

Modèle de Sol Diohine DSCATT

16 mai 2023

1 Contexte

Objectifs du modèle :

Modéliser les variations de rendement agricole induites par :

- l'amendement du sol par fumure animale ou engrais (fertilité instantanée)
- la paille laissée au sol (fertilité instantanée)(Mulching)
- la qualité du sol (fertilité long terme)
- l'érosion de la fertilité (fertilité long terme)

Le modèle simplifié fourni par Arthur modélise la variation d'azote dans le sol. Les compléments fournis par Antoine introduisent l'effet de la qualité du sol sur l'azote disponible (minéralisation) et l'érosion de l'azote (lixiviation)(il fallait remplacer ce sublime terme).

2 L'azote disponible

La première équation donne l'azote (en kg) disponible à l'année n sur la parcelle p : $N_{available}^n(p)$

$$N_{available}^n(p) = N_{soil}^n(p) + N_{air}^n(p) + N_{manure}^n(p) + N_{faid}^n(p) - N_{erosion}^n(p) + N_{remaining}^{n-1} \quad (1)$$

2.1 Azote issu de l'air

Azote de l'air fixé par le sol

$$N_{air}^n(p) = A(p) * 0.002 \quad (2)$$

avec

- $A(p)$ l'aire de la parcelle p
- 0.002 un coefficient en kg de N par m^2

Dans [Scriban ODD Model], on trouve le chiffre de 20kgs de N /ha dans les racines des plantes(bactéries rhizobium) et 7.5kg de N/ha fixé par les micro-organismes. Ce qui fait 27.5kgN/ha, soit $0.00275kgN/m^2$

2.2 Azote issu du sol

Changement

En intégrant vos remarques, la qualité du sol a maintenant un effet multiplicatif sur le terme N_{soil} , mis à jour chaque année

L'azote issu du sol dépend de la minéralisation de la matière organique du sol, quelle que soit sa qualité, de la matière organique des résidus de l'année précédente et de la **qualité du sol** : $QS^n(p)$

$$N_{soil}^n(p) = QS^n(p) * A(p) * (0.0012 + NFBR(p)) \quad (3)$$

avec

- $A(p)$ l'aire de la parcelle p
- 0.0012 un coefficient de minéralisation "de base" en kg de N par m^2
- $QS^n(p)$ est la qualité du sol de p à l'année n

- $NFBR^n(p)$ est le **Nitrogen From Biomass Residue** en kgs d'azote. C'est l'azote disponible l'année n issu de la décomposition de la matière organique de l'année $n - 1$ qui a été laissée sur place : racines , éventuellement paille.

2.2.1 Qualité du sol

Ce coefficient multiplicateur doit témoigner de la qualité du sol, à l'année n est fonction de la biomasse produite sur la parcelle p , en kg de végétal ($Crop$) cultivé par le passé (pas uniquement $n - 1$ mais sur un horizon temporel plus large).

une valeur $QS^n(p) > 1$ donnerait un bonus de fertilité, $QS^n(p) < 1$ donnerait un malus de fertilité, en termes de rendement de la parcelle.

$$QS^n(p) = f(SBS(p)) \quad (4)$$

Avec :

- $SBS(p)$ Soil Biomass Stock : la biomasse dans le sol de p , intégrée dans la durée, en kilos de MO, supposée répartie uniformément dans p

2.3 Nitrogen From Biomass Residue

Nitrogen From Biomass Residue (NFBR)(NiFroBire) La quantité de résidus laissés sur la parcelle varie selon les pratiques agricoles. Au maximum, le résidu laissé correspond à la proportion de coproduits de plante non récoltée (la paille + les racines).

Crop	NFBR	Max BiomassToResidueRatio	Usual Value Diohine
Mil	1.5%	0.7	0
Peanut	3%	0.666	0
Fallow	2%	1	0.1

2.3.1 Production de biomasse

Nous avons des rendements nominaux pour le Mil (600kg/ha, min. 450kg/ha , max. 1T/ha Matière Sèche), pour l'arachide (450 kgs/ha, min. 300kg/ha max 600kg/ha , en Matière Sèche) et pour la jachère (450kg/ha de fresh weeds, [Scriban ODD model], Matière sèche aussi).

Ces rendements sont à dire d'acteurs et ne nous sont pas données pour chaque combinaison de pratiques (engrais,fumure).

Comme on connaît les proportions de produit/coproduits , on peut calculer la biomasse de végétal par hectare étant donné le rendement en produit :

Mil : 30% de produit , 70% de paille

Arachide : 1.5 fois plus de coproduit (fanés) que de gousses

$$Biomasse(Mil, p) = \frac{Rendement(Mil, p)}{0.3} \quad (5)$$

$$Biomasse(Arachide, p) = 2.5 \times Rendement(Arachide, p) \quad (6)$$

2.3.2 Application numérique :

Pour un rendement de 600kg/ha de Mil graines, production de biomasse de 2T/ha (0.2kg/m²)

Pour un rendement de 450kg/ha d'arachide, production de biomasse de 1.125T/ha (0.11kg/m²) Pour un rendement de 475kg/ha d'herbe en jachère (0.0475kg/m²)

On laisse toute la paille et les racines sur une parcelle p d'aire $A(p) = 100m^2$

$QS^n(Mil, p) = 0.2A(p) * 0.015 * 0.7 = 0,0021 * A(p) = 210g$ d'azote issu de la biomasse de Mil dans p

$QS^n(Peanut, p) = 0.11A(p) * 0.03 * 0.6 = 0.21978 = 220g$ d'azote issu de la biomasse d'Arachide dans p

$QS^n(Fallow, p) = 0.0475A(p) * 0.02 * 1 = 0.095 = 10g$ d'azote issu de la biomasse de jachère dans p

TODO : le N est pas homogène dans la plante : en gros il y en a deux fois plus par kg de matière sèche dans les parties exportées que dans les tiges.[à dire d'expert Arthur scriban] Donc -> facteur de 0.3333 pour le N par kg de matières sèche issue de la biomasse, quand on veut calculer le N qui reste sur la parcelle

2.3.3 Initialisation du modèle

L'année $n = 0$, il n'y a pas de récolte précédente pour avoir une quantité d'azote issue des résidus laissés au sol l'année précédente : $NFR^0(p) = 0, \forall p$

2.4 Azote issu du fumier

60% du fumier est mobilisable la première année par la plante (le mil). Les 40% restants sont mobilisables l'année suivante (par l'arachide)

$$N_{manure}^n(p) = ManureMass(p) * 0.0238 * 0.6 NManureStock^{n-1}(p) + NManureStock^n(p) = ManureMass^n(p) * 0.0238 * 0.4$$

[Scriban ODD model]

2.5 Azote issu des Faidherbia

4kg par arbre [Scriban ODD model]

3 Conversion Azote → Plante

Les équations de "NRF" donnent la part d'azote disponible convertie en végétal selon les équation suivantes, issue de [Scriban ODD model], repris de la thèse de Myriam Grillot

Il s'applique normalement au rendement limité par l'eau, aux équations définies par morceaux de façons similaires à celles des NRF ci-dessous.

$$NRF(N_{available}^n, Mil) = \begin{cases} 0.25 \text{ if } N_{available} < 18 \\ 0.501 \ln(N_{available}) - 1.2179 \text{ if } 18 \leq N_{available} \leq 83 \\ 1 \text{ otherwise} \end{cases} \quad (7)$$

$$NRF(N_{available}^n, Peanut) = 1 \quad (8)$$

$$NRF(N_{available}^n, Fallow) = \begin{cases} 0.25 \text{ if } N_{available} < 10 \\ 0.501 \ln(N_{available}) - 1.2179 \text{ if } 10 \leq N_{available} \leq 50 \\ 1 \text{ otherwise} \end{cases} \quad (9)$$

Les seuils indiqués dans ces équations sont donnés pour un hectare de sol.

Pour calculer la récolte (en kgs de végétal), il faut convertir une partie de l'azote disponible en végétal. Ce qu'il nous manque c'est le coefficient $\alpha_{N \rightarrow plant}$ toutes choses égales par ailleurs.

Question/Problème

Comment trouver $\alpha_{N \rightarrow plant}$? Du point de vue calculatoire, on peut le dériver à partir des rendement nominaux fournis, comme pour la biomasse. Est-ce valable du point de vue agro? (cf exemple ci-dessous)

Exemple numérique : sur une parcelle p de 100m², sans fumier, avec 1 faidherbia, l'année 0, on néglige l'érosion.

Rendement nominal du Mil à dire d'acteurs : 600kg/ha (graines), soit 6kgs de graines sur p

$$\begin{aligned} N_{available}^0(p) &= N_{soil}^n(p) + N_{air}^n(p) + N_{manure}^n(p) + N_{faid}^n(p) - N_{erosion}^n(p) \\ &= 0.0012 * A(p) + QS^n(p) + A(p) * 0.002 + 0 + 4 - 0 + 0 \\ &= 0.0012 * 100 + 0 + 100 * 0.002 + 0 + 4 - 0 + 0 \\ &= 0.12 + 0.2 + 4 \\ &= 4.32 \end{aligned}$$

On cultive du Mil, et on dispose de 4.32kg d'azote sur p

On est en dessous de 18kg de N par ha, donc on applique un NRF de 0.25 : $\frac{1}{4}$ de ce N est converti en plante : environ 1kg de mil (matière sèche de toute la plante)

Sur ce kilo de plante Mil, 30% est de la graine soit 300g de Mil produit

On est loin du rendement nominal du Mil annoncé par les agros pasteurs : 600kg de graines par ha, soit 2T de plante Mil, pour une parcelle de 100m² ça fait 20kgs de plante mil.

TODO Trouver des valeurs de kg de N par ha dans la littérature pour du sol pauvre, moyen riche

3.1 Azote issu de l'engrais

C'est une masse de N mise au mètre carré par épandage.

3.2 Érosion de l'azote

le lessivement et le vent usent le sol et font baisser le taux d'azote dans le sol.

$$N_{erosion}^n = \beta_{erosion} * N_{available}$$

On suppose le coefficient constant, mais il pourrait varier en fonction de la pluviométrie et de la météo de l'année. La quantité doit être négative (c'est une perte)

4 Notes de la journée de travail du 15 mai 2023