



10158



Agence de l'eau  
Seine-Normandie

**Transformations biologiques des produits à usage agricole (nitrates et pesticides) dans le sol et dans l'eau. Modélisations possibles.**

Décembre 1992.

**S. HOUOT**

**INRA, Laboratoire des Sols, 78850 THIVERVAL GRIGNON.**

**Transformations biologiques des produits à usage agricole (nitrates et pesticides)  
dans le sol et dans l'eau. Modélisations possibles.**

**SOMMAIRE.**

<b>Introduction</b>	p.1
<b>La biomasse et ses méthodes d'étude.</b>	p.2
1. La biocénose du sol	p.2
1.1. La microflore du sol	p.2
1.2. La faune du sol	p.3
2. Méthodes d'étude de la biomasse microbienne	p.3
<b>Rôle de la biomasse du sol dans le devenir des engrais azotés</b>	p.5
1. Principales biotransformations de l'azote dans les sols	p.6
1.1. La minéralisation	p.6
1.2. L'immobilisation	p.6
1.3. La nitrification	p.7
1.4. La dénitrification	p.7
1.5. La fixation biologique de l'azote	p.8
2. Conséquences sur le devenir des engrais dans les sols	p.8
<b>Transformations biologiques des pesticides dans les sols</b>	p.9
1. Les processus biologiques de transformations des pesticides	p.9
• 1.1. Transformations microbiennes des pesticides	p.10
1.1.1. Dégradation par métabolisme	p.10
1.1.2. Dégradation par co-métabolisme	p.10
1.1.3. Conjugaison ou polymérisation	p.11
1.1.4. Bioaccumulation microbienne	p.12
1.1.5. Effets secondaires de l'activité microbienne	p.12
1.2. Principales réactions biochimiques du métabolisme des pesticides	p.12
1.2.1. Les réactions d'oxydation	p.12
1.2.2. Les réactions de réduction	p.14
1.2.3. Les réactions d'hydrolyse	p.14



1.2.4. Les réactions de synthèse	p.14
1.3. Les microorganismes responsables	p.15
1.4. Les enzymes responsables	p.16
2. Facteurs de variation des transformations biologiques	p.17
2.1. Structure chimique du pesticide	p.17
2.2. Caractéristiques du sol	p.19
2.2.1. La teneur en matière organique	p.20
2.2.2. Le pH	p.20
2.2.3. La granulométrie, la teneur en argiles	p.20
2.2.4. Effet de l'adsorption sur la biodégradation	p.21
2.3. La profondeur	p.21
2.4. Le pédoclimat	p.21
2.4.1. La température	p.21
2.4.2. La teneur en eau	p.22
2.4.3. L'aération	p.22
2.5. L'activité de la biomasse dégradante	p.22
2.6. Conclusion	
3. Modélisation des transformations biologiques des pesticides	p.24
3.1. Cinétiques et modèles de biodégradation des pesticides	p.25
3.1.1. Modèles sans fondements biologiques	p.25
3.1.2. Modèles considérant la croissance microbienne	p.26
3.2. Modèles généraux du devenir des pesticides dans les sols	p.28
4. Conclusion	p. 30
BIBLIOGRAPHIE	p.31

# **Transformations biologiques des produits à usage agricole (nitrates et pesticides) dans le sol et dans l'eau. Modélisations possibles.**

Le sol est le compartiment d'entrée dans la biosphère des produits à usage agricole tels que les fertilisants et les pesticides. La connaissance de leur devenir dans ce milieu complexe est très importante à deux points de vue:

- la maîtrise de leur utilisation et la recherche de leur efficacité maximum: absorption des engrais azotés avant leur lessivage éventuel, destruction des plantes ou organismes cibles des pesticides avant leur dégradation...

- la prévention de la contamination de l'environnement: fertilisation azotée ajustée aux besoins des plantes pour éviter le lessivage des excès d'engrais, non rémanence des produits pesticides ou de leurs effets toxiques...

Les êtres vivants du sol et plus particulièrement les microorganismes du sol participent activement à la transformation de ces produits. Le rôle de la biomasse microbienne du sol dans le cycle biogéochimique de l'azote n'est plus à démontrer. La dégradation des pesticides dans les sols est également essentiellement due à l'activité des microorganismes du sol.

Après une présentation rapide des microorganismes du sol et des méthodes expérimentales utilisées dans l'étude de la dynamique de l'azote et des pesticides dans les sols, nous rappellerons le rôle des microorganismes dans le cycle de l'azote puis nous présenterons de façon plus détaillée les biodégradations des pesticides, leurs facteurs de variation et leurs modélisations éventuelles.

Les biotransformations de l'azote et des pesticides représentent un moyen d'épurer les eaux. Elles existent naturellement dans les eaux superficielles et même profondes. Elles sont également utilisées dans le traitement des eaux avant leur consommation s'il s'agit d'eaux destinées à la distribution, avant leur rejet en rivières pour les eaux usées, ou simplement pour traiter des pollutions trop importantes. Dans ce rapport ne seront abordées que les biotransformations dans les sols. Les "principes" des biotransformations dans les eaux sont identiques, elles sont plus faciles à maîtriser, le milieu étant plus simple. Il existe beaucoup moins de travaux réalisés sur les biotransformations dans les eaux naturelles. En revanche, ils se développent beaucoup dans le traitement des eaux.

Les biotransformations de l'azote sont volontairement abordées de façon très succinctes en raison du grand nombre de synthèses déjà effectuées à ce sujet.

prendre en compte leurs variations en fonction du type de sol et du pédoclimat (température, humidité).

L'évolution de la population microbienne dégradante n'est jamais considérée. D'autre part, très peu d'études ont été faites pour prendre en compte la variabilité spatiale. Les données reliant la vitesse de dégradation des pesticides à leur structure chimique sont également peu nombreuses.

#### 4. Conclusion.

On constate donc un net décalage dans la prise en compte des phénomènes biologiques, entre les modèles "de laboratoire" et les modèles globaux. Les modèles purement biologiques peuvent décrire de façon très détaillée l'évolution de plusieurs populations microbiennes après un apport de pesticide. En revanche, les transformations biologiques sont toujours décrites de façon très schématique dans les modèles globaux qui s'attachent plus à développer les phénomènes physico-chimiques ou de transport.

Le décalage est moins important dans la modélisation du devenir de l'azote dans un sol. Le plus souvent, la dynamique de l'azote est liée à celle de la matière organique du sol. Deux types de modèles peuvent être distingués: les modèles décrivant la dynamique de la matière organique à plus ou moins long terme, et ceux qui décrivent la saison culturale en quantifiant les flux d'azote à travers le sol, les pertes par lessivage ou dénitrification, les prélèvements par les plantes. Dans la plupart des modèles du premier type, plusieurs compartiments de la matière organique sont considérés qui évoluent le plus souvent selon des cinétiques d'ordre 1. La biomasse microbienne constitue un ou plusieurs de ces compartiments (JENKINSON et al., 1987). Les bactéries peuvent être distinguées des champignons en fonction de leurs besoins en azote et leur temps de turnover (MAC GILL et al., 1981). Les biomasses morte et vivante peuvent être distinguées également. Quelques modèles seulement considèrent des cinétiques de croissance microbienne (VAN VEEN et FRISSEL, 1981; MAC GILL et al., 1981), en raison sans doute du manque de spécificité des populations intervenant dans les phénomènes de minéralisation ou d'immobilisation. Dans le second type, les biotransformations de l'azote et la dynamique de la matière organique sont envisagées plus simplement. Quelques modèles incluent toutefois cette dynamique de la matière organique (MOLINA et RICHARDS, 1984). Quelques biotransformations de l'azote peuvent être étudiées plus en détail: la nitrification en cas d'apports massifs d'ammonium (épandages de lisiers par exemple), la dénitrification. Dans ce dernier cas, les variations de l'aération du sol sont étudiées en détail plutôt que la dynamique de la population dénitrifiante (SMITH, 1981). Les flux d'eau à travers le sol sont décrits avec plus de précision.

Pour expliquer cette différence entre les modèles décrivant la dynamique de l'azote ou des pesticides dans les sols, on peut évoquer le nombre de phénomènes à prendre en compte dans ces deux modélisations. Des phénomènes comme l'adsorption et la désorption, la solubilisation, la complexation sont fondamentaux dans la dynamique des pesticides. Ils le sont beaucoup moins dans la dynamique de l'azote. Ils augmenteront la complexité des modèles globaux décrivant le devenir des pesticides dans les sols. D'autre part, la diversité et la complexité des molécules de pesticide nécessitent énormément d'expérimentations de laboratoire supplémentaires pour pouvoir décrire de façon satisfaisante leurs transformations biologiques. A l'heure actuelle, l'urgence de la mise en place de modèles de prévision du devenir des pesticides dans le milieu naturel explique la simplicité de l'appréhension des phénomènes biologiques dans ces modèles. Nous terminerons en signalant la mise en place d'une base de données sur la biodégradation de molécules xénobiotiques dans les sols BIODEG qui servira à alimenter les modèles de prévision du comportement de ces xénobiotiques dans les sols (HOWARD et al., 1992).

## BIBLIOGRAPHIE

ALEXANDER M., 1977.- Introduction to soil microbiology. John Wiley and sons, NY.

ALEXANDER M. et SCOW K.M., 1989.- Kinetics of biodegradation in soil. In: Reactions and movement of organic chemicals in soils., SAWHNEY B.L. et BROWN K. eds. SSSA Special Publication N.22, Wisconsin USA.

AVIDOV E., AHARONSON N. et KATAN J., 1990.- Involvement of soil microorganisms in the accelerated degradation of diphenamid. Weed Sci., 38, 186-193.

BAILEY A.M. et COFFEY M.D., 1986.- Characterization of microorganisms involved in accelerated biodegradation of metalaxyl and metolachlor in soils. Can. J. Microbiol., 32, 562-569.

BARUA A.S., SAHA J., CHAUDHURI S., CHOWDHURY A. et ADITYACHAUDHURY N., 1990.- Degradation of pendimethalin by soil fungi. Pestic. Sci., 29, 419-425.

BENOIT P., BARRIUSO E. et SCALBERT A., (sous presse) - Immobilization of pesticides and other phenolic compounds by natural polyphenols. dans le Compte-rendu des journées internationales d'étude sur les polyphénols 1992, Lisbonne.