADÉ	GC 3	20	I=P	0,3	19,4	10,2	0,0	0,5
				à		à	à	à	à	
				60		1,2	29,5	17,5	7,0	3,5
Sol d'érosion à voile éolien sur encroûtement gypseux	GG 4	0,0	I=P-R	0,1	55,2	13,6	6,0	2,4		
				à	à	à	à	à		
				1,1	69,2	14,4	12,0	4,5		
Basse Moyenne terrasse d'oued à groupement sub-azonal à <i>Retama retam</i> et <i>Nitraria retusa</i>	Sol peu évolué à couche meuble sablo-limoneuse peu épaisse sur encroûtement nodulaire	<i>Retama retam</i> , <i>Polygonum equisiteforme</i> TRÈS DÉGRADÉ	BMT 3	20	I=P+R	0,1	14,5	2,5	1,5	0,2
				à		à	à	à	à	
				60		0,5	18,5	14,5	4,5	4,5

Sur chacune des placettes, deux catégories de mesures ont été effectuées :

- des mesures relatives à la placette : variables explicatives ;
- des mesures relatives à l'espèce : variables expliquées.

Les variables explicatives : variables relatives à l'environnement de l'écosystème

En général, le sol intègre un certain nombre de facteurs écologiques et, de fait, les paramètres du sol que l'on peut mesurer ou observer sont nombreux mais leur intérêt est variable [22]. Aussi, nous n'avons retenu, pour cette évaluation, que ceux dont l'influence est présumée prépondérante sur la croissance et le développement de l'espèce végétale. Il s'agit, principalement, des caractéristiques génétiques du sol et de la roche mère, des caractéristiques physiques (nature et épaisseur de la couche meuble, capacité d'infiltration et de stockage d'eau "régime hydrique", présence ou absence d'une nappe phréatique, etc.) et chimiques du sol (pH, teneur en matière organique, en calcaire et en gypse, degré de salure, etc.). Les types de recouvrement éolien dans le cas des écosystèmes ensablés sont très importants. Notons qu'une caractérisation floristique a été établie pour mieux cerner les limites de chaque écosystème sur la base des groupes d'espèces qui les caractérisent.

Les variables expliquées : variables relatives aux espèces introduites

Les variables phytologiques et dendrométriques d'évaluation de la réussite et de la croissance des arbustes sont nombreuses. La FAO [23] propose, pour les arbustes installés en zone aride, de mesurer la hauteur totale, le diamètre du tronc, le diamètre et la longueur des branches et le taux de survie. Descoings [24], Feuillas [25] et Poissonnet *et al.* [26] suggèrent la phytomasse du peuplement comme paramètre synthétique. C'est ce que nous avons considéré, pour cette contribution, en plus du taux de survie. La phytomasse se rapporte, ici, à la partie aérienne : c'est la phytomasse aérienne sur pied [24, 27] dénommée aussi biomasse épigée [25]. Le taux de survie est le rapport, en pourcentage, entre le nombre d'individus dont l'installation est considérée comme réussie et le nombre d'individus mis en place (ou densité de plantation initiale). Nous entendons, ici, par taux de survie, le pourcentage d'individus réellement existant à l'âge d'évaluation.

Résultats et discussions

Nous avons, au cours de l'année 1992, évalué les plantations d'*A. saligna* de la réaffectation de 26 écosystèmes plus au moins dégradés de la Tunisie présaharienne (cf. Tableaux I à IV). Les plus anciens sites réaffectés ont 7 ans d'existence et les plus récents 4 ans. Les techniques d'élevage et de plantation, les travaux d'entretien et de sauvegarde ont été partout les mêmes.

Caractérisation de l'environnement édaphique

L'environnement édaphique est une des contraintes les plus fortes pour le succès de la réaffectation, dans ces régions à pluviosité erratique et irrégulière et où l'aridité d'origine

climatique, déjà très sévère, peut être aggravée, mais aussi atténuée par la diversité et la nature des formes édaphiques.

Si la Figure 2 illustre cette diversité, il ne faut pas perdre de vue que l'ensemble des sols des divers écosystèmes étudiés est fortement marqué par les sels de calcium : carbonates à l'amont de la toposéquence générale et sulfates vers l'aval. Les manifestations d'halomorphie, surtout NaCl, sont fréquentes à l'abord des marais littoraux des systèmes endoréiques et en bordure des basses terrasses vers le lit mineur des oueds. A noter que, le plus souvent, l'halomorphie est liée à un régime hydrique excédentaire. Sur les Tableaux I à IV sont signalés les trois régimes hydriques généraux des systèmes écologiques.

Les principales caractéristiques du milieu édaphique qui se dégagent sont :

- une faible teneur en matière organique (< 1,2%) ;
- des teneurs élevées en calcaire (9 % à 58%) ou en gypse (10 % à 75%) ;
- une texture fine à grossière ;

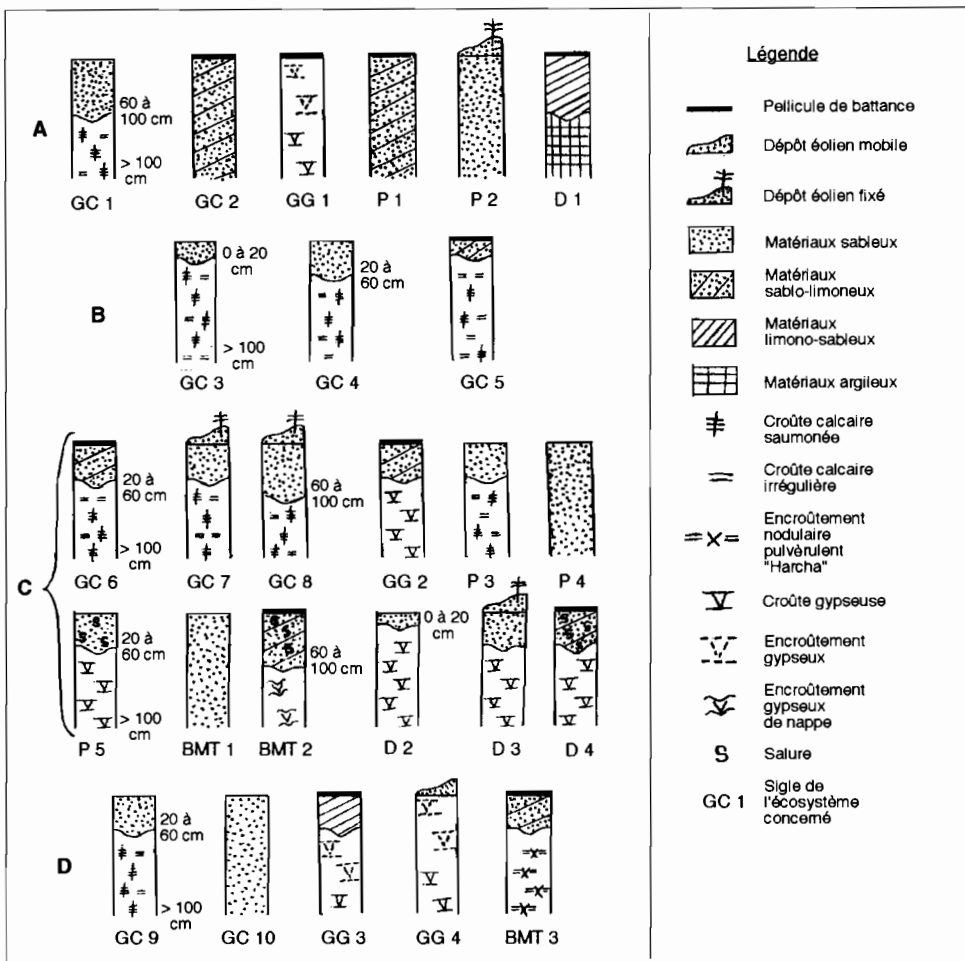


Figure 2. Profils pédologiques types des divers écosystèmes étudiés. A = Basses plaines méridionales, B = Les Matmata, C = La J'fara, D = L'ouara.

- une tendance à la généralisation des pellicules de battance ;
- des teneurs parfois élevées en sels 5 à 20 mS.cm⁻¹ ;
- des sols sensibles à l'érosion hydrique et éolienne.

Dans des conditions édaphiques peu favorables, il est évident que la réussite des plantations dépend fortement du régime hydrique. Il existe donc des systèmes où la quantité d'eau infiltrée (I) est inférieure à celle précipitée (P), en raison du ruissellement (R) ; on doit donc vérifier dans ces régions arides et désertiques que ces systèmes ($I = P - R$) sont dépréciés par rapport à ceux dont les régimes hydriques sont de type $I = P$ ou $I = P + R$.

Discussions des résultats de l'évaluation d'*Acacia saligna*

Les Tableaux V à VIII récapitulent le taux de survie et la biomasse épigée traitée par l'analyse de la variance et le test Newman-Keuls [28].

Du point de vue bioclimatique, notons que les Basses Plaines Méridionales, les Matmata et la J'fara s'intègrent dans le bioclimat méditerranéen aride inférieur à variante douce à fraîche. L'Ouara est situé en bioclimat méditerranéen saharien supérieur à variante fraîche au sens d'Emberger [29].

Nous présentons et discutons, ci-dessous, la réussite (survie) et le niveau de production, dans chaque type de bioclimat, d'*A. saligna* utilisé pour la réaffectation des terres dégradées décrites ci-dessus.

Sous bioclimat méditerranéen aride inférieur

Dans ce type de bioclimat, le taux de survie d'*A. saligna*, regarnis compris, est relativement indépendant des caractéristiques édaphiques des écosystèmes de chacune des régions naturelles (Tableaux V à VII). Ceci est vérifié tant pour les caractéristiques physiques (épaisseur de la couche meuble, capacité d'infiltration et de stockage des eaux) que pour les caractéristiques chimiques (nature de la couche meuble ou de substrat, degré de salure, teneur en matière organique, en gypse ou en calcaire et pH). Il semble ainsi qu'en bioclimat méditerranéen aride sous étage inférieur, les caractéristiques édaphiques n'ont pas une influence très marquée sur la survie et l'installation d'*A. saligna*.

Cependant, dans certains cas (Tableaux V et VII), il existe, statistiquement, une différence significative entre les valeurs des taux de survie de certains écosystèmes. Par ailleurs, la présence du même type de secteur dans des groupes statistiquement différents (exemple, secteurs **P** : plaine, secteur **D** : dépression, secteur **GC** : glacis calcaire) semble indiquer que l'installation et la survie d'*A. saligna* sont très peu influencées par les caractéristiques édaphiques des sols. Cette différence a certainement pour cause la présence de formations éoliennes mobiles (voiles éoliens, nappe de sable, micro et mésodunes, dunes) au moment de la plantation et dont on a pu trouver les traces lors de l'évaluation. En effet, ces formations diminuent considérablement le taux de survie d'*A. saligna* ; il n'a atteint que 10 % à 25,5 % dans ces types d'écosystèmes. Ainsi, lors de la mise en place des plants et au cours des deux premières années, cette espèce peut être très facilement ensevelie par le sable. N'ayant pas les caractéristiques des espèces adaptées à ces morphologies éoliennes, telles qu'elles ont été définies par Ben Dali [33], *A. saligna* ne peut pas émerger du sable et disparaît facilement.

On peut se demander alors si la capacité d'*A. saligna* à accepter une amplitude édaphique très large et présenter une certaine plasticité vis-à-vis des caractéristiques édaphiques des sols est spécifique à l'étage aride inférieur. Il faut, cependant, souligner que cette plasticité réside dans le fait que les travaux de sauvegarde, arrosage surtout, sont pratiqués depuis la mise en place des plants jusqu'à l'âge de 2 à 3 ans. Ces travaux ont, certainement, contribué à estomper les différences édaphiques et à homogénéiser les réserves hydriques des sols dans les divers écosystèmes d'une même région écologique.

La salure du milieu n'a pas non plus d'influence négative significative sur le taux de survie d'*A. saligna* sous ce type de bioclimat. En effet, dans des formations halomorphes (conductivité de l'ordre de 20 mS. cm⁻¹ en été), le taux de survie de cette espèce est supérieure à 80 % (Tableau VII). Pourrions-nous, ainsi, considérer *A. saligna* comme une espèce tolérante à la salure en phase d'installation ? Cette tolérance subsiste jusqu'à l'âge de 4 ans, puis l'espèce meurt sur pied malgré les arrosages périodiques [13, 30].

Tableau V. Survie et production d'*Acacia saligna* dans les écosystèmes des Basses Plaines Méridionales. Comparaison par le test de Newman-Keuls.

Taux de survie			Biomasse épigée de l'arbre de biovolume moyen		
Systèmes écologiques	Taux (%)	Groupes de milieux homogènes à $\alpha = 5 \%$	Systèmes écologiques	Moyenne annuelle (kg.M.S.)	Groupes de milieux homogènes à $\alpha = 5 \%$
D 1	69,0	A	P 2	17,4	A
GC 1	52,2	A	GC 2	4,6	B
GG 1	42,7	A	P 1	2,8	B
GC 2	31,7	A	D 1	2,3	B
P 1	18,0	B	GC 1	1,1	C
P 2	10,0	B	GG 1	0,2	D

Tableau VI. Survie et production d'*Acacia saligna* dans les écosystèmes des Matmata. Comparaison par le test de Newman-Keuls.

Taux de survie			Biomasse épigée de l'arbre de biovolume moyen		
Systèmes écologiques	Taux (%)	Groupes de milieux homogènes à $\alpha = 5 \%$	Systèmes écologiques	Moyenne annuelle (kg.M.S.)	Groupes de milieux homogènes à $\alpha = 5 \%$
GC 4	70,3	A	GC 4	3,2	A
GC 5	68,7	A	GC 3	1,3	B
GC 3	60,0	A	GC 5	1,0	B

Tableau VII. Survie et production d'*Acacia saligna* dans les écosystèmes de la J'fara. Comparaison par le test de Newman-Keuls

Systèmes écologiques	Taux de survie		Biomasse épiquée de l'arbre de biovolume moyen		
	Taux (%)	Groupes de milieux homogènes à $\alpha = 5\%$	Systèmes écologiques	Moyenne annuelle (kg.M.S.)	Groupes de milieux homogènes à $\alpha = 5\%$
GG 2	95,8	A	GC 8	10,0	A
P 5	90,0	A	D 3	6,0	B
BMT 2	87,5	A	P 4	4,7	C
P 4	81,0	A	BMT 1	4,1	C
P 3	63,3	B	GC 7	3,7	C
D 2	50,3	B	P 3	2,7	D
GC 6	45,7	B	D 2	1,5	E
BMT 1	42,2	B	BMT 2	1,3	E
GC 7	36,1	B	GC 6	1,3	E
GC 8	25,5	C	P 5	0,3	F
D 3	20,0	C	GG 2	0,2	F
D 4	19,3	C	D 4	0,1	F

Les travaux de réparation du sol (sous-solage) et les travaux de conservation des eaux et des sols n'améliorent pas non plus le taux de survie d'*A. saligna* en raison des travaux d'entretien qui se poursuivent durant les trois premières années après la plantation.

La croissance et la production d'*A. saligna*, exprimés par la biomasse épiquée de l'arbre de biovolume moyen, sont, contrairement au taux de survie, tributaires et sous la dépendance des caractéristiques édaphiques de l'écosystème (Tableaux V à VII). L'épaisseur de la couche meuble, la présence d'une morphologie éolienne ainsi que le type de substrat semblent être les paramètres édaphiques les plus déterminants de la croissance et de la production d'*A. saligna*. En effet, ce sont les écosystèmes des plaines à couche meuble très épaisse (>100 cm) et à mésonebkhas et ceux des glacis calcaires couverts, à couches meubles épaisses (60 à 100 cm) et à mésonebkhas et/ou à nappe de sable qui fournissent la biomasse épiquée la plus élevée (17,4 et 10 kg.M.S. an⁻¹ respectivement pour les Basses Plaines Méridionales et la J'fara). Par ailleurs, il faut souligner que la présence d'une morphologie éolienne fixée (mésonebkhas par exemple) quadruple la production d'*A. saligna* par rapport à des écosystèmes ayant une couche meuble de même épaisseur mais sans morphologie éolienne (17,4 contre 4,6 kg.M.S. an⁻¹). Pour les systèmes à glacis calcaires, même si la couche meuble est relativement épaisse (60 à 100 cm) et pour les glacis gypseux sans couche meuble, la croissance et la production d'*A. saligna* se trouvent compromises, d'une part, par la forte teneur du sol en calcaire actif et, d'autre part, par la teneur élevée en gypse ; la biomasse épiquée dans ces deux types d'écosystèmes est respectivement de 1,1 et de 0,2 kg.M.S. an⁻¹.

Contrairement au taux de survie, la salure du milieu constitue un facteur limitant pour la croissance et la production d'*A. saligna* en bioclimat méditerranéen aride inférieur. En effet, dans les systèmes halomorphes, la production de cette espèce est comprise entre 0,1 et 0,3 kg.M.S. an⁻¹. Ces valeurs sont statistiquement non différentes de celles des systèmes à glacis gypseux ayant une couche meuble peu épaisse (20 à 60 cm).

En conclusion, il est constaté qu'en bioclimat méditerranéen aride inférieur, si les caractéristiques édaphiques de l'écosystème n'ont pas une influence très significative sur le taux de survie, et par conséquent sur l'installation d'*A. saligna*, en raison des travaux d'entretien qui sont effectués jusqu'à l'âge de trois ans, elles ont, au contraire, une influence très marquée sur la croissance et la production de cette espèce. Les facteurs édaphiques discriminent, dans ce type de bioclimat, des niveaux de production différents.

Sous bioclimat méditerranéen saharien supérieur

La survie et l'installation d'*A. saligna* sont, dans ce type de bioclimat, conditionnées par les caractéristiques édaphiques des écosystèmes, et ceci contrairement au bioclimat méditerranéen aride inférieur. Les sols à substrat gypseux (Tableau VIII) sont les plus favorables à l'installation de cette espèce (54,3 % à 64,7%). Les substrats calcaires, même sous-solés, semblent être peu propices à l'installation d'*A. saligna* (16 % à 23%). Les faibles résultats de survie (29%), dans les basses et moyennes terrasses des oueds, semblent contraires à la logique ; l'échec de l'installation semble devoir être attribué à l'action anthropozoïque (coupe et pacage illicites) plutôt qu'aux conditions écologiques.

Tableau VIII. Survie et production d'*Acacia saligna* dans les écosystèmes de L'ouara. Comparaison par le test de Newman-Keuls

Systèmes écologiques	Taux de survie		Biomasse épiquée de l'arbre de biovolume moyen		
	Taux (%)	Groupes de milieux homogènes à $\alpha = 5\%$	Systèmes écologiques	Moyenne annuelle (kg.M.S.)	Groupes de milieux homogènes à $\alpha = 5\%$
GG 4	64,7	A	BMT 3	3,3	A
GG 3	54,3	A	GG 3	1,8	B
BMT 3	29,0	B	GG 4	0,6	C
GC 10	23,3	B	GC 10	0,2	C
GC 9	16,0	C	GC 9	0,1	C

La croissance et la production d'*A. saligna* sont, en bioclimat méditerranéen saharien supérieur, très dépendantes des conditions écologiques. En effet, la production, dans l'écosystème potentiellement le plus favorable, n'est que de 3,3 kg.M.S. an⁻¹ (Tableau IV). L'écosystème qui pourrait être considéré aussi potentiellement favorable, sol à couche meuble très épaisse (> 100 cm), ne permet qu'une production de 0,2 kg.M.S. an⁻¹. Dans ce dernier type d'écosystème, la biomasse épiquée annuelle moyenne n'est pas

significativement différente de celle enregistrée sur le système à substrat calcaire ou gypseux, avec respectivement 0,6 et 0,1 kg.M.S. an⁻¹ (Tableau VIII).

Ainsi, malgré les conditions édaphiques stationnelles très différentes, constatées entre les écosystèmes situés en bioclimat méditerranéen saharien supérieur, les différences observées au niveau des productions d'*A. saligna* (Tableau VIII) sont très minimes. Ceci peut s'expliquer par la forte contrainte imposée par les facteurs climatiques : faibles précipitations (0 à 100 mm. an⁻¹), température élevée (30 °C à 40 °C) et forte évapotranspiration (1 500 à 2 000 mm. an⁻¹).

Conclusion

L'imprévisibilité et la variabilité des pluies ainsi que la succession des années sèches sont, en Tunisie aride et désertique, les traits les plus marquants de l'aridité climatique. L'aridité édaphique vient, en général, accentuer le stress subi par les végétaux [31]. Ces conditions écologiques très sévères sont à l'origine de l'échec des espèces exotiques utilisées pour la réaffectation des parcours dégradés en Tunisie aride et désertique [13].

En bioclimat méditerranéen aride inférieur, la réussite et la survie des espèces exotiques sont le plus souvent sous la dépendance de circonstances climatiques favorables en phase d'installation et des conditions édaphiques propices lors des phases de croissance.

Sous le bioclimat méditerranéen saharien supérieur, ce sont les conditions climatiques qui conditionnent l'installation et la croissance des espèces exotiques. Dans ce dernier type de bioclimat, les facteurs climatiques deviennent prépondérants et les travaux de sauvegarde n'améliorent guère ni les conditions d'installation et de survie, ni les conditions d'une croissance et d'une production même moyenne.

En Tunisie aride et désertique, l'irrégularité des précipitations, leur caractère orageux, leur forte intensité et leur faible quantité exposent les arbustes fourragers exotiques utilisés dans la réaffectation des terres désertisées à des stress très dommageables. Le régime pluviométrique de type hivernal ou automnal, en outre, ne coïncide pas à la demande hydrique liée à la période de croissance d'espèces exotiques telles que *Acacia saligna*, *Prosopis juliflora* et *Parkinsonia aculeata* à croissance printanière ou estivale [13]. Celles-ci sont donc exposées à un stress hydrique qui pourrait durer 9 à 12 mois. an⁻¹.

Si les caractéristiques édaphiques du milieu et la position de la plantation sur la toposéquence générale peuvent accentuer ou atténuer l'aridité du milieu et par conséquent le stress subi par les végétaux, le stress physiologique entraîné par la présence des sels dans les sols peut être une autre cause de l'échec.

Les conditions écologiques sont, en Tunisie aride et désertique, loin d'être homogènes, comme nous venons de le voir. Si les conditions climatiques sont imposées, il existe par contre plus de possibilités dans le choix des types de sol à utiliser lors des actions de réaffectation. En effet, certains écosystèmes peuvent atténuer l'aridité par leurs caractéristiques édaphiques relativement favorables et par leur position sur la toposéquence qui leur permet l'accumulation des eaux et la diminution du ruissellement. Malheureusement, les terrains réservés aux plantations sylvo-pastorales (actions de réaffectation) sont, généralement, les glacis d'érosion (gypseux et/ou calcaire) et les terrains médiocres présentant un horizon induré très proche de la surface.

70,3 % de la superficie destinée à la réaffectation est constituée par des glacis [32]. Les situations géomorphologiques, potentiellement les plus favorables pour la survie et la production des arbustes fourragers (plaines, terrasses d'oued non salés, etc.), ne constituent que 24,5 % de la superficie destinée à la réaffectation [2]. Par ailleurs, si les situations géomorphologiques constituent une contrainte majeure pour les espèces fourragères exotiques, utilisées dans la réaffectation, l'épaisseur de la couche meuble peut par contre accentuer ou atténuer cette contrainte et par conséquent le stress. Ainsi, 61,9 % des sols utilisés dans la réaffectation ont une épaisseur de la couche meuble inférieure à 60 cm [2] et par conséquent inaptes à une production soutenue.

Si la création de nouveaux systèmes pastoraux productifs, à base d'arbustes fourragers exotiques, est possible en Tunisie aride, la reproduction de ces systèmes par resemis (régénération naturelle) est presque impossible. En effet, dans les écosystèmes étudiés, nous avons constaté que la régénération naturelle, par semence d'*A. saligna*, n'avait eu lieu que dans 4 cas ; aucun jeune semis n'a franchi la saison estivale [13]. Il semble ainsi que ces nouveaux écosystèmes créés artificiellement n'ont pas la faculté biologique d'autorégénération ; ils ne sont donc renouvelables et reproductibles que par une nouvelle intervention humaine. Ainsi ces nouveaux écosystèmes construits sont, d'une part, très fragiles du fait de leur faible résistance aux conditions écologiques du milieu et, d'autre part, coûteux puisque leur résilience est nulle et que de ce fait ils doivent être renouvelés chaque fois qu'ils disparaissent.

Aussi, pour une meilleure réussite de la réaffectation des terres désertisées en Tunisie aride et désertique, quatre impératifs doivent être pris en considération :

- une sélection très sévère du matériel végétal utilisé pour la réaffectation qui doit être : très résistant, performant, renouvelable naturellement et compatible avec la flore locale ;
- un choix judicieux du milieu écologique et principalement du milieu édaphique ;
- le développement de la technique de l'agro-sylvo-pastoralisme chez les agriculteurs et les éleveurs ; cette technique ne doit pas être réalisée uniquement sur les terrains les plus médiocres, comme elle l'est actuellement, sinon l'échec sera très important ;
- en Tunisie saharienne, où les précipitations sont faibles ($< 100 \text{ mm. an}^{-1}$) et irrégulières, les températures très élevées ($25 \text{ }^{\circ}\text{C}$ à $45 \text{ }^{\circ}\text{C}$) et où l'évapotranspiration représente 10 à 20 fois les précipitations, il est déconseillé d'utiliser la technique de réaffectation. La restauration est, dans ces conditions de stress climatique, édaphique et physiologique, le moyen le plus efficace, même si la période nécessaire pour rétablir l'équilibre biologique du parcours risque d'être très longue.

Références

1. Aronson J., Floret Ch., Le Floc'h E., Ovalle C.R., Pontanier R. (1993). Restoration and rehabilitation of degraded ecosystems arid and semi-arid. II : Case studies in southern Tunisia, central Chile and northern Cameroon. *Restoration Ecology* ; II :168-187.
2. Zaafour M.S., Akrimi N., Floret Ch., Le Floc'h E., Pontanier R. (1995). Les plantations sylvo-pastorales en Tunisie présaharienne. État actuel des connaissances. *Sécheresse* (sous presse).
3. Le Floc'h E., Floret Ch. (1972). Désertification, dégradation et régénération de la végétation pastorale dans la Tunisie présaharienne. Symp. Désertisa. Gabès, Décembre 1972. FAO. Projet TUN/69/001.

4. Floret Ch., Le Floc'h E., Romane F., Pontanier R. (1981). Dynamique des systèmes écologiques de la zone aride. *Acta Oecologica* ; 2 : 195-214.
5. CCE (1988). Réhabilitation de la valeur des terres à pâturage et des zones affectées par l'érosion éolienne en Tunisie présaharienne. Rapport final, I.R.A, Médenine/CEFE.CNRS, Montpellier/ ORSTOM, Tunis (179 p).
6. Ben Dali F., Floret Ch., Le Floc'h E., Pontanier R. (1990). The dynamics of vegetation and sand mobility in arid regions of Tunisia. *Journal of Arid Environments* ; 18 : 21-31.
7. Chaïeb M., Floret Ch., Le Floc'h E., Pontanier R. (1990). Les graminées pérennes, un recours pour la réhabilitation des terres de parcours dégradées en zone aride tunisienne. *Ecologia Mediterranea* ; XVI, Vol. Jubilaire du Professeur P. Quézel : 415-425.
8. Chaïeb M., Floret Ch., Pontanier R. (1992). Réhabilitation d'écosystèmes pastoraux par réintroduction d'espèces locales de la zone aride tunisienne. Conséquences pour le semis des parcours. Actes IV^e Congrès International Terres à Pâturage, Montpellier ; Vol. I : 259-261.
9. Le Floc'h E. (1990). Réhabilitation des terres à pâturage dégradées en zone aride (étude de cas : Tunisie présaharienne). Atelier Bicontinental Afrique/Amérique latine MAB-UNESCO. Bases écologiques du développement rural intégré et lutte contre la désertification en zones arides et semi-arides. Exposés et Etudes de cas d'Afrique. *Terra Arida* ; 7 : 241-263.
10. Neffati M., Akrimi N., Floret Ch., Le Floc'h E. (1992). Stratégies germinatives de quelques espèces pastorales de la zone aride tunisienne. Conséquences pour le semis des parcours. Actes du IV^e Congrès International Terres à Pâturages, Montpellier ; Vol. I : 281-284.
11. Aronson J., Floret Ch., Le Floc'h E., Ovalle C.R., Pontanier R. (1993). Restoration and rehabilitation of degraded ecosystems of arid and semiarid. I : A view from the south. *Restoration Ecology* ; 1 (1) : 8-17.
12. Direction Générale des Forêts (1991). Situation des travaux d'amélioration pastorales par Gouvernorat, par Délégation, par périmètre et par espèce. Rapport annuel d'activité (35p).
13. Zaafouri M.S. (1993). Contraintes du milieu et réponses de quelques espèces arbustives exotiques introduites en Tunisie présaharienne. Thèse Doc. en Sciences, Université Aix-Marseille III (200p).
14. Long G. (1975). *Diagnostic et aménagement du territoire*. Tome II : Application au diagnostic phytoécologique. Masson et Cie, Paris (217 p).
15. N.A.S. (1980). *Firewood crops : scrub and species energy production*. National Academy of Sciences (234 p).
16. Garbaye J., Le Roy P., Le Tacon F., Levy G. (1970). Réflexion sur une méthode d'étude des relations entre facteurs écologiques et caractéristiques des peuplements. *Ann Sc Forest* ; 27 : 304-317.
17. Le Tacon F. (1973). Sol, nutrition et production ligneuse. *Ann Sc Forest.* ; 30 (3) : 259-285.
18. Evans F.C. (1956). Ecosystems as the basic unit. *Ecology Science* ; 123 : 1127-1128.
19. Long G. (1974). *Diagnostic et aménagement du territoire*. Tome I : Principes généraux et méthode. Masson et Cie, Paris (256 p).
20. Tansley A.G. (1935). The use and abuse of vegetational concepts and terms. *Ecology* ; 16 : 284-307.
21. Pardé J. (1961). *Dendrométrie*. Impr. Louis-Jean, Gap (350 p).
22. Bonneau M., Timbal J. (1973). Définition et cartographie des stations. Conceptions françaises et étrangères. *Ann Sci Forest* ; 30 (3) : 201-218.
23. FAO. (1982). Dispositifs expérimentaux pour les essais d'essence et des provenances : mise en place, évaluation. Document d'instruction de base II. Projet FAO sur les ressources génétiques des zones arides et semi-arides. FORM/9/1980 (20 p).
24. Descoings M.B. (1976). Approche des formations herbeuses tropicales par la structure de la végétation. Thèse Doct. U.S.T.L., Montpellier (220 p).

25. Feuillas D. (1979). Méthodes et techniques d'estimation de la biomasse épigée des formations arbustives et leurs applications au maquis corse dans la vallée du Fango. D.E.A. Ecol. Université Paris-sud (51 p).
26. Poissonet J., Toure I., Gillet H., Cabaret M. (1985). Aide mémoire : méthodologie pour l'étude des pâturages sahéliens. Dakar Form. Aménage. Pastoral Intégré au Sahel (27p).
27. Clément B., Touffet J. (1976). Biomasse végétale aérienne et productivité des landes des Monts d'Arée (Bretagne, France). *Oecol Plant* ; 11 (4) : 345-360.
28. Dagnelie Ph. (1975). *Théorie et méthodes statistiques. Applications agronomiques*. Vol. II : Les méthodes de l'inférence statistique. Edit. Press. Agron. Gembloux, A.S.B.L., Belgique (405 p).
29. Emberger L. (1955). Une classification biogéographique des climats. *Rev Trav Labor Bot Zool Fac Sc Montpellier, Serv Bot* ; 7 : 3-43.
30. Zaafour M.S., Akrimi N., Pontanier R., Zemzemi J. (1992). Recherches des conditions écologiques optimales de réussite d'arbustes fourragers en zone aride tunisienne : cas d'*Acacia cyanophylla*. Actes du IV^e Congrès International Terres Pâturages, Montpellier ; Vol. I : 244-247.
31. Floret Ch., Pontanier R. (1984). Aridité climatique, aridité édaphique. *Bull Soc Bot Franç* ; (2/3/4) : 265-275.
32. Zaafour M.S., Akrimi N., Floret Ch., Le Floc'h E., Loisel R., Pontanier R. (1995). Développement d'une méthode d'évaluation des performances des espèces arbustives fourragères. *Ecologia Mediterranea* ; (sous presse) (20 p).
33. Ben Dali F. (1987). Dynamique de la végétation et mobilité du sable en Jeffara tunisienne. Thèse Doct. en Sciences, U.S.T.L. Montpellier (243 p).