

UNE ILLUSTRATION DE L'INTERACTION DES ROLES DE L'EAU ET DE L'AZOTE SUR LE FONCTIONNEMENT DE LA CULTURE PAR L'ETUDE DE L'IMPACT DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LES PRAIRIES TEMPORAIRES.

JL. Durand¹, F Bernard¹, N Brisson², D Ripoche², Déqué M³.

¹ INRA URP3F BP6 86600 Lusignan, France

² INRA, AgroClim, Domaine St Paul, Site AgroParc, 84914 Avignon Cedex, France

³ Météo France CNRM, EAC, 31157 Toulouse

*Auteur correspondant : jean-louis.durand@lusignan.inra.fr

Introduction

Les interactions entre l'eau et l'azote sont multiples et interviennent tant pour ce qui concerne l'effet de l'alimentation en azote sur le bilan hydrique de la culture que pour ce qui concerne l'effet de la sécheresse sur l'alimentation en azote (Gonzalez et al 2010). STICS intègre les principaux effets en distinguant la dynamique de l'eau et l'azote organique et minéral dans le sol, leur absorption par la culture, la détermination résultante des états hydrique de nutrition azoté de la culture. Brièvement, on rappelle que l'extraction d'eau se fait horizon par horizon et dépend de façon conjointe de la densité racinaire, du profil d'humidité du sol et de la transpiration qui elle-même dépend de la demande climatique et de la teneur en eau relative du sol. Le flux d'azote vers la rhizosphère est décomposé en flux de diffusion et de convection pour chaque horizon considéré. La quantité d'azote absorbée est finalement le minimum entre l'offre et la demande en azote. La concentration en azote dans la biomasse aérienne rapportée à la concentration en azote critique définit le niveau de contrainte azotée. L'amélioration de la prise en compte des relations eau azote a conduit Mary et Guérif (2005) à proposer un indice de contrainte azoté plus réactif aux conditions du milieu et notamment aux conditions hydriques.

Parmi les nombreuses questions au sujet des impacts du changement climatique sur l'agriculture, on peut se demander comment les modifications annoncées risquent de perturber le couplage entre le carbone, l'azote et l'eau. On s'intéressera plus particulièrement à l'impact du changement climatique sur l'exploration des réserves du sol, sur l'état hydrique du sol et son effet sur la disponibilité en azote ainsi que sur les interactions entre les contraintes hydrique et azotée sur la production.

II. Méthodes et protocole de simulation

Le travail décrit dans ce résumé est extrait de celui réalisé dans le projet CLIMATOR. De tous les scénarios envisagés par le GIEC, on ne considèrera ici que le scénario A1 (population stabilisée à 9 milliards d'individus en 2050 puis baisse en dessous de 8 milliards en 2100). Les évolutions climatiques qui en résulteraient sont calculées par le modèle ARPEGE. Diverses méthodes de régionalisation (passage du GCM à la série climatique d'une station, utilisable dans STICS) peuvent ensuite être appliquées. Nous n'utiliserons que les données produites par l'une d'entre elle (Déqué 2007), qui donne les variables climatiques nécessaires sur la période de 1950 à 2100. La culture que nous considérerons est paramétrée comme une fétuque élevée, avec un enracinement potentiellement très profond (c'est-à-dire de la profondeur de sol maximum) insensible à l'anoxie et sensible à la sécheresse. La sénescence foliaire est faiblement accrue par la sécheresse. La prairie est semée en septembre (à la même date chaque fois) pour 5 ans. Elle est fauchée quatre fois à dates fixes si au moment prévu la biomasse est supérieure à une tonne par hectare et la biomasse laissée sur le terrain est de 1 tonne (pour un indice foliaire de 0.5). La coupe de printemps est suivie d'un apport d'azote de 80 kg d'azote (ammonitrate) par hectare et les autres de 40. La dernière année, un semis est pratiqué précédé d'un labour. Afin de lisser les effets liés à l'année d'implantation, 5 cycles décalés d'un an de simulation de cent cinquante années de culture ont été effectués, la première implantation ayant lieu en 1950, 1951, 1952, 1953 ou 1954.

III. Résultats et discussion

STICS calcule que le déficit hydrique s'intensifie en tendance, la profondeur d'extraction d'eau moyenne devrait également augmenter puisque celle-ci dépend notamment de l'enracinement, qui en effet pourrait conquérir des horizons relativement plus profonds mais aussi de l'humidité du sol, tendancielle plus faible en surface. Il faut noter que la variabilité inter annuelle est le plus souvent nettement supérieure à la tendance calculée sur 150 ans. Cela varie fortement selon les stations étudiées. L'exemple de Theix avec un sol profond pour la fétuque est illustratif (*Fig 1*) Dans la mesure où l'azote se tient essentiellement dans les horizons superficiels la tendance serait même dans ce cas à une réduction de la profondeur d'extraction de l'azote minéral et donc à une « dilution » de la solution au voisinage des racines. Les conséquences de cette dégradation de l'état hydrique sur la production calculées avec STICS dépendent du facteur le plus limitant qui pour cet exemple est plutôt l'azote. Comme l'INN annuel moyen varierait entre 0.6 et 1 tandis que le potentiel de

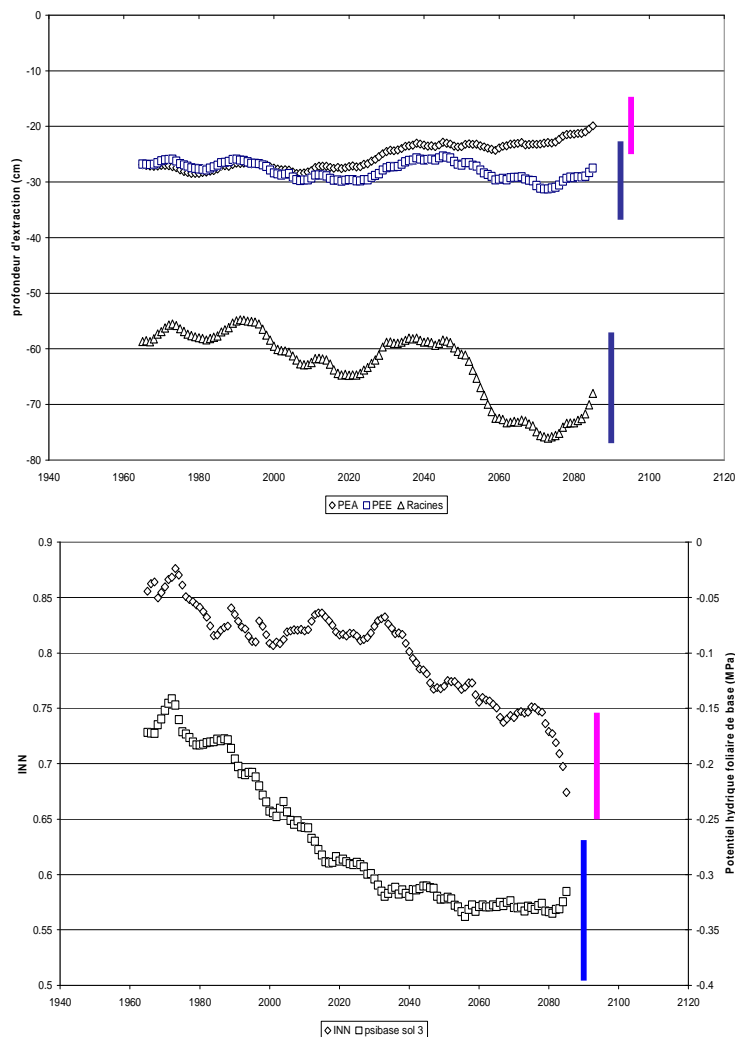


Figure 1: Simulations sur une prairie de fétuque semée et exploitée durant 5 ans à partir d'une série climatique obtenue par le CNRM dans le cadre du scénario A1 du GIEC. Haut: profondeurs d'extraction d'eau et d'azote et racinaire. Bas: Moyenne glissante de trente ans des potentiels hydrique foliaire de base (carré) et INN (losanges). Barres: moyenne des écarts types sur 30 ans (pas d'évolution des écarts types observée sur 150 ans).

base serait supérieur ou égal à -0.5 MPa (données non montrées), on s'attend à ce que cette prise en compte erronée de l'interaction eau azote n'ait pas d'effet sur le résultat final (Gonzalez, 2010.) Si la croissance aérienne n'est pas directement réduite en proportion, alors on peut voir apparaître un déficit de nutrition azoté croissant. En réalité et assez souvent, la tendance est plutôt à une stabilité de l'INN avec une augmentation légère des rendements et donc une baisse de la teneur en azote du fourrage.

Conclusion.

STICS est particulièrement adapté à l'étude des changements climatiques par sa relative simplicité tout en intégrant l'ensemble des phénomènes répondant au climat, pour ce qui concerne les parties aériennes et le bilan hydrique. Mais au-delà des incertitudes de ces conclusions qui tiennent à la grande incertitude sur les variables climatiques réalisées d'une part et à la possibilité majeure d'adapter les itinéraires techniques (à commencer par la fertilisation azotée), la grande inconnue de cette approche reste la dynamique d'azote dans le sol. En premier lieu, le flux entrant de matière organique avec le renouvellement des racines (sous le double effet de l'augmentation de la productivité primaire et de l'allocation aux racines) et la dynamique de la minéralisation répondront potentiellement au changement climatique. STICS est actuellement assez grossièrement paramétré sur ce chapitre. Il serait important de remédier à cela d'autant que si comme le montre la figure 1 l'enracinement s'approfondit, alors les capacités de stockage de carbone des prairies pourraient évoluer. En second lieu, la minéralisation et la réponse des microorganismes pourraient tempérer ou amplifier les changements induits par l'évolution du climat. Il conviendra donc en particulier de repenser la compartimentation

du sol faite par STICS qui limite l'activité des microorganismes aux couches superficielles.

Références.

- Gonzalez Dugo V., Durand JL., Gastal F(2010) Water deficits and nitrogen nutrition by crops: a review. Agronomy for Sustainable Developments. DOI: 10.1051/agro/2009059.
- Mary B et Guérif M (2005) Effet du stress azoté sur la plante: proposition d'un indice de nutrition instantané. Séminaire STICS de Carry le Rouet. 23-27.
- Déqué, M., 2007: Frequency of precipitation and temperature extremes over France in an anthropogenic scenario: model results and statistical correction according to observed values. Global and Planetary Change, 57, 16-26.