Bull. Inst. r. Sci. nat. Belg. Bull. K. Belg. Inst. Nat. Wet.	Bruxelles Brussel	31-X-1972
48	B I O L O G I E	9

MIRWART :
MINÉRALISATION AZOTÉE DES PRAIRIES

PAR

Jacques HERBAUTS (*)

I. INTRODUCTION

Dans le cadre du Programme Biologique International, nous avons eu l'occasion d'effectuer diverses mesures concernant la minéralisation azotée de deux types de sols développés au sein des terrasses alluviales de la Lomme, à Mirwart (Ardenne atlantique). Le nombre toujours croissant d'observations consacrées à ces problèmes nous a incité à publier les quelques données rassemblées périodiquement au cours de l'année 1970.

Le problème posé par le métabolisme de l'azote dans les sols suscite depuis longtemps l'intérêt des chercheurs, tant microbiologistes qu'agronomes. L'apparition relativement récente de facilités nouvelles dans les moyens analytiques a permis aux écologistes d'en tirer un parti fructueux pour l'étude des cycles biogéochimiques et de l'écologie quantitative des écosystèmes ainsi que pour la caractérisation phytoécologique de divers groupements végétaux. La plupart des données récentes de la littérature se rapportent à des écosystèmes forestiers (LOSSAINT et ROUBERT, 1965; VAN PRAAG et MANIL, 1965; LEMÉE, 1967; FROMENT, 1970); des systèmes pédobiologiques littoraux naturels, tels que dunes et prés salés (GÉHU et GHESTEM, 1965), et des prairies mésohygrophiles semi-naturelles (SHAEFFER, 1964), ont également fait l'objet de recherches.

(*) Assistant à l'Université Libre de Bruxelles.

Il nous a donc paru intéressant de rassembler quelques données sur les sols de communautés prairiales semi-naturelles de la vallée de la Lomme. Les groupements herbeux étudiés n'ont eu à subir aucune action culturale (fauchage, apports d'engrais, etc.) depuis quelques dizaines d'années et la dynamique de leur reboisement spontané semble être très lente. Il s'ensuit une relative stabilité des groupements alluviaux étudiés et, par voie de conséquence, une simplification dans l'établissement de leur bilan azoté.

L'importance capitale de l'azote et de l'évolution de ses formes minérales dans les sols en tant que facteur stationnel, n'est plus à mettre en exergue. La capacité de minéralisation de l'azote organique des humus a une incidence écologique fondamentale sur la composition des phytocénoses et particulièrement sur la répartition différentielle de leurs strates herbacées (FROMENT, 1970). Ce facteur écologique essentiel a été pressenti de longue date en phytosociologie traditionnelle, mais ce n'est que récemment qu'a été entreprise son approche analytique.

Dans le présent travail, deux ensembles de données complémentaires ont été recherchés : d'une part ont été mesurées les teneurs en azote minéral (formes nitrique et ammoniacale) d'échantillons de sol frais recueillis périodiquement; d'autre part, par incubation en laboratoire d'échantillons *in vitro,* a été évaluée la minéralisation azotée potentielle, c'est-à-dire celle qui se réalise dans des conditions plus ou moins optimales de température, d'humidité et d'aération, toutes conditions des plus favorables à l'activité des micropopulations du sol.

Le premier groupe de données fournit un aperçu fort fragmentaire de la minéralisation azotée d'un sol, puisqu'il ne représente qu'une mesure partielle d'un ensemble de processus qui ont cours simultanément au sein du profil. Pour un type de sol déterminé, dans des conditions naturelles et à un moment donné, la tendance vers la minéralisation, c'est-à-dire la dégradation successive de la matière organique de l'état protéique à l'état minéral, et la réorganisation (ou immobilisation), c'est-à-dire la transformation et l'assimilation des formes d'azote minéral en azote organique sous l'action des biocénoses microbiennes, est la résultante d'un ensemble de processus d'échanges fort complexes; au nombre de ceux-ci, on compte les phénomènes d'échange avec le milieu extérieur (enrichissement azoté par les eaux météoriques, appauvrissement par lessivage ou volatilisation sous forme ammoniacale), les exportations par la rhizosphère, les apports de matière organique sous forme de litière incorporée au sol, et, enfin, l'absorption irréversible des cations ammoniacaux sur les micelles argileuses (DROUINEAU, 1965; VAN SCHREVEN, 1965; LEMÉE, 1967). En outre, par voie biologique, peut se produire, soit un enrichissement du substrat en azote (fixation d'azote atmosphérique par des microorganismes symbiotiques ou non), soit un appauvrissement (dénitrification sous l'action de bactéries dénitrifiantes) (DROUINEAU, 1965).

Pratiquement donc, ce que l'on dose par des mesures instantanées des teneurs en azote minéral, c'est un laissé pour compte momentané du vaste turn-over édaphique de l'azote; pour reprendre l'expression de MANIL et VAN PRAAG (1965), ce ne sont en somme que des « reliquats minéralisés » du métabolisme azoté du sol.

Aussi imparfait soit-il, ce premier élément d'information permet néanmoins, pour peu que l'on prenne soin d'effectuer des prélèvements à intervalles de temps réguliers, de suivre l'évolution et l'intensité des phénomènes de minéralisation *in situ*.

Un deuxième ensemble de résultats complète dès lors fort à propos ces premières données. Il s'agit des valeurs obtenues par incubation d'échantillons de sol dont on veut tester les potentialités minéralisatrices. Ce test d'incubation *in vitro,* qui place les échantillons dans des conditions quasi optimales, permet, en pratiquant des mesures périodiques des teneurs en azote ammoniacal et nitrique, d'apprécier la vitesse de minéralisation des humus et « ...d'obtenir des renseignements sur la disponibilité de l'azote pour les plantes ainsi que des précisions sur la dynamique de cet élément » (GÉHU et GHESTEM, 1965).

II. DESCRIPTION PHYTOÉCOLOGIQUE — ASSOCIATIONS VÉGÉTALES ET TYPES DE SOLS

Les phytocénoses herbacées sur lesquelles s'est portée notre attention composent la couverture végétale du « Pré des Forges » à Mirwart (1). Elles recouvrent d'un tapis dense et continu le lit majeur de la Lomme, noyant sous leur manteau les terrasses alluviales de la rivière. Elles sont ça et là ponctuées d'éléments de bas-marais et parsemées de boqueteaux de saules et de fragments d'aulnaies qui jalonnent le tracé rectiligne des anciens drains ou le cours capricieux des petits affluents du cours d'eau. Deux groupements physionomiquement dominants, bien individualisés et se développant sur des sols contrastés quant à leur régime hydrique, ont fait l'objet de nos investigations. L'un d'eux est une prairie humide de hautes herbes à dominance de *Filipendula ulmaria (Filipenduletum),* à laquelle se mêlent abondamment *Polygonum bistorta* et, en moindre proportion, *Angelica sylvestris* et *Urtica dioica.* Localement s'observent des faciès où foisonne *Chamaenerion angustifolium.* Cette formation herbeuse se développe avec exubérance sur les terrasses alluviales relativement basses et souvent directement adjacentes au lit mineur de la rivière. Au sein de ces

(1) Pour une description complète des associations végétales, nous renvoyons le lecteur à la publication de DENAEYER-DE SMET et DUVIGNEAUD (1970).

terrasses s'est individualisé un gley alluvial à hydromull (« semi-gley ») dont les horizons superficiels, grossièrement grumeleux, conservent tout au long de la période de végétation une fraîcheur constante. Ils ne s'engorgent que périodiquement (notamment au début du printemps) lorsque le plan d'eau remonte sensiblement vers la surface; de grosses crues de la rivière peuvent même encore submerger la banquette alluviale où s'étale ce groupement. Les alluvions déposées sont limono-sableuses et même franchement sableuses dans l'horizon de gley qui coiffe et englobe l'ancien lit de galets roulés (2). La texture légère des alluvions ainsi que l'amplitude moyenne d'oscillation de la nappe, assurent aux horizons de surface une excellente aération. Seuls les horizons profonds du profil présentent une structure meuble et asphyxiante.

L'autre phytocénose est une prairie basse à *Festuca rubra (Festucetum)* qui colonise des bancs d'alluvions plus anciennes, parfois remaniées, et où s'est différencié un sol brun alluvial à mull. Les horizons supérieurs, finement grumeleux, subissent un assèchement assez prononcé pendant les mois d'été et ne sont jamais engorgés, même en période de crue. L'ensemble du profil est truffé de cailloutis et gros galets roulés, et sa compacité augmente en profondeur. Au printemps, la floraison de *Narcissus pseudonarcissus* et, en été, celle d'*Hypericum maculatum*, de *Stachys officinalis* et de *Succisa pratensis,* égaye le tapis subcontinu des fétuques. Quelques *Crataegus* trahissent l'évolution future du groupement vers la fruticée.

Les caractéristiques physico-chimiques des deux types de sol sont données dans le tableau I. Une description morphologique détaillée des profils a été publiée par ailleurs (Denaeyer-De Smet et Duvigneaud, 1970).

III. MODALITÉS ANALYTIQUES

Mensuellement, des échantillons de sol frais ont été recueillis sur le terrain et ramenés rapidement au laboratoire dans une enceinte calorifugée. La période de prélèvement s'est échelonnée de janvier à septembre 1970. Une demi-dizaine d'échantillons par horizon étaient à chaque fois prélevés et mélangés en vue d'obtenir un échantillon aussi représentatif que possible des humus étudiés. Après élimination des racines, tamisage et homogénéisation, ils ont été soumis au dosage des formes d'azote minéral, après qu'eurent été déterminés leur pH et leur hydratation. A la suite de l'extraction des ions NO_3 et NH_4 par une solution de $CaCl_2$ N, l'azote est libéré sous sa forme ammoniacale par distillation en présence de MgO et titration par H_2SO_4 N/500; l'azote nitrique est dosé par redistillation après ad-

(2) La grossièreté texturale et la proportion importante de graviers (environ 20 % d'éléments compris entre 0,2 et 2 cm) qui se marque à la base du gley, indiquent que cet horizon s'est développé au sein de l'ancien lit mineur de la Lomme.

TABLEAU 1

Caractéristiques physico-chimiques des différents horizons des deux sols alluviaux étudiés. Valeurs de Ca, Mg, K, Na échangeables, de la somme des cations métalliques échangeables (S) et de la capacité totale d'échange (T), en milliéquivalents pour 100 g de terre fine; taux de saturation (V = S/T.100) en %; taux de carbone, d'azote et de matière organique en %

Association à	*Filipendula ulmaria*			*Festuca rubra*		
Horizon	A_1	A_2g	G	A_1	A_2	(B)
Epaisseur (cm)	20	30	30	15	20	25
Densité apparente	0,80	1,08	1,27	0,63	0,63	0,98
pH	5,0	4,8	5,3	5,1	5,1	5,5
Ca++	3,87	2,02	2,00	4,13	2,19	2,57
Mg++	1,27	0,25	0,13	1,50	0,46	0,38
K+	0,18	0,10	0,07	0,20	0,08	0,08
Na+	0,25	0,35	0,30	0,32	0,28	0,36
S	5,57	2,72	2,50	6,24	3,01	3,39
T	14,88	9,25	4,00	16,02	9,88	10,00
V	37	29	62	38	30	34
Carbone	4,88	2,41	1,34	7,05	2,28	1,08
Azote total	0,65	0,33	0,09	0,69	0,36	0,23
C/N	9,0	5,9	4,9	12,6	8,4	5,7
Matière organique	8,39	3,09	2,31	14,10	3,92	1,42

jonction d'alliage de Devarda. Le 26 juin 1970, des échantillons des horizons humifères ont été collectés de manière analogue et ont été soumis au test d'incubation en laboratoire. Pour ce faire, les échantillons amenés approximativement à humidité équivalente et maintenus à poids constant tout au long de la période d'incubation, ont été distribués dans des erlenmeyers de 500 cc, à raison de 50 g de sol frais par récipient. Ils ont ensuite été entreposés dans une chambre occultée et thermostatisée à 25 °C pendant une période de cinq semaines. Des dosages hebdomadaires ont été effectués suivant la procédure décrite dans les lignes précédentes.

IV. LA MINÉRALISATION AZOTÉE — RÉSULTATS ET COMMENTAIRES

1. Mesures périodiques des teneurs en azote minéral.

Les résultats des dosages effectués sur des échantillons de sol frais prélevés mensuellement dans les horizons humifères de la prairie humide à *Filipendula ulmaria* et dans le pré frais à *Festuca rubra,* sont représentés graphiquement, respectivement dans les figures 1 et 2.

De l'hiver à l'automne, les teneurs en azote minéral restent très faibles, avec un maximum estival, dans l'une et l'autre phytocénose; elles sont toutefois sensiblement supérieures dans l'hydromull du gley alluvial. Les teneurs en azote nitrique ($N.NO_3$) sont peu élevées : de l'ordre de 0,5 mg/100 g de sol sec; elles sont même inférieures à ce chiffre dans le mull du pré à fétuque. Les teneurs en azote ammoniacal ($N.NH_4$) sont, dans les deux cas, plus importantes, voisines du mg/100 g de sol sec. Si l'on suit l'évolution de ces teneurs au cours du temps, des différences notables s'observent entre les deux sols considérés.

a. — Au sein de l'hydromull du gley alluvial, d'assez nettes fluctuations des teneurs en nitrates sont enregistrées. Un minimum est observé fin avril, à une époque où l'on s'attendait logiquement à ce que le métabolisme édaphique et la nitrification soient activés par la hausse de température printanière. Toutefois, si l'on se réfère au graphique retraçant les fluctuations de la nappe aquifère au cœur du profil considéré (fig. 1), on constate que le prélèvement de sol qui affiche une telle pauvreté en $N.NO_3$ a été effectué à une période qui succédait de peu la phase de saturation par l'eau de l'horizon humifère (époque où la remontée maximale de la nappe lors des crues de février-mars vient lécher la surface du sol). L'engorgement de l'humus, favorisant temporairement des conditions d'anaérobiose, semble étouffer les processus de nitrification et entraîner, par réduction, une perte de nitrates et une augmentation corrélative de la teneur en cations ammoniacaux. Cette baisse du réservoir des nitrates coïncide en outre avec le démarrage de la végétation vernale qui y puise activement les substances azotées indispensables à sa croissance.

Enfin, une poussée des teneurs en $N.NO_3$ a été décelée en période estivale. Elle est beaucoup plus estompée dans l'autre phytocénose. Elle s'explique vraisemblablement par :

1° des conditions favorables à une minéralisation active (température élevée alliée à une humidité satisfaisante du substrat, stimulant l'activité biologique du sol),

2° un lessivage météorique réduit (particulièrement au cours de cet été 1970) lié à un mouvement ascendant de l'eau de capillarité, entraînant une accumulation des nitrates en surface,

3° un prélèvement modéré par la rhizosphère du peuplement végétal qui est arrivé à maturité.

Cette hausse rapide des teneurs estivales en nitrates devrait être confirmée dans les années à venir.

b. — Les teneurs en $N.NH_4$ et $N.NO_3$ sont systématiquement plus faibles dans l'horizon humifère du pré à *Festuca rubra* que dans l'humus du groupement envisagé ci-dessus, à deux exceptions près.

1° Dès la fin mars, les teneurs en $N.NH_4$ ne cessent de croître, pour atteindre leur valeur maximale au début de l'été; elles sont à cet instant légèrement plus élevées que leurs homologues de la prairie à *Filipendula ulmaria*.

2° Deux petits maxima sont enregistrés pour les teneurs en $N.NO_3$: l'un fin avril, au moment où l'activité minéralisatrice est stimulée alors que les prélèvements par le couvert graminéen sont encore modestes, l'autre au plein de l'été, et ici aussi attribuable au peu de lessivage qu'a eu à subir le sol durant cette période. Le léger maximum vernal contraste fort avec la chute des teneurs en $N.NO_3$ décelée au sein du groupement à *Filipendula ulmaria,* mais n'étonnera pas quand on sait qu'ici la nappe aquifère n'a plus d'action directe sur les horizons superficiels.

Au vu de ces résultats, la minéralisation azotée semble donc plus intense dans la prairie humide à *Filipendula ulmaria* que dans le pré frais à *Festuca rubra.* Une forte nitrification estivale a en outre été décelée dans le premier groupement où les processus de minéralisation sont aussi plus dépendants des conditions locales d'environnement, vu leur soumission au rythme du plan d'eau. Les données ci-après permettent de préciser les potentialités minéralisatrices des deux humus envisagés.

2. Minéralisation expérimentale par incubation in vitro.

Pendant les cinq semaines d'incubation à 25 °C des échantillons de sol, on constate que la production d'azote ammoniacal est réduite, mais néanmoins plus importante dans le mull du sol brun prairial (fig. 3). Par contre, la production des nitrates est beaucoup plus active et d'un cheminement sensiblement différent dans les deux humus étudiés. En effet, la nitrification des échantillons de sol provenant du *Filipenduletum* est immédiate et importante (quelque 2 mg/100 g de sol sec sont libérés en une semaine, contre moins de 1 mg/100 g de sol sec pour le *Festucetum,* dans le même laps de temps); la production de $N.NO_3$ est plus lente et plus progressive dans le mull du *Festucetum.*

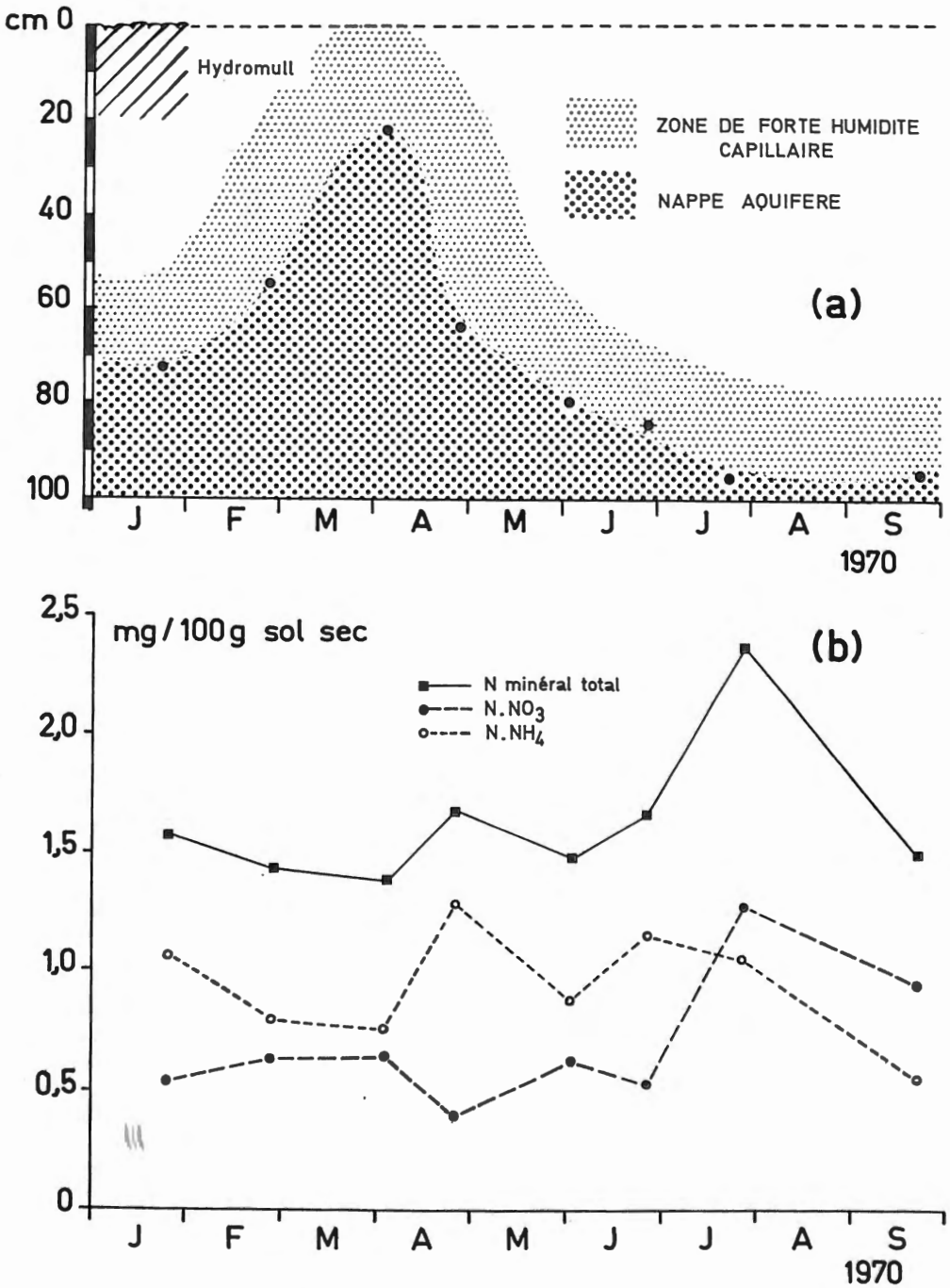

Fig. 1. — La minéralisation de l'azote organique dans l'hydromull de la prairie humide à *Filipendula ulmaria* : en (a), allure générale des fluctuations de la nappe aquifère au sein du profil; en (b), les teneurs en $N.NH_4$, $N.NO_3$ et N min. total ($N.NH_4$ + $N.NO_3$) trouvés sur sol frais (MIRWART, 1970).

Après cinq semaines d'incubation, les quantités suivantes d'azote minéral ont été trouvées, en mg/100 g de sol sec :

	$N.NH_4$	$N.NO_3$	N min. ($N.NH_4+N.NO_3$)
Hydromull du *Filipenduletum*	1,05	6,30	7,35
Mull du *Festucetum*	1,92	3,70	5,62

La production de $N.NO_3$ l'emporte nettement sur celle de $N.NH_4$ dans la prairie humide à *Filipendula ulmaria*. Elle est moindre dans le pré à *Festuca rubra*. L'évolution des taux d'azote nitrique ($N.NO_3$/Nmin. × 100) et ammoniacal ($N.NH_4$/Nmin. × 100) au cours de la période d'incubation le confirme (fig. 4); les taux d'azote nitrique sont tous deux élevés, atteignant 85,7 % dans le *Filipenduletum* et 65,8 % dans le *Festucetum*, mais, par contre, le taux d'azote ammoniacal du mull vaut le double de son homologue de l'hydromull : 34,2 % pour le premier, 14,3 % pour le second. Une accentuation de la sécheresse de sols dont le matériau parent

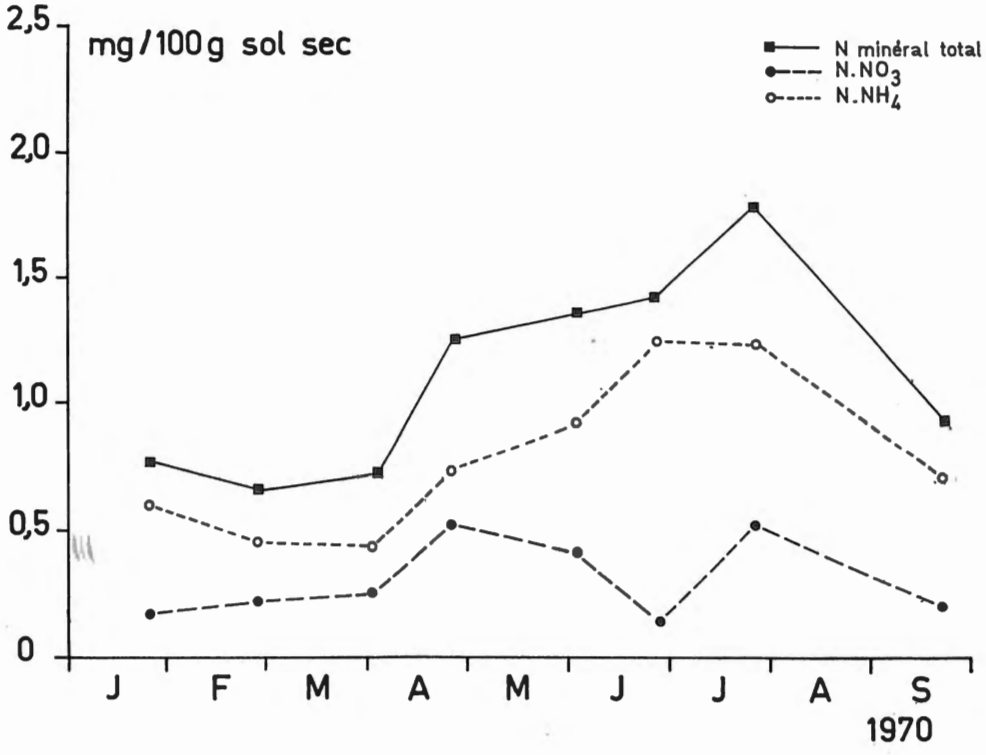

Fig. 2. — La minéralisation de l'azote organique dans le mull du pré frais à *Festuca rubra* : les teneurs en $N.NH_4$, $N.NO_3$ et N min. total ($N.NH_4$ + $N.NO_3$) trouvées sur sol frais (MIRWART, 1970).

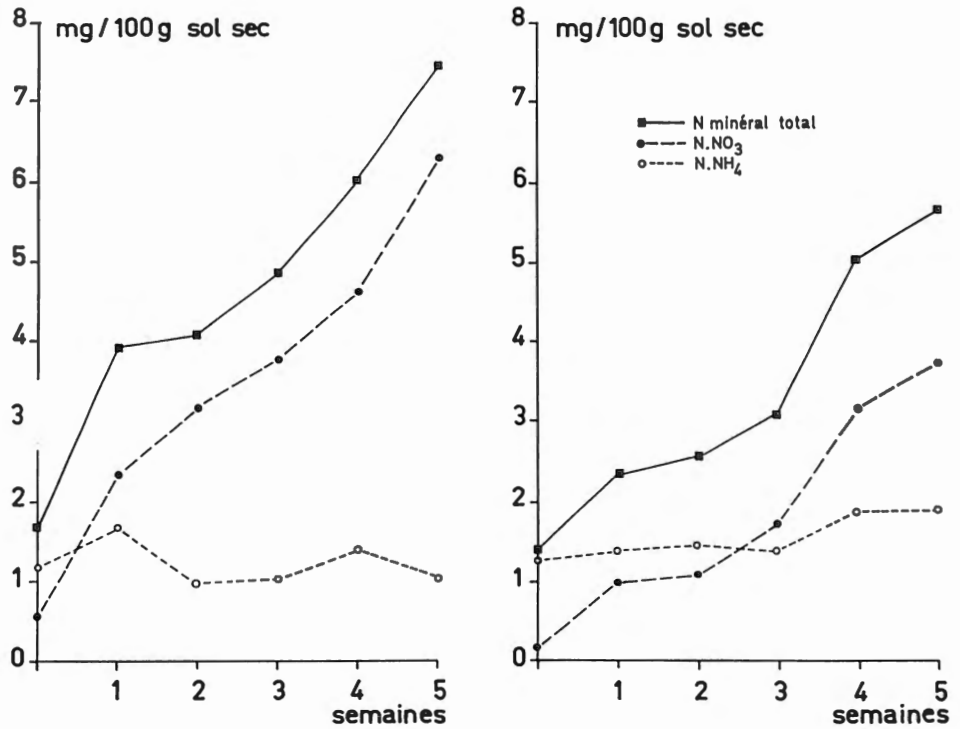

Fig. 3. — Evolution des teneurs en $N.NO_3$, $N.NH_4$ et N min. total ($N.NO_3$ + $N.NH_4$) au cours des cinq semaines d'incubation à 25 °C : à gauche, dans l'hydromull du *Filipenduletum*; à droite, dans le mull du *Festucetum* (MIRWART, juin 1970).

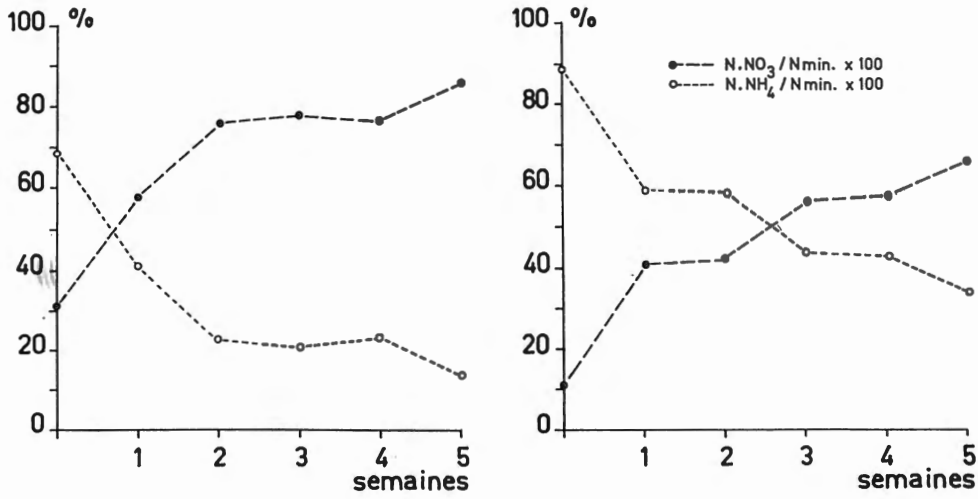

Fig. 4. — Evolution des taux d'azote nitrique ($N.NO_3/N$ min. × 100) et ammoniacal ($N.NH_4/N$ min. × 100) au cours de cinq semaines d'incubation à 25 °C : à gauche, dans l'hydromull du *Filipenduletum*; à droite, dans le mull du *Festucetum* (MIRWART, juin 1970).

est aussi pauvre en éléments biogènes semble donc orienter la minéralisation azotée dans le sens d'une prépondérance de l'ammonification sur la nitrification. Ceci peut d'ailleurs être vérifié indirectement sur les terrasses alluvionnaires les plus marginales où l'apparition d'espèces acidophytes telles que *Festuca tenuifolia, Sieglingia decumbens* et *Galium saxatile* reflète la présence d'un humus moins bien minéralisé et plus acide.

En dépit d'une bonne nutrition azotée à base de nitrates, le taux de minéralisation globale (Nmin./Ntotal × 100) et les taux d'ammonification ($N.NH_4$/Ntotal × 100) et de nitrification ($N.NO_3$/Ntotal × 100) qui en découlent restent très faibles après cinq semaines d'incubation (fig. 5) :

	$\frac{N.NH_4}{N\ total} \times 100$	$\frac{N.NO_3}{N\ total} \times 100$	$\frac{N\ min.}{N\ total} \times 100$
Hydromull du *Filipenduletum*	0,16	0,97	1,13
Mull du *Festucetum*	0,28	0,53	0,81

Un aussi faible taux de minéralisation peut paraître paradoxal dans le cas d'humus dont le rapport carbone/azote est bas, et en particulier pour l'hydromull du sol de prairie humide dont le C/N est de l'ordre de 9 unités. Néanmoins un rapport C/N bas ne traduit somme toute qu'une grande vitesse de minéralisation de la matière organique fraîche et ne

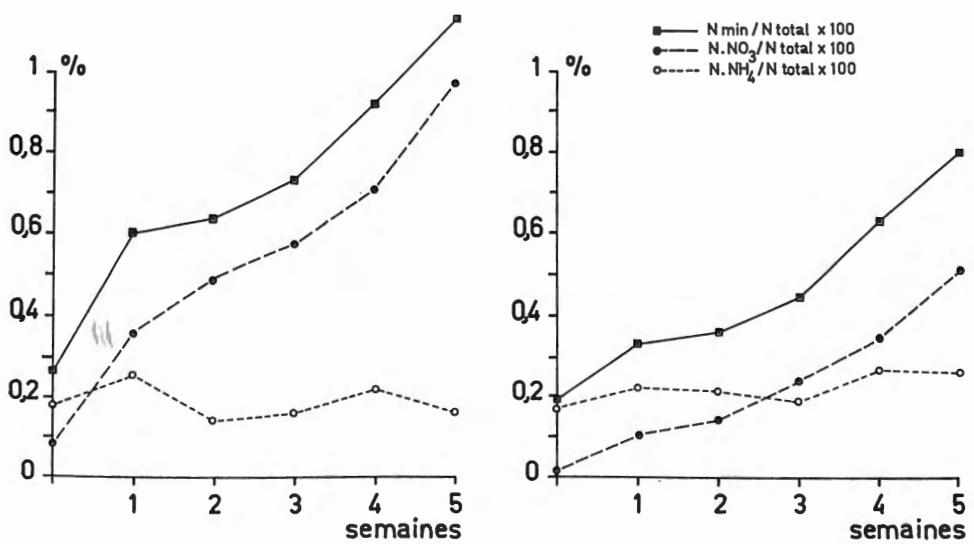

Fig. 5. — Evolution des taux de nitrification ($N.NO_3$/N total × 100), d'ammonification ($N.NH_4$/N total × 100) et de minéralisation globale (N min./N total × 100) au cours de cinq semaines d'incubation à 25 °C : à gauche, dans l'hydromull du *Filipenduletum*; à droite, dans le mull du *Festucetum* (MIRWART, juin 1970).

préjuge pas de la cinétique de minéralisation de l'humus proprement dit, minéralisation qui elle peut être beaucoup plus progressive (DUCHAUFOUR, 1965). L'importance de l'horizon d'hydromull (20 cm d'épaisseur) et son fort taux humifère (8,4 % de matière organique et 0,65 % d'azote total portent à penser qu'une bonne partie des composés azotés rapidement libérés par la litière est incorporée sous forme organique dans l'horizon humifère par réorganisation, et ce serait la minéralisation de cet humus stocké dans le A_1 qui libérerait progressivement l'azote minéral. Ce processus permettrait d'expliquer un taux de minéralisation particulièrement faible mais qui, appliqué à un capital important, fournirait néanmoins une quantité appréciable d'azote minéral (3). Ceci est corroboré par les valeurs des divers postes rapportées à l'hectare, en tenant compte de la structure et du développement des horizons (DUVIGNEAUD et FROMENT, 1969; FROMENT, 1970) :

	$N.NH_4$	$N.NO_3$	N min.
	en kg/ha		
Hydromull du *Filipenduletum*	21,0	126,0	147,0
Mull du *Festucetum*	18,2	35,2	53,4

Cinq semaines d'incubation à l'étuve permettent donc d'établir que la production d'azote minéral ramenée à l'hectare est près de trois fois plus élevée dans la prairie humide à *Filipendula* que dans le pré frais à *Festuca*. Quant à la production d'azote nitrique, elle y est également triplée.

V. CONCLUSIONS

La minéralisation azotée des humus de deux types de sols de la plaine alluviale de la Lomme a été étudiée, tant sur le terrain qu'expérimentalement en laboratoire. Des mesures ont été effectuées d'une part sur l'hydromull d'un gley alluvial que colonise une prairie humide à *Filipendula ulmaria,* d'autre part sur le mull d'un sol brun alluvial coiffé d'un pré frais à *Festuca rubra*. Des dosages mensuels instantanés des formes minérales d'azote (azote minéral global, nitrique et ammoniacal) menés *in situ* ont permis d'esquisser le cours des fluctuations de la nutrition azotée des deux phytocénoses, de janvier à septembre 1970. En période hivernale, les teneurs en azote minéral sont faibles dans les deux types d'humus. Avec l'augmentation printanière du thermisme de l'habitat, se produit une activation du métabolisme minéralisateur du sol qui perdure jusqu'en été où

(3) Le fort développement spatial de la rhizosphère dans ces végétations alluviales est vraisemblablement à mettre en relation avec cette hypothèse.

elle devient optimale. Son cheminement est régulier dans le pré frais, plus haché dans la prairie humide où l'engorgement vernal de l'horizon humifère, provoquant une légère anaérobiose temporaire, est à l'origine d'une chute très perceptible du taux de nitrates. Celle-ci est toutefois contrebalancée par une forte activité nitrificatrice en période estivale.

Des tests d'incubation en laboratoire ont confirmé la prépondérance des phénomènes de nitrification sur ceux d'ammonification dans les sols envisagés et particulièrement dans le gley alluvial, comme en témoignent les quantités relatives des formes azotées produites après cinq semaines d'incubation. Cette dominance de la nitrification est nette dans le *Filipenduletum,* fort atténuée dans le *Festucetum* où un assèchement plus prononcé de l'humus en période estivale lui est néfaste. De très faibles taux de minéralisation globale sont contrebalancés par un fort développement des horizons humifères, comme le prouvent les valeurs rapportées à l'hectare.

Il semble donc qu'une compensation écologique à la pauvreté en éléments biogènes du squelette du sol, due à l'indigence du complexe absorbant de ces limons sableux (2 à 3 % d'argile seulement), est réalisée par une nutrition azotée à nette dominance nitrique et par une économie en eau et une aération satisfaisante (DUVIGNEAUD et DENAEYER-DE SMET, 1970). Enfin, une bonne concordance existe entre les caractères de la végétation et des sols, l'abondance des nitrophytes (*Urtica dioica, Galium aparine, Chamaenerion angustifolium,* etc.) réflétant par leur présence et leur vitalité la richesse en nitrates de l'hydromull des terrasses alluviales jeunes, et leur moindre abondance, voire leur disparition sur le mull plus sec des terrasses plus séniles, y dénotant une baisse sensible des processus de nitrification.

UNIVERSITÉ LIBRE DE BRUXELLES,
LABORATOIRE DE BOTANIQUE SYSTÉMATIQUE ET D'ECOLOGIE.
DIRECTEUR : PROF. P. DUVIGNEAUD,
AV. P. HÉGER 28, 1050 BRUXELLES.

INDEX BIBLIOGRAPHIQUE

DENAEYER-DE SMET, S.

1970. *Forêts de Haute Belgique : Biomasse, productivité et phytogéochimie de la végétation riveraine d'un ruisseau ardennais (Ruisseau de Gembes, à Daverdisse, Ardenne Luxembourgeoise) 2. Aperçu phytogéochimique.* (Bull. Soc. roy. Bot. Belg., 103, 383-396.)

DENAEYER-DE SMET, S. et DUVIGNEAUD, P.

1970. *Forêts de Haute Belgique : Phytogéochimie de deux biotopes alluviaux du bassin de la Lesse ardennaise.* (Bull. Inst. r. Sci. nat. Belg.)

DROUINEAU, G.

1965. *Métabolisme de l'azote dans les sols; aspects agronomique et chimique.* (Ann. Inst. Pasteur, 109, suppl. nº 3, 7-18.)

DUCHAUFOUR, Ph.

1957. *Pédologie. Tableaux descriptifs et analytiques des sols.* (Ecole Nat. des Eaux et Forêts, Nancy.)

1965. *Précis de pédologie.* (Paris, Masson.)

DUVIGNEAUD, P. et DENAEYER-DE SMET, S.

1970. *Forêts de Haute Belgique : Biomasse, productivité et phytogéochimie de la végétation riveraine d'un ruisseau ardennais (Ruisseau de Gembes, à Daverdisse, Ardenne Luxembourgeoise). I. Aperçu sur les sols, la végétation et la biomasse de la strate au sol.* (Bull. Soc. roy. Bot. Belg., 103, 354-382.)

DUVIGNEAUD, P. et FROMENT, A.

1969. *Forêts de Haute Belgique : Eléments biogènes de l'édaphotope et phytocénose forestière.* (Bull. Inst. r. Sci. nat. Belg., 45, 25, 1-48.)

FROMENT, A.

1970. *La Chênaie à Galeobdolon et Oxalis de Mesnil-Eglise (Ferage) : Etude expérimentale de la minéralisation de l'azote organique dans les différents types d'humus.* (Bull. Soc. roy. Bot. Belg., 103, 311-319.)

FROMENT, A. et MOMMAERTS-BILLIET, F.

1969. *La Chênaie mélangée calcicole de Virelles-Blaimont : La respiration du sol, l'azote minéral et la décomposition des feuilles de chêne et de hêtre en relation avec les facteurs de l'environnement.* (Bull. Soc. roy. Bot. Belg., 102, 387-410.)

GÉHU, J. M. et GHESTEM, A.

1965. *La minéralisation expérimentale de l'azote organique de deux systèmes pédobiologiques littoraux naturels (dunes et prés salés).* (Ann. Inst. Pasteur, 109, nº 3, 136-152.)

LEMÉE, G.

1967. *Investigations sur la minéralisation de l'azote et son évolution annuelle dans les humus forestiers in situ.* (Oecologia plantarum, 2, 4, 285-323.)

LOSSAINT, P. et ROUBERT, R.-M.

1964. *La minéralisation de l'azote organique dans quelques humus forestiers acides.* (Ann. Inst. Pasteur, 107, 3, 178-187.)

SCHAEFER, R.

1965. *Aspects du cycle de l'azote dans un mull et un anmoor calciques.* (Ann. Inst. Pasteur, 109, 301-315.)

VAN PRAAG, H. et MANIL, G.

1965. *Observations in situ sur les variations des teneurs en azote minéral dans les sols bruns acides.* (Ann. Inst. Pasteur, 109, suppl. nº 3, 19-49.)

VAN SCHREVEN, D. A.

1965. *Quelques aspects microbiologiques du métabolisme de l'azote dans les sols.* (Ann. Inst. Pasteur, 109, suppl. nº 3, 19-49.)