

Caractéristiques édaphiques des groupements à Genévrier thurifère des Atlas marocains: étude des niveaux superficiels des sols sous couvert et hors couvert

Thierry Gauquelin, Joseph Dagnac

Citer ce document / Cite this document :

Gauquelin Thierry, Dagnac Joseph. Caractéristiques édaphiques des groupements à Genévrier thurifère des Atlas marocains: étude des niveaux superficiels des sols sous couvert et hors couvert. In: Ecologia mediterranea, tome 14 n°3-4, 1988. pp. 43-56;

doi : <https://doi.org/10.3406/ecmed.1988.1219>

https://www.persee.fr/doc/ecmed_0153-8756_1988_num_14_3_1219

Fichier pdf généré le 20/04/2020

Abstract

Plant communities dominated by *Juniperus thurifera* L. in Moroccan Atlas are seriously damaged and show a near total lack of regeneration. The edaphic features of these formations had never been studied.

Investigations about superficial layers of these soils, taking into account the structural heterogeneity of these communities have been carried out. Thus, two pedological profiles have been systematically studied in each of the fourteen formations selected in the Middle and High Atlas : one beneath the tree crown and one away from canopy influence.

Results show at first the utmost diversity of these soils. They also point out the microedaphism found under tree crown, related with organic matter produced by trees. This microedaphism, playing a part in the regeneration's potentials, is however dependent on Juniper vitality.

Résumé

Les phytocénoses dominées par le Genévrier thurifère dans les Atlas marocains sont particulièrement menacées par une dégradation intense et une absence quasi-totale de régénération. Les auteurs s'intéressent ici aux niveaux superficiels des sols de ces thurifères, en prenant en compte l'hétérogénéité structurelle de ces formations où les arbres ne présentent que rarement des couronnes jointives. Ainsi deux profils pédologiques : l'un sous le couvert des arbres, l'autre entre les arbres, ont été systématiquement étudiés dans chacune des quatorze formations choisies dans le Moyen et Haut Atlas.

L'extrême diversité du support édaphique de ces peuplements est mise en évidence.

L'existence d'un micro édaphisme sous le couvert de l'arbre lié, entre autres, à l'accumulation de matière organique générée par les couronnes, est ensuite clairement établie. L'importance de ce micro édaphisme, auquel les possibilités de régénération semblent liées, dépend cependant de la structure et de la vitalité des peuplements.

Caractéristiques édaphiques des groupements à Genévrier thurifère des Atlas marocains: étude des niveaux superficiels des sols sous couvert et hors couvert.

T. GAUQUELIN*
J. DAGNAC*

RESUME - Les phytocénoses dominées par le Genévrier thurifère dans les Atlas marocains sont particulièrement menacées par une dégradation intense et une absence quasi-totale de régénération. Les auteurs s'intéressent ici aux niveaux superficiels des sols de ces thurifères, en prenant en compte l'hétérogénéité structurelle de ces formations où les arbres ne présentent que rarement des couronnes jointives. Ainsi deux profils pédologiques: l'un sous le couvert des arbres, l'autre entre les arbres, ont été systématiquement étudiés dans chacune des quatorze formations choisies dans le Moyen et Haut Atlas.

L'extrême diversité du support édaphique de ces peuplements est mise en évidence. L'existence d'un microédaphisme sous le couvert de l'arbre lié, entre autres, à l'accumulation de matière organique générée par les couronnes, est ensuite clairement établie. L'importance de ce microédaphisme, auquel les possibilités de régénération semblent liées, dépend cependant de la structure et de la vitalité des peuplements.

SUMMARY - Plant communities dominated by *Juniperus thurifera* L. in moroccan Atlas are seriously damaged and show a near total lack of regeneration. The edaphic features of these formations had never been studied.

Investigations about superficial layers of these soils, taking into account the structural heterogeneity of these communities have been carried out. Thus, two pedological profiles have been systematically studied in each of the fourteen formations selected in the Middle and High Atlas: one beneath the tree crown and one away from canopy influence.

Results show at first the utmost diversity of these soils. They also point out the microedaphism found under tree crown, related with organic matter produced by trees. This microedaphism, playing a part in the regeneration's potentials, is however dependent on Juniper vitality.

MOTS CLES : Genévrier thurifère, édaphisme, Atlas marocains, forêts méditerranéennes, matière organique, couvert arboré.

INTRODUCTION

Les forêts et matorrals** arborés à Genévrier thurifère (*Juniperus thurifera* L.) occupent une place importante dans l'étage montagnard méditerranéen*** et oroméditerranéen** des Moyen et Haut Atlas marocains. Les utilisations multiples de cette espèce arborée, la seule pouvant atteindre près de 3000 m. d'altitude, a conduit à une dégradation importante de ses peuplements, comme l'évoquait EMBERGER déjà en 1938.

L'action anthropique conjuguée à la faiblesse, voire l'absence totale de régénération concourent à la mise en place de peuplements moribonds au niveau desquels toute recolonisation rapide semble exclue. Le rôle dévolu à cette espèce, aussi bien au niveau économique qu'au niveau de la conservation des sols, semble ainsi se réduire et des études précises concernant cette essence sont donc plus que jamais nécessaires.

*Laboratoire de Botanique et Biogéographie, Université Paul Sabatier, 39 Allées Jules Guesde, F 31062 TOULOUSE.

**Nomenclature des types de végétation de IONESCO et SAUVAGE (1962).

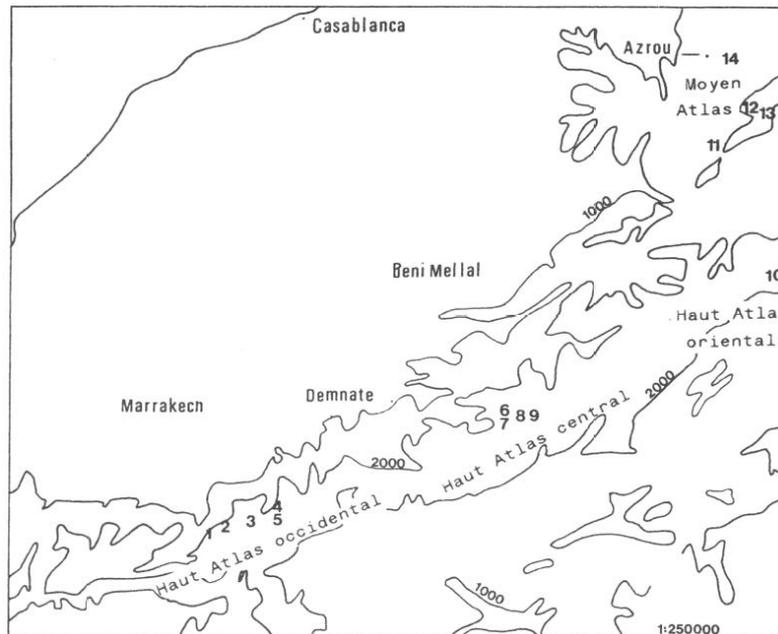
***Au sens de QUEZEL (1976).

Divers travaux (IDRISSI-HASSANI, 1983 ; GAUQUELIN & al, 1987 ; GAUQUELIN, IDRISSI-HASSANI et LEBRETON (à paraître) ont récemment permis de préciser le statut systématique de cette Cupressacée. EMBERGER (1938, 1939), ACCHAL & al (1980) ; PEYRE (1979) et ses élèves : RHANEM (1985), ALIFRIQUI (1986), HALOUI (1986) et OUHAMMOU (1987) se sont, avec d'autres, intéressés à la répartition de ces peuplements et à leurs conditions bioclimatiques. Les conditions édaphiques de développement et de régénération de ce Genévrier n'ont, par contre, été abordées que de façon très fragmentaire (VILLAR, 1947 ; LEMOINE-SEBASTIAN, 1965 et VELASCO en 1977 en Espagne).

L'étude détaillée ici s'inscrit dans le cadre des recherches sur les formations superficielles des groupements à Genévrier thurifère des Atlas marocains, en relation avec leur diversité géographique, climatique, structurale et floristique (GAUQUELIN, 1988). Nous emploierons de préférence le terme de "formations superficielles", moins restrictif que celui de "sol". Les formations superficielles "englobent tous les matériaux, en affleurement, qui diffèrent de la roche en place sous-jacente" (TRICART & KILIAN, 1979).

MÉTHODOLOGIE

Quatorze formations (Tableau I, carte I et, pour les caractères stationnels, Tableau II) dominées par le Genévrier thurifère et appartenant aux quatre entités géographiques : Haut Atlas occidental, Haut Atlas central, Haut Atlas oriental et Moyen Atlas, font l'objet de cette étude.



Localisation des thuriferaies étudiées

Carte I

Au sein de chacune d'elles, deux profils pédologiques ont été réalisés : un sous le couvert d'un Genévrier, à mi-distance du tronc et de l'extrémité de la couronne et l'autre entre les arbres, hors donc du couvert de ceux-ci qui ne présentent que très rarement des couronnes jointives. Dans chaque profil, les prélèvements ont été effectués systématiquement tous les cinq centimètres, permettant ainsi une comparaison rigoureuse des différents profils. Ce mode de prélèvement s'écartant des méthodes pédologiques classiques, qui sont difficilement applicables au milieu altimontain, a pu déjà être éprouvé dans les Pyrénées Orientales (BAUDIERE & SERVE, 1971 ; FROMARD, 1978 ; GAUQUELIN, 1982), ainsi que dans le Haut Atlas occidental, au niveau des peuplements à xérophytes épineuses en coussinet (GAUQUELIN, 1985).

Dans le présent travail, seuls les niveaux superficiels 0-5cm et 5-10cm des profils ont été pris en considération ; c'est donc surtout l'impact direct du couvert arboré, source de matière

	n° du relevé	LOCALISATION	Altitude (m)	P ^e estimé ² (mm)	Etage bioclimatique
HAUT	1	Vallée de l'Azzaden, au dessus de Tizi Oussems	2250	700-800	Sub-humide moyen
	2	Adrar Agouni, au dessus du Tizi n'Oudite	2350	700-800	Sub-humide moyen
ATLAS	3	Forêt des Fiancés, sous la crête du Tizrag, Massif de l'Oukaimenden	2400	700-800	Sub-humide moyen
	4	Haute Vallée du Zat, sous le Tizi n'Tilst	2500	700-800	Sub-humide moyen
OCCIDENTAL	5	Haute Vallée du Zat	2300	600-700	Sub-humide inférieur
HAUT	6	Aït bou Guezzem, au dessus de Tabant, sous le Tizi Aït Imi	2350	400-500	Semi-aride moyen
	7	Aït bou Guezzem, forêt d'Imelghas	2100	400-500	Semi-aride moyen
ATLAS	8	Tizi n'Ilissi, Zaouia Ahansal (schistes)	2450	700-800	Sub-humide moyen
CENTRAL	9	Tizi n'Ilissi, Zaouia Ahansal	2400	600-700	Sub-humide inférieur
HAUT ATLAS ORIENTAL	10	Jbel Badiy, au nord d'Endt	2500	500-600	Semi-aride supérieur
MOYEN	11	Aari n'Inifif, Aguelmane Sidi Ali, au nord de Tiguelmamine	2100	600-700	Sub-humide inférieur
	12	Jbel Irhane, dominant la plaine de Selrhent	2100	700-800	Sub-humide moyen
ATLAS	13	Tizi n'Tarzeft, près d'Arhbalou arbi	2200	700-800	Sub-humide moyen
	14	Mischliffen, au Sud d'Ifrane	200	1100-1200	Humide inférieur

* estimé à partir de - de la carte des précipitations de GAUSSEN et ROUX (1957)
des travaux de LECOMPTE (1969), de RHANEM (1985)
des indications aimablement fournies par C. PEYRE

TABLEAU I: Caractéristiques bioclimatiques des thurifères.

organique influant directement sur la pédogenèse, d'autant plus nettement d'ailleurs que l'on se trouve dans des milieux arides (BOTTNER, 1982), qui a pu être apprécié dans les différentes communautés étudiées. Signalons que l'approche pédologique plus classique de l'ensemble des profils en relation avec les groupements végétaux fera l'objet d'une présentation ultérieure.

La texture n'a pu être déterminée que dans le niveau 5-10 cm du fait de la trop grande richesse en matière organique de certains des niveaux 0-5 cm. L'importance des rapports Ca/Mg et Mg/K échangeables dans les phénomènes de régénération, démontrée pour le Cèdre du Moyen Atlas par LEPOUTRE (1961), nous a incité à faire figurer ces paramètres dans nos analyses. AUBERT (1976) souligne d'ailleurs la grande variabilité de ce rapport et ses conséquences sur les conditions de nutrition minérale dans certains groupements végétaux de Provence.

Parallèlement à cette étude édaphique, l'analyse phytocoenologique des quatorze formations a été réalisée selon les techniques phytosociologiques de l'école Zuricho-Montpelliéraine.

Le choix des quatorze stations n'a été ni systématique, ni aléatoire ; il a été guidé par le souci de refléter la diversité de ces formations à Genévrier thurifère.

Les quatorze relevés de végétation limités volontairement aux espèces phanérophytiques et chaméphytiques sont regroupés sur le tableau II.

Número du relevé	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Surface (m ²)	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400
Altitude (m)	2250	2350	2400	2500	2300	2350	2100	2450	2400	2500	2100	2100	2200	2000
Exposition	N	W	W	S	S	N	SE	E	W	N	E		N NE	
Inclinaison (°)	5	40		20		5-10	5-10	15	15-25	30-35	10		5	
Recouvrement (%) (ligneux)	25	40	50	60	35	30	70	20	50	10	25	30	10	25
Recouvrement par le thurifère (%)	25	25	45	25	25	25	50	10	15	10	15	25	10	25
Substrat	Si	Si	Si	Si	Si	Ca	Ca	Ca	Ca	Ca	Ca	Ca	Ca	Ca
MESOPHANEROPHYTES (7-20 m)														
<i>Juniperus thurifera</i> var. <i>africana</i>		321	231		221		331		211			221		221
<i>Cedrus atlantica</i>											111			1 + 1
MICROPHANEROPHYTES (2-7 m)														
<i>Juniperus thurifera</i>	221	321	211	431	221	221	221	121		221	321	221	221	221
<i>Cedrus atlantica</i>											+			
<i>Juniperus oxycedrus</i>			1 + 1			111								211
<i>Quercus rotundifolia</i>		221												
NANOPHANEROPHYTES (0,5-2 m)														
<i>Juniperus thurifera</i>			1 + 1		1 + 1	111	221			111				1 + 1
<i>Berberis hispanica</i>										211				
<i>Genista florida</i>	+	1 + 1	1 + 1	422	211									
<i>Adenocarpus anagyriifolius</i>				1 + 1	422									1 + 1
<i>Quercus rotundifolia</i>														
CHAMEPHYTES (- de 0,5 m)														
<i>Juniperus thurifera</i>			1 + 1		1 + 1		211							1 + 1
<i>Juniperus oxycedrus</i>			+			111								
<i>Bupleurum spinosum</i>	211	521	1 + 1	211	1 + 1			1 + 1	1 + 1	111	431	421	321	
<i>Alyssum spinosum</i>	211					111				321				
<i>Cytisus balansae</i>	321		1 + 1			1 + 1		211	321		1 + 1		211	
<i>Erinacea pungens</i>								1 + 1			211			
<i>Vella mairei</i>								311						
<i>Astragalus ibrahimianus</i>								211						
<i>Arenaria pungens</i>				1 + 1					1 + 1					
<i>Omonis atlantica</i>		211					321							
<i>Crataegus laciniata</i>											111			
<i>Ribes uva crispa</i>			1 + 1		211									221
<i>Rhamnus lycioides</i>						1 + 1								
<i>Genista scorpioides</i>							321							
<i>Daphne laureola</i>			1 + 1											
<i>Stipa nitens</i>			1 + 1	321										
<i>Osmia scariosa</i>									1 + 1					
<i>Thymus pallidus</i>	1 + 1	521						211						
<i>Artemisia herba-alba</i>						1 + 1								211
<i>Euphorbia nicaensis</i>						1 + 1	421	2 + 1	211					
<i>Bupleurum atlanticum</i>						211	321							
<i>Ephedra major</i>				1 + 1										
<i>Teucrium polium</i>							323							
<i>Artemisia atlantica</i>								1 + 1						
<i>Santolina rosmarinifolia</i>							1 + 1							
<i>Helianthemum croceum</i>	2 + 1		1 + 1											
<i>Astragalus armatus</i>											422		321	
(Germinations de <i>Juniperus thurifera</i>)			+					+				211		

TABLEAU II
Analyse phytocoenologique des 14 formations.

RÉSULTATS

I - VÉGÉTATION

On remarquera d'abord que le recouvrement par le Thurifère ne dépasse jamais 50% et a une valeur moyenne de 25%. Ceci confirme le caractère éclairci du couvert forestier qui est une des constantes de ces phytocoenoses méditerranéennes d'altitude constituant, pour certaines, le seuil supraforestier tel que l'a défini RAYNAL (1981). *Juniperus thurifera* occupe principalement les strates microphanérophytique et nanophanérophytique ; il est rare parmi les chaméphytes, ce qui souligne la vieillesse des peuplements où nous n'avons jamais, hormis dans deux d'entre eux, noté de germinations ni de très jeunes individus de ce Genévrier.

Les chaméphytes les mieux représentées sont les xérophytes épineuses en coussinet qui, en altitude, individualisent plutôt les formations de matorrals bas, si caractéristiques du paysage de haute montagne méditerranéenne, et qui, dans certains de nos peuplements (thuriféraires 8,9,10), notamment dans les plus alticoles, sont l'élément structural principal réduisant la thuriféraire à une xérophytaie ponctuée de Thurifères.

Du point de vue phytosociologique, les peuplements du Haut Atlas central et oriental peuvent être intégrés dans l'ordre des *Ephedro Juniperetalia* récemment créé par QUEZEL et BARBERO (1986) et regroupant toutes les formations pré-steppiques du Maroc. Les thuriféraires du Haut Atlas occidental et du Moyen Atlas ont été moins étudiées et leur position synsystématique peut encore être discutée. L'ensemble des peuplements présente en tout état de cause un grand nombre d'espèces caractéristiques de l'ordre des *Erinacetalia* qui regroupe la totalité des formations à xérophytes épineuses en coussinet.

On notera enfin, dans deux des thuriféraires du Moyen Atlas, la présence de *Cedrus atlantica*, vestige de cédraies à Thurifère d'où le Cèdre aurait disparu du fait de sa moins bonne résistance à l'incendie (EMBERGER, 1938).

II - ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES DES NIVEAUX SUPÉRIEURS DES FORMATIONS SUPERFICIELLES.

Les résultats des analyses sont réunis sur les tableaux III et IV ; les numéros des profils correspondent aux numéros des relevés de végétation. La représentation graphique des résultats de certains paramètres envisagés est donnée sur les figures I et II.

III - TRAITEMENT DES DONNÉES PAR L'ANALYSE EN COMPOSANTES PRINCIPALES : MISE EN ÉVIDENCE DU MICROEDAPHISME SOUS COUVERT.

Deux ACP ont été réalisées traitant indépendamment les niveaux 0-5cm et 5-10cm et permettant simplement de visualiser d'éventuelles différences sous couvert et hors couvert.

1 - Analyse du niveau 0-5cm.

Les 13 variables prises en compte ont été les suivantes : % de terre fine (TF) - % de cailloux (éléments de diamètre > 20 mm) - pH - % de carbone organique - C/N - Ca, Mg, K, échangeables - S - T - S/T - Ca/Mg - Mg/K.

Sur la représentation graphique de cette ACP (figure III), l'axe 1 est fortement lié au pourcentage de carbone organique et aux variables qui lui sont corrélées, c'est à dire Ca-Mg-S-T. L'axe 2 exprime principalement la granulométrie grossière (% de cailloux).

La plupart des niveaux sous couvert sont nettement séparés des niveaux hors couvert correspondants et sont regroupés en partie droite du plan signifiant leur richesse en carbone organique et leurs qualités trophiques supérieures. Cette séparation illustre bien le microédaphisme régnant sous le couvert des arbres que l'on peut observer sur le terrain au niveau de certaines des thuriféraires étudiées. L'hétérogénéité structurale des thuriféraires se double donc d'une hétérogénéité des formations superficielles lorsque la dégradation des peuplements n'est pas trop forte. Il faut, en effet, noter que la séparation des deux milieux hors couvert et sous couvert est très faible pour les thuriféraires 8, 9 et 10, qui représentent les formations les plus dégradées de notre étude. La réduction, ou même la disparition, des parties vertes que l'on peut y observer et qui transforme les thurifères en de véritables squelettes, a pour effet de limiter, voire de supprimer, leur impact sur les niveaux supérieurs des formations superficielles qui présentent alors, en relation avec l'absence de litière, une remarquable homogénéité de surface.

La dispersion des niveaux hors couvert est principalement liée à la granulométrie grossière qui rend compte des différents types de substrat. Cette granulométrie grossière est responsable, dans une plus faible mesure, de la dispersion des prélèvements sous couvert, soustraits pour certains à l'influence directe du substrat par l'épaisse couverture humifère qui les constitue. La teneur en carbone organique, en liaison directe avec la vitalité des arbres, participe encore à leur dispersion.

2 - Analyse du niveau 5-10cm.

Les 13 paramètres pris en compte sont ici : % de TF ; % de cailloux ; pH ; % de carbone organique ; % de sables ; Ca, Mg, K, échangeables ; S ; T ; S/T ; Ca CO₃ total. Ce niveau 5-10cm n'existe pas pour la thuriféraire 12 au sol très superficiel.

Sur la représentation graphique (figure IV), l'axe 1, lié positivement à Ca, S, T et, mais moins fortement, à C, discrimine encore, moins nettement pourtant que pour le niveau 0-5cm, les prélèvements sous couvert et hors couvert, montrant ainsi que le microédaphisme ne se manifeste pas

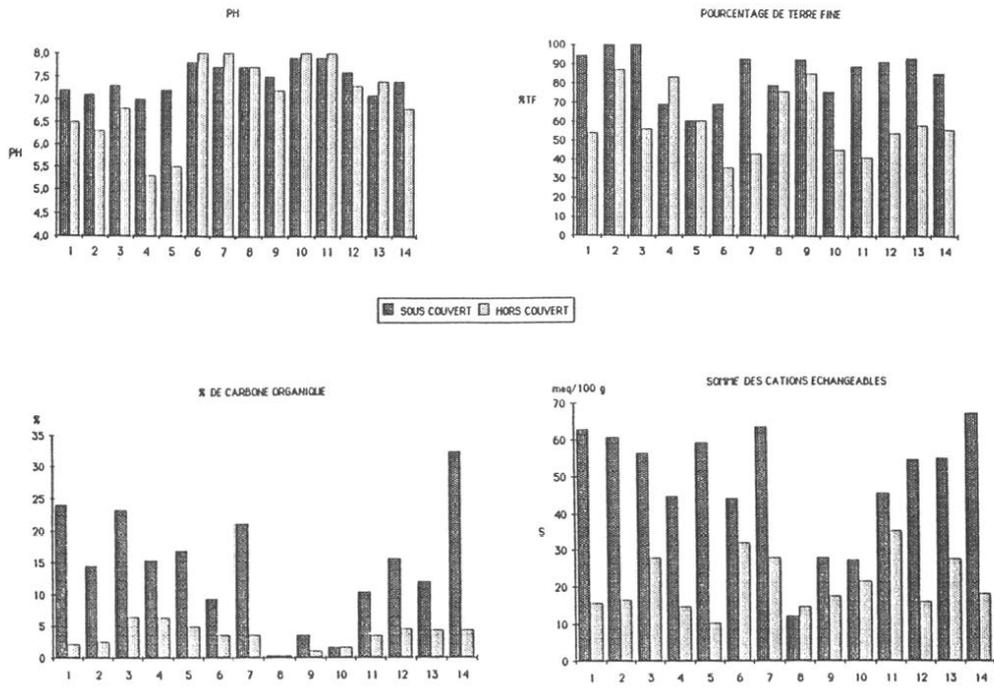


Figure 1: Caractéristiques pédologiques sous couvert et hors couvert du niveau 0-5 cm des 14 formations.

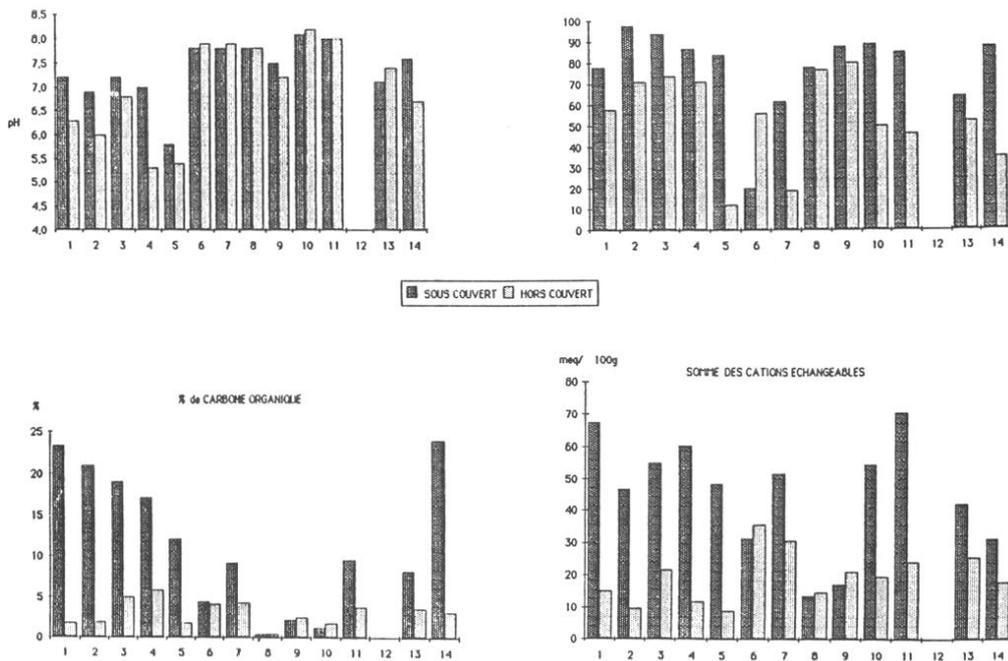


Figure 2: Caractéristiques pédologiques sous couvert et hors couvert du niveau 5-10 cm des 14 formations.

n° Profil	Localisations sous couvert hors couvert	Prof 1 : 0-5 2 : 5-10	% TF	>20 mm	pH eau	C%	C/N	A%	S%	Ca	Mg	K	Mg/K	S	T	V	Ca/Mg	CaCO ₃ %	
																			m e q / 100 g
1	SC	0-5 (1)	94	0	7,2	24,0	15			50,5	10,3	1,3	7,8	62,6	62,6	100	4,9		
		5-10 (2)	78	15	7,2	23,4	14	34,1	14,3	62,5	4,3	0,5	8,6	67,3	37	100	14,5	2,3	
	HC	1	54	10	6,5	2,2	14			13,8	1,5	0,5	3,2	15,8	21,2	74,5	9,0		
		2	58	0	6,3	1,8	11,7	21,2	49,7	13,4	1,5	0,3	4,7	15,2	20,1	75,6	8,9	0	
2	SC	1	100	0	7,1	14,5	14,9			55,3	3,7	0,9	3,8	60,6	60	100	14,5		
		2	98	0	6,9	21,0	15,1	27,5	20,5	43,2	2,7	0,6	4,5	46,5	46,5	100	16	1,8	
	HC	1	87	0	6,3	2,5	16,0			9,4	1,0	0,3	3,2	10,7	8,0	100	9,4		
		2	71	9	6	1,9	12,3	24,5	48	8,1	1,3	0,2	6,5	9,6	26,2	36,6	6,2	0	
3	SC	1	100	0	7,3	23,1	20,7			48,8	5,9	1,48	4,0	56,2	78,8	71	8,3		
		2	94	0	7,2	19,1	17,3	33	24	53,8	5,4	0,7	7,5	54,8	54,8	100	10	0	
	HC	1	56	44	6,8	6,5	12,2			23,8	3,0	1,2	2,4	28,1	38,5	73	7,9		
		2	74	23	6,8	5,0	11,9	30	41,8	18,8	27	0,6	4	22	30,4	73	7,0	0	
4	SC	1	72	18	7,0	15,4	16,9			41	2,7	0,8	3,4	44,6	45,5	98	15,3		
		2	87	0	7,0	17,1	15,5	29,9	40	56,2	3,3	0,7	4,4	60,2	60,0	100	17,1	0	
	HC	1	83	0	5,3	6,3	14,2			13,0	1,3	0,6	2,4	14,9	26,5	56,3	10		
		2	71	19	5,3	5,8	15,4	23,3	57	10,3	1,3	0,2	6,5	11,8	23,2	51	7,8	0	
5	SC	1	60	17	7,2	16,9	17			53,0	4,7	1,2	3,4	58,9	60,0	98,9	11,4		
		2	84	0	5,8	12,1	14,4	24,1	43,8	45,8	2,1	0,6	3,2	48,5	48,2	100	22,3	0	
	HC	1	60	0	5,5	4,9	14,0			8,3	1,5	0,6	2,3	10,5	19,2	54,5	5,5		
		2	12	74	5,4	1,7	8,8	17,3	67	7,2	1,3	0,4	5,6	8,9	17,2	51,0	5,5	0	
6	SC	1	69	31	7,8	9,2	19,5			38,9	3,4	1,6	2,1	43,9	49	89,6	11,4		
		2	20	60	7,8	4,4	15,0	25	27,8	27,8	2,8	1,1	2,5	31,7	41,4	76,6	10	16,8	
	HC	1	35	32	8,0	3,6	12,1			28,8	2,4	0,8	3,1	31,9	37,9	84,2	12,2		
		2	56	5	7,9	4,1	12,1	13,4	27,6	32,5	3,0	0,8	3,9	36,3	47,5	76,4	10,8	8,8	
7	SC	1	77	0	7,7	21,0	20,0			52,5	8,6	1,5	5,7	62,6	70	89	6,1		
		2	62	28	7,8	9,2	14,4	28	9,4	45	5,5	1,0	5,6	51,5	61,3	84	8,1	0	
	HC	1	43	39	8,0	3,6	12,5			22,8	4,7	0,5	8,8	27,9	34,1	82	4,9		
		2	19	56	7,9	4,2	14,2	28	22	24,8	5,5	0,4	14,6	30,7	38,5	79,7	4,5	2,4	

Tableau III: Résultats des analyses physico-chimiques.

n° Profil	Localisations sous couvert hors couvert	Prof 1 : 0-5 2 : 5-10	% TF	>20 mm	pH eau	C%	C/N	A%	S%	Ca	Mg	K	Mg/K	S	T	V	Ca/Mg	CaCO ₃ %	
																			m e q / 100 g
8	SC	0-5 (1)	79	0	7,7	0,4	24			10,8	1,2	0,4	2,9	12,4	15	83	8,8		
		5-10 (2)	78	0	7,8	0,4	10,1	14,4	69,4	11,9	1,4	0,5	3,1	13,8	16,3	84	8,4	5,6	
	HC	1	76	3	7,7	0,3	14,3			13,4	1,1	0,4	2,7	14,9	18,1	82	12,5		
		2	77	0	7,8	0,4	10,4	16,2	75,5	13,0	1,4	0,4	4,1	14,8	18,5	79,8	9,1	4	
9	SC	1	92	0	7,5	3,7	15			24,1	1,7	2,0	0,8	27,8	38,1	73	14,1		
		2	88	0	7,5	2,2	13,8	25,0	49,7	14,3	1,6	1,6	1	17,4	33,8	51,6	9,0	0	
	HC	1	85	0	7,2	1,1	14,7			15,5	1,2	0,8	1,5	17,6	24,6	71,4	12,5		
		2	80	0	7,2	2,4	15,0	19,5	65,7	18,9	1,5	0,7	2,2	21,1	28,4	74,3	12,3	0	
10	SC	1	76	0	8,0	1,6	10			25	1,5	1,0	1,5	27,4	33	83	16,9		
		2	89	0	8,1	1,2	8,5	23	50	50	3,5	1,1	1,5	54,6	54,6	100	14,3	18,4	
	HC	1	45	5	8,2	1,6	9,3			20	1,1	0,8	1,4	21,8	30	72,3	18,6		
		2	50	9	8,2	1,7	10,4	38	22	18	1,0	0,5	1,8	19,6	57	34,4	17,4	22,4	
11	SC	1	89	0	7,9	10,4	11,3			42	1,9	1,4	1,4	45,1	55	82	21,7		
		2	85	0	8,0	9,5	12	35,2	4,0	67	2,1	1,7	1,3	70,8	70,8	100	31,4	2	
	HC	1	41	26	8,0	3,5	11,4			33	1,4	0,8	1,7	35,3	50	70,6	22,9		
		2	46	32	8,0	3,7	11,1	29,6	3,8	22	1,1	1,2	0,9	24,3	55	44,2	20,5	0,2	
12	SC	1	91	0	7,6	15,6	28,5			44,4	4,9	4,9	1,0	54,2	54,2	100	9,0		
		2	60	18	7,8	7,7	12,1	39,5	8,3	32,9	2,9	2,2	1,3	38,0	38,0	100	11,3	9,5	
	HC	1	54	14	7,3	4,6	14,2	27,4	36,9	14,4	0,7	0,8	0,8	15,9	19,2	82,8	21,8		
		2																	
13	SC	1	93	0	7,1	12,0	13,3			43,1	5,5	5,9	1,0	54,5	54,5	100	7,8		
		2	64	11	7,1	8,2	12,7	31,9	14,1	37,5	2,1	2,9	0,7	42,4	42,2	100	18,3	31,5	
	HC	1	58	25	7,4	4,4	15			24,4	0,8	2,4	0,4	27,6	31,2	88,5	30,5		
		2	52	17	7,4	3,6	15	30,0	22,6	22,5	1,2	2,2	0,5	25,9	23,5	100	18,9	34,2	
14	SC	1	85	0	7,4	32,1	17			64	2,0	0,6	3,4	66,7	68	98	31,2		
		2	88	0	7,6	23,9	15	26	11	30	1,2	0,2	6	31,4	63	49,8	24,3	0	
	HC	1	56	33	6,8	4,3	12,6			15	2,1	1,1	2	18,2	20	91	7,0		
		2	35	35	6,7	3,1	11,4	28,3	12	15	1,9	0,9	2,1	17,9	28	63,9	77	0	

Tableau IV: Résultats des analyses physico-chimiques.

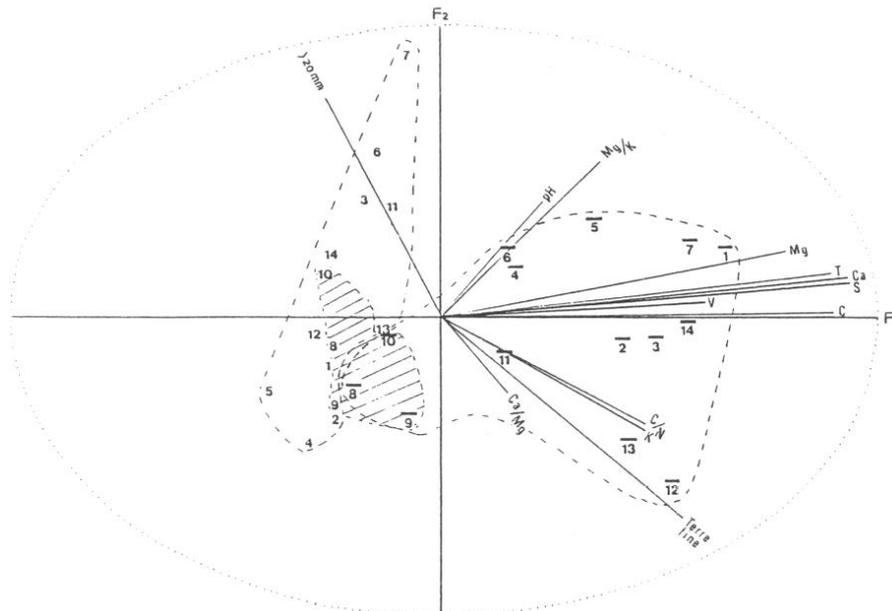


Figure III: Analyse en composantes principales: niveau 0-5 cm.

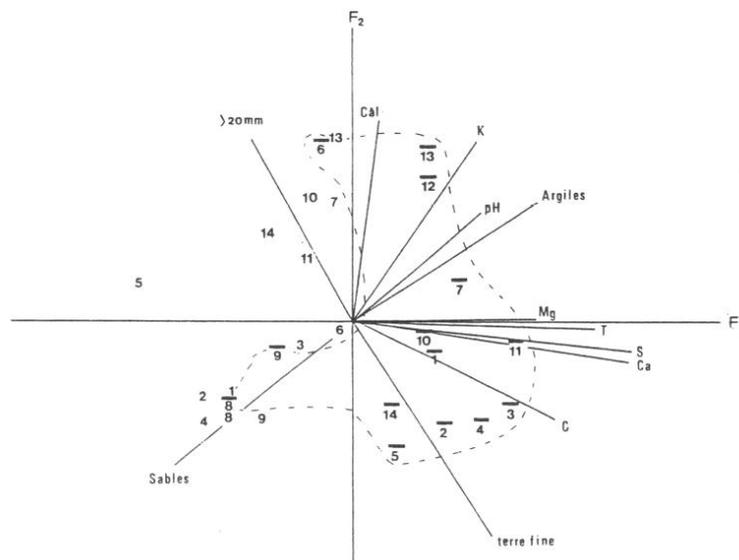


Figure IV: Analyse en composantes principales: niveau 5-10 cm.

Les chiffres correspondent aux numeros des profils. Les chiffres surmontés d'un tiret représentent les niveaux sous couvert et ceux sans tiret les niveaux hors couvert.

La zone hachurée correspond aux trois profils 8,9 et 10 les plus dégradés ou les différences sous couvert et hors couvert sont faibles.

uniquement dans le niveau superficiel. Comme pour le niveau 0-5 cm, les thuriféraires 8 et 9 sont très homogènes ; par contre, la thuriféraire 10 présente deux niveaux 5-10 distincts. On peut y voir la marque du Thurifère sur le milieu édaphique dans une phase passée de plus grande vitalité.

L'axe 2 est fortement lié à la teneur en CaCO_3 et moins nettement au pourcentage de cailloux. Il oppose cependant clairement les thuriféraires sur substrats calcaires compacts (6, 7, 10, 11, 13, 14), riches en argiles de décarbonatation et les thuriféraires sur matériau acide ou schisteux plus riches en sables et en terre fine (1, 2, 3, 4, 5, 8, 9).

IV - CARACTERISTIQUES ANALYTIQUES DES FORMATIONS SUPERFICIELLES.

1 - Granulométrie grossière. (figures I et II)

Le pourcentage de terre fine dans le niveau 0-5 cm sous couvert est compris entre 60 et 100%, alors qu'il est beaucoup plus faible hors couvert où les cailloux sont aussi beaucoup plus nombreux. Cette richesse en terre fine sous couvert peut être mise en relation avec la présence d'un niveau humifère puissant généré par l'arbre. On peut aussi envisager un rôle protecteur du Thurifère atténuant l'intensité des pluies orageuses sous son couvert et limitant ainsi l'effet d'entraînement des particules fines au demeurant mieux liées à la matière organique.

Peut-être peut-on aussi envisager un apport éolien de poussières piégées par le houppier, enrichissant le sol sous couvert après leur pluviolessivage, et/ou fixées au sol préférentiellement dans les zones abritées. Le pourcentage d'éléments inférieurs à 2 mm diminue rapidement dans le niveau 5-10 cm, particulièrement dans les thuriféraires sur calcaires durs dont les sols, même sous couvert, sont de faible épaisseur. La nature et l'épaisseur de la couverture périglaciaire conditionnent, dans les autres thuriféraires, la teneur en terre fine et en cailloux.

Les variations importantes de cette granulométrie grossière au niveau de l'ensemble des groupements montrent la relative indépendance de cette espèce vis à vis de ce caractère.

2 - Le pH. (figures I et II)

Le pH hors couvert s'échelonne de 5,3 à 8,2 ce qui démontre l'indifférence du Thurifère par rapport à ce paramètre, tout au moins en ce qui concerne les montagnes du Maroc.

Sous couvert, par contre, ceci représentant l'une des originalités des thuriféraires, l'échelle des variations de pH se comprime considérablement, puisque, dans le niveau 0-5 cm, les valeurs du pH sont comprises entre 7 et 8. Le Thurifère crée donc sous son couvert un milieu au pH toujours supérieur à 7, affranchi de l'acidité plus ou moins grande du substrat. Les premiers résultats concernant le cycle biogéochimique dans un peuplement à Genévrier thurifère sur substrat gréseux (BADRI, 1987) montrent la richesse en Ca et Mg des rameaux de Thurifère, ainsi que l'importance de la restitution au sol de ces éléments par chute de litière ou pluviolessivage, confirmant ainsi le caractère améliorant de ce Genévrier. Cette augmentation du pH en relation avec le couvert de l'arbre avait été mentionnée par LEMOINE (1965), qui notait un pH de 7,5 sous Thurifère au col de Tichka (2270 m) sur des schistes.

3 - Teneur en CaCO_3 .

Mesuré pour les niveaux 5-10 cm, le calcaire total peut varier de 0 à 34%. Il est à noter que la quantité de carbonate de calcium est généralement plus importante sous couvert que hors couvert où une décarbonatation totale des niveaux superficiels peut apparaître. Ainsi, pour les thuriféraires 1 et 2, prospérant sur un substrat schisteux et gréseux, mais intercalé de bancs calcaires qui alimentent par colluvionnement le versant en carbonates, on remarque une quantité de carbonates de calcium qui est, respectivement, de 2,3% et 1,8% sous couvert, alors qu'ils sont absents hors couvert. Là encore se manifeste un certain effet protecteur de l'arbre, sous lequel l'impact des précipitations est atténué et auquel se superpose un phénomène de piégeage par la litière d'éléments calcaires.

La décalcarification est totale pour les thuriféraires 9 et 14, où le sol est constitué, entre les blocs rocheux, d'argiles de décarbonatation. Même si l'interception, dans ces peuplements ouverts (BADRI, 1988) est de l'ordre de 30%, la pluviosité importante, notamment au niveau de la thuriféraire 14 située dans l'étage bioclimatique humide (1100-1200 mm/an), pourrait expliquer ce phénomène.

4 - Carbone organique. (figures I et II)

Les teneurs en carbone organique sont généralement très importantes sous couvert, sauf pour les trois thuriféraires les plus dégradées (8, 9, 10). Ceci témoigne de la richesse en matière organique des niveaux superficiels, recouverts par une litière abondante qui révèle l'existence d'un processus de minéralisation extrêmement lent, lié aux caractéristiques climatiques du milieu (froid et gelées hivernales, xéricité estivale). Le niveau superficiel correspond donc souvent à un A₀ holorganique, c'est à dire très pauvre en éléments minéraux. Le carbone organique, tout en restant abondant pour les profils les plus profonds et les plus humifères, diminue progressivement à partir du niveau 5-10, démontrant la stabilité du milieu édaphique sous couvert, où la matière organique évolue sur place sans subir de déplacements. On notera, enfin, la richesse en carbone organique des niveaux supérieurs dans la thuriféraire 14, qui baigne dans une ambiance bioclimatique humide correspondant plutôt à la cédraie, mais qui favorise ici l'élaboration d'un horizon humifère particulièrement développé sous le Thurifère.

Hors couvert, loin donc de la source principale de matière organique que constitue le Génévrier, les pourcentages de carbone sont nettement plus faibles, restant cependant élevés (profils 3, 4, 5) lorsque le recouvrement par les chaméphytes et les herbacées vivaces est appréciable. Ceci confirme d'ailleurs la liaison étroite entre matière organique du sol et recouvrement par la végétation dans les milieux altimontains méditerranéens, comme le souligne BOTTNER (1982) dans les milieux arides et semi-arides. La baisse du taux de carbone organique dans le niveau 5-10cm est relativement moins importante ici que sous couvert et l'on peut même observer des taux légèrement plus forts à 5-10cm qu'à 0-5cm dans les thuriféraires 6, 7, 9, 11. Un certain brassage des formations superficielles par des phénomènes périglaciaires, particulièrement actifs à cette altitude et auxquels sont soumis préférentiellement les milieux hors couvert, permet d'expliquer cette homogénéité. Pour la thuriféraire 9, on peut aussi émettre l'hypothèse d'une conservation dans le sol de restes carbonés, témoins d'une période d'extension et de vitalité plus grande, qui expliquerait la plus forte teneur en carbone au niveau 5-10cm (2,4%) par rapport au niveau 0-5cm (1,1%) dans une zone de faible recouvrement végétal actuel.

5 - Rapport C/N.

Il est généralement compris, dans le niveau 0-5cm sous couvert, entre 15 et 20. On peut, à ce niveau, s'interroger sur le type d'humus caractérisant les sols sous couvert de Thurifère. Sans aucun doute, il correspond à un type d'humus peu évolué, caractérisé par une forte proportion de matière organique à structure organisée.

Sur roche mère calcaire, on peut très certainement les rapprocher des humus calciques de montagne, tels que les a défini DUCHAUFOR (1977). Il s'agit, en effet "d'humus peu évolués, puisque l'effet des faibles températures des climats montagnards s'ajoute à celui du matériau calcaire pour ralentir les processus d'humidification : l'humine héritée, la matière organique fraîche peu transformée, sont toujours très abondantes et confèrent aux sols une couleur foncée" (DUCHAUFOR, 1977). Leur classification est encore incertaine et on peut hésiter, selon les thuriféraires, entre un Mull calcaire d'altitude, un Mull-moder calcique, ou encore un Mor calcique présentant un C/N plus bas et pH et S/T plus élevés (avec souvent saturation en Ca et Mg) que ceux des Mor acides. Ces caractéristiques se retrouvent au niveau des thuriféraires sur sol acide, dont l'humus doit aussi être rapproché des types précédents, malgré la nature de la roche mère. La sécheresse estivale ambiante qui ralentit encore la décomposition de la matière organique, confère de plus un caractère xérique aux humus qui présentent donc des caractères de xéromor ou xéromoder.

Les seules données concernant l'humus des sols de thuriféraires sont celles de VELASCO et DEL RIO (1986) en Espagne, à une altitude cependant beaucoup plus faible (1100m). Sur gneiss, il est décrit, après étude des différentes fractions humiques, un humus de type Moder mulliforme, avec un pH de 6,7, C/N de 19 et un pourcentage de carbone organique de 7%, plus faible que dans les Atlas en liaison avec l'altitude moindre. Sur calcaire, dans le même secteur géographique, c'est un Mull calcique d'une rendzine forestière (pH = 7,6 ; C% = 7% ; C/N = 13,8) qui est évoqué. L'étude précise de la composition de ces humus, et plus particulièrement du rapport Af/Ah, permettrait de mieux les caractériser.

Le C/N des niveaux hors couvert est généralement compris entre 10 et 15, en liaison avec la plus faible quantité de matière organique. Il reste cependant supérieur à 10, soulignant ainsi la lenteur de l'humification dans ces milieux de haute montagne.

6 - Complexe absorbant. (figures I et II)

En relation avec la quantité importante de matière organique, on observe, sous couvert, dans le niveau 0-5cm une capacité d'échange très importante comprise entre 30 et 80 meq/100g avec une saturation du complexe comprise entre 70 et 100%, et le plus souvent proche de 90%. Mais, là encore, les thuriféraires 8, 9, 10, pauvres en matière organique, présentent des valeurs plus basses pour la capacité d'échange et le taux de saturation. Ces paramètres se maintiennent à des valeurs proches dans les niveaux 5-10cm, moins riches en carbone organique, mais présentant un meilleur complexe argilo-humique favorisé par la forte teneur en argiles.

Hormis pour le profil 14, où les précipitations atteignent 1000mm, aucune lixiviation ne peut être mise en évidence sous couvert, à moins qu'elle ne soit rapidement compensée par des apports d'éléments dissous par pluviolxivage dont on a pu montrer l'efficacité (GAUQUELIN, 1988).

Hors couvert, les qualités trophiques, conditionnées en partie par ces paramètres, pourront s'avérer moindres ; globalement, la capacité d'échange est plus faible et la saturation moins marquée notamment pour les profils des substrats acides qui présentaient, dans les niveaux humifères sous couvert, une acidité d'échange nulle alors que le taux de saturation hors couvert peut descendre à 50%.

Pour certains des profils, bien fournis par ailleurs en bases (2, 4, 9, 10, 11, 12, 13, 14), des phénomènes d'antagonisme ionique pourraient se présenter, révélés par un rapport Ca/Mg trop fort (> 9, in DUCHAUFOR, 1977) ou trop faible (< 1, LÉPOUTRE, 1961), ou bien encore par un rapport Mg/K trop faible (< 1). Aucune corrélation entre ce rapport et des observations concernant la structure et la régénération des formations n'a pu cependant être mise en évidence.

7 - Analyse texturale.

Elle concerne donc uniquement les niveaux 5-10cm. Le pourcentage d'argile varie de 13 à 18% hors couvert et le pourcentage de sables de 4 à 75%. Soulignons cependant que les teneurs en argile ne sont jamais très faibles et que la plupart des profils se situent sur un diagramme (USDA) dans une texture équilibrée ou argileuse.

L'effet stabilisateur et protecteur du couvert, déjà évoqué plus haut, se manifeste par une plus grande richesse en argiles pour les profils sous couvert dans les thuriféraires les moins dégradées. En retour, les argiles participent activement à la conservation de la matière organique au niveau du complexe argilo-humique.

En plus de cet effet protecteur, peut-être peut-on évoquer un phénomène de néoformation d'argiles sous les arbres que l'étude des types d'argile incriminés permettrait de préciser ?

V - SYNTHÈSE ÉDAPHIQUE SUR LES NIVEAUX SUPÉRIEURS DES FORMATIONS SUPERFICIELLES DES DIFFÉRENTS PEUPELEMENTS.

Une analyse factorielle des correspondances (figure V), portant uniquement sur les profils sous couvert, mais prenant en compte les deux niveaux 0-5cm et 5-10cm, a été entreprise afin d'essayer de regrouper édaphiquement les différentes thuriféraires et d'observer les paramètres discriminants de l'analyse édaphique.

Les paramètres analysés ont été les suivants : TF₁ (niveau 0-5cm) ; TF₂ (niveau 5-10cm) ; Cailloux₁ ; Cailloux₂ ; pH₁ ; pH₂ ; C₁ ; C₂ ; C/N₁ ; C/N₂ ; AR₂ ; Sa₂ ; Ca₁ ; Ca₂ ; Mg₁ ; Mg₂ ; K₁ ; K₂ ; Mg/K₁ ; Mg/K₂ ; S₁ ; S₂ ; T₁ ; T₂ ; Ca/Mg₁ ; Ca/Mg₂ ; CaCO₃₂.

L'axe 1 est fortement lié au pourcentage de cailloux et moins nettement au CaCO₃ ; l'axe 2 est lié au pourcentage de sables et négativement au pourcentage de carbone. On voit donc que, sous le couvert, les paramètres discriminants sont avant tout physiques, le thurifère s'adaptant à tous ces types de milieux en développant un milieu édaphique particulier, où l'on peut noter une convergence des caractéristiques chimiques du sol, sauf bien sûr dans les thuriféraires les plus dégradées.

Nous pouvons, à partir de cette analyse des niveaux superficiels, et donc indépendamment d'autres données édaphiques révélées par l'analyse complète des profils, individualiser trois ensembles :

1) un ensemble constitué par les quatre thuriféraires (6, 7, 12, 13), au milieu édaphique le plus superficiel comme en atteste la présence de cailloux dès 5 cm de profondeur. La richesse en calcaire total pour trois d'entre elles et les teneurs élevées en argile sont révélatrices du substrat constitué d'une roche mère calcaire, source importante d'éléments calciques, mais dont les fentes sont remplies d'argiles de décarbonatation. La thuriféraire 6 du Haut Atlas central se singularise par un substrat particulièrement caillouteux, témoignage de la faiblesse du niveau humifère en relation avec la dégradation assez poussée de cette phytocoenose.

2) un ensemble constitué par les thuriféraires 1, 2, 3, 4, 5, sur substrat acide ou peu carbonaté, et par les thuriféraires moyenatlasiques 11 et 14, aux sols totalement, ou presque, décarbonatés. Ces sept formations semblent être les plus humigènes.

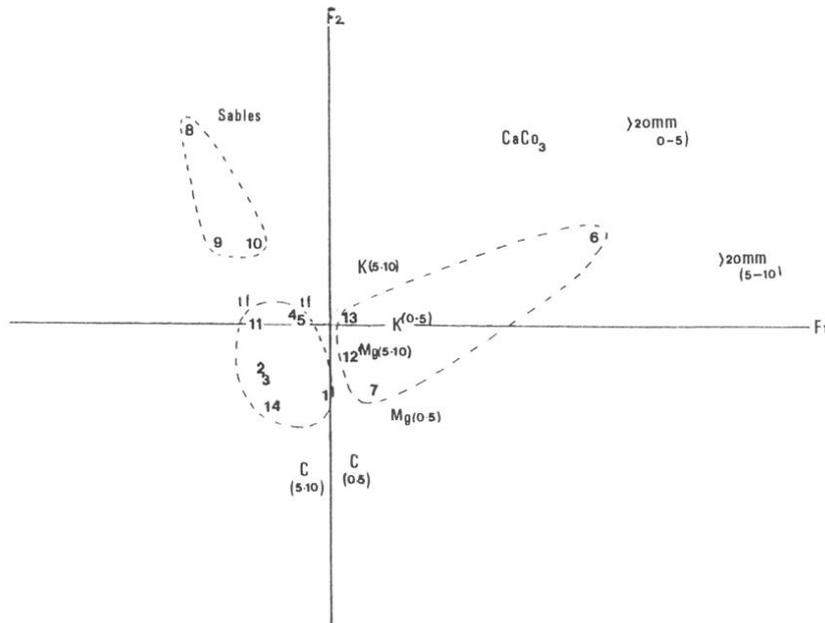


Figure V: Analyse factorielle des correspondances des niveaux 0-5 cm et 5-10 cm des profils sous couvert des 14 formations.

3) un ensemble constitué par les trois thuriféraires 8, 9, 10, dont nous avons maintes fois souligné l'originalité du fait de la faible vitalité qu'elles présentent. La faible teneur en matière organique de leurs formations superficielles, l'absence quasi totale de cailloux de taille supérieure à 20 mm et, pour les thuriféraires 8 et 9, la richesse en particules sableuses, constituent leurs caractéristiques édaphiques principales. La microédaphisme y est absent, ou très limité. Peut-on alors suggérer, pour les thuriféraires 8 et 9, l'idée d'une sensibilité plus grande à la dégradation anthropique de ces milieux édaphiquement moins riches en éléments fins que les autres thuriféraires ? Cette dégradation a-t-elle provoqué, au contraire, un entraînement des éléments fins retenus autrefois sous le couvert des arbres, et donc une destruction de la couverture héritée par le jeu des processus morpho-dynamiques ?

CONCLUSION

Cette approche édaphologique des peuplements à Genévrier thurifère nous a permis de mettre en évidence :

- 1) L'extrême diversité des dix premiers centimètres des formations superficielles dans ces groupements à Genévrier thurifère, diversité qui s'atténue sous couvert lorsque se développe un niveau humifère créant des conditions relativement homogène sous les arbres. Cette diversité souligne cependant la relative indifférence du Thurifère à la nature physique et chimique du substrat.
- 2) L'existence d'un microédaphisme, lié au couvert de l'arbre et modulé en fonction de la vitalité des peuplements, constituant donc un bon indicateur de leur structure et du dynamisme des thuriféraires. Ce milieu édaphique particulier lié au couvert présente des caractéristiques physico-chimiques, en liaison avec la matière organique généralement abondante, témoignant de qualités trophiques et dynamiques remarquables pour ce domaine altimontain particulièrement sévère. La stabilité édaphique favorise une pédogenèse non négligeable et limite les phénomènes morphogénétiques plutôt actifs hors du couvert des arbres, où l'évolution du sol est ainsi en permanence limitée par le remaniement superficiel. On comprend mieux, au vu aussi des données édaphoclimatiques (SAVOIE et GAUQUELIN, à paraître), que le couvert apparaisse comme le lieu exclusif des germinations de cette espèce. L'importante dégradation des thuriféraires limitant, ou supprimant, ce microédaphisme, peut alors conduire à une impossibilité de recolonisation par cette espèce des zones dégradées, même si elles sont protégées in extremis.
- 3) Le rôle prédominant joué par la structure de la végétation et la nature du substrat dans l'acquisition des caractéristiques édaphiques des peuplements, comme en atteste la présence de thuriféraires géographiquement éloignées dans les mêmes ensembles édaphiques définis plus haut.

REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent ici à remercier Monsieur Cl. Tosca (Laboratoire d'Ecologie végétale de l'Université Paul Sabatier) qui nous a fait bénéficier de son expérience dans le domaine de l'analyse des données, permettant ainsi la réalisation des analyses multivariées présentées dans cette étude, et Mademoiselle F. Baurès pour son aide technique.

BIBLIOGRAPHIE

- ACHHAL A., AKABLI O., BARBERO M., M'HIRIT O., PEYRE C., QUEZEL P. & RIVAS-MARTINEZ S. (1980). A propos de la valeur bioclimatique et dynamique de quelques essences forestières du Maroc. *Ecologia Mediterranea*, 5, 211-249.
- ALIFRIQUI M. (1986). Contribution à l'étude du milieu et de la végétation dans le Haut-Atlas occidental d'Amizmiz (Massif de l'Erdouz-Igdad). *Thèse 3^e cycle, Univ. Cadi Ayyad, Fac. Sci. Marrakech*. 304 p., 1 carte.
- AUBERT G. (1976). Les Ericacées de Provence. Répartition, édaphologie, phytosociologie, croissance et floraison. *Thèse Doct. Etat, Univ. Aix-Marseille*. 286 p. + 5 annexes.
- BADRI W. (1987). Contribution à l'étude du cycle hydrologique et biogéochimique dans un peuplement à Genévrier thurifère (*Juniperus thurifera* L. var. *africana* Maire) du Haut Atlas de Marrakech, Maroc. *Mém. CEA, Univ. Cadi Ayyad, Fac. Sci. Marrakech*. 29 p.
- BAUDIERE A. & SERVE L. (1971). Organisation morphologique et rôle des végétaux dans la dynamique des formations superficielles en milieu supraforestier. *Bull. Soc. Bot. Fr.*, 118 (1-2), 77-94.
- BOTTNER P. (1982). Evolution des sols et conditions bioclimatiques méditerranéennes. *Ecologia Mediterranea*, VIII (1-2), 115-141.
- DUCHAUFOR Ph. (1977). Pédologie. 1. Pédogenèse et classification. Masson éd., Paris, 477 p.
- EMBERGER L. (1938). Les arbres du Maroc et comment les reconnaître. Larose éd., Paris, 318 p.

- EMBERGER L. (1939). Aperçu général sur la végétation du Maroc. Commentaire de la carte phytogéographique du Maroc au 1/500.000è. *Véröff. gëebot. Inst. Rùbel in Zurich*, 14, 40-157 et *Mëm. h. s. Soc. Sci. Nat. Maroc*.
- FROMARD F. (1978). Recherches sur la dynamique de la végétation des milieux supraforestiers pyrénéens : la vallée de Soulcem (Haute-Ariège). *Thèse Doct. 3° cycle, Univ. P. Sabatier, Toulouse*, 159 p.
- GAUQUELIN T. (1982). Végétation et dynamique des formations superficielles sur les montagnes du bassin occidental de la Méditerranée. *Thèse Doct. 3° cycle, Univ. P. Sabatier, Toulouse*, 145 p.
- GAUQUELIN T., SAVOIE J.M., LE GALLO J.Y., HAMDI R. (1987). Contribution à l'étude systématique de *Juniperus thurifera* L. dans quelques stations de son aire de répartition. *Bull. Fac. Sci. Marrakech, Sect. Sci. Vie, III*, 159-174.
- GAUQUELIN T. (1986). Végétation et formations superficielles dans les milieux supraforestiers du Haut Atlas de Marrakech ; Etude d'un transect (Massif de l'Oukaimeden). *Colloques Phytosociologiques, XIII Végétation et Géomorphologie, Bailleul, 1985*, 149-171.
- GAUQUELIN T., IDRISSE HASSANI M. & LEBRETON Ph. Le Genévrier thurifère *Juniperus thurifera* L. (Cupressaceae) : propositions chimiotaxinomiques et systématiques. *Oecologia mediterr.* (à paraître).
- GAUQUELIN T. (1988). Dynamique de la végétation et des formations superficielles dans les montagnes du bassin occidental de la Méditerranée : Etude des formations à Genévrier thurifère et à xérophytes épineuses en coussinet des Atlas marocains. *Thèse Doct. Etat, Univ. P. Sabatier, Toulouse*. 148 p. + figures.
- HALOUI B. (1986). Contribution à l'étude du milieu et de la végétation du bassin versant de l'Oued Rhighaya, (Haut Atlas de Marrakech). *Thèse Doct. 3° cycle, Univ. Cadi Ayyad, Fac. Sci. Marrakech*. 123 p.
- IDRISSE HASSANI M. (1985). Etude de la variabilité flavonique chez deux conifères méditerranéennes : Le Pin maritime *Pinus pinaster* Ait. et le Genévrier thurifère *Juniperus thurifera* L. *Thèse Doct. 3° cycle, Univ. Cl. Bernard, Lyon I*. 170 p. + biblio.
- IONESCO T. & SAUVAGE Ch. (1962). Les types de végétation au Maroc. Essai de nomenclature et de définition. *Rev. Géogr. Maroc*, 1-2, 75-86.
- LEMOINE SEBASTIAN C. (1965). Ecologie des genévriers du Maroc. *Bull. Soc. Sci. Nat. Phys. Maroc*, 45, 49-108.
- LEPOUTRE B. (1961). Recherches sur les conditions édaphiques de régénération des cédraies marocaines. *Ann. Rech. For. Maroc*, 6 (2), Rabat.
- OUHAMMOU A. (1986). Recherches sur l'étagement de la végétation dans le bassin versant de l'Ourika (Haut Atlas central, Maroc). *Thèse Doct. 3° cycle, Univ. Cadi Ayyad, Fac. Sci. Marrakech*. 181 p. 1 carte.
- PEYRE C. (1979). Recherches sur l'étagement de la végétation dans le massif du Bou Iblane (Moyen Atlas Oriental, Maroc). *Thèse Doct. 3° cycle, Univ. Aix-Marseille III*, 149 p.
- PEYRE C. (1983). Etagement de la végétation et gradients climatiques dans le système atlasique marocain. Le bassin de l'Oued Rdat et le versant Sud de l'Atlas au méridien du Tizi-n-Tichka. *Bull. Fac. Sci. Marrakech*, 2, 87-139.
- POLIDORI J.L. (n.d.). Guide des Conifères du Mercantour : identification, biologie et localisation dans une vallée des Alpes Maritimes, LA TINEE. CRDP Nice, 2è éd., 48 p.
- QUEZEL P. (1976). Les forêts du pourtour méditerranéen : écologie, conservation et aménagement. UNESCO, note technique du MAB, 2, 9-33.
- QUEZEL P. & BARBERO M. (1981). Contribution à l'étude des formations pré-steppiques à Genévriers au Maroc. *Bull. Soc. Broteriana. Coimbra*, 13, 1137-1160.
- QUEZEL P. & BARBERO M. (1986). Aperçu syntaxinomique sur la connaissance actuelle de la classe des *Quercetea ilicis* au Maroc. *Ecologia Mediterranea*, XII, 3-4, 105-111.
- TRICART J. & KILIAN J. (1979). L'éco-géographie et l'aménagement du milieu naturel. François Maspero/Herodote. Paris.
- VELASCO F. & DEL RIO J. (1977). Humification en los sabinares de la comarca de Somosierra (Segovia). *Anal. Edaf.*, 36, 9-10, 859-1086.
- VILLAR E., HUGUET DEL. (1947). Types de sols de l'Afrique du Nord. Fasc. 1 et 2. Tunis, Rabat et inédits.