biologie et forêt

POSSIBILITÉS DE MODIFICATION DU TYPE D'HUMUS ET D'AMÉLIORATION DE LA FERTILITÉ DES SOLS À MOYEN TERME EN HÊTRAIE PAR APPORT D'ÉLÉMENTS MINÉRAUX

F. TOUTAIN - A. DIAGNE - F. LE TACON

Sous la végétation forestière, l'évolution normale des sols est l'acidification. Les eaux de drainage entraînent continuellement les cations par lixiviation. Les processus de transfert des cations sous forme de sels minéraux (bicarbonates, nitrates, sulfates), sous forme de sels organiques ou de complexes organo-métalliques plus ou moins stables commencent à être bien connus (Vedy et Bruckert, 1979). Les processus d'altération ne compensent pas les départs de cations, sauf dans le cas des sols carbonatés ou à fortes réserves minérales.

À ces processus d'entraînement par les eaux gravitaires viennent s'ajouter les exportations par les récoltes de bois. Depuis que l'homme récolte du bois en forêt tempérée, les exportations d'éléments minéraux n'ont jamais été compensées ou ne l'ont été qu'exceptionnellement. Sur plusieurs siècles ou même sur deux millénaires, ces exportations sont loin d'être négligeables. L'intensification de la sylviculture observée depuis plusieurs dizaines d'années accentue ce phénomène. Enfin, dans certains cas, le pâturage en forêt, l'exportation de la litière ou d'une partie de la végétation herbacée ont encore appauvri les écosystèmes forestiers.

Sur les substrats naturellement pauvres comme les grès, certains granites ou certains limons, les processus de désaturation du complexe absorbant ont atteint des niveaux extrêmes. Cette pauvreté minérale retentit sur l'ensemble du cycle biogéochimique. L'activité biologique se réduit ; les humus évoluent vers les moder ou les mor. L'accumulation de litière ou de subs-

tances organiques plus ou moins humifiées accentue encore la pauvreté des sols. Les apports acides par les eaux de pluie, qui ont augmenté depuis la révolution industrielle, c'est-à-dire depuis 1850, vont dans le même sens. En France, sous Hêtre, la majorité des humus sont des moder.

Un niveau de fertilité aussi bas a des conséquences diverses. La production forestière potentielle se trouve réduite. La régénération naturelle du Hêtre devient difficile voire impossible. Les peuplements forestiers installés sur de tels milieux appauvris sont moins aptes à résister aux agressions de toutes natures (attaques d'insectes ou de champignons, stress climatiques, etc...) que les peuplements installés sur des milieux à cycle biologique plus rapide.

Ces processus de désaturation et d'acidification ne sont pas irréversibles. Nous savons depuis longtemps qu'il est possible d'augmenter la vitesse d'un cycle biologique fonctionnant de manière ralentie. De nombreux travaux ont démontré l'effet d'un apport d'éléments minéraux majeur (azote, phosphore et potassium) ou d'un chaulage, sur l'évolution de l'humus dans divers écosystèmes forestiers.

Il est possible par exemple par chaulage de transformer un moder en mull (Tamm, 1974) ou d'améliorer l'activité biologique dans les mor (Duchaufour et Guinaudeau, 1957 ; Krapfenbauer, 1962 ; Czerney, 1968).

Souvent d'ailleurs un chaulage associé à une fertilisation complète a un effet plus favorable (Franz et Loub, 1959 ; Sougneux et Weissen, 1977). Cette activation se traduit d'abord par une augmentation des bactéries et des actinomycètes et une diminution des champignons (Mai et Fiedler, 1972), puis par une augmentation de l'activité des lombrics (Franz et Loub, 1959 ; Laatsch, 1964 ; Spannagel, 1960).

Ces transformations biologiques s'accompagnent de transformations chimiques : augmentation du pH, diminution de la quantité totale d'azote, baisse du rapport C/N et augmentation de la production d'azote minéral (Mai et Fiedler, 1972). L'augmentation de la minéralisation du carbone après chaulage est plus importante que l'augmentation de la minéralisation de l'azote (Mommick, 1978 ; Ulrich et Keufel, 1970). Selon Hetsch et Ulrich (1979), cette accélération de la minéralisation de l'azote après un chaulage peut entraîner des pertes d'azote dans l'écosystème forestier.

À la suite d'un essai de fertilisation installé en forêt domaniale de Darney (Vosges), nous avons pu observer de telles modifications du type d'humus.

Nous avons, dans ce travail, essayé de préciser les diverses modifications microbiologiques et chimiques, qui ont été induites par un chaulage associé ou non à une fertilisation complète.

Tableau I

Caractéristiques analytiques du sol brun ocreux initial

Horizon	Profondeur (en cm)	pH (eau)	pH (KCl)	(en %)					C %	C/N
				SG	SF	LS	LF	A		
A ₁	0-4	3,8	2,9	33,4	31,2	5,6	14,5	13,8	17,3	22,2
A ₁ (B)	4-10	3,8	3,3	25,3	32,8	7,1	17,0	16,2		
(B)	10-50	4,4	4,0	17,8	36,7	7,3	20,0	16,8		
(B)/C	50-85	4,6	4,0	24,7	36,3	7,0	15,1	15,6		

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Le dispositif expérimental a été installé en forêt domaniale de Darney située dans les Basses-Vosges entre 300 et 400 mètres d'altitude (Le Tacon et Oswald, 1976). La pluviosité est de 950 mm, assez bien répartie avec un léger maximum en juillet et août et un léger minimum en janvier, février et mars. La température moyenne de juillet est de 18°C et celle de janvier de - 1,7°C.

La roche-mère est le grès intermédiaire du Trias. Les sols varient des sols bruns acides à mull acide aux sols bruns ocreux à moder.

Nos observations ont été effectuées sur un sol brun ocreux à moder sous une futaie régulière de Hêtre à Canche flexueuse âgée de 90 ans (± 10 ans). D'après la table de production de Schober, le peuplement appartient à la classe II (hauteur dominante 25 m).

Les caractéristiques du sol sont données dans le tableau I. Le taux de saturation est très faible dans les horizons minéraux. Le pH (eau) est très bas, inférieur à 4 en A₁ et A₁ (B). Les horizons holorganiques ont un développement de 4 à 5 cm. La couche L (0-1 cm) est constituée de feuilles morphologiquement intactes et âgées de 2 ans au plus. Dans la couche F (2 à 3 cm) les feuilles sont légèrement altérées et présentent à leur surface des boulettes fécales d'enchytraïdes et de microarthropodes. Les feuilles sont adhérentes les unes aux autres par l'intermédiaire de filaments mycéliens. Elles sont colonisées par de nombreuses mycorhizes du Hêtre (mycorhizes issues de Lactaire et de Russule, mycorhizes à mycélium externe abondant d'Amanites, de *Corticium bicolor*, de *Suillus*, de *Laccaria* et d'Hébélomes).

La couche H (1 cm) a une faible cohérence. Elle passe insensiblement à l'horizon A₁. Elle est très riche en boulettes fécales et en mycorhizes de Hêtre.

Nous avons étudié l'effet de deux traitements sur l'évolution du type d'humus et de ses propriétés :

- Ca₂ : 1 500 kg de CaO à l'hectare apportés sous forme de calcaire finement broyé ;
- NPKCa₁ : 200 kg d'azote apportés sous forme d'ammonitrate à 33 % ;
240 kg de P₂O₅ à l'hectare sous forme de scories à 16 % ;
675 kg de CaO à l'hectare provenant des scories ;
150 kg de K₂O sous forme de sulfate de potassium à 50 %.

Le phosphore, le potassium et le calcium ont été apportés en surface au cours de l'hiver 1971-1972. L'azote a été apporté en deux fois, 100 kg au printemps 1972 et 100 kg au printemps 1973.

(Forêt de Darney, Vosges)

(en m.e./100 g)					S/T pH 7	S/T pH sol
Ca	Mg	K	S	T		
1,0	0,9	1,1	3,3	34,2	9,7	33
0,1	0,1	0,3	0,6	13,1	4,8	11
0,1	0,04	0,1	0,3	5,6	5,7	10
0,1	0,03	0,1	0,3	5,0	5,8	7

Les observations ont été effectuées 10 ans après les apports minéraux, c'est-à-dire en 1981 et 1982. Dans chaque traitement, 10 prélèvements ont été effectués et diverses mesures ou observations ont été réalisées : analyses minérales classiques ; minéralisation du carbone et de l'azote ; retombée de litières ; fractionnement de la matière organique ; évolution de la microflore et de la microfaune.

RÉSULTATS

Évolution morphologique de l'humus (figure 1)

De visu on observe dans les traitements Ca_2 et $NPKCa_1$ de nombreux turricules de vers de terre anéciques, alors qu'il n'y en a pas ou très peu dans le témoin.

Les horizons hologaniques ont beaucoup évolué. L'horizon H a disparu dans les deux traitements. On passe brutalement de la litière à l'horizon A_1 dans ces deux mêmes traitements, alors que ce passage est progressif dans le moder du témoin. Le passage brutal des horizons organiques à l'horizon A_1 est caractéristique d'un fonctionnement de type mull. La couche F a peu évolué dans le traitement Ca_2 alors qu'elle est réduite à 1 cm dans le traitement $NPKCa_1$.

L'horizon A_1 du moder initial a 4 à 5 cm d'épaisseur. Il est mal structuré et riche en boulettes fécales d'enchytraéides et de microarthropodes.

Dans le traitement Ca_2 , l'épaisseur de l'horizon A_1 atteint 10 cm. On peut le subdiviser en un horizon $A_{1,1}$ à structure irrégulière fortement marquée par les déjections de vers de terre et en un sous-horizon $A_{1,2}$ ayant gardé une structure peu développée.

L'humus est maintenant de type mull-moder.

Dans le traitement $NPKCa_1$, l'horizon A_1 de 10 cm d'épaisseur a une structure très nettement grumeleuse. L'activité des lombrics est visible sur toute l'épaisseur de l'horizon A_1 . Dans ce traitement, l'humus est devenu très nettement de type mull acide.

Évolution physicochimique de l'humus (tableau II)

Le pH (eau ou KCl) a été remonté par la fertilisation. Il est plus élevé dans le traitement Ca_2 (pH eau A_1 4,4) que dans le traitement $NPKCa_1$ où il est encore insuffisant (pH eau A_1 3,9).

Tableau II Évolution physicochimique du sol sous l'influence des traitements

Traitement	Horizon	Profondeur	pH (eau)	pH (KCl)				
					Ca	Mg	K	S
Témoin	A_1	(0-4)	3,8	2,9	1,0	0,9	1,1	3,3
	A_1 (B)	(4-10)	3,8	3,3	0,1	0,1	0,3	0,3
Ca_2	A_1	(0-4)	4,4	3,6	4,8	0,4	0,6	5,9
	A_1 (B)	(4-10)	4,2	3,6	0,6	0,1	0,2	1,2
$NPKCa_1$	A_1	(0-4)	3,9	3,3	2,4	0,3	0,4	3,1
	A_1 (B)	(4-10)	4,1	3,7	0,5	0,1	0,2	0,9

Figure 1
ÉVOLUTION MORPHOLOGIQUE DU TYPE D'HUMUS SOUS L'INFLUENCE DES TRAITEMENTS

La somme protons H^+ et Al^{+++} du complexe absorbant qui détermine en partie l'acidité totale est très nettement diminuée par fertilisation.

Corrélativement, la teneur en calcium échangeable et le taux de saturation sont fortement augmentés. Les résultats restent meilleurs avec le traitement Ca_2 qui permet d'atteindre un taux de saturation de 69 % au pH du sol. On notera aussi la diminution de la capacité totale d'échange liée à la minéralisation de la matière organique comme nous le verrons plus loin.

Activité biologique et humification

• Minéralisation globale du carbone et de l'azote (tableau III)

Les apports d'éléments minéraux accélèrent la minéralisation du carbone et de l'azote. Cet effet est plus sensible pour l'azote que pour le carbone, ce qui est un peu différent des observations de Mommick ou de Ulrich et Keufel. Le traitement $NPKCa_1$ est supérieur au traitement Ca_2 .

(en m.e./100 g sol)

H^+	Al^{+++}	$H^+ + Al^{+++}$	T pH 7	T pH sol	100 S/T pH 7	100 S/T pH sol
1,3 0,4	4,9 4,6	6,2 5,0	34,2 13,1	10,0 6,0	9,7 4,8	33 11
0,3 0,2	1,7 4,1	2,0 4,3	16,4 10,7	8,6 5,6	35 11,4	69 22
0,4 0,2	2,4 3,6	2,8 3,8	13,5 8,3	6,8 4,9	23,3 10,4	47 18

Tableau III Taux de minéralisation du carbone et de l'azote des horizons A₁ (0-4 cm) des différents traitements au bout de 6 semaines d'incubation à 28 °C et à l'humidité équivalente 10 ans après les apports d'éléments minéraux

	Témoin	Traitement Ca ₂	Traitement NPKCa ₁
Taux de minéralisation du carbone (en % C total A ₁ 0-4 cm)	1,3	1,7	3,0
Taux de minéralisation nette de l'azote (en % N total A ₁ 0-4 cm)	1,2	6,1	8,6

● *Modification du type d'activité biologique*

Les comptages d'animaux confirment les observations faites en micromorphologie sur lames d'humus, à savoir que les vers de terre anéciques (et spécialement *Nicodrilus velox*) et épianéciques ont une forte activité dans les traitements NPKCa₁ et Ca₂ (biomasse lombricienne de 350 kg/ha dans le traitement NPKCa₁, de 130 kg/ha dans le traitement Ca₂ et seulement de 70 kg/ha dans le témoin).

Les études spécifiques faites sur les différents groupes d'animaux montrent que la diversité des animaux est grande dans le traitement NPKCa₁ par rapport à celle qui existe dans le témoin. C'est le cas par exemple pour les macroarthropodes. C'est le cas aussi pour les enchytraéides dont 70 % des individus appartiennent à l'espèce *Cognettia sphagnetorum* dans le témoin alors que dans le traitement NPKCa₁, 8 espèces différentes ont été reconnues. Elles représentent chacune de l'ordre de 10 à 15 % de l'ensemble de ces oligochètes (Geoffroy et Molfetas, 1982).

La répartition des champignons a été étudiée par Garbaye *et al.* (1979). Cette répartition montre que les apports minéraux enrichissent considérablement la diversité de la microflore fongique. Les fructifications de 8 espèces de champignons supérieurs (absentes sur le témoin) ont été observées dans les parcelles fertilisées (*Lepista inversa*, *Rhodopaxillus nudus* et *Clitocybe rivulosa* uniquement sur la parcelle fertilisée par NPKCa₁, *Hebeloma crustuliniforme*, *Collybia butyracea*, *Laccaria laccata*, *Lycoperdon gemmatum* et *Lycoperdon piriforme* uniquement sur la parcelle qui a reçu un apport de calcaire). Certains de ces champignons sont reconnus comme des champignons mycorhiziens, d'autres comme des pourritures blanches (*Collybia butyracea*, *Rhodopaxillus nudus*, par exemple).

● *Modifications des caractéristiques de la matière organique (tableau IV)*

Les études de fractionnement et de caractérisation de la matière organique, présente dans la partie supérieure des horizons A₁ (0-4 cm), permettent les remarques suivantes (cf. tableau IV) :

— La teneur moyenne en matière organique de l'horizon supérieur du traitement NPKCa₁ est nettement moins élevée que celle du témoin (20 % contre 35 %). Le rapport C/N de cette matière organique est aussi moins fort (18 contre 22). La teneur en matière organique du traitement Ca₂ a une valeur intermédiaire.

— Si l'importance de la matière organique répartie dans la fraction < 50 µ reste du même ordre de grandeur, le taux de matière organique liée (carbone humifié), présente dans cette fraction, varie fortement d'un traitement à l'autre (47 % du carbone de la fraction < 50 µ dans le témoin, 54 % dans le traitement NPKCa₁). Le taux d'extraction dans les réactifs alcalins est plus élevé dans les placeaux fertilisés que dans le témoin.

— Exprimée en quantité par unité de surface (t/ha), l'importance de l'humine d'insolubilisation présente dans l'horizon A₁ du traitement ayant reçu une fertilisation complète est deux fois plus forte que celle présente dans le traitement ayant reçu uniquement un apport de calcaire. La

présence de cette matière organique qui joue un rôle important dans la structure des sols va de pair avec la transformation du moder en mull acide.

Tableau IV Influence des traitements sur les caractéristiques de la matière organique des horizons supérieurs

Traitement	C	C/N	(fraction < 50 µ)						
			Importance M.O. liée		AF + AH	AF/AH	Humine (% C < 50 µ)	Humine (% C init.)	Humine (t/ha)
			(% C init.)	(% C < 50 µ)					
Témoin	17,3	22,2	22,7	47,0	11,8	0,9	35,2	8,0	1,6
Ca ₂	12	19,7	22,8	54,4	15,9	0,8	38,5	8,3	1,7
NPKCa ₁	10	18	26,8	73,4	24,5	0,8	48,9	12,8	3,2

Modification de l'importance des retombées biologiques (tableau V)

L'apport d'éléments minéraux a un effet très significatif sur les retombées biologiques (feuilles essentiellement) dix ans après les traitements. Le traitement complet a un effet plus marqué que le traitement Ca₂. Si les retombées de matière organique sont plus fortes dans les traitements fertilisés, l'accumulation de litière y est plus faible. L'apport d'éléments minéraux accélère donc considérablement le cycle biologique, ce que traduit l'évolution du coefficient de Jenny :

$$K = 100 \times \frac{\text{apports}}{\text{apports} + \text{litière}}$$

Il est de 24 pour le témoin et de 41 pour le traitement ayant subi une fertilisation complète. Il faut dire cependant que le coefficient de Jenny est surtout valable pour des écosystèmes en équilibre, ce qui n'est pas encore le cas pour les peuplements fertilisés.

Cette accélération du cycle biologique se traduit bien évidemment par une amélioration de la production forestière que nous analyserons dans un prochain article.

Tableau V Influence des apports minéraux sur les retombées biologiques, le poids des litières et le coefficient de Jenny

Traitements	Témoin	Ca ₂	NPKCa ₁
Retombées totales (en t/ha/an de matière sèche) (A)	3,80 ± 0,30	4,09 ± 0,35	5,46 ± 0,37
Retombées des feuilles (en t/ha/an de matière sèche)	3,20 ± 0,46	3,50 ± 0,20	4,7 ± 0,30
Poids moyen d'une feuille (en mg de matière sèche)	87,8	92,8	100,8
Surface moyenne d'une feuille (en cm ²)	17,0	17,9	19,5
Poids de litière (L) totale au sol (en t/ha de matière sèche)	12,1	10,2	7,8
Coefficient de Jenny (K = 100 (A/A + L))	24	29	41

DISCUSSION ET CONCLUSION

Beaucoup de hêtraies des Basses-Vosges développées sur des substrats pauvres, le plus souvent de nature gréseuse, sont caractérisées par une extrême désaturation du complexe absorbant du sol et par une activité biologique très réduite. Cette faible activité biologique se

traduit par la formation d'un humus de type moder et par l'accumulation de litière ou sont bloqués les éléments minéraux qui deviennent ainsi inaccessibles à la végétation forestière.

La cause d'une telle évolution est en premier lieu à rechercher dans la pauvreté de la roche-mère et dans les phénomènes de lixiviation qui sont tout à fait normaux sous végétation forestière. Mais d'autres facteurs accélèrent ou ont accélérés cette évolution : prélèvement de bois ou de litières sans compensation pendant des siècles et parfois même pendant deux millénaires, intensification de la sylviculture. Les apports acides qui ont augmenté depuis la révolution industrielle, mais sont maintenant en diminution, au moins pour le soufre, pourraient aussi avoir joué un rôle en s'ajoutant aux autres facteurs.

Cette évolution normale vers l'acidification, la désaturation, la réduction de l'activité biologique et le ralentissement du cycle biologique peut facilement se corriger.

L'exemple de l'essai de fertilisation de la forêt de Darney montre que dix ans après l'apport d'éléments minéraux, un humus de type moder se transforme en mull avec installation d'une microflore et d'une microfaune très active qui accélère la minéralisation de la matière organique, puis les prélèvements des éléments minéraux par la végétation forestière.

Un apport modéré de calcium seul a déjà un effet spectaculaire et permet de remettre en route le cycle biologique, par l'intermédiaire des lombrics.

Une fertilisation complète a un effet très supérieur. Elle permet de passer du système de fonctionnement moder à un système de fonctionnement de type mull grâce surtout à l'activité de divers champignons responsables des « pourritures blanches ».

Les résultats présentés dans cette étude ont été obtenus dix ans après la fertilisation. L'observation actuelle du fonctionnement de cette hêtraie montre que, quinze ans après l'intervention, le cycle biologique est toujours de type mull. On peut estimer que ce type d'apport devrait permettre de rétablir un fonctionnement optimal de l'écosystème forestier pendant plusieurs dizaines d'années. Nos observations vont dans le même sens que celles publiées par de nombreux auteurs dans des situations acides similaires en Allemagne et en Scandinavie.

F. TOUTAIN, A. DIAGNE
CENTRE DE PÉDOLOGIE BIOLOGIQUE
CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
17, rue Notre-Dame des Pauvres
54501 VANDŒUVRE-LES-NANCY CÉDEX

F. LE TACON
Station de Recherches sur le Sol, la Microbiologie
et la Nutrition des Arbres forestiers
Laboratoire de Microbiologie forestière
CENTRE DE RECHERCHES FORESTIÈRES (INRA)
BP 35
CHAMPENOUX 54280 SEICHAMPS

BIBLIOGRAPHIE

- CZERNEY (P.). — Über den Einfluss der Kalküngung auf die chemischen Eigenschaften von Fichtenhumus. — *Archiv für Forstwesen*, 17, 1968, pp. 513-530.
- DUCHAUFOR (Ph.). — Pédologie. Pédogénèse et classification. — Paris : Masson, 1977. — 469 p.
- DUCHAUFOR (Ph.), GUINAUDEAU (J.). — Une expérience de chaulage sur humus brut. — *Annales de l'École nationale des Eaux et Forêts*, vol. XV, n° 2, 1957, pp. 335-364.
- FRANZ (H.), LOUB (W.). — Bodenbiologische Untersuchungen an Walddüngungsversuchen. — *Centralblatt für das gesamte Forstwesen*, vol. 76, 1959, pp. 129-162.
- GARBAYE (J.), KABRE (A.), LE TACON (F.), MOUSAIN (D.), PIOUS (D.). — Fertilisation minérale et fructification des champignons supérieurs en hêtraie. — *Annales des Sciences forestières*, vol. 36, n° 2, 1979, pp. 151-164.

- GEOFFROY (J.J.), MOLFETAS (S.). — Effets de l'enrichissement de sols forestiers en éléments majeurs sur la structure fonctionnelle des peuplements de macroarthropodes. — Rapport d'activité ATP « Fonctionnement des écosystèmes forestiers », 1982.
- HETSCH (W.), ULRICH (B.). — Die langfristige Auswirkung von Kalkung, Bodenbearbeitung und Lupinenanbau auf die Bioelementvorräte zweier Flottsandstandorte im FA syke, 98, 1979, pp. 237-244.
- KRAPFENBAUER (A.). — Ergebnisse eines Düngungsversuches zur Umwandlung ungünstiger Rohhumusaufgaben in einem Strohenbestand im Kobernauerwald. — *Allgemeine Forstzeitung*, n° 23/24, 1962, pp. 275-278.
- LAATSCH (W.). — Der Aufbau fruchtbarer Waldböden. — *Mitteilungen aus der Staatsforstverwaltung Bayern*, vol. 34, 1964, pp. 274-286.
- LE TACON (F.), OSWALD (H.). — Influence de la fertilisation minérale sur la fructification du Hêtre (*Fagus silvatica*). — *Annales des Sciences forestières*, vol. 32, 1976, pp. 89-109.
- MAI (N.H.), FIEDLER (H.J.). — Bodenmikrobiologische Untersuchungen an einem Düngungsversuche zu Fichtenrohhumus in Thüringerwald. — *Zentralblatt für Bakteriologie, Parasitenkunde, Infektionskrankheiten Hygiene*, n° 127, 1972, pp. 618-631.
- MOMMICK (H.). — Mineralisation of carbon and nitrogen in humus as influenced by additions of phosphate and lime. — *Acta Agriculturae Scandinavica*, vol. 28, 1978, pp. 221-230.
- SOUGNEZ (N.), WEISSEN (F.). — Évolution de la couverture morte et de la couverture vivante après fumure en vieille forêt d'Épicéa commun. — *Bulletin des Recherches agronomiques de Gembloux*, vol. 12, 1977, pp. 233-247.
- SPANNAGEL (G.). — Humus formation under the influence of lime in connection with the development of a rich soil fauna. — In : 7 Congress International Society Soil Science, Madison, USA, 1960, p. 96 (Summary).
- TAMM (C.O.). — Kalkproblemet för jord, skog och miljövård. — *Annales de l'Académie royale d'Agriculture et de Sylviculture de Suède*, vol. 113, 1974, pp. 37-43.
- ULRICH (B.), KEUFEL (W.). — Auswirkungen einer Bestandeskaltung zu Fichte auf den Nährstoffhaushalt der Bodens. — *Forstarchiv*, vol. 41, 1970, pp. 30-35.
- VEDY (J.C.), BRUCKERT (S.). — Les solutions du sol. Composition et signification pédogénétique. In « Pédologie. Tome II. Constituants et propriétés. / M. Bonneau, B. Souchier. — Paris : Masson, 1979.

PARUTION DE L'« HISTOIRE DES EAUX ET FORÊTS » DU XII^e AU XX^e SIÈCLE AUX ÉDITIONS DU CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

Dans sa collection intitulée « Histoire de l'Administration française » (dans laquelle ont déjà paru l'Histoire du Conseil d'État, de la Cour des Comptes, des Ponts et Chaussées, des Affaires étrangères), le CNRS a édité fin janvier 1988 « **Les Eaux et Forêts du XII^e au XX^e siècle** ».

Il ne s'agit pas d'une histoire des forêts françaises, mais de celle des services qui ont eu, du XII^e siècle à nos jours, la responsabilité de la politique forestière dans notre pays et la charge de la gestion des forêts royales et domaniales, y compris des affaires relevant de la faune sauvage et des cours d'eau (chasse, pêche, rivières navigables et flottables).

Cette œuvre collective a été rédigée par cinq auteurs principaux : Madame Marie-Noëlle Grand-Mesnil, archiviste-paléographe (Révolution, Consulat, Empire) et quatre ingénieurs généraux des Eaux et Forêts — depuis 1966, du Génie rural, des Eaux et des Forêts — Raymond Lefebvre (des origines à 1915), Louis Bourgenot, qui fut après Raymond Lefebvre le coordinateur de l'ouvrage (1915-1989), Louis Badré (XIX^e siècle) et Jean Gadant (XX^e siècle).

L'ouvrage comporte 768 pages, il est vendu par le CNRS au prix de 360 francs.

On pourra se le procurer :

— directement, à la Librairie du CNRS, 295 rue Saint-Jacques, 75005 PARIS.
Tél. 43 26 56 11

— par correspondance (frais d'envoi en sus), aux Presses Universitaires du CNRS,
22 rue Saint-Amand, 75015 PARIS. Tél. 45 33 16 00

L. BOURGENOT