

Modèle de Sol Diohine DSCATT

17 février 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)
- 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 replacer 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

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

2.2 Azote issu du sol

L'azote issu du sol est une somme de deux termes . Le premier est fonction de l'aire $A(p)$ de p le second est l'effet de la **qualité du sol** (fixation par les micro-organismes ?) à l'année n : $QS^n(p)$

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

2.2.1 Qualité du sol

La qualité du sol à l'année n est fonction de la biomasse produite sur la parcelle p , en kg de végétal ($Crop$) cultivé l'année précédente ($n - 1$)

$$QS^n(Biomass(Crop^{n-1}, p), p) = Biomass(Crop^{n-1}, p) * BiomassToResidueRatio(Crop) * ResidueToN(Crop) \quad (4)$$

Avec :

- $Biomass(Crop^{n-1}, p)$ la biomasse produite l'année dernière sur p , en kg de végétal
- $BiomassToResidueRatio(Crop)$ le pourcentage de co-produits(résidus) laissés sur la parcelle p
- $ResidueToN(Crop)$ le pourcentage d'azote de la plante dans les résidus (paille) de la plante laissée sur p après la récolte

Question

La biomasse, c'est le poids de toute la plante ? (i.e. pas que la partie récoltée) Faut-il compter les racines ?

La quantité de résidus laissés sur la parcelle varie selon les pratiques agricoles. Au maximum, le résidu laissé correspond à la proportion de plante non récoltée (la paille).

Crop	ResidueToN	Max BiomassToResidueRatio
Mil	1.5%	0.7
Peanut	3%	0.666
Fallow	2%	1

Question

La jachère n'est pas récoltée (parfois très marginalement pour des réserves de fourrage, qu'on néglige) **mais** elle est pâturée par le troupeau → Faut-il tenir compte de l'herbe pâturée (=mangée par le troupeau et donc emportée hors de p) et modifier le ratio de résidus de Jachère dans l'effet de sa biomasse sur l'azote du sol ? Si on met 1, c'est que toute la biomasse reste là...

2.2.2 Production de biomasse

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

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

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

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

2.2.3 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 $A(p) = 100m$

$QS^n(Mil, p) = 0.2A(p) * 0.015 * 0.7 = 0.0021 * A(p) = 210g$ d'azote issu de la biomasse de Mil dans p

$QS^n(Peanut, p) = 0.11A(p) * 0.03 * 0.6 = 0.01978 * A(p) = 197.8g$ d'azote issu de la biomasse d'Arachide dans p

$QS^n(Fallow, p) = 0.0475A(p) * 0.02 * 1 = 0.0095 * A(p) = 95g$ d'azote issu de la biomasse de jachère dans p

2.2.4 Initialisation du modèle

L'année $n = 0$, il n'y a pas de récolte précédente pour avoir une quantité d'azote issue des effets de précédent : $QS^n(p) = 0$

Question

Y a-t-il des données qui donnent la quantité d'azote par m² de sol dans le bassin rachidier non cultivé ?

2.3 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]

2.4 Azote issu des Faidherbia

4kg par arbre [Scriban ODD model]

2.5 Azote de l'année précédente

$N_{remaining}^n$

Après la récolte, et en fonction des pratiques agricoles, il reste sur la parcelle l'azote qui n'a pas été emporté par la récolte. (l'azote minéralisé ?) Cette fraction d'azote est déjà calculée à l'étape de la qualité du sol, mais pour la récolte de l'année passée. (fonction de la biomasse produite, du pourcentage d'azote dans la plante, et du pourcentage de la plante qu'on laisse sur place)

Question

On n'avait pas identifié que l'azote restant apparaissait **deux fois** dans le modèle : une fois dans $N_{remaining}$ (la quantité d'azote qui reste de l'année passée), et une autre fois dans le terme QS , qui utilise la biomasse produite l'année passée et la proportion de végétal laissée sur place. Est-ce qu'il faut le prendre deux fois en compte ? (je ne pense pas)

3 Conversion Azote → Plante

Les équations de "NRF" donnent la part d'azote disponible convertie en végétal selon les équations 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.

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

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

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

Question/Problème

les seuils indiqués dans ces équations sont donnés pour un hectare de sol ? on suppose que oui (car sinon il n'y aurait pas d'effet de taille de parcelle) sur l'azote converti en végétal. Est-ce correct ?

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 rendements 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

$$\begin{aligned}
 N_{available}^0(p) &= N_{soil}^n(p) + N_{air}^n(p) + N_{manure}^n(p) + N_{faid}^n(p) - N_{erosion}^n(p) + N_{remaining}^{n-1} \\
 &= 0.0012 * A(p) + QS^n(p) + A(p) * 0.002 + 0 + 4 - 0 + 0 \\
 &= 0.0012 * 100 + 0 + 100 * 0.002 + 0 + 4 - 0 + 0 \\
 &= 0.12 + 0.2 + 4 \\
 &= 4.32
 \end{aligned}$$

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.

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)

3.3 Azote restant après récolte

$$N_{remaining}^n(p) = N_{available}^n(p)(1 - NRF(N_{available}^n(p, crop))) \quad (10)$$