

GESTION INTÉGRÉE DE L'AZOTE EN CULTURES ARABLES ET NORMES NITRIQUES :  
QUANTIFICATION ET PRÉVISION DES RISQUES DE LESSIVAGE



Prof. S. Dautrebande  
Ir. L.Vandendael  
Ir. C.Casse

# Gestion intégrée de l'azote en cultures arables et normes nitriques : quantification et prévision des risques de lessivage<sup>1</sup>

Professeur S. Dautrebande<sup>2</sup>, Ir. L. Vandendaele<sup>2</sup> Ir. C. Casse<sup>2</sup>

L'étude porte sur la validation du modèle EPIC *mod* en tant qu'outil de quantification et de prévision du lessivage des nitrates d'origine agricole.

## **1. Le modèle EPIC *mod***

Le modèle EPIC [SHARPLEY *et al.*, 1990] est un modèle physiquement basé qui décrit les relations "Eau–Sol–Plantes" et permet de simuler notamment le lessivage des nitrates grâce à une description du cycle de l'azote et des mouvements de l'eau dans le sol en relation avec la croissance végétale, les calendriers culturaux et pratiques agricoles. Une version modifiée EPIC *mod* a été mise au point et validée à l'UHAGx afin de répondre aux conditions régionales et de permettre la simulation des flux jusqu'aux nappes profondes [MASEREEL *et al.*, 1995ab ; Programme-Action Hesbaye, 1996; Cocu X. *et al.*, 1998;...].

## **2. Les expérimentations**

Toutes les expérimentations ont été menées sous rotation betterave-froment-escourgeon.

### **2.1. Expérimentation en Station de Recherche**

Les mesures en champs ont été réalisées dans les années '80 à '90 par le Département Productions Végétales du CRAGx ; celles-ci portaient notamment sur un suivi du profil d'azote jusqu'à une profondeur de 1,5 m pour une rotation classique Betterave – Froment – Escourgeon et différentes doses azotées.

Les Figure 1 et 2 reprennent les évolutions mesurées de la teneur en du profil 0-60 cm pour l'ensemble des scénarios disponibles; on note une variabilité non négligeable des mesures.

### **2.2. Expérimentations chez les agriculteurs**

Des données d'expérimentations menés par le CRAGx sur des parcelles situées chez des cultivateurs disponibles, chaque essai comprenant une dose classique d'apport azoté (dose « fermier ») et une dose "conseil Azobil" (Meynard *et al.*, 1996) calculée par le CRAGx sur base d'enquête chez le cultivateur. Rappelons que le conseil Azobil ne permet pas, en soi, de déterminer le risque de lessivage, d'où l'intérêt de joindre le modèle EPIC *mod*.

---

<sup>1</sup>Appui scientifique à la recherche prénormative dans le secteur alimentaire dans un contexte de développement durable; Gestion intégrée de l'azote en cultures arables et normes nitriques, Contrat de Recherche SSTC NP/42/023

<sup>2</sup> Unité d'Hydraulique Agricole - Génie Rural (UHAGx), Faculté Universitaire des Sciences agronomiques de Gembloux

### 3. Simulations EPICmod

Une analyse préalable a conduit à la modification de deux paramètres relatifs aux processus de transformation de l'azote, d'une part quant à la prise en compte d'une minéralisation nulle en deçà de 5°C (et non plus en deçà de 0°C), d'autre part quant à un seuil de stress relatif aux légumineuses.

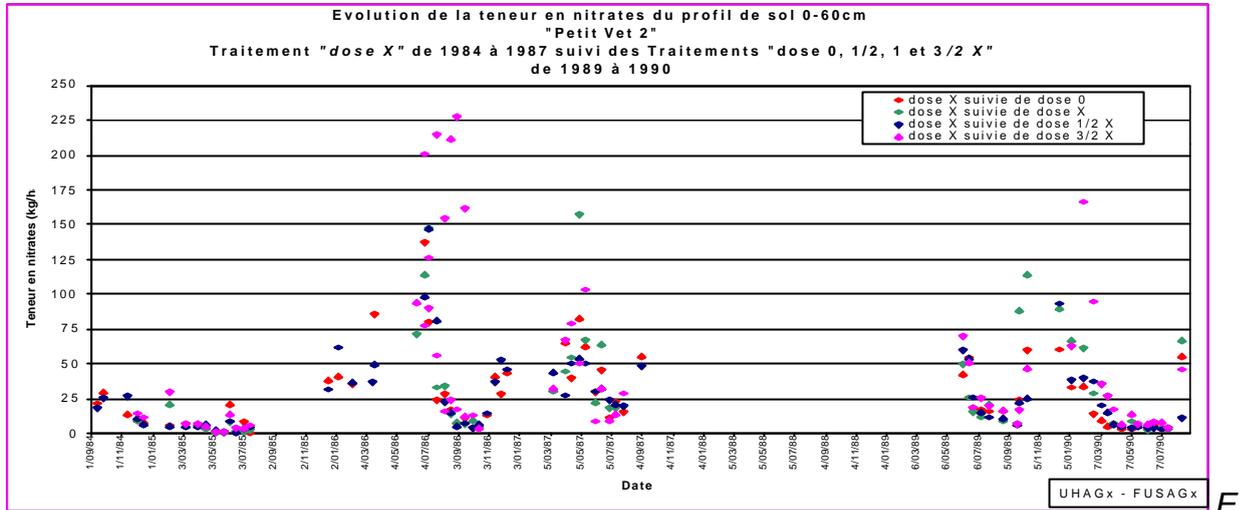


Figure 1 : Teneurs moyennes en nitrates du sol, profondeur 0 à 60 cm, 'essai "Petit Vet 2" (Source des données de mesures : CRAGx)

#### EMBED

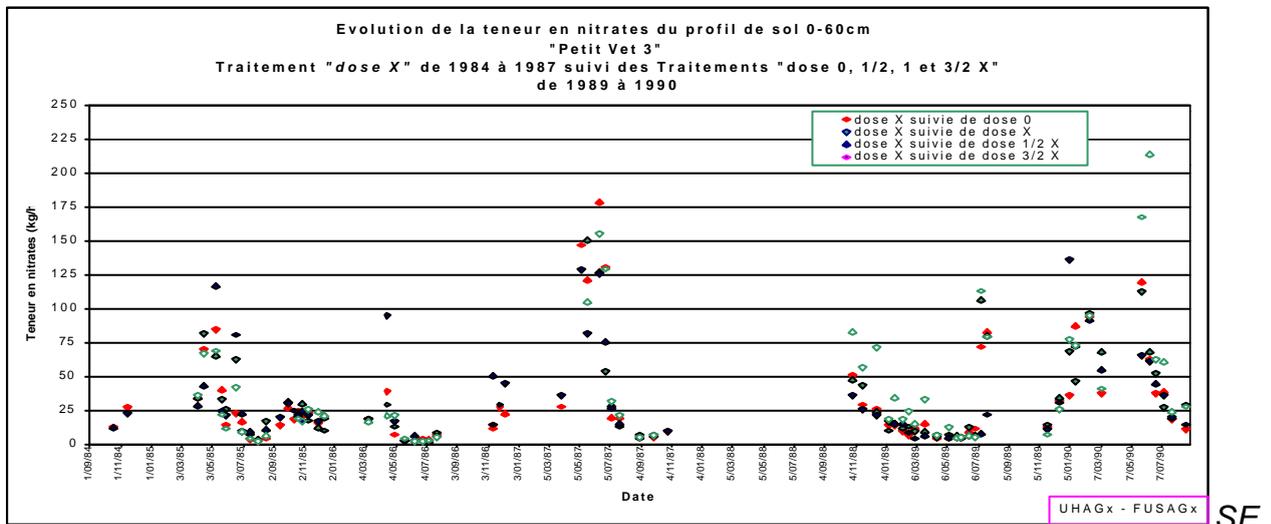


Figure 2 : Teneurs moyennes en nitrates du sol, profondeur 0 à 60 cm, essai "Petit Vet 3" (Source des données de mesures : CRAGx)

### 3.1. Simulations relatives aux essais en Station de Recherche

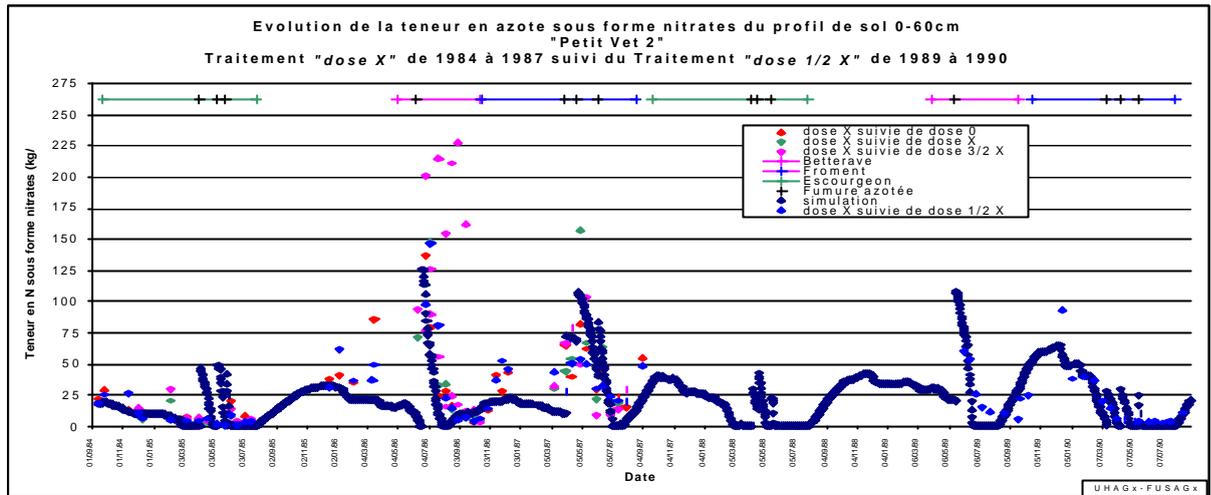
#### 3.1.1. Les teneurs en nitrates du profil

Deux des huit simulations réalisées sont présentées ici à titre d'exemple (Figures 3 et 4). On observe que les simulations des teneurs en nitrates du profil sont en bonne

adéquation  
observations.

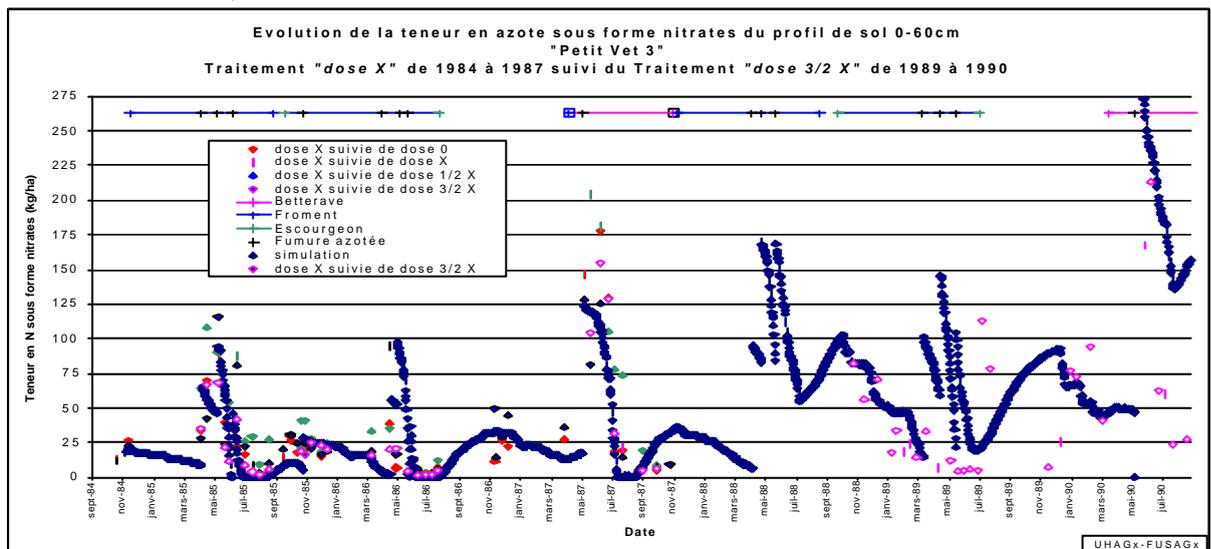
avec

les



SE

QARABIC Figure 3 : Évolution des teneurs en nitrates simulées et observées sur les 60 premiers cm de sol ; 'essai « Petit Vet2 ». Traitement « dose X » (1984-1987) suivi du traitement « dose 1/2 X » (1989-1990) (mesures : CRAGx, simulations EPICmod : UHAGx-FUSAG)



SEQARABIC Figure 4 : Évolution des teneurs en nitrates simulées et observées sur les 60 premiers cm de sol ; essai « Petit Vet 3 ». Traitement « dose X » (1984-1987) suivi du traitement « dose 3/2 X » (1989-1990) ; (mesures : CRAGx, simulations EPICmod : UHAGx-FUSAG)

### 3.1.2. La concentration en nitrates des eaux de lessivage

Le modèle EPICmod peut fournir notamment la perte en azote (kg/ha) à la base du profil racinaire (150cm) ainsi que la concentration en nitrates des eaux de percolation (mg/l). Deux exemples de l'évolution des concentrations en nitrates des eaux de percolation sont reportés sur les Figures 5 et 6; il est à remarquer que les flux sont hivernaux à printaniers, en correspondance avec les pluies efficaces.

### 3.2. Expérimentations chez les agriculteurs

#### 3.2.1. Simulations "Site Debilde"

Les Tableaux 1 et 2 permettent de comparer simulations et observations.

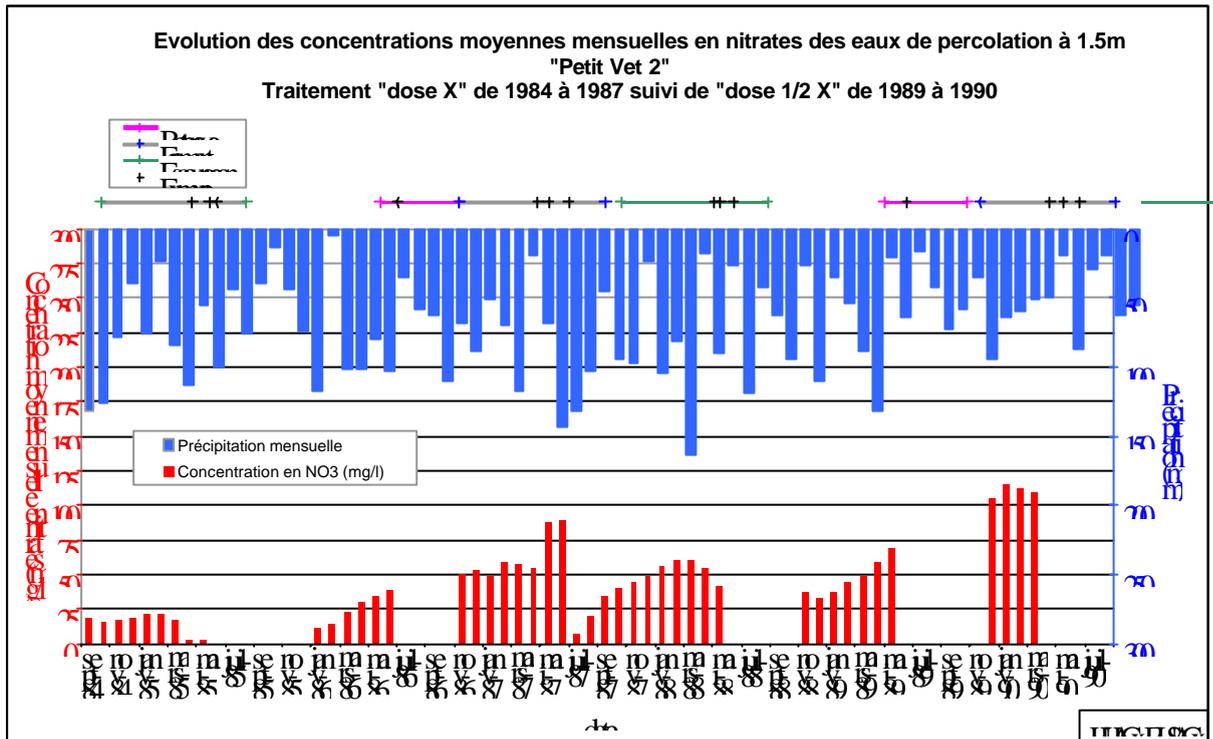
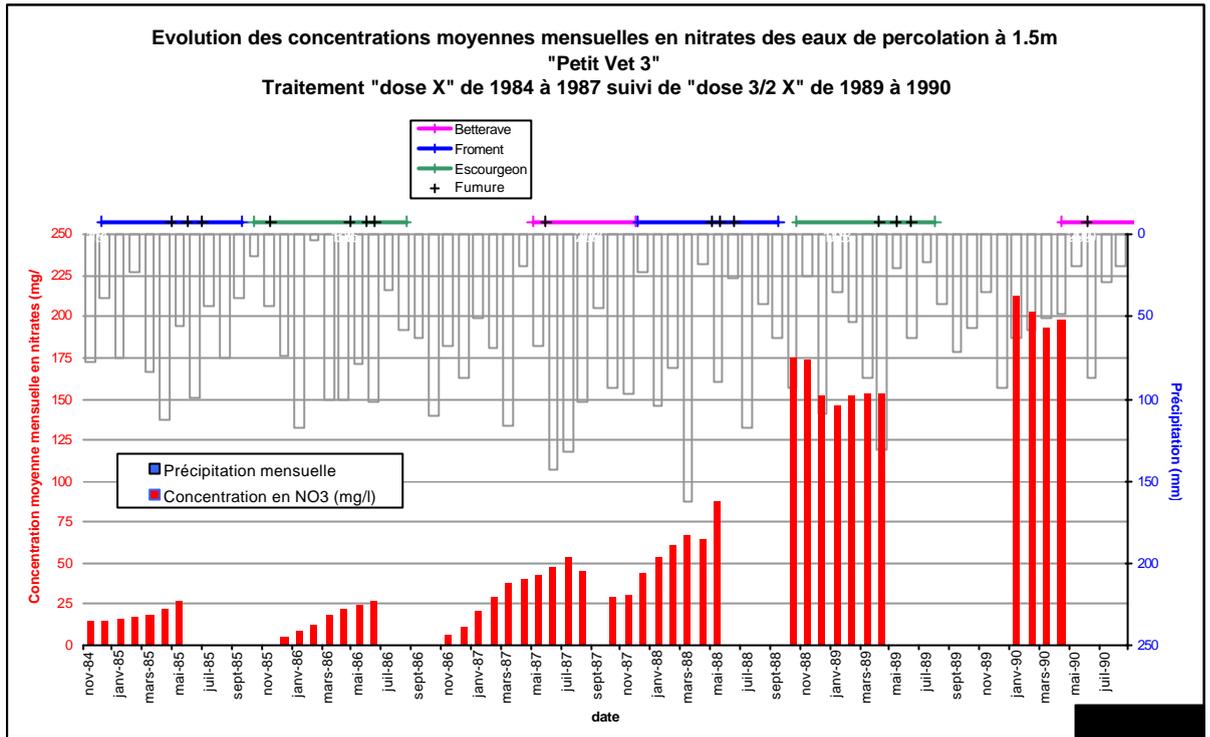


Figure 5 Évolution de s concentrations moyennes mensuelles simulées en nitrates des eaux de percolation à 1,50m (essai CRAGx, simulations EPICmod:UHAGx- FUSAGx).



Fig

ure 6 SEQARABIC : Évolution des concentrations moyennes mensuelles simulées en nitrates des eaux de percolation à 1,50m (essai : CRAGx, simulations EPICmod : UHAGx-FUSAG)

Tableau 1 : Site Debilde , version "Azobil" (apport de 100 kg N/ha)

			Teneurs en N-NO3 (kg/ha) du sol,				
			0-30 cm	30-60 cm	60-90 cm	90-120 cm	120-150 cm
18/02/98	observation		15	26	23		
4/06/98	observation	min	62	23	17		
		max	82	26	23		
		moy	72	24	20		
	simulation		52	26	22	16	9
19/10/98	observation	min	6	1			
		max	19	3			
		moy	11	2			
	simulation		5	5	4	2	2

Tableau 2 : Site Debilde, version "Fermier" (apport de 140 kg N/ha)

			Teneur en N-NO3				
			0-30	30-60	60-90	90-120	120-150
18/02/9	observatio		15	26	23		
19/05/9	obs	min	62	21	18		
		max	127	34	26		
		moy	99	28	23		
	sim		99	35	23	16	9
17/11/9	obs	min	5	1			
		max	10	4			
		moy	7	2			
	sim		7	6	4	3	2

On constate que les résultats obtenus avec EPIC *mod* sont comparables aux résultats observés; rappelons que les observations possèdent un degré de variabilité assez élevé.

Suite à cette validation du comportement du modèle, nous pouvons calculer valablement l'évolution des concentration en nitrates des eaux de percolation à 1.5 m, mois par mois. (Tableau 3) (non mesurable directement, pour rappel).

*Tableau 3 : Simulation EPICmod « Essai « Debilde », concentrations en nitrates des eaux de percolation à 1,5 mètres de profondeur.*

mois	Version "Azobil"		Version "Fermier"		Précipitations Mensuelles (mm)
	Perte Azote (kg/ha) à 1,5 m de prof.	Conc. moy. Nitrates (mg/l) à 1,5 m de prof.	Perte Azote (kg/ha) à 1,5 m de prof.	Conc. moy. Nitrates (mg/l) à 1,5 m de prof.	
février	0.3	15	0.3	15	31
mars	1.8	18	1.8	18	78
avril	4.1	33	4.1	33	118
mai	0.2	40	0.2	40	51
juin	2.7	39	3.3	47	137
juillet	0	0	0	0	79
août	0	0	0	0	95
septembre	0.2	1	0.2	1	219
octobre	0.8	4	0.9	4	147
novembre	1.5	7	1.8	9	120
décembre	1.9	12	2.3	14	82
<b>Février à Décembre 1998</b>	<b>14</b>	<b>12</b>	<b>15</b>	<b>13</b>	<b>1156</b>

### 3.2.2. Simulations « Rigo » et « Leroy »

Dans ces parcelles, des apports de fientes de volaille ont été effectués en automne  
 Dans les essais « Rigo », les totaux, tout en restant comparables et du même ordre de grandeur, sont surestimés par la simulation pour les profondeurs 0-150 cm, bien qu'équivalents si on se limite à l'épaisseur 0-90 cm :

- profondeur jusqu'à 150 cm : pour la version « Azobil », en mai 98 : 154 kg/ha mesurés contre 170 simulés, en novembre 98 : 12 kg/ha mesurés contre 22 simulés; pour la version « fermier », en mai 98 : 191 kg/ha mesurés contre 255 simulés; en novembre 98 : 32 kg/ha mesurés contre 38 simulés
- profondeur jusqu'à 90 cm : version « Azobil » en mai 98, 98 mesurés contre 83 simulés; en novembre 98, 9 mesurés contre 17 simulés version « fermier » : en mai 98, 157 mesurés contre 168 simulés, en novembre 98, 15 mesurés contre 17 simulés.

Dans les essais « Leroy » ( Tableau 6), on constate également que les résultats de simulation ne concordent pas avec les observations; les totaux sur le profil 0-90 cm sont, ici, en outre, nettement sous-estimés dans la simulation : 217 kg/ha mesurés contre 102 kg/ha simulés en mai, et 25 mesurés contre 12 kg/ha simulés en novembre, le total du profil 0-150 cm de novembre 98 (seul mesuré) étant, quant à lui, identique en mesuré (31 kg/ha) et en simulé (31 kg/ha).

Il faut en conclure, tant pour les essais « Leroy » que pour les essais « Rigo », que les résultats de simulation incluant les apports de fiente de poule, bien qu'étant intéressants, demandent à être améliorés, soit à travers une modification des processus intégrés dans le modèle pour ce type d'apport, soit sur base d'une meilleure connaissance des processus réels de transformation de ce type d'apport dans les sols.

Tableau 4 : Site Rigo, version "Azobil" (apport nul)

			Teneur en N-NO3 (kg/ha)				
			0-30 cm	30-60 cm	60-90 cm	90-120 cm	120-150 cm
23/02/98	observation		32	93	98		
19/05/98	observation	min	30	20	20	10	4
		max	35	31	74	45	13
		moy	32	24	42	26	10
	simulation		0	11	72	57	30
17/11/98	observation	min	4	1	1	1	1
		max	8	3	2	1	3
		moy	6	2	1	1	2
	simulation		6	6	5	3	2

Tableau 5 : Site Rigo, Situation "fermier" (apport 90 kg N/ha)

			Teneur en N-NO <sub>3</sub> (kg/ha)				
			0-30 cm	30-60 cm	60-90 cm	90-120 cm	120-150 cm
23/02/98	observation		32	93	98		
19/05/98	observation	min	71	27	29	14	5
		max	111	42	47	30	23
		moy	85	35	37	22	12
	simulation		41	54	73	57	30
17/11/98	observation	min	5	2	1	0	2
		max	14	4	6	5	3
		moy	9	3	3	2	3
	simulation		6	6	5	7	14

Tableau 6 : Site Leroy, version "fermier" (apport 80 kg N/ha)

			Teneur en N-NO <sub>3</sub>				
			0-30	30-60	60-90	90-120	120-150
23/02/98	observation		43	104	59		
26/06/98	observation	min	57	49	37		
		max	157	118	81		
		moy	112	65	40		
	simulation		0	42	60	52	33
23/11/98	observation	min	9	3	2	2	2
		max	21	6	6	5	4
		moy	16	5	4	3	3
	simulation		5	4	3	6	13

#### **4. Conclusion Générale**

Les données d'expérimentations menées par le CRAGx entre 1984 et 1990 sur betterave-froment-escourgeon ont permis de valider le modèle « eaux-sol-plantes-pratiques agricoles » EPIC *mod* en ce qui concerne l'évolution des teneurs en nitrates au sein de la zone racinaire.

Tant les essais sur les parcelles du CRAGx que les essais analogues menés chez l'agriculteur autorisent, de par cette validation, une exploitation fiable du modèle EPIC *mod* pour la prévision des flux de percolation des nitrates; ceci confirme donc les potentialités du modèle pour la détermination et la prévision en « *temps réel* » du risque de pollution des nappes. Rappelons que cette information n'est pas disponible par un modèle de type « AZOBIL », qu'elle vient dès lors utilement compléter.

L'étude attire également l'attention sur deux aspects importants, à savoir d'une part l'interaction des précédents culturaux et d'autre part la nécessité de répétitions suffisantes de mesures afin d'assurer une bonne représentativité de celles-ci.

Il apparaît enfin que le cas d'apports de fientes de poule appelle des études complémentaires sur base d'une meilleure connaissance de leurs processus de transformation.

#### **5. Bibliographie**

COCU X. & FRANKINET M. & MOEREMANS B. & DAUTREBANDE S. 1999. Radar interferometry and water-soil-crop simulation model on field in Belgium

(Internation.Confer.and workshops, proc. 1, 18-22 january 1999, Méribel, France, CNES).

DAUTREBANDE S, DEWEZ A., CASSE C., HENNEBERT P, 1999. Nitrate leaching at regional scale with EPIC : an implicit example of a hydrotope model concept. In Modelling of Transport process in soils, ed. J. Feyen et K. Wiyo, pp725-773,

MASEREEL P. et DAUTREBANDE S., 1995b. Étude des interactions entre matière organique et propriétés hydriques des sols. Impact sur le ruissellement. Tribune de l'eau No.2/95, p.9-17.

MASEREEL P. et DAUTREBANDE S., 1995a. Modélisation de l'évolution des profils hydriques sous froment en région limoneuse. Bull. Rech. Agron. Gembloux 30(4), p.353-372.

MEYNARD J.-M., JUSTES E., MACHET J.-M., 1996, Fertilisation azotée des cultures annuelles de plein champ- In :Maîtrise de l'azote dans les agrosystèmes,Coll. de l'INRA, France, 333 p.

*Programme-Action Hesbaye*, 1996. Étude réalisée par le Département Productions Végétales (CRAGx), l'Unité d'Hydraulique Agricole (FUSAGx), le Laboratoire d'Hydrogéologie de l'Ingénieur (Ulg). Financement LIFE(EU),DGRNE(RW); Aquawal (SWDE et CILE),167p.

SHARPLEY A.N. et WILLIAMS J.R., eds., 1990. EPIC - Erosion/Productivity Impact Calculator : 1. Model documentation. US Department of Agriculture Technical Bulletin No. 1768, 235p.