

**IMPORTANCE DU CALCIUM DANS LE DEVELOPPEMENT
in situ DU TAILLIS DE CHATAIGNIER EN LIMOUSIN**

VERGER J.P.⁽¹⁾, DOMAIN Ph.⁽¹⁻²⁾, FOURNIER J.M.⁽¹⁻²⁾, MAISONIER C.⁽¹⁾, DJOMO J. E.⁽¹⁻²⁾

Biologie Cellulaire Végétale et Valorisation des Espèces Ligneuses (1)
et Laboratoire de Génie Chimique (2)
Faculté des Sciences de Limoges - 123, Avenue A. Thomas - 87060 Limoges Cédex

RESUME

L'intensité des transferts internes d'éléments nutritifs dans les plantes dépend largement des réserves minérales du sol et de la disponibilité de ces réserves. Le travail présenté ici est une première étape permettant d'apprécier, sur des sols forestiers très pauvres en calcium échangeable, l'importance d'un apport calcomagnésien sur le fonctionnement d'un taillis de châtaignier (*Castanea sativa* Miller). La distribution dans les sols et dans les plants (feuilles et bois du tronc) de quelques éléments nutritifs majeurs (N, Ca, Mg, K) et mineurs (Mn, Fe) est étudiée.

L'apport calcomagnésien enrichit le sol en bases échangeables, surtout en calcium mais aussi en magnésium, et accélère la minéralisation de l'azote. L'apport semble sans effet sur la masse foliaire unitaire. Il améliore la teneur en calcium et magnésium des feuilles et du bois alors que celle en potassium diminue. Il réduit l'incorporation de Fe mais pas de Mn.

Ces résultats serviront de base pour des modifications éventuelles de la qualité des bois.

MOTS CLES: *Castanea sativa* M., Limousin, calcium, sol brun mésotrophe, feuilles, bois.

**EFFECTS OF CALCIUM FOR THE DEVELOPMENT OF *Castanea sativa* Mill.
IN LIMOUSIN (FRANCE)**

SUMMARY

The intensity and the quantity of the nutritional elements in the plants content mineral reserves of soils. The work presented here is a first step, allowing an evaluation of the importance of a supply with calco-magnesium on a chestnut coppice containig forest soils very low in calcium.

The objective of the paper was to characterize the distribution of major nutrients (N, Ca, Mg, K) and minor nutrients (Mn, Fe) in soils, leaves and stemwood of *Castanea sativa* Miller.

The calcium-magnesium supply enriches the soil's exchangeables bases, especially calcium and magnesium and accelerates the mineralization of nitrogen. This supply seems to have no effect on the foliar mass but improves levels of calcium in the leaves and wood.

These results will serve as data for study transformations of steemwood quality.

KEY WORDS: *Castanea sativa* M., Limousin, calcium, mesotrophic brown soil, leaves, steemwood.

INTRODUCTION

Le rendement quantitatif d'un peuplement végétal (ici le châtaignier à bois), sa qualité et donc sa valeur marchande, sont l'expression du patrimoine génétique de la plante considérée. Même lorsque celui-ci est affecté d'une forte variabilité (FRASCARIA et LEBLANC, 1992; BUREL, 1993), il reste que l'un des leviers mis à la disposition du sylviculteur pour tenter d'exprimer au mieux ce potentiel est celui qui consiste à optimiser la nutrition minérale.

Les nombreuses analyses pédologiques concernant les sols des taillis de châtaignier en Limousin (VERGER et al., 1983, 1985; VERGER et JAVELLAUD, 1986) font ressortir l'extraordinaire pauvreté de ces sols en calcium. Si la nature et la richesse chimique des sols sont généralement en étroite corrélation avec la composition des roches dont ils sont issus, dans le cas du taillis de châtaignier en Limousin il est évident que l'influence anthropique module très largement cette évolution naturelle. En règle générale la grande majorité des sols de taillis s'avère plus pauvre en calcium que les sols de landes. Alors que la lande la plus pauvre analysée par JAVELLAUD (1986) ne contient que 0,08 m.eq. de Ca pour 100 g de sol la moyenne dans les horizons humifères de ces landes non hydromorphes s'établit pour ce même cation à 0,77 m.e (écart-type 0,57). Ce chiffre est bien supérieur à la valeur moyenne de nos analyses sur les taillis de châtaignier du Limousin (moyenne de 0,18 m.eq. pour 100g de sol (écart-type de 0,16). Malheureusement l'histoire précise de ces taillis est inconnue.

Cette pauvreté en calcium, élément cardinal des sols, nous a amené à rechercher quel pourrait-être le(s) rôle(s) d'un apport calcique sur la nature et la disponibilité des cations échangeables du sol et leur importance dans le développement et la qualité des bois du taillis. Ce sont ces premiers résultats que nous nous proposons d'explicitier dans ce travail. Les recherches et les analyses continuent et constituent une des approches menées au laboratoire de Biologie Cellulaire Végétale et Valorisation des Espèces Ligneuses afin de mieux comprendre le phénomène de la roulure du châtaignier, phénomène qui dévalorise fortement ce bois.

MATERIEL ET METHODES

1 - LE MILIEU D'ETUDE

L'expérimentation se déroule sur de jeunes rejets de taillis de châtaignier (coupe à blanc en 1983) situé sur la commune du Vigen, à une dizaine de kilomètres au sud-ouest de Limoges (87). L'altitude est de 300 mètres. La pente générale régulière (14%) orientée au nord-ouest et le profil longitudinal plan assurent un bon drainage latéral du sol. Le climat de type océanique légèrement dégradé par l'altitude (température moyenne = 10°6, pluviométrie = 900-1000 mm) présente une grande irrégularité avec certaines années des périodes subsèches (JAVELLAUD, 1986), comme les étés 1989 et 1990.

Deux strates végétales se superposent dans l'ensemble du taillis (MELLINGER, 1988):

- La strate arbustive, qui assure un recouvrement voisin de 90%, est quasi monospécifique. L'ensemble du taillis de châtaignier (*Castanea sativa*) est parsemé de rares trembles (*Populus tremula*), charmes (*Carpinus betulus*), bouleaux blancs (*Betula alba*), noisetiers (*Corylus avellana*) et chênes pédonculés (*Quercus robur*).

- La sous-strate est représentée par une végétation herbacée et sous-ligneuse clairsemée (10% de recouvrement) formée essentiellement d'euphorbe sylvestre (*Euphorbia amygdaloides*), de lierre (*Hedera helix*), de fougère aigle (*Pteridium aquilinum*), de ronces (*Rubus species*) et d'aubépines (*Crataegus oxyacantha*).

Nous avons donc, dans l'ensemble, une végétation de type neutrocline à mésoacidiphile selon les définitions retenues par pour le Catalogue des Stations Forestières de la Châtaigneraie Limousine (1986).

Les solums sont très semblables dans les deux placettes. Développés sur micaschistes du Dévonien supérieur, ils sont peu épais, de texture sablo-limoneuse et leurs principales caractéristiques sont rappelées dans le tableau I. Ce sont des sols bruns acides relativement riches en magnésium. Les teneurs en calcium échangeable sont élevées dans l'horizon humifère (1,7 à 1,9 m.e./100g) par rapport aux valeurs moyennes observées en Limousin sous les taillis. Cependant, très vite, dès - 4cm, ces teneurs sont très déficitaires (de l'ordre de 0,3 m.eq. pour 100 g de sol) ce qui justifie l'apport calcique expérimental pour un ensemble forestier. Il en résulte des sols méso-eutrophes à mésotrophes au pH du sol, avec une capacité totale d'échange très faible (<10 m.eq. pour 100g de sol). C'est une des conséquences de la richesse en sables et de la pauvreté en argiles à faible capacité d'échange (type illite et kaolinite). Les valeurs élevées des rapports C/N (de 19 à 26) sont caractéristiques d'humus de type moder à dysmoder.

Horizon	Profondeur cm	Pierrosité %	Terre fine %	Granulométrie			Texture	Matière Organique				
				Sable	Limon	Argile		C%	N%	C/N	MO%	
Témoin												
A1	0-4	30.90	69.10	51.10	15.20	6.90	LS	3.80	.014	26.6	6.55	
B	4-20	35.70	64.30	59.80	15.00	7.50	LS	0.80	0.06	13.9	1.38	
C	20-45	54.50	45.50	60.20	15.50	8.40	LS	0.40	0.00		0.69	
Expérim.												
A1	0-4	23.50	76.50	57.60	17.30	7.40	LS	2.40	0.13	18.8	4.14	
B	4-15	19.30	80.70	60.20	16.30	7.70	LS	0.90	0.06	15.1	1.55	
C	15-45	48.30	51.70	69.30	14.60	6.20	LS	0.40	0.00		0.69	

Horizon	pH		Eléments échangeables (m.e./100g)							pH7		pH sol	
	Eau	Kcl	Ca	Mg	K	S	Mn	Fe	Cu	T7	V7	Tsol	Vsol
Témoin													
A1	5.0	3.9	1.66	2.57	2.78	7.01	0.16	0.002	0.001	22.2	31.6	9.9	70.8
B	5.0	3.8	0.25	1.81	1.99	4.08	0.03	tr.	0.003	14.0	29.2	8.07	50.6
C	5.4	3.8			2.00		0.05	tr.	0.002				
Expérim													
A1		4.5	1.81	2.69	2.85	7.35	0.05	tr.	tr.	16.0	45.9	7.72	90.5
B	5.7	3.8	0.32	1.28	2.57	4.17	0.05	0.002	0.002	13.3	31.4	6.51	64.1
C	5.4	3.9	0.09	1.25	2.69	4.03	0.03	tr.	0.004	12.7	31.7	6.9	58.5

Tableau I - CARACTERES PHYSICO-CHIMIQUES DES SOLS DE L'ETUDE

2 - LE DISPOSITIF EXPERIMENTAL

Deux placettes de 200 m², uniquement constituées par une strate arbustive de châtaignier, ont été délimitées au sein de ce taillis. L'une d'elle (notée Exp.) a reçu en 1987 un amendement calcomagnésien de

surface, puis en 1992 en nouvel apport de chaux seule. L'autre parcelle, non amendée, servira de témoin (notée Té.). Dans les deux cas l'apport est effectué en surface, à l'automne, à la dose de une tonne par hectare :

- chaux magnésienne (Chaux et Dolomie Française -C.D.F.) : 44% d'oxyde de calcium, 32% d'oxyde de magnésium et des oligoéléments (zinc, fer, cuivre, iode, bore et cobalt);
- chaux vive agricole à 90% de CaO.

Le choix de ce type d'amendements, qui correspond à des formes facilement solubles même par le simple effet de la pluviométrie (LAUDELOUT, 1993), permet d'obtenir une incorporation (et donc éventuellement une action) rapide du calcium sur l'écosystème. La dose apportée vise à maintenir une teneur en calcium échangeable de l'ordre de 1,5 m.eq. pour 100 g de sol sur 30 cm d'épaisseur. Les premiers prélèvements de sol sont effectués à partir de Septembre 1989, soit 2 ans après l'apport.

Sur le végétal nous avons procédé, à date fixe entre le 15 et 20 septembre (période qui semble la plus stable quant à la composition chimique des feuilles (HOYLE, 1965; TOUZET, 1984; CHATELUS, 1987) à des analyses foliaires ainsi qu'à des analyses du bois du tronc. Les prélèvements portent sur les feuilles de la partie médiane de la pousse terminale annuelle des rameaux supérieurs. Ceci permet d'éliminer les variations liées à la position et à l'exposition des feuilles sur le rameau. On prélève ainsi 3 feuilles sur une dizaine de tiges dispersées dans plusieurs cépées de chaque parcelle. On obtient ainsi un échantillonnage statistique minima (n= 30) permettant de s'affranchir des variations individuelles.

Les analyses concernant les parties perennes (bois de la tige) sont effectuées sur le bois du premier mètre d'une tige représentative des cépées de chaque parcelle (2 tiges prélevées annuellement).

3 - LES METHODES D'ANALYSE

Méthodes utilisées sur les échantillons de sol. Elles sont empruntées à ROUILLER, (1981).

La mesure électrométrique du pH est effectuée sur un mélange sol/solution de rapport 2/5. La lecture est faite sur le surnageant non agité, après mise en contact de 4 heures (pH eau), ou après agitation rotative de 1 heure (pH KCl).

Les éléments échangeables sont extraits par percolation à l'acétate d'ammonium tamponné à pH7 pour K⁺ et Na⁺, par une solution de KCl normal pour Ca⁺⁺, Mg⁺⁺ et les ions de l'acidité (Al³⁺ et H⁺). Les protons sont dosés par titrimétrie, tous les autres éléments par spectrophotométrie d'absorption atomique (Spectrophotomètre Atomspek Hilger-Watts H 1170). La sommation des bases échangeables évaluée à pH 7 (T7) et des acidités (Ae) donne la capacité totale d'échange (T) au pH du sol.

Méthodes utilisées sur le végétal

Après séchage à l'étuve ventilée à 60°C (48h) les feuilles sont broyées au mortier à bille et minéralisées par un mélange acide nitrique - acide sulfurique-eau oxygénée à 110 volumes selon la méthode de HOENIG et VANDERSTAPPEN (1978).

Le bois est scié en rondelles de 1cm d'épaisseur et après séchage à l'étuve à 60°C, les cernes annuels sont séparés au ciseau à bois. Le matériel ainsi débité est broyé puis minéralisé comme le matériel foliaire.

RESULTATS ET DISCUSSION

1 - EFFETS DE L'AMENDEMENT SUR LES SOLS (tableau II)

Dans cette étude, afin de mieux mesurer les premiers effets de l'amendement, nous avons effectués les prélèvements à la base de la litière intégrant ainsi cette partie humifiée à l'horizon A1 proprement dit. Il en résulte des valeurs bien supérieures pour les teneurs en calcium celui-ci étant rapidement réabsorbé par le latic racinaire de surface développé par le châtaignier au sein de cet horizon A1.

Action sur le pH. L'effet sur le pH eau est très rapidement perceptible sur la parcelle amendée, dès la première année, surtout après l'été très sec de 1990 (pH supérieur à 7). Par la suite les écarts s'amenuisent mais, d'une façon générale, les apports en calcium relèvent très sensiblement les valeurs du pH eau par rapport au témoin: pH moyen du témoin de 5,5 (avec une fluctuation comprise entre 5,0 et 6,1) alors que pour la parcelle expérimentale on note une valeur moyenne de 6,6 et une fluctuation de 6,3 à 7,2.

Les variations du pH KCl conduisent à des conclusions analogues, avec des gains de pH de 0,5 à 2 unités, ce qui témoigne de la sensibilité du sol à l'amendement calcaire.

ANALYSES de:		DJOMO 1989	DOMAIN 1990	DOMAIN 1991	FOURNIER 1992	MAISONNIER 1993
ACIDITE						
pH H ₂ O	Tém.	5.2	5.2	6.1	4.9	6.0
	Exp.	6.3	7.2	6.4	6.5	6.5
pH KCl	Tém.	4.4	4.7	4.7	4.9	5.1
	Exp.	5.9	7.0	5.4	6.2	5.6
COMPLEXE ADSORBANT						
Ca (m.éq./100g)	Tém.	5.08	5.77	4.54	4.43	4.02
	Exp.	9.61	12.99	6.29	9.54	5.37
Mg (m.éq./100g)	Tém.	2.99	3.12	3.51	2.04	3.31
	Exp.	6.62	7.13	4.03	5.68	3.62
K (m.éq./100g)	Tém.	non dosé	0.36	0.42	0.19	non dosé
	Exp.	non dosé	0.15	0.31	0.41	non dosé
S (m.éq./100g)	Tém.	7.95	9.25	8.47	6.66	7.33 (sans K)
	Exp.	16.23	20.27	10.63	15.63	8.99 (sans K)
Ae (m.éq./100g)	Tém.	1.36	0.67	0.58	0.43	0.25
	Exp.	0.38	0.00	0.25	0.20	0.20
T7 (m.éq./100g)	Tém.	12.90	14.85	13.50	20.40	
	Exp.	15.00	14.05	12.35	25.80	
V7=S/T7x100	Tém.	62	62	63	31	
	Exp.	100	100	86	60	
Tsol (m.éq./100g)	Tém.	9.33	9.92	9.05	6.73	
	Exp.	16.61	19.97	10.83	15.64	
Vsol=S/Tsol x 100	Tém.	85	93	94	93	
	Exp.	98	99	98	99	
MATIERE ORGANIQUE						
Carbone %	Tém.	4.06	3.90	3.62	4.87	
	Exp.	3.94	4.29	3.53	4.75	
Azote %	Tém.	0.21	0.21	0.17	0.21	
	Exp.	0.21	0.23	0.18	0.24	
C/N	Tém.	19.33	18.60	21.10	23.20	
	Exp.	18.80	18.60	19.80	20.00	

Tableau II - EFFETS DE L'AMENDEMENT SUR LES SOLS

Action sur le complexe adsorbant. Au niveau du calcium l'augmentation des teneurs en ions échangeables est spectaculaire 2 et 3 ans après l'apport (12,99 m.eq. pour 100g de sol en septembre 1990 sur le dispositif expérimental contre seulement 5,77 m.eq. pour 100g de sol à la même époque sur le témoin). La différence s'atténue fortement au cours de la 4ème année (6,29 m.eq. pour 100g de sol dans le dispositif expérimental contre 4,54 m.eq. pour 100g dans le témoin), ce qui nous a incité au second apport de chaux fin 1991. Très vite, de nouveau, les teneurs en cet élément s'élèvent sur le dispositif expérimental. L'apport calcomagnésien s'avère très bénéfique pour le sol de ce dispositif mais comme les valeurs sous le taillis témoin restent suffisamment élevées en magnésium nous n'avons pas rajouté cet ion lors du second apport. En ce qui concerne le potassium les apports d'engrais ont entraîné, le plus souvent, une baisse sensible de ce cation sous le dispositif expérimental (sans doute en partie liée à l'antagonisme K-Mg) ce qui peut laisser craindre, à terme, une carence en cet élément. L'action du chaulage s'avère positive sur les ions de l'acidité dont l'importance diminue rapidement dans les sols de la parcelle amendée.

Les rapports Ae/S, sauf exception en début d'expérimentation, sont inférieurs à 10. Ils situent les deux dispositifs dans un contexte édaphique favorable aux espèces végétales de type neutrophile dans la parcelle amendée, aux espèces neutrophiles et acidoclines au sein de la parcelle témoin (VERGER, 1989).

Action sur la matière organique. Les valeurs du rapport C/N, qui traduit la vitesse de minéralisation de la matière organique du sol, se situent sur la parcelle expérimentale légèrement en dessous de celles mesurées sur le témoin. Les valeurs, élevées tout au long de la période de mesure restent caractéristiques des humus de type moder (C/N voisin de 20). Cependant, alors que la valeur de ce rapport tend à s'élever régulièrement au cours du temps sous le témoin (entre 18,6 et 21,1 en 1991 sous le témoin), vraisemblablement en liaison avec l'installation d'un couvert plus dense qui amenuise l'insolation et ralentit la minéralisation de l'humus, sous la parcelle amendée, dans des conditions analogues, ce rapport augmente peu (de 18,6 à 19,8). C'est une amélioration des teneurs en azote qui en est responsable. Le laps de temps encore trop court, depuis le début de l'expérimentation, n'a cependant pas permis une modification profonde de la nature de l'humus. Ces résultats vont dans le sens de plusieurs observations antérieures déjà réalisées: ils recourent les observations de NOMMICK (1979) - dans RANGER et coll., 1993- qui observe une amélioration de la minéralisation des litières par le chaulage quand la valeur du rapport C/N est, au départ, inférieure à 30; pour BONNEAU (1993), les recherches scandinaves montrent un effet positif seulement lorsque le C/N est égal ou inférieur à 24.

2 - EFFETS DE L'AMENDEMENT SUR LE VEGETAL

Taille et masse des feuilles. On mesure pour chaque feuille la longueur et la plus grande largeur du limbe. Le pétiole est exclu des mesures. On applique aux valeurs obtenues un test de comparaison des moyennes (SCHWARTZ, 1986). Les résultats bruts, consignés dans le tableau IIIa, font apparaître de légères différences de longueur et de largeur moyennes la 1ère année suivant le chaulage. La comparaison des moyennes par un test t ne montre cependant aucune différence significative (au seuil de 5% de probabilités). Avec l'âge, toutefois (mesures de 1994), la taille des feuilles augmente sensiblement.

La mesure de la masse, soit celle déterminée sur le matériel frais immédiatement après récolte, soit le poids sec après séchage de 48h à l'étuve ventilée à 60°C, montre que l'amendement ne modifie pas, de façon significative, la teneur en eau et la production de matière sèche par les feuilles, au moins aux échéances de 2 et 3 ans après l'apport (tableau IIIb). Ces résultats rejoignent les observations de TOUTAIN et coll. (1993) sur l'influence d'un seul apport calcaïque au niveau d'un écosystème forestier acide dans les Vosges. Sur les feuilles prélevées en 1994 le rapport poids sec/ poids frais diminue sensiblement (valeur de 0,3 contre 0,4 en 1989 et 1990). Cela provient essentiellement d'une plus grande richesse en eau des feuilles, richesse

vraisemblablement liée aux très fortes précipitations de septembre 1994 (164 mm à Limoges contre 55 en 1990 et 12 en 1989).

ANNEE	PARCELLE	PARAMETRE	VALEUR MOYENNE (cm)	ECART-TYPE
1989 2 ans après le chaulage	TEM.	longueur	18.9	2.0
		largeur	7.5	1.1
	EXP.	longueur	18.0	3.0
		largeur	7.2	1.1
1990 3 ans après le chaulage	TEM.	longueur	18.9	2.3
		largeur	8.0	1.1
	EXP.	longueur	19.0	1.7
		largeur	8.1	1.1
1994 3 ans après 2 ème chaulage	TEM.	longueur	21.6	2.7
		largeur	8.3	1.1
	EXP.	longueur	21.3	3.6
		largeur	9.7	0.9

Tableau IIIa - EFFET D'UN AMENDEMENT CALCIQUE SUR LA TAILLE DES FEUILLES

	PARCELLE	FEUILLES de 1989	FEUILLES de 1990	FEUILLES de 1994
Poids frais	TEM.	149.4	158.1	201.0
	EXP.	149.4	159.0	173.3
Poids sec	TEM.	60.0	63.4	61.4
	EXP.	57.3	63.1	57.5
Poids frais/ Poids sec	TEM.	0.40	0.40	0.30
	EXP.	0.38	0.40	0.33

Tableau IIIb- EFFET D'UN AMENDENT CALCIQUE SUR LA MASSE DES FEUILLES

Composition minérale des feuilles (tableau IV). La composition minérale porte sur les feuilles entières pour les deux années 1989 et 1990. Pour le matériel récolté en 1991, afin d'affiner les mesures, nous avons séparé et analysé séparément limbes et pétioles. Les résultats du tableau font apparaître que les effets du chaulage sont nettement perceptibles sur le matériel de la seule année 1989 (travaux de DJOMO). Les teneurs en calcium et magnésium sont plus élevées (10% environ) dans les feuilles provenant de la parcelle amendée. Cet effet s'estompe rapidement puisqu'en 1990 les teneurs en calcium sont comparables sur les deux parcelles et les différences au niveau du magnésium réduites (DOMAIN). Les analyses différentielles - limbes, nervures - montrent que, pour le calcium, la fraction limbe s'enrichit seule sur la parcelle expérimentale (FOURNIER, 1992). Le rapport Ca/Mg, habituellement supérieur à 1 dans les feuilles des autres essences (MELLINGER, 1988), redevient voisin de 1, phénomène largement constaté dans les analyses réalisées

précédemment dans les taillis de châtaignier en Limousin (CHATELUS, 1987). L'apport semble également avoir un effet bénéfique sur les teneurs en potassium foliaire jusqu'en 1990 mais cet effet s'inverse en 1992. Peut-être faut-il voir ici la conséquence de la baisse notable observée dans les sols de la parcelle amendée du taux de potassium échangeable.

Le manganèse et le fer sont de moins en moins présents dans le matériel foliaire issu de la parcelle fertilisée.

		Mellinger (1987)	Djomo (1989)	Domain (1990)	Fournier (1991)	
		Limbes + Nervures			Limbes	Nervures
Ca (mg./g)	TEM.	3.54	2.25	1.94	3.31	1.26
	EXP.	2.94	2.44	1.94	3.79	0.88
Mg (mg./g)	TEM.	2.88	1.81	1.85	3.53	1.15
	EXP.	2.91	2.00	1.96	3.73	1.17
Ca/Mg	TEM.	1.23	1.24	1.05	0.94	1.10
	EXP.	1.01	1.22	0.99	1.01	0.75
K (mg./g)	TEM.	8.26	4.69	6.22	8.25	8.02
	EXP.	8.35	5.90	7.02	7.55	6.51
Fe (mg./g)	TEM.	0.05	0.06	0.05	0.20	0.02
	EXP.	0.06	0.07	0.06	0.10	0.02
Mn (mg./g)	TEM.	0.64	0.63	0.50	0.73	0.20
	EXP.	0.87	0.65	0.59	0.73	0.20

Tableau IV - COMPOSITION MINERALE DES FEUILLES (de 1987 à 1991)

Composition minérale du bois des tiges. Le bois des tiges est un tissu important compte tenu de la masse qu'il représente pour la plante et par le fait que c'est un compartiment strictement cumulatif vis-à-vis du carbone et qui ne subit pas d'autres mécanismes d'appauvrissement comme la lixiviation par les eaux de pluie (COLIN-BELGRAND et coll., 1993). En raison de la faible épaisseur annuelle développée par les cernes les mesures prennent en compte plusieurs cernes annuels: deux cernes, 2 ans avant et après l'apport (travaux de DOMAIN en 1991), 4 cernes avant et 3 cernes après l'apport en 1991 (travaux de FOURNIER en 1992). Les résultats du tableau V mettent en évidence :

- la variabilité, en valeur absolue, de la composition minérale selon la cépée, même pour une tige dominante; ce sont les teneurs en calcium des cernes les plus externes (1989-90 et 1989-91) qui sont les plus modifiées;

- dans tous les cas l'apport de calcium au sol se traduit par un gain relatif important en calcium du bois après l'apport : de 70% à 85% pour le bois du taillis expérimental par rapport à celui du taillis témoin;

- le taux plus élevé du calcium dans les analyses de 1991 prenant en compte les cernes les plus jeunes (1984-88) alors qu'en 1990 nous n'avions retenu que ceux des années 1987-88, s'explique par la grande richesse en cet élément dans les bois des deux premières années, ainsi que l'ont mesuré COLIN-BELGRAND et coll. (1993);

- l'apport magnésien se traduit par un accroissement relatif moindre mais conséquent (4 à 20%) des teneurs en cet élément. Sur ce sol non carencé en ce cation des mesures effectuées par ailleurs au niveau des écorces (DOMAIN, 1991) mettent en évidence un phénomène de stockage par ce compartiment du magnésium excédentaire apporté par la fumure, phénomène déjà observé par SHELTON et coll. (1981);

CATIONS		CERNES	CERNES
mg./g.		1987-88	1989-90
Ca	Tém.	0.28	0.29
	Exp.	0.29	0.50
	* (%)	+3.6	+72.4
Mg	Tém.	0.58	0.72
	Exp.	0.63	0.75
	* (%)	+8.6	+4.2
Ca/Mg	Tém.	0.49	0.40
	Exp.	0.46	0.67
	* (%)	-4.2	+67.5
K	Tém.	0.61	0.84
	Exp.	0.47	0.69
	* (%)	-23	-18
Fe	Tém.	0.05	0.07
	Exp.	0.03	0.04
	* (%)	-60	-42.9
Mn	Tém.	non dosé	non dosé
	Exp.	non dosé	non dosé
	* (%)		

CATIONS		CERNES	CERNES
mg./g.		1984-88	1989-91
Ca	Tém.	0.43	0.66
	Exp.	0.56	1.14
	* (%)	+30.2	+72.7
Mg	Tém.	0.53	0.72
	Exp.	0.73	0.87
	* (%)	+37.7	+20.8
Ca/Mg	Tém.	0.81	0.92
	Exp.	0.75	1.31
	* (%)	-7.4	+42.4
K	Tém.	0.64	0.59
	Exp.	0.47	0.54
	* (%)	-26.6	-8.5
Fe	Tém.	0.05	0.09
	Exp.	0.07	0.06
	* (%)	+40	-33.3
Mn	Tém.	0.03	0.04
	Exp.	0.04	0.06
	* (%)	+33.3	+50

* (%) : Comparaison de l'Exp. au Tém., en pourcentage relatif.

a - Données de Domain (1991)

b - Données de Fournier (1992)

**Tableau V - EFFETS D'UN AMENDEMENT CALCIQUE
SUR LA COMPOSITION DU BOIS DE CHATAIGNIER**

- on observe par contre une baisse sensible du potassium dans la parcelle amendée, tant au niveau du sol que du végétal, ce qui confirme les risques déjà évoqués de voir se développer une carence en cet élément suite à l'amélioration de la nutrition minérale en calcium et magnésium induite par l'apport calcique.

CONCLUSION

D'une façon générale, au niveau du seul horizon humifère, l'apport calco-magnésien limite l'acidité du sol, enrichit le milieu en bases échangeables (surtout en calcium), accélère la minéralisation de l'azote, ce qui contribue à l'amélioration de la qualité de l'humus et des conditions de la nutrition minérale des arbres.

Le châtaignier, essence calcifuge, apparaît particulièrement sensible à la disponibilité d'une quantité suffisante et régulière de calcium dans le sol pour maintenir un rapport Ca/Mg supérieur à l'unité dans ses feuilles. Cependant, avec l'accroissement de l'incorporation du calcium le risque de carences en d'autres éléments (potassium) reste possible sur des sols trop pauvres en cet élément.

Les mesures de croissance en diamètre réalisées depuis 1991, l'analyse des résultats sur la composition des flux hydriques englobant les eaux incidentes (pluie, pluviollessivats, eau d'écoulement des troncs) et de percolation (eaux gravitaires et intersticielles), devraient permettre une approche plus précise de l'action du chaulage sur le fonctionnement de cet écosystème. Nous en attendons des résultats positifs pour une meilleure gestion et une valorisation du taillis de châtaignier en Limousin.

BIBLIOGRAPHIE

- ANONYMES, 1986.- Catalogue des stations forestières de la châtaigneraie limousine. CRPF Limousin.
- AYMARD M., DESCUBES C., FREDON J.J., GHESTEM A., PEROL J.M., ROUX P., VERGER J.P., VILKS A., 1980. - Etude dynamique des peuplements de taillis de châtaigniers du Limousin. Cas particulier de la forêt de Boubon en vue de son amélioration forestière. *Rapport Contrat Ministère Environnement - Université Limoges*.
- BUREL L., 1993.- Variabilité génétique du châtaignier (*Castanea sativa* Mill.): étude de populations du Limousin et de l'Essone; lien avec la roulure. *Mémoire Diplôme d'Ingénieur des Techniques Agricoles de Dijon*, 43p.
- BONNEAU M., 1993.- Chaulage en forêt: Justification et problèmes posés. Forêt et Amendements calcaires. *Document INRA, Champenoux*, 17-24.
- CHATELUS S., 1987. - Contribution à l'analyse du cycle des éléments minéraux dans un écosystème forestier: cas particulier du taillis de châtaignier (*Castanea sativa* Mill.). Thèse 3ème cycle N° 8-1987 Limoges, 151 p. + annexes.
- COLIN-BELGRAND M., RANGER J. et D'ARGOUGES S., 1993.- Transferts internes d'éléments nutritifs dans le bois de châtaignier (*Castanea sativa* Miller): approche dynamique sur une chronoséquence de peuplements. I. Distribution des éléments minéraux. *Acta Oecologica*, 14, (5), 653-680.
- DJOMO J.E., 1990.- Relargage des sols dans l'eau: influence d'un amendement calcique. *D.U.E.S.S., Limoges*, 55p.
- DOMAIN Ph., 1991.- Amendement calcimagnésien d'un taillis de châtaignier: influence sur les eaux lysimétriques, le sol et la nutrition minérale. *DUESS Traitement des eaux, Limoges*, 62 p.
- FRASCARIA N. et LEFRANC M., 1992. - Le commerce de la châtaigne: un nouvel aspect dans l'étude de la différenciation génétique de populations de châtaigniers (*Castanea sativa* Mill.) en France. *Ann. Sci. For.*, 49, 75-79.
- FOURNIER J.M., 1992.- Impact d'un amendement calcomagnésien sur le sol (horizon humifère), sur les eaux et sur les châtaigniers (*Castanea sativa* Mill.) dans un taillis. *DUESS Traitement des eaux, Limoges*, 76 p. + annexes.
- HOYLE M.C., 1965. - Variation in foliage composition and diameter growth of yellow birch with season, soil and tree size. *Soil Sc.*, 29, 475-90.
- JAVELLAUD J., 1986. - Contribution à l'étude phytoécologique des landes atlantiques du Limousin occidental: Châtaigneraie Limousine. Thèse 3ème cycle N° 36-1986 Limoges, 160p. + annexes.
- LAUDELOUT H., 1993.- La pratique du chaulage: Historique et Philosophie. Forêt et Amendements calcaires. *Document INRA, Champenoux*, 5-16.
- MAISONNIER C, 1993.- Les qualités minérales des eaux circulantes et incidentes. Impact des litières forestières et d'un amendement calco-magnésien. Influence de la qualité des bois. *Mémoire DUT, Option Génie de l'Environnement, IUT Perpignan*, 44p. + annexes.
- MELLINGER A., 1988. - Approche pédologique des taillis de châtaignier en châtaigneraie limousine. *Rapport B.T.A., Ecol. For. Meymac*, 41 p. + annexes.

- RANGER J., MOHAMED AHAMED D. et BONNEAU M., 1993.- Effet d'un amendement calco-magnésien sur les solutions d'un sol acide sous pessière déperissante dans les Vosges. *Forêt et Amendements calcaires. Document INRA, Champenoux*, 139-154.
- ROUILLER J., 1981. - Analyses des sols, techniques de laboratoire. *Note technique N° 32*, CPB-CNRS, Nancy-Vandoeuvre, 42 p.
- SCHWARTZ D., 1986.- Méthodes statistiques à l'usage des médecins et des biologistes. Médecine Sciences, Flammarion éd., 317p.
- TOUZET G., 1984. - L'analyse végétale dans le contrôle de l'alimentation des plantes tempérées et tropicales. Lavoisier Tech. et Doc., 810 p.
- TOUTAIN F., DIAGNE A. et LE TACON F., 1993.- Effets d'apports de calcium et de divers éléments majeurs sur le fonctionnement d'un écosystème forestier de l'Est de la France. *Forêt et Amendements calcaires. Document INRA, Champenoux*, 35-48.
- VEDY J.C., 1973. - Relations entre le cycle biogéochimique des cations et l'humification en milieu acide. Thèse Doct. Etat, Nancy I, 116 p.
- VERGER J.P., BAFLET M., JAVELLAUD J. et DUTREUIL J.P., 1983. - Etude pédologique du taillis de châtaignier, commune de Chalus. *Contrat DDA, Univ. Limoges*.
- VERGER J.P., JAVELLAUD J., VILKS A. et BOTINEAU M., 1985. - Le taillis de châtaignier de la forêt communale de Cussac (87). *Rapports Sol-Végétation. Coll. Phyto.*, XIV, 515-525.
- VERGER J.P. et JAVELLAUD J., 1986. - Etude phytoécologique d'un taillis de châtaignier (*Castanea sativa* Mill.) en forêt domaniale de Pompadour. *Ann. Sc. Limousin*, 2, 39-52.
- VERGER J.P., 1989.- Rôle des ions de l'acidité dans la répartition des espèces végétales. Application à quelques espèces de l'étage alpin. *Bull. Ecol.*, .20, (3), 237-244.