

# EVALUATION DES FORMALISMES DU RENDEMENT DES PLANTES DETERMINEES. CAS DU BLE TENDRE ET DU BLE DUR.

**M. Launay<sup>1\*</sup>, I. García de Cortázar-Atauri<sup>2</sup>, S. Guillaume<sup>3</sup>, N. Brisson<sup>1</sup>, E. Justes<sup>3</sup>, P. Gate<sup>4</sup>, F. Ruget<sup>5</sup>, M. Guerif<sup>5</sup>**

<sup>1</sup> INRA, AgroClim, Domaine St Paul, Site AgroParc, 84914 Avignon Cedex, France

<sup>2</sup> European Commission JRC-IPSC-MARS-Agri4cast action, via E. Fermi 2749 - TP483, I-21027 Ispra (VA), Italy

<sup>3</sup> INRA, UMR INRA-ENSAT 1248 AGIR, BP 52627, 31326 Castanet-Tolosan Cedex, France

<sup>4</sup> ARVALIS, Institut du Végétal, 3 rue Joseph et Marie Hackin - 75116 Paris

<sup>5</sup> INRA, EMMAH, Domaine St Paul, Site AgroParc, 84914 Avignon Cedex, France

\*Auteur correspondant : [mLaunay@avignon.inra.fr](mailto:mLaunay@avignon.inra.fr)

## Introduction et Matériel

Un des principaux objectifs de la plupart des modèles de cultures est de produire une estimation correcte du rendement de la culture simulée. D'un point de vue agronomique, ainsi que dans la plupart de modèles de cultures adaptés au blé, la mise en place du rendement est déterminée de manière générale par la combinaison de deux composantes intermédiaires : le nombre de grains (par m<sup>2</sup>, par épis, par panicule, par plante...) et le poids d'un grain (1000 grains). Il existe plusieurs approches pour calculer chacune de ces composantes. Concernant le nombre de grains il existe classiquement deux : l'une basée sur l'état azoté de la culture à la floraison (comme dans le modèle AZODYN), et l'autre basée sur l'état trophique de la culture à la même époque (modèles SIRIUS, CERES, STICS). Par ailleurs, le calcul du rendement dans le modèle STICS pour les plantes déterminées (dont le blé) est fondé sur un Indice de Récolte carboné et azoté progressif qui exprime la proportion de la biomasse C ou N de la plante entière qui est allouée au grain et qui évolue en fonction du temps. Cette proportion de biomasse constitue une quantité maximale distribuée aux grains, éventuellement limitée par la force des puits (laquelle est égale au nombre de grains). L'avantage de cette approche est sa robustesse car elle considère l'ensemble des ressources utilisables (assimilât plus les réserves) et elle évite d'avoir à dimensionner la taille des puits potentielle et des réserves. Cependant, elle a l'inconvénient de ne pas prendre en compte les variations possibles de la proportion entre remobilisations et la photosynthèse en fonction des conditions de croissance et ne permet pas de décrire certains processus plus fins, et donc de pouvoir prendre en compte toute leur complexité. Enfin, les nouvelles conditions climatiques futures vont faire apparaître des effets divers sur le fonctionnement des cultures. Ainsi, si l'on veut étudier l'évolution des productions agricoles futures, il est très important de bien décrire les fonctions qui contrôlent l'effet de la température sur la mise en place du rendement.

Les objectifs de cette étude ont été les suivants: **1)** d'évaluer et améliorer le calcul des composantes du rendement par le modèle, notamment les hypothèses de calcul du nombre de grains ; **2)** d'évaluer l'utilisation du formalisme du calcul des plantes indéterminées pour le blé ; **3)** de formuler un formalisme qui puisse prendre en compte les effets de la température sur le rendement, et concrètement les effets de l'échaudage.

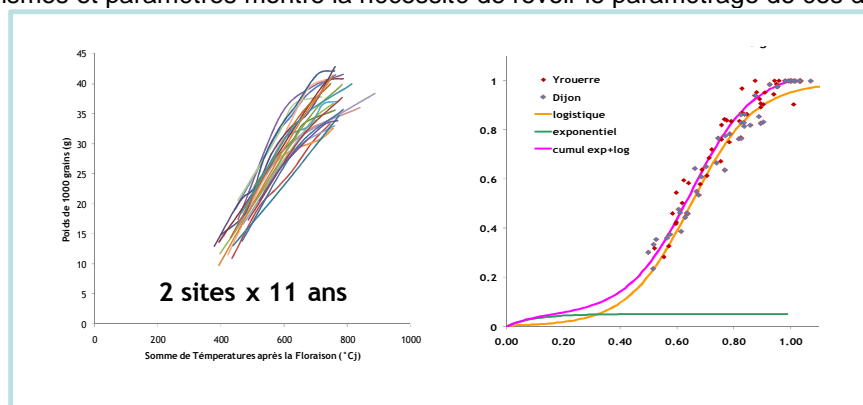
Pour réaliser les différents tests des formalismes nous avons utilisé la base de données SMS pour le Blé tendre et une extraction de la base de données de la thèse de Solenn Guillaume pour le Blé dur. Le nombre total d'USM utilisés est de 182 (132 pour le Blé tendre et 50 pour le Blé dur). Tous les jeux de données avaient les informations concernant le climat, le sol et les itinéraires techniques (variétés incluses), ainsi que des données observées et des informations supplémentaires (métadonnées).

## Principaux résultats et conclusions de l'étude

**1)** La comparaison de différentes approches pour calculer le nombre de grains (approche Azote - AZODYN - approche Trophique SIRIUS-STICS basés dans la biomasse à la floraison) a donné lieu à des résultats très intéressants. Le formalisme du modèle AZODYN a permis d'évaluer l'intérêt de cet approche pour le Blé dur et le Blé tendre en déterminant les différentes relations entre l'intensité du stress azoté (IDD) et le nombre de grains relatifs (RKN). Les deux méthodes de calcul du INN déjà présentes dans STICS ont été utilisées: l'INN classique et l'INN instantané. Les résultats obtenus montrent certaines divergences selon l'espèce, selon que l'on utilise l'INN classique (utilisé originalement dans AZODYN) ou l'INN instantané. En utilisant l'INN instantané, nous avons mis en relief une relation de type exponentielle relativement stable permettant de mieux décrire le calcul du nombre de grains en situation de faible stress azoté. L'approche a cependant montré quelques limites car certaines expérimentations ne montrent pas ce type de relation. L'approche déjà utilisé dans le modèle a montré sa robustesse, mais pourrait être améliorée en révisant les différents paramètres qui déterminent cette variable en fonction de la variété (notamment la durée de la période avant floraison). Les bons résultats obtenus en

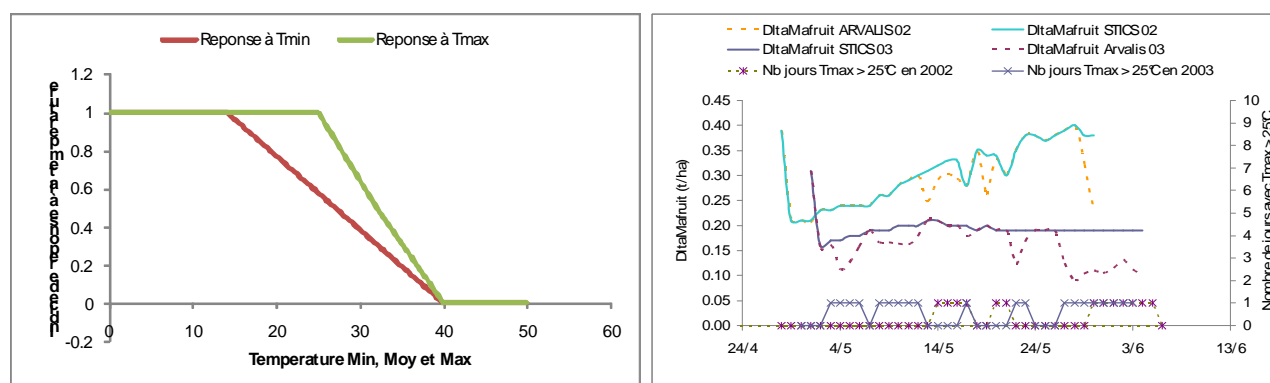
utilisant le formalisme du modèle SIRIUS montrent l'intérêt d'introduire cette approche dans le modèle, car elle est gérée par des paramètres facilement mesurables (traits fonctionnels – i.e. nombre de grains/ g d'épi).

2) L'introduction d'un formalisme Sources-Puits pour calculer le poids de grains s'avère une approche très intéressante. Le modèle proposé est celui décrit pour les plantes indéterminées par Brisson *et al.*, (2009). Il décrit la croissance par une double courbe sigmoïde qui peut être contrôlée par deux courbes qui se cumulent: une courbe exponentielle qui décrit la multiplication cellulaire et une courbe sigmoïde qui représente l'élongation cellulaire et le remplissage. A partir d'une double normalisation (en fonction du développement et du poids final), on obtient une seule courbe de croissance normalisée, qui est indépendante de la variété, de l'année et du lieu. La **Figure 1** montre la courbe normalisée décrivant la dynamique de croissance des grains de Blé tendre. L'introduction de ce type de calcul a montré la nécessité de bien simuler les différents compartiments de la plante : réserves, partie structurale, feuilles et fruits. Une analyse de la bibliographie a permis de caractériser les différents compartiments de la plante à la floraison, indépendamment du traitement. Cependant, la modification de certains formalismes et paramètres montre la nécessité de revoir le paramétrage de ces deux espèces.



**Figure 1 :** Courbes d'évolution du poids d'un grain pour la base de données ARVALIS pour la variété Soissons sans normalisation (gauche), et avec normalisation (droite).

3) Le formalisme proposé pour tenir compte de l'effet des fortes températures (échaudage) sur le remplissage du grain s'avère plus intéressant et réaliste que celui déjà présent dans le modèle (approche «tout-ou-rien»). Nous avons proposé une courbe semblable à celle proposée par ARVALIS pour les températures minimales et maximales. La **Figure 2** montre la nouvelle courbe et les différences d'effet de la température entre le modèle déjà intégré dans STICS et le nouveau modèle. Ce formalisme permet de proposer un effet sur chaque température séparément. Les températures d'inflexion sont 14°C pour les  $t_{min}$  et 25 °C pour les  $t_{max}$ . Cela permet de prendre en compte les effets négatifs des températures minimales trop fortes, ainsi que de tenir compte d'un effet négatif plus marqué sur les fortes températures (pente de la courbe de réponse plus forte).



**Figure 2 :** Nouvelles courbes de réponse à la température pour calculer le remplissage des grains. Impact de la température pour les années 2002 et 2003, selon le formalisme du modèle STICS (ligne continue) et le formalisme du modèle ARVALIS modifié (ligne discontinue).

Brisson, N., M. Launay, B. Mary and N. Beaudoin. 2009. Conceptual basis, formalisations and parameterization of the STICS crop model. Quae Edition. Paris.

**Voir aussi,** Garcia de Cortazar-Atauri I., Launay M., Brisson, N., 2010. Evaluation des formalismes du calcul du rendement des plantes déterminées. Cas du Blé tendre et du Blé dur. Document de synthèse. INRA-Agroclim ---- ARVALIS. 29pp