

131

ARBRE & DEVELOPPEMENT

Actes des deuxièmes journées de l'arbre
Marrakech 20-21 Avril 1994



Publications du Laboratoire d'Ecologie Végétale
FACULTE DES SCIENCES SEMLALIA
UNIVERSITÉ CADI AYYAD - MARRAKECH

**CYCLES BIOGÉOCHIMIQUES ET BILAN D'EAU DANS
LES FORETS CADUCIFOLIÉES DE L'OUEST DE
L'ESPAGNE
(SIERRA DE GATA, PROVINCE DE SALAMANQUE)**

**BIOGEOCHEMICAL CYCLES AND WATER BALANCE IN
BROADLEAF FORESTS OF WESTERN SPAIN**

Par :

Juan F. GALLARDO*, J A EGIDO**, M.I GONZALEZ**, M. RICO*,
I. SANTA REGINA*, H. A. GALLEGRO*, A. MARTIN**, I. MENENDEZ*,
G. MORENO*, C. QUILCHANO**, K. SCHNEIDER*, & B. TURRION*.

*Aptado 257. C.S.I.C., Salamanca 37071 (Spain).

**Area de Edafología, Facultad de Farmacia. Universidad de Salamanca 37080 (Spain).

Introduction

1. Le milieu.

Situation.- Les forêts étudiées sont situées sur le versant Nord de la "Sierra de Gata", dans l'Ouest de l'Espagne, près de la frontière portugaise, dans la région dénommée "El Rebollar".

Topographie.- Il s'agit d'une pénéplaine faiblement inclinée vers le Nord et drainée par la rivière Agueda.

Géologie.- Il s'agit d'adamellite pegmatitique et de schistes, dont les compositions moyennes sont les suivantes:

%	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	Na ₂ O	CaO	MgO	TiO ₂
Adamel	70.5	16.1	2.1	6.5	3.2	0.4	0.6	0.3
Schistes	62.7	20.5	6.2	3.9	1.5	0.1	2.8	0.9

Climat.- Le climat méditerranéen tempéré est dominant dans la région, avec une sécheresse estivale qui augmente vers le Nord; les précipitations diminuent parallèlement:

Station	Navasfrías	El Payo	Villasrubias	Fuenteguinaldo
Hauteur, m s.n.m.	902	934	900	860
Précip., mm/an.	1,580	1,245	870	720
t moy., °C moy.	11.4	10.4	2.9	13.3
E.T.P., mm/an.	667	589	725	729
Excès hiver, mm	885	543	309	195
Déficit été, mm	189	167	310	259

Les sols.- Les sols les plus répandus sont des Cambisols humiques (sols bruns forestiers), avec des inclusions de C. distriques, C. gleiques, Leptosols umbriques et L. litiques..

La végétation.- Dans cette région prédomine la forêt climacique de *Quercus pyrenaica*, mais des grandes étendues ont été repeuplées depuis 1951 avec *Pinus pinaster*; quand la forêt est dégradée ou brûlée (cas le plus fréquent), on assiste à une invasion de la bruyère (*Calluna vulgaris*, *Erica sp.*, *Cytisus sp.*, etc.).

2. Hypothèse et objectif.

L'hypothèse du travail est que si dans une situation méditerranéenne, avec une saison estivale sèche, il existe un incrément de la pluviosité, il devrait y exister aussi une augmentation parallèle de la productivité. L'objectif du travail est de connaître s'il y a une augmentation de la productivité et de l'efficacité des cycles des bioéléments dans les forêts caducifoliées quand la précipitation annuelle augmente.

Méthode

Quatre parcelles expérimentales ont été choisies dans la région de la "Sierra de Gata", en accord avec un transect de pluviométrie: Navasfrías, El Payo, Villasrubias et Fuenteguinaldo. Dans ces endroits, quatre chênaies de *Quercus pyrenaica* ont été sélectionnées, chacune ayant une dimension d'environ un ha. Divers instruments ont été placés dans les quatre parcelles: pluviomètres extérieur et sous les arbres, lysimètres sur (percolation des litières) et dans les profils des sols, microdendromètres pour mesurer l'accroissement des arbres, paniers collecteurs des litières, sachets des feuilles (litter bags), etc. D'autres paramètres ont été aussi mesurés: analyses chimiques des sols (C organique, N total, éléments assimilables, capacité d'échange cationique, taux de saturation de bases, granulométrie, etc.), biomasse des arbres et de leurs différents organes, densité, diamètre (D.B.H.) et hauteur des arbres, indice foliaire (L.A.I.), composition chimique des feuilles et des litières, etc.

Résultats et discussion

1. Résultats.-

Quelques résultats sont exposés ci-dessus:

Station	Navasfrías	El Payo	Villasrubias	Fuentequinaldo
Pluviométrie, mm/an., moy.	1,056	934	825	625
Pluie sous couvert, mm/an.	905	808	708	526
Interception, mm/an.	151	126	117	99
Drainage hiver, mm	495	445	325	189
Pluviom. Mai/Juin, mm	129	115	109	83
Densité arbres/ha, moy.	820	405	1,045	740
D.B.H., cm, moy.	15.2	25.4	11.0	16.5
Hauteur arbres, m, moy.	13.0	17	8.5	12.0
L.A.I., m ² /m ² , moy	1.8	1.9	2.0	2.6
Biomasse aérienne, Mg/ha	64.53	130.9	63.80	98.04
Biomasse troncs, Mg/ha	49.25	98.21	45.16	69.64
Biomasse feuilles, Mg/ha	2.76	2.22	1.98	3.44
Accroissement, cm/an., moy.	0.47	0.15	0.50	0.64
Accroiss./D.B.H., %	3	0.6	4.5	4
Production feuilles, Mg/ha	2.09	2.35	2.21	2.83
Production litière, Mg/ha	2.60	3.49	2.83	4.09
Restit. au sol: N, kg/ha	34.1	48,9	28.9	51.3
Restit. au sol: P, kg/ha	1.6	3.0	1,9	4.6
Restit. au sol: Ca, kg/ha	18.1	19.8	14.5	32.9
K décomposition litière/an.	0.33	0.45	0.33	0.47
k décomposition feuilles/an.	0.38	0.32	0.32	0.36
pH sol, moy.	4.9	4.7	4.8	5.3
C org. sol, %, moy.	10.4	6.2	5.8	4.5
N total sol, %, moy.	0.51	0.35	0.35	0.34
C/N, moy.	20	17.5	16.5	13
Saturation sol, %	8	8	12	39

2. Discussion.-

Comme il a été signalé, la pluviosité de la région diminue vers le Nord, depuis Navasfrías jusqu'à Fuentequinaldo. Il en va de même de la quantité d'eau que traverse la canopée; la quantité d'eau interceptée par les branches des arbres diminue aussi dans le même sens: il semble que la quantité d'eau interceptée est dépendante de l'intensité horaire de la pluie, plus que de la nature de la forêt. En ce qui concerne le drainage on peut dire qu'il y a aussi une relation directe avec la pluviométrie.

En relation avec les caractéristiques des forêts, il semble que la densité, hauteur et taille des arbres dépend de l'aménagement. Il y a une relation inverse entre le nombre d'arbres et leur dimension moyenne. La densité paraît avoir aussi une relation avec la biomasse totale: Ainsi la biomasse de la forêt d'El Payo (densité 405 arbres/ha, D.B.H. 25.4 cm, biomasse 131 Mg/ha) est presque le double des forêts de Navasfrías et Villasrubias (biomasse aérienne 64 Mg/ha). La plus grande partie de cette biomasse correspond aux troncs et branches (environ 80 %).

Mais, la première contradiction se rencontre avec l'indice L.A.I.: cet indice est plus élevé dans la forêt la plus sèche (2.6) et plus bas que dans la plus humide (1.8), au contraire de ce que l'on peut supposer. L'accroissement en relation avec le diamètre des arbres

est presque le même, exception faite de la forêt d'El Payo, qui est très âgée et a un accroissement minimum. En considérant la valeur absolue, c'est aussi la forêt la plus sèche qui a l'accroissement le plus fort, en correspondance avec le L.A.I..

La production annuelle de litières est plus élevée dans la forêt de Fuenteguinaldo, bien plus forte qu'à Navasfrías et Villasrubias; environ 75 % de cette production sont des feuilles. On observe la même chose ce qui concerne la minéralomasse de la litière, avec des teneurs plus élevées en N, Ca et P à Fuenteguinaldo.

Il faut donc expliquer pourquoi, dans un régime méditerranéen, la forêt de *Quercus pyrenaica* la plus sèche a la productivité la plus haute.

La réponse à cette question paraît se trouver dans la dynamique et les caractéristiques des sols. Dans cette région, le teneur en C et N des sols sont parallèles à la pluviométrie (P, mm/an.):

$$C (\%) = 1.79 + 0.005P \quad N (\%) = 0.265 + 0.00013P \quad C/N = 8.9 + 0.007P$$

Ainsi, l'acidité et le C organique des sols (référé à 20 cm) augmentent dans les parcelles, les plus humides (Navasfrías, El Payo); au contraire, dans la parcelle la plus sèche (Fuenteguinaldo) le taux de saturation en bases est le plus élevé et le rapport C/N le plus bas. Le plus haut pH du sol de Fuenteguinaldo est dû à une plus faible lixiviation pendant l'hiver (eau de drainage), puisque les pluies importantes dans ces écosystèmes se situent au printemps, quand le sol commence à se sécher; en plus, si le drainage interne n'est pas complet, il peut exister une remontée capillaire des bases à la fin du printemps, qui justifie cette plus basse acidité à Fuenteguinaldo; ce pH plus élevé permet le développement des légumineuses herbacées et des bactéries neutrophiles, ce qui augmente la vitesse des cycles biogéochimiques et favorise un meilleur rapport C/N. De cette manière on peut voir que la décomposition des feuilles (k, obtenu pour la méthode de "litter bag") est plus élevée à Fuenteguinaldo. Il en est de même pour la décomposition de la litière totale (K, rapport production annuelle/accumulation permanente). En conséquence, il est possible de voir non seulement une plus grande teneur de la minéralomasse (v.g.: N, P, Ca) des feuilles et des litières (retour potentiel) à Fuenteguinaldo, mais également que la fraction minéralisée est plus importante (meilleurs coefficients de décomposition).

Conclusions

D'après les données obtenues, l'on peut dire qu'il est nécessaire de rejeter l'hypothèse initiale, puisque l'importante pluviosité d'hiver a un effet inverse dans les écosystèmes forestiers méditerranéens subhumides étudiés, en favorisant les pertes importantes de bioéléments dans ces milieux acides. A ce niveau les pluies durant les mois d'activité foliaire (surtout Mai et Juin) sont très importantes. La production est favorisée, en plus, par la teneur en bases des sols. Néanmoins, la productivité génétique de cette espèce forestière est très basse pour espérer obtenir un bon rendement forestier (v.g.: les feuilles n'apparaissent que fin Mai) en comparaison avec d'autres espèces acidophiles de l'étage montagnard (v.g.: *Castanea sativa*).

Remerciement à la Junta de Castilla y León, la D.G.XIII/U.E., la DGCYTM^o.E.C., et la C.I.C.Y.T./IINIA pour le support économique et au Dr. M. RAPP par la révision.

Références bibliographiques sur ce travail

- GALLARDO, J.F.; CUADRADO, S., & EGIDO, J.A. (1980): "Suelos forestales del El Rebollar (Salamanca). II: Propiedades conclusiones". *Ann. Cent. Edaf. Biol. Apli.*, 6:214-228.
- GALLARDO, J.F.; CUADRADO, S., & GONZALEZ, M.I. (1981): "Suelos forestales de la Vertiente Sur de la Sierra de Gata". *Ann. Cent. Edaf. Biol. Apli.*, 7:141-153.

- GALLARDO, J.F.; CUADRADO, S., & PRAT, L. (1980): "Características de los suelos forestales de la Sierra de Gata". *Studia Oecol.*, 1:261-264.
- GALLARDO, J.F.; EGIDO, J.A., & PRAT, L. (1980): "Suelos forestales de El Rebollar (Salamanca). I: Consideraciones generales". *Anu. Cent. Edaf. Biol. Apli.*, 6: 193-213.
- GALLARDO, J.F. & GONZALEZ, M.I. (1981): "La matière organique des sols bruns forestiers de la Sierra de Gata (Salamanque)". *Rapports Coll. Humus-Azote, Rcims.* 1: 32-37.
- GALLARDO, J.F. & GONZALEZ, M.I. (1983): "Suelos forestales de El Rebollar (Salamanca). III: Nuevas aportaciones". *Anu. Cent. Edaf. Biol. Apli.*, 9: 223-232.
- GALLARDO, J.F. et al. (1993): "Ciclo del P en un ecosistema forestal caducifolio de la Sierra de Gata (Provincia de Salamanca)". *I Cong. Forestal Español*, Lourizán. 1: 313-318.
- MARTIN, A.; GALLARDO, J.F., & SANTA REGINA, I. (1993a): "Dinámica de la descomposición de hojas de rebollo en cuatro ecosistemas forestales de la Sierra de Gata (Provincia de Salamanca, España): Indices de descomposición". *Investigación Agraria: Sistemas y recursos forestales*, 2: 5-17.
- MARTIN, A.; GALLARDO, J.F., & SANTA REGINA, I. (1993b): "Interacción entre la hojarasca y el suelo en ecosistemas forestales de la Sierra de Gata (Provincia de Salamanca, España)". Dans: *El estudio del suelo y de su degradación en relación con la desertificación*. J.F. GALLARDO (Edt.), M^o.A.P.A., Madrid. 3: 1689-1695.
- MENENDEZ, I.; MORENO, G.; GALLARDO, J.F., & SAAVEDRA, J. (1993): "Dinámica de nutrientes en suelos forestales y su relación con la humedad edáfica (Sierra de Gata, Centro-Oeste de España)". Dans: *El estudio del suelo y de su degradación en relación con la desertificación*. J.F. GALLARDO (Edt.), M^o.A.P.A., Madrid. 3: 1696-1703.
- MORENO, G.; GALLARDO, J.F., & CUADRADO, S. (1993a): "Consumo hídrico edáfico en cuatro bosques de *Quercus pyrenaica* de la Sierra de Gata (Provincia de Salamanca, España)". Dans: *El estudio del suelo y de su degradación en relación con la desertificación*. J.F. GALLARDO (Edt.), M^o.A.P.A., Madrid. 3: 1707-1716.
- MORENO, G.; GALLARDO, J.F., & CUADRADO, S. (1993b): "Dinámica estacional de la humedad edáfica en bosques de *Quercus pyrenaica*, considerando un gradiente pluviométrico". *I Cong. Forestal Español*, Lourizán. 1: 163-168.
- SANTA REGINA, I.; GALLARDO, J.F., RICO, M. et al. (1991): "Datos preliminares sobre biomasa aérea, producción y características edafoclimáticas de ecosistemas forestales de *Quercus pyrenaica* (Sierra de Gata, Salamanca). *Studia Oecol.*, 8: 147-158.

Abstract

Biogeochemical cycles of ten elements, water balance, and dynamics of the soil water content in four oak (*Q. pyrenaica*) forests, selected according to a rainfall transect in the 'Sierra de Gata' mountains (Western Spain), have been studied. So, four permanent experimental plots are running on, and monitoring of bioclimatic parameters, and other data about production, growth, litter decomposition, etc., are registered. Results show that production and decomposition are independent from the annual pluviometry. Concerning the soil humidity is observed the existence of two critical phases: autumn watering and summer dryness; during the watering period the excess of water has not influence on the summer water shortage and it produces a loss of bioelements. During dryness the transpiration values decrease from moderate to low, showing that in all the forests the summer dryness is a limitant factor, despite the annual total rainfall. Growth and production is higher in the forest with the lowest rainfall.