



HAL
open science

La conservation des échantillons de sols. Ses incidences sur un processus biologique : la nitrification en présence ou non de pesticide

Ginette Simon-Sylvestre, Andrée Beaumont

► To cite this version:

Ginette Simon-Sylvestre, Andrée Beaumont. La conservation des échantillons de sols. Ses incidences sur un processus biologique : la nitrification en présence ou non de pesticide. *Agronomie*, 1982, 2 (6), pp.525-532. hal-00884413

HAL Id: hal-00884413

<https://hal.science/hal-00884413>

Submitted on 11 May 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

La conservation des échantillons de sols. Ses incidences sur un processus biologique : la nitrification en présence ou non de pesticide

Ginette SIMON-SYLVESTRE & Andrée BEAUMONT

I.N.R.A., Station de Science du Sol, Route de S'-Cyr, F 78000 Versailles.

RÉSUMÉ

*Stockage,
Conservation,
Sols,
Échantillons de sols,
Nitrification,
Pesticide,
Métoxuron,
Propamocarbe.*

La conservation des échantillons de sols conduit à des modifications de l'activité de certains micro-organismes du sol. Les résultats rapportés dans ce travail concernent l'influence du mode de conservation (température, humidité) des échantillons de sols et de sa durée (jusqu'à 7 mois) sur l'activité nitrifiante, dans un sol argilo-limoneux. Les expériences ont été effectuées à la fois sur le sol témoin sans traitement et sur le même sol après une application de différentes doses d'un herbicide (métoxuron) ou d'un fongicide (propamocarbe). Dans le cas où l'utilisation d'échantillons de sols fraîchement prélevés n'est pas possible, il apparaît préférable, pour une étude de la nitrification, d'adopter pour l'incubation des sols une durée de 30 jours minimum, afin d'éliminer les effets dus au stockage des échantillons, quel que soit le mode de conservation choisi.

SUMMARY

*Storage,
Preservation
Soils,
Soil samples,
Nitrification,
Pesticide,
Metoxuron,
Propamocarb.*

Effects of the storage of soil samples on nitrification in the presence or absence of a pesticide

The storage of soil samples leads to modification of the activity of some soil microorganisms. The results reported in this work concern the influence of storage conditions (temperature, moisture) and duration (up to 7 months) on the nitrifying activity of a clayey loam. The experiments were carried out with a check soil (untreated with pesticides) and with the same soil treated with different doses of a herbicide (metoxuron) or a fungicide (propamocarb).

If freshly collected soil samples cannot be used, it seems preferable, in research on nitrification, to adopt a soil incubation period of at least 30 days to eliminate effects due to storage of the soil samples, whatever the storage conditions.

I. INTRODUCTION

Pour les agronomes biologistes, la conservation des échantillons de sol constitue un problème majeur, principalement quand il s'agit d'effectuer ultérieurement des dosages de composés apparaissant au cours de cycles biologiques, après dégradation ou synthèse, après oxydation ou réduction, tels l'ammonium, les nitrites, les nitrates, les sulfates... ou bien présentant des liaisons directes avec l'activité des microorganismes du sol, comme les enzymes, les vitamines... C'est pourquoi certains auteurs, dans leurs travaux, n'utilisent que du sol fraîchement prélevé afin d'éviter le séchage qui risque d'altérer la microflore et les propriétés chimiques du sol ; ainsi, CHANDRA & BOLLEN (1961) pour des études microbiologiques (nitrification, respiration, dénombrement) tamisent rapidement le sol prélevé et l'emploient avec son humidité d'origine. Il en est de même pour des recherches effectuées sur l'activité déshydrogénasique des sols par GLATHE & THALMANN

(1970), ROSS (1970), CERNA (1975), BENEFIELD *et al.* (1977). Il arrive également que pour éviter toute modification de l'échantillon de sol, des auteurs commencent déjà l'analyse au champ en stabilisant, au sortir de la sonde, la terre par l'adjonction du réactif d'extraction (études des variations du cycle biologique annuel de l'azote par HÉBERT & KOTTELANNE (1965)).

Ces diverses façons d'opérer peuvent toutefois présenter quelques difficultés techniques, par exemple dans le cas d'un sol trop humide (problème d'homogénéisation) ; aussi, WAINWRIGHT & PUGH (1973), avant de commencer leurs recherches sur le cycle de l'azote, sèchent-ils légèrement leur sol, seulement une nuit, car une dessiccation prolongée aurait tendance à augmenter la minéralisation du carbone et de l'azote. Ainsi, MARY (comm. pers.) a déjà observé que le fait de ramener l'humidité d'un sol de 20-25 p. 100 à 15-17 p. 100 active déjà la minéralisation de ces 2 éléments.

Par ailleurs, des problèmes de main-d'œuvre et d'équipe-

ment se posent parfois dans certains laboratoires, rendant difficile l'analyse rapide d'un grand nombre d'échantillons ou la mise en route de toutes les expériences en même temps ; c'est alors qu'intervient le problème de stockage des échantillons de sols.

Certains microbiologistes conservent leurs sols dans une atmosphère humide à 20 °C (BARTHA *et al.*, 1967). D'autres préfèrent les sécher à l'air libre (DUBEY & RODRIGUEZ, 1970 ; TORSTENSSON, 1974 ; SMITH & WEERARATNA, 1975...) avant d'effectuer des études d'ammonification et de nitrification, ou plus rapidement avec un four infra-rouge (45-50°) (dosages d'azote minéral, CHABANNES, 1969). Quelle que soit la technique de séchage utilisée, la dessiccation entraîne une augmentation de la teneur du sol en azote minéral d'après ce dernier auteur, mais elle ne modifie pas le taux des sulfates « solubles » du sol (SIMON-SYLVESTRE, 1969). Pour SPARLING & CHESHIRE (1979), le séchage des sols en dessous de 15 p. 100 d'humidité amène une diminution de la population microbienne (bactéries et champignons) ainsi qu'une persistance relativement plus importante des levures, persistance observée non seulement dans le cas d'un séchage prolongé mais également après une réhumectation de ces sols en présence de glucose.

En ce qui concerne les activités enzymatiques, elles seraient généralement diminuées lors du séchage à l'air des sols, de 8 à 10 fois d'après KOZLOV (1964), pour l'activité déshydrogénasique. Que les sols soient entreposés secs ou humides, cette diminution de l'activité déshydrogénasique serait identique à 4 °C et à la température du laboratoire (ROSS, 1970a, PANCHOLY & RICE, 1972). Par contre, lors du stockage des sols pendant 28 jours, la carboxyméthyl cellulase voit son activité s'abaisser différemment suivant la température, de 40 à 45 p. 100 au réfrigérateur et de 54 à 71 p. 100 à la température du laboratoire (GOMAH & GOMAA, 1980). Il semblerait d'après AHRENS (1975) que l'humectation des sols séchés à l'air restaure une partie de l'activité déshydrogénasique mais le rapport de cette activité entre les échantillons de sols séchés à l'air et ceux qui sont humidifiés ou humides naturellement est encore, respectivement, de 2 et 3. Pour des températures de conservation plus basses (-20 °C), le gel suivi du dégel cause une légère augmentation de l'activité déshydrogénasique par suite non pas d'une multiplication des germes, mais d'un accroissement de l'assimilabilité des substrats (ROSS, 1970b).

Devant cette disparité des informations relatives aux effets de la conservation des échantillons de sols, plusieurs expériences sont entreprises à Versailles dès le printemps 1980. Le but poursuivi consiste à vérifier si les propriétés biologiques du sol sont conservées intactes après un stockage des échantillons de sol et, en particulier dans notre cas, à s'assurer si l'activité nitrifiante du sol n'est pas altérée avec le temps.

Le travail poursuivi comprend une 1^{re} partie où est précisée l'influence du mode de conservation des échantillons de sol (température de l'entreposage, humidité de la terre) et de sa durée sur l'activité nitrifiante du sol lui-même. Il y est adjointe une étude de l'interaction : mode de conservation × pesticide sur la nitrification.

Dans une 2^e partie, sont abordées les conséquences possibles d'une réhumectation d'un sol, séché à l'air et conservé, sur son aptitude à nitrifier l'azote ammoniacal appliqué.

II. MATÉRIEL ET MÉTHODES

Toutes les expériences sont réalisées avec un sol argilo-limoneux de la région de Dijon dont les caractéristiques essentielles sont rassemblées dans le tableau 1.

Dans la 1^{re} partie du travail, le sol, fraîchement prélevé, est utilisé comme référence. Dès le jour 0, ce sol est partagé en 3 lots conservés différemment :

- séchage à l'air libre, tamisage à 2 mm et stockage en sac plastique,
- entreposage à l'état humide (+ 8 °C) dans un récipient plastifié, grossièrement recouvert d'un plastique,
- conservation à l'état humide au laboratoire (+ 20 °C) dans un sac plastique non fermé hermétiquement.

Dans les lots *b* et *c*, l'humidité initiale (déterminée, au jour 0, égale à 21 p. 100) est maintenue pendant toute la durée des essais.

Après 2 et 5 mois 1/2 de conservation dans de telles conditions, la nitrification est étudiée dans ces 3 lots, en présence ou non d'un pesticide.

Les expériences de la 2^e partie du travail sont effectuées à partir d'un sol séché à l'air libre, tamisé à 2 mm et conservé en sac plastique.

Deux pesticides sont testés dans ces études :

- un herbicide, le métoxuron (urée substituée),
- un fongicide, le propamocarbe (dérivé de l'acide carbamique).

Ils sont appliqués en poudre ou en solution, à plusieurs concentrations, se présentant entre elles dans les rapports suivants : 0, 1/4, 1/2, 1, 2, 5, 10, 20, la concentration $C \times 1$ (tabl. 2) correspondant à la dose normale calculée pour une épaisseur de sol de 25 cm (environ 3 000 t de terre par ha). Dans les conditions de plein champ, il y a un très fort gradient de concentration, alors que celle-ci est constante dans l'expérimentation au laboratoire.

Ces 7 concentrations expérimentées au jour 0, sont ensuite limitées à 3 ($C \times 1/4$, $C \times 1$ et $C \times 20$) pour les

TABLEAU 1

Caractéristiques essentielles du sol de Dijon.
Main characteristics of the soil used (Dijon).

pH eau	7,5	Argile p. 100	34,6
CaCO ₃ p. 1 000	2	Limons fins p. 100	30,3
Azote Kjeldahl p. 1 000	1,49	Limons grossiers p. 100	21,9
Carbone p. 1 000	12,5	Sables fins p. 100	10,9
C/N	8,42	Sables grossiers p. 100	2,1
Matières organiques p. 1 000	21,6		

TABLEAU 2
Pesticides appliqués.
Pesticides used.

Matière active	Dose × 1
Métoxuron	4 kg/ha
Propamocarbe(*)	8,5 g/m ²

(*) Le produit commercial utilisé est du Prévicur SN (solution à 607 g de matière active par litre).

expériences de longue durée, étant donné la multiplication du nombre des essais.

Pour des raisons matérielles, la mise en route des différentes incubations dans le cas de l'application du propamocarbe, a dû être différée de 30 jours. Les essais avec ce fongicide commencent à $t = 30$, la terre ayant été conservée humide à 20 °C pendant cette attente.

Le mode opératoire relatif à l'étude de la nitrification a été détaillé dans un travail précédent (SIMON-SYLVESTRE, 1979). Les différents essais, tous en double exemplaire, sont effectués dans des flacons de 250 ml à large ouverture, fermés avec un film de polyéthylène, contenant chacun l'équivalent de 50 g de terre sèche, mélangé à 50 g de sable siliceux ($1 < \theta < 3$) et à 25 mg de N NH₄ de sulfate d'ammonium, additionné ou non de pesticide. Le tout est amené à une humidité de 17,5 p. 100, compte tenu de ce qui pouvait être apporté par la solution d'azote ammoniacal et, éventuellement, par la terre humide et le pesticide mis en solution. L'incubation se fait à 25 °C et 2 durées d'incubation, 10 j et 30 j, sont envisagées dans ces études. Des flacons « témoin », comprenant le sol seul ou le sol traité avec les divers pesticides aux différentes concentrations considérées, sont ajoutés dans toutes les expériences, si bien que nous avons toujours, pour un temps donné et une durée d'incubation connue, le couple :

terre + sable + pesticide échantillon 1
terre + sable + pesticide + 25 mg N NH₄ échantillon 2

Après incubation, l'azote minéral des sols est extrait par agitation des mélanges (sable + sol) avec du chlorure de calcium N/2, dans le rapport 1/5. Dans les filtrats sont alors effectuées les analyses suivantes (selon les méthodes habituelles) :

— l'azote ammoniacal par distillation en présence de magnésie,

— l'azote minéral (ammoniacal + nitrique + nitreux) par distillation en présence de magnésie après réduction de NO₃ et NO₂ par l'alliage Dewarda,

— l'azote nitreux par colorimétrie (à l'aide du réactif de LOMBARD, 1913).

Une étude antérieure de la dispersion des résultats obtenus avec ces différentes méthodes d'analyse (SIMON-SYLVESTRE, 1979), permet de considérer ces techniques utilisées comme satisfaisantes.

Les résultats sont exprimés en « taux de nitrification », lequel pour un temps donné et une durée d'incubation choisie, renseigne sur l'activité de la flore nitrifiante à ce même instant ; il est ainsi défini :

taux de nitrification $t =$

$$\frac{[N(NO_3 + NO_2) \text{ échantillon } 2]_t - [N(NO_3 + NO_2) \text{ échantillon } 1]_t}{[N(NH_4) \text{ apporté échantillon } 2]_0} \times 100$$

III. RÉSULTATS ET DISCUSSION

A. Influence sur le taux de nitrification du mode de conservation des échantillons de sol et de sa durée

1. Cas de la terre seule

Il ressort du tableau 3 les points principaux suivants :

— le taux de nitrification est particulièrement élevé dans ce sol de Dijon : il atteint déjà 57,6 p. 100 avec 10 j d'incubation et s'élève à 85,4 p. 100 après 30 j pour le sol fraîchement prélevé non conservé ;

— il suffit de 30 j de conservation du sol maintenu humide à la température du laboratoire pour enregistrer une baisse de 10 p. 100 du taux de nitrification (pour 10 j d'incubation) ;

— cette baisse de 10 p. 100 ne s'accroît pratiquement plus, que la terre humide continue d'être conservée à la température du laboratoire ou à 8 °C, qu'elle reste ainsi 1, 2, 3, 5 mois 1/2 ou 6 mois 1/2, toujours pour 10 j d'incubation ;

— le séchage de la terre à l'air entraîne une baisse importante du taux de nitrification, atteignant près de 50 p. 100 pour 10 j d'incubation et 60 j de conservation. Des valeurs voisines sont trouvées pour 2, 3 et 5 mois 1/2 de stockage. Un résultat légèrement supérieur pour 6 mois 1/2 reste encore inexplicé ;

— une incubation de 30 j permet de retrouver des taux de nitrification très voisins pour des échantillons de sol stockés dans des conditions différentes (température et humidité) et pendant des durées variables. Il se peut qu'il y ait une adaptation de certaines bactéries de la nitrification aux différentes conditions de conservation et en particulier

TABLEAU 3

Influence des conditions et de la durée de conservation du sol sur les taux de nitrification.
Nitrification rate in relation to the conditions and duration of soil storage.

Durée d'incubation pour l'étude de la nitrification		10 j	30 j
	Durée de conservation des échantillons de terre		
	Conditions de la conservation		
0		57,6	85,4
30 j	humide, 20 °C	47,2	88,9
60 j	séchée air	31,5	85,9
	humide, 8 °C	46,6	88,2
	humide, 20 °C	48,6	87,3
90 j	séchée air	27,5	
	humide, 8 °C	50,3	
	humide, 20 °C	43,4	
165 j	séchée air	28,1	87,3
	humide, 8 °C	48,1	87,8
	humide, 20 °C	49,7	89,3
195 j	séchée air	35,9	85,1
	humide, 8 °C	47,2	88,8
	humide, 20 °C	50,8	90,3

au séchage du sol à l'air. Il est également possible qu'un grand nombre de bactéries de la nitrification aient perdu de leur vitalité au cours du séchage ; les quelques cellules restées viables se multiplient quand les échantillons de sol sont placés à nouveau dans des conditions favorables (incubation). Ces deux hypothèses apparaissent être étayées par le fait que 10 j d'incubation ne suffisent pas, dans le 1^{er} cas, pour reprendre une activité normale, ni dans le 2^e, pour atteindre une population normale active. Finalement, après 30 j d'incubation, tout semble s'être rétabli et toute trace de conservation quelle qu'elle soit, n'apparaît plus dans les taux de nitrification, pour le type de sol étudié.

2. Cas d'un traitement pesticide

α) Métoxuron (fig. 1 et tabl. 4)

Dans le cas d'une application de métoxuron au temps $t = 0$, après 10 j d'incubation, l'herbicide, mis à part une très légère action stimulante (à la limite de la signification) pour la plus petite dose utilisée, exerce un effet dépressif sur le taux de nitrification qui varie en sens inverse de la quantité d'herbicide appliquée.

Par contre, les différences suivant les doses utilisées s'estompent pour 30 j d'incubation et le taux de nitrification se maintient alors aux environs de 85-89 p. 100 comme dans l'échantillon témoin sans pesticide. Une disparition totale de l'effet dépressif du métoxuron par suite de la dégradation de ce produit, de son adsorption par les colloïdes du sol, d'une adaptation des bactéries de la nitrification à cet herbicide, d'une sélection des souches de bactéries résistantes à ce produit, sont autant d'hypothèses qui peuvent être avancées et superposées pour expliquer ce nivellement total des résultats. D'après FOURNIER (comm. orale), cet herbicide se fixerait aussi rapidement qu'il se dégraderait et, en 2 mois, 40 p. 100 seraient déjà décomposés.

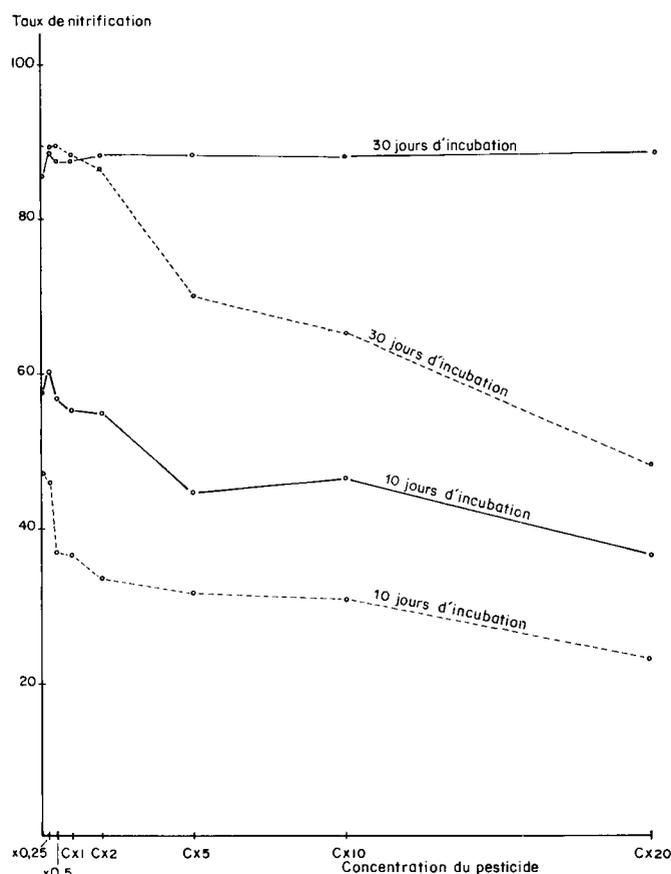


Figure 1

Influence d'un apport de métoxuron ou de propamocarbe sur les taux de nitrification (jour 0).

Effect of metoxuron or propamocarbe on nitrification rate (day 0).

— Métoxuron

- - - Propamocarbe.

TABLEAU 4

Taux de nitrification en présence de métoxuron.
Nitrification rate in the presence of metoxuron.

Durée de conservation des échantillons de terre		0		2 mois		5 mois 1/2		
		10 j	30 j	10 j	30 j	10 j	30 j	
Durée d'incubation pour l'étude de la nitrification		10 j	30 j	10 j	30 j	10 j	30 j	
Témoin	terre humide du départ de l'expérience	c × 0,25	57,6	85,4				
		c × 1	60,2	89,1				
		c × 20	55,3	87,3				
Témoin	terre séchée à l'air	c × 0,25			31,5	85,9	28,1	87,3
		c × 1			27,3	88,0	27,3	87,3
		c × 20			30,1	77,0	26,6	87,3
Témoin	terre conservée humide au réfrigérateur (8 °C)	c × 0,25			46,6	88,2	48,1	87,8
		c × 1			46,0	88,7	46,7	88,2
		c × 20			46,6	63,9	46,0	89,4
Témoin	terre conservée humide au laboratoire (20 °C)	c × 0,25			48,7	87,3	49,8	89,3
		c × 1			47,3	87,7	48,8	89,1
		c × 20			46,7	89,1	45,7	90,0
					34,0	87,1	32,9	88,2

La conservation des échantillons de sol conduit, pour 10 j d'incubation, à une accentuation de l'effet dépressif de l'herbicide constaté au temps $t = 0$, avec un renforcement de l'action pour la terre séchée à l'air. Des résultats comparables sont généralement obtenus après 2 et 5 mois 1/2 de stockage des échantillons de sol maintenus humides, à 8 ou à 20 °C.

Avec une incubation plus longue (30 j), les différences en fonction des doses disparaissent comme au temps $t = 0$, que le sol humide ait été séché à l'air ou conservé humide à 8 ou 20 °C, pendant 2 ou 5 mois 1/2. Seules les doses $c \times 1$ pour 2 mois de conservation et $c \times 20$ pour 2 et 5 mois 1/2 de stockage dans le cas d'un sol séché à l'air laissent encore apparaître un effet dépressif.

Il est fort vraisemblable que le comportement de l'herbicide diffère suivant le mode de stockage du sol. L'adsorption du métoxuron sur les colloïdes minéraux du sol et sa dégradation sont sans doute moins importantes après une dessiccation à l'air du sol, ce qui laisserait l'herbicide plus actif, donc plus agressif envers les bactéries de la nitrification. Une vérification de ces suppositions pourrait constituer le sujet d'une recherche ultérieure.

β) Propamocarbe (fig. 2 et tabl. 5)

Le fait de ne pas avoir mis en route les essais avec le propamocarbe aussitôt après le prélèvement de la terre, s'est traduit par une évolution immédiate de la terre humide et de ses propriétés, marquée par une nitrification moins importante au temps $t = + 30$ j, non seulement dans l'échantillon témoin (tabl. 3), mais sans doute dans les échantillons de terre traités avec du propamocarbe. L'effet dépressif de ce produit sur la nitrification paraît plus accentué qu'avec le métoxuron pour une incubation de 10 j et, comme pour l'herbicide, il augmente avec la dose de produit employée.

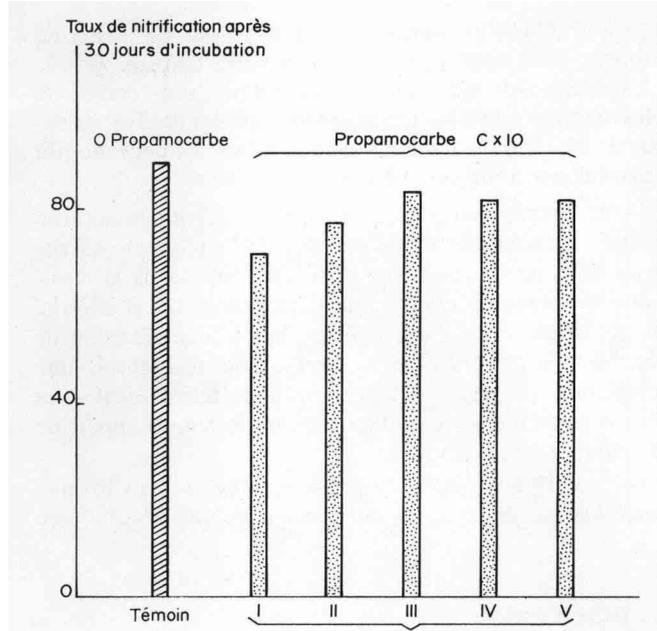


Figure 2
Influence sur les taux de nitrification du fractionnement de l'apport de propamocarbe.

Effect of fractionated propamocarb treatment on nitrification rate.

		Quantités apportées tous les 5 jours (Amounts applied every five days)				
		J_0 (D_0)	J_5 (D_5)	J_{10} (D_{10})	J_{15} (D_{15})	J_{20} (D_{20})
I	$C \times 10 = 5/5$	—	—	—	—	—
II	1/5	4/5	—	—	—	—
III	1/5	1/5	3/5	—	—	—
IV	1/5	1/5	1/5	2/5	—	—
V	1/5	1/5	1/5	1/5	1/5	1/5

TABLEAU 5

Influence sur les taux de nitrification de la durée de la conservation du sol, à l'état humide à 20 °C, en présence de propamocarbe.
Nitrification rates in the presence of propamocarb : effect of storage time for a wet soil, at 20 °C.

Durée de conservation des échantillons de terre		30 j		30 j + 2 mois		30 j + 5 mois 1/2	
Durée d'incubation pour l'étude de la nitrification		10 j	30 j	10 j	30 j	10 j	30 j
Témoin $c \times 0,25$ $c \times 1$ $c \times 20$	terre du départ de l'expérience	47,2	90				
		45,9	88,4				
		36,6	88,2				
		23,1	48,1				
Témoin $c \times 0,25$ $c \times 1$ $c \times 20$	terre séchée à l'air			27,5		35,9	85,2
				25,2		33,1	86,6
				20,7		25,9	85,2
				13,0		8,8	43,6
Témoin $c \times 0,25$ $c \times 1$ $c \times 20$	terre conservée humide au réfrigérateur (8 °C)			50,3		47,2	88,8
				43,6		44,1	87,0
				39,0		35,9	88,4
				23,5		18,7	39,6
Témoin $c \times 0,25$ $c \times 1$ $c \times 20$	terre conservée humide au laboratoire (20 °C)			43,4		50,9	90,4
				43,8		44,3	89,3
				39,6		38,2	63,7
				21,7		19,3	38,2

Après 30 j d'incubation, l'effet dépressif du fongicide subsiste seulement pour les doses supérieures à $C \times 2$. L'explication de cette observation relève, sans doute, de plusieurs mécanismes. Les résultats suivants de 2 expériences de laboratoires réalisées avec le même sol peuvent être la conséquence de ces mêmes mécanismes :

— le fractionnement d'un apport de propamocarbe conduit à une diminution d'intensité de l'effet dépressif vis-à-vis de la nitrification (fig. 3). C'est peut-être là la résultante de plusieurs effets : une décroissance de la nocivité du fongicide avec la quantité appliquée, une sélection de souches de bactéries de la nitrification résistantes, une adaptation progressive de certaines bactéries nitrifiantes leur permettant de se multiplier avant le nouvel apport de propamocarbe ;

— une 1^{re} application de propamocarbe est plus toxique pour les bactéries de la nitrification qu'une 2^e effectuée

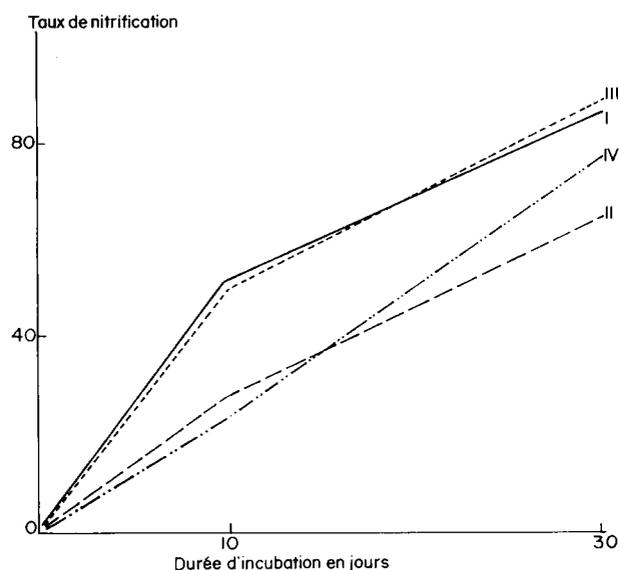


Figure 3

Influence sur les taux de nitrification d'une succession de traitements au propamocarbe.

Effect of successive propamocarb treatments on nitrification rate.

I-III : Témoin (Check)

II-IV : Témoin + propamocarbe $C \times 10$ (Check + propamocarb $C \times 10$)

III et IV : Traitement 30 jours auparavant avec du propamocarbe $C \times 10$ (Treatment with propamocarb $C \times 10$, 30 days before).

1 mois plus tard (fig. 4). D'après FOURNIER (comm. orale), il faut attendre 15 j avant que ne commence la dégradation biologique du fongicide, laquelle dure environ 1 mois, si bien que la 2^e application de propamocarbe survient en pleine dégradation du 1^{er} apport. La phase de latence n'existe plus et la microflore dégradante présente entre immédiatement en action : l'effet dépressif du fongicide est alors moindre.

Une 1^{re} évolution s'étant déjà produite dans la terre humide entre $t = 0$ et $t = 30$ j, les taux de nitrification, après une application de propamocarbe, n'apparaissent que peu modifiés pour les échantillons de terre conservés humides pendant 2 ou 5 mois 1/2 supplémentaires (à la fois pour 10 et 30 j d'incubation), comparativement aux résultats obtenus pour $t = 30$ j. Quant au séchage de la terre à l'air, il conduit, pour 10 j d'incubation, à un fort abaissement du taux de nitrification dans les échantillons de sol conservés, tandis que pour 30 j, les résultats se rapprochent de ceux obtenus avec les autres modes de conservation.

Il faut remarquer l'effet dépressif durable, même après 30 j d'incubation, de la dose élevée du propamocarbe vis-à-vis de l'activité nitrifiante du sol, quel que soit le mode de stockage des échantillons de sol. Des études plus complètes sur l'évolution de ce fongicide dans le sol permettraient sans doute d'expliquer la différence de comportement entre les 2 pesticides étudiés.

B. Influence sur le taux de nitrification de la réhumectation d'un sol séché à l'air et conservé

Deux expériences ont été menées pour vérifier si les effets de la conservation des échantillons de sol sont réversibles et si, en conséquence, il est possible d'accroître le taux de nitrification dans un sol séché à l'air et conservé, en le réhumectant et en le laissant ainsi humide pendant quelques semaines afin que l'équilibre biologique se rétablisse.

1. Le 26 février 1980, considéré comme le jour 0, de la terre de Dijon séchée à l'air et conservée en l'état, a été humidifiée jusqu'à pF 3, puis, après 3 semaines à 20 °C, cette terre humide a été partagée en 3 lots identiques à ceux définis dans la 1^{re} partie de cette publication. Des études de nitrification ont ensuite été effectuées au cours du temps ; les résultats en sont présentés dans le tableau 6.

Plusieurs observations découlent de cette expérience :

— l'humectation d'une terre séchée à l'air permet d'augmenter l'activité nitrificatrice de cette terre (incuba-

TABLEAU 6

Influence de l'humectation d'un sol séché à l'air sur les taux de nitrification.
Effect of the moistening of an air-dried soil on nitrification rate.

Date des essais	26/2/80	21/3/80	11/4/80	10/6/80	26/8/80
Durée d'incubation pour l'étude de la nitrification	10 j	33 j	10 j	10 j	35 j
Terre séchée à l'air	24,5	72,3			
Terre réhumectée le 26/2/1980 puis maintenue humide à 20 °C jusqu'au 21/3/80		38,7			
A partir du 21/3/1980					
terre réhumectée → terre séchée air			32,7	32,7	75,7
→ terre humide, 20 °C			37,3	34,5	70,2
→ terre humide, 8 °C			34,3	34,8	72,8

tion pendant 10 j) ; n'ayant pas fait d'étude de nitrification quand la terre a été prélevée en mai 1979, il nous est impossible de préciser si le taux de nitrification du départ est atteint. Cette humectation préalable amène un raccourcissement de la phase de latence qui précède une reprise d'activité dans un sol sec, mais ne la supprime pas ; en effet, avec 23 j d'humectation et après 10 j d'incubation (= 33 j), le taux de nitrification atteint 38,7 p. 100 alors qu'il est de 72,3 p. 100 après 33 j d'incubation pour un sol sec.

— Par ailleurs, cet accroissement du taux de nitrification après une humectation n'est pas durable. Ainsi, pour une terre conservée humide à 20 °C et pour 10 j d'incubation, nous retrouvons cette baisse de nitrification mentionnée précédemment : le taux de nitrification passe en effet de 38,7 à 37,3 et 34,5 p. 100, 23, 44 et 105 j, respectivement, après l'humectation.

— Comme dans l'expérience décrite dans la 1^{re} partie de ce travail, les quantités de nitrates formées après un mois d'incubation ne varient pas (ou seulement très peu) suivant le conditionnement de la terre : séchage à l'air, réhumectation du sol séché air ; conservation à 8 ou 20 °C, à l'état humide du sol réhumecté, ou nouveau séchage à l'air du sol conservé humide.

2. Dans une 2^e expérience, de l'air sec ou humide est fait circuler pendant une dizaine de jours dans des récipients contenant de la terre de Dijon séchée à l'air ou réhumectée jusqu'à pF 3, si bien que nous sommes en présence de 4 lots de terre différents :

terre humidifiée pF 3	}	passage d'air humide
terre séchée à l'air		
terre humidifiée pF 3	}	passage d'air sec
terre séchée à l'air		

Tout est identique dans ces 4 lots : le volume balayé par l'air et le débit utilisé. Ce dernier est tel qu'en présence d'air humide, la terre réhumectée ne voit pratiquement pas son poids varier pendant la durée de l'expérience (de l'ordre de 1 p. 100 seulement) et la terre sèche s'humidifie légèrement (2,5 p. 100). Les 2 autres lots, balayés par l'air sec, se dessèchent relativement rapidement et complètement :

— en 2 à 4 j pour la terre séchée à l'air au départ (- 2,5 p. 100),

— et en 3 à 4 j pour la terre précédemment humidifiée (- 26,7 p. 100).

Dès l'arrêt du passage de l'air, les divers échantillons de sols sont mis en incubation en présence d'azote ammoniacal (10 et 33 j) pour l'étude de la nitrification (tabl. 7).

TABLEAU 7

*Influence de différents traitements du sol sur les taux de nitrification.
Effect of different soil treatments on nitrification rate.*

Durée d'incubation pour l'étude de la nitrification	10 j	33 j
Terre séchée (au départ)	30,6	72,3
Terre réhumectée	33,2	65,1
Terre séchée	31,4	73,5
Terre réhumectée	5,7	73,8
Terre séchée	8,3	69,0

Avec le passage d'air humide, pour 10 j d'incubation, la nitrification est comparable à celle qui a lieu dans le sol

témoin ; par contre, elle est très réduite dans le cas d'un air sec traversant un sol précédemment humide ou non, et le desséchant.

Après 33 j d'incubation, les différences précédentes se sont pratiquement estompées ; les bactéries responsables de la nitrification n'avaient donc pas totalement disparu avec le dessèchement prolongé et accentué du sol. La majeure partie de ces bactéries a dû être détruite et seules, vraisemblablement, sont restées quelques souches résistantes et certaines cellules bactériennes bien protégées de la dessiccation. La faible valeur du taux de nitrification trouvée après 10 j d'incubation indique une très lente reprise de leur activité, c'est sans doute une période de multiplication. Puis, en 33 j de conditions favorables, ces bactéries redeviennent fonctionnelles à part entière.

IV. CONCLUSION

Un sol, stocké humide au laboratoire à une température voisine de 20 °C, subit une évolution en ce qui concerne son aptitude à nitrifier l'azote ammoniacal apporté. Ainsi, en 4 semaines de conservation, le taux de nitrification diminue fortement, dans nos conditions d'expérimentation (10 j d'incubation), puis il semble se stabiliser. Les résultats obtenus sont d'ailleurs similaires, que le sol humide soit conservé 2 ou 5 mois 1/2, à 8 ou à 20 °C. Le séchage à l'air accentue encore cette diminution ; toutefois il est possible de recouvrer, tout au moins partiellement, cette aptitude à nitrifier, en réhumectant le sol et en attendant que l'équilibre biologique soit rétabli, même dans des conditions extrêmes de dessiccation. Les bactéries responsables de la nitrification ne disparaissent pas totalement du sol, mais il faut 1 mois d'incubation dans des conditions favorables pour que les survivantes reprennent une activité normale.

Les effets dépressifs causés sur la nitrification par l'application de métoxuron ou de propamocarbe, déterminés après 10 j d'incubation sont eux aussi renforcés avec le stockage du sol et, tout particulièrement, dans le cas d'une dessiccation à l'air préalablement. En 30 j d'incubation par contre, la nitrification semble être redevenue normale dans la majorité des cas. Toutefois, il est nécessaire d'effectuer des études complémentaires sur le comportement des pesticides dans le sol avant de donner une explication justificative :

— à ce nivellement des taux de nitrification, quelle que soit la quantité de métoxuron appliquée ;

— et à l'effet dépressif durable de la dose élevée de propamocarbe pour les 3 modes de conservation des échantillons de sol.

Ces premiers résultats incitent à la réflexion, bien qu'il ne s'agisse là que d'une étude limitée à un seul type de sol et à 2 pesticides utilisés à des doses qui peuvent paraître élevées alors qu'elles le sont beaucoup moins puisque le produit de traitement est mélangé à tout le volume du sol.

En absence de sol fraîchement prélevé, qui constitue l'idéal pour des études biologiques, il paraît raisonnable dans le cas de la nitrification de poursuivre les études d'incubation pendant au moins 30 j afin d'éliminer les effets négatifs occasionnés par la conservation du sol. Dans une étude récente sur un sujet similaire, GREAVES *et al.* (1980) conseillent, pour des recherches générales sur les effets des pesticides sur la microflore du sol, de stocker la terre à 2-4 °C pendant moins de 10 semaines, en absence de dessiccation et d'inondation ; ils pensent qu'ensuite 2 j à 20 °C

avant l'utilisation de la terre suffisent pour permettre un rétablissement satisfaisant de l'équilibre biologique.

La présentation de ces premiers résultats et l'énoncé de ces quelques conseils quant à la conservation des échantillons de sol et leur utilisation dévoilent la complexité des

divers processus biologiques du sol et incitent à la prudence dans leurs études.

Reçu le 15 avril 1981.
Accepté le 16 février 1982.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Ahrens E.**, 1975. Comparaison de l'activité déshydrogénasique dans des échantillons de sols séchés à l'air ou humides. *Landwirtsch. Forsch.* **28** (4), 310-316.
- Bartha R., Lanzilotta R. P., Pramer D.**, 1967. Stability and effects of some pesticides in soil. *Appl. Microbiol.* **15** (1), 67-75.
- Benefield C. B., Howard P. J. A., Howard Doreen M.**, 1977. The estimation of dehydrogenase activity in soil. *Soil Biol. Biochem.*, **9**, 67-70.
- Cerna S.**, 1975. The effect of A.I.T.C. on the activity of dehydrogenase in soil. *Rostl. Vyroba* **21** (3), 233-241.
- Chabannes J.**, 1969. Influence de la dessiccation sur la détermination des variations saisonnières de l'azote minéral des sols. *C.R. Acad. Agric. Fr.*, 783-791.
- Chandra Purna, Bollen W. B.**, 1961. Effects of nabam and mylonc on nitrification, soil respiration and microbial numbers in four Oregon soils. *Soil Sci.* **92**, 387-393.
- Dubey H. D., Rodriguez Rita L.**, 1970. Effect of dyrene and maneb on nitrification and ammonification and their degradation in tropical soils. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* **34**, 435-439.
- Glathe H., Thalmann A.**, 1970. L'activité microbiologique et les relations avec les caractéristiques de la fertilité de certains sols cultivés en fonction de l'activité de la déshydrogénase. I. Recherches de méthodes pour déterminer la réduction du TTC. *Zentralbl. Bakteriol. Parasitenkd. Infektionskr. Hyg., II Abteilung* **124** (1), 1-23.
- Gomah A. M., Gomaa M. A.**, 1980. CM. cellulase activity in soil as affected by addition of organic materials, temperature storage and drying and wetting cycles. *Z. Pflanzenernaehr. Bodenkd.* **143**, 349-356.
- Greaves M. P., Poole N. J., Domsch K. H., Jagnow G., Verstraete W.**, 1980. *Recommended tests for assessing the side effects of pesticides on the soil microflora*. Technical Report n° 59. Weed Research Organization, 10 p.
- Hébert J., Kottelanne**, 1965. Les fluctuations rapides de l'azote minéral dans le sol et leurs conséquences agronomiques. *Ann. Inst. Pasteur*, 167-183 (supplément du n° 3).
- Kozlov K. A.**, 1964. The enzyme activity of the soil as an indicator of its biological activity. *8th Intern. Cong. Soil Sci.*, Bucarest III, 719-724.
- Lombard M.**, 1913. Une méthode pratique de dosage des nitrites dans les eaux potables. *Bull. Soc. Chim. Fr.* **13**, 304-309.
- Pancholy S. K., Rice E. R.**, 1972. Effect of storage conditions on activities of urease, invertase, amylase and dehydrogenase in soil. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* **36** (3), 536-537.
- Ross D. J.**, 1970a. Effects of storage on dehydrogenase activities of soils. *Soil Biol. Biochem.* **2**, 55-61.
- Ross D. J.**, 1970b. Effect of freezing and thawing of some grassland topsoils on oxygen uptakes and dehydrogenase activities. *Soil Biol. Biochem.* **4**, 115-117.
- Simon-Sylvestre Ginette**, 1969. Les sulfates « solubles » du sol. *Ann. agron.* **20** (4), 435-447.
- Simon-Sylvestre Ginette**, 1979. Effets de quelques pesticides sur la minéralisation de l'azote organique du sol, la nitrification et la cellulolyse. *Ann. agron.* **30** (3), 265-279.
- Smith M. S., Weeraratna G. S.**, 1975. The influence of some biologically active compounds on microbial activity and on the availability of plant nutrients in soils. *Pestic. Sci.* **5**, 721-729.
- Sparling G. P., Cheshire M. V.**, 1979. Effects of soil drying and storage on subsequent microbial growth. *Soil Biol. Biochem.* **11**, 317-319.
- Torstensson Lemnart**, 1974. Effect of MCPA, 2,4,5 T, linuron and simazine on some functional groups of soil microorganisms. *Swed. J. Agric. Res.* **4** (3), 151-160.
- Wainwright M., Pugh G. J. F.**, 1973. The effect of three fungicides on nitrification and ammonification in soil. *Soil. Biol. Biochem.* **5**, 577-584.