

### 3 Gestion des intrants azotés & Agriculture de précision :

## Le pari relevé par GxABT et le CRA-W de développer un outil d'aide à décision pour les agriculteurs wallons

B. Dumont<sup>5</sup>, R.Meza<sup>6</sup>, B. Bodson<sup>7</sup>, J.P. Destain<sup>8</sup> et M.F. Destain<sup>5</sup>

Financement : Direction Générale Opérationnelle Agriculture, Ressources naturelles et Environnement (DGO3)

### 3.1 A propos de l'agriculture de précision.

Définir l'agriculture de précision n'est pas chose aisée, car la définition n'est pas figée. En effet, il est admis que la définition de l'agriculture de précision évolue avec l'émergence de nouvelles technologies et avec notre capacité à repousser les limites de ce qui nous semble réalisable.

Ainsi, une définition complète et ambitieuse peut être formulée comme suit : « L'agriculture de précision est définie comme un *système de gestion des cultures basé sur l'expérience, la connaissance et la technologie*, qui soit *spécifique à chaque champ* et qui utilise plusieurs sources d'informations (données sur le sol, la culture, la disponibilité de nutriments, ...). Le déploiement de l'agriculture de précision vise l'*obtention d'un profit optimal, d'un système de culture durable tout en minimisant les impacts de l'agriculture sur l'environnement.* ».

### 3.2 Un projet novateur !

Dans ce cadre, Gembloux Agro-Bio Tech et le CRA-W ont mis sur pied voici un peu plus de 5 ans, un projet de recherche novateur qui se veut répondre à chaque composante de cette définition.

Le projet de recherche en question vise à mettre au point un outil d'aide à la décision en vue de mieux gérer les apports en engrais azotés des cultures. Dans un premier temps, notre étude s'est logiquement focalisée sur le froment d'hiver.

Comme il vous l'est proposé depuis de nombreuses années, l'étude s'est à nouveau intéressée à la caractérisation de la réponse de la culture sous différents niveaux de fertilisation azotée. Toutefois, le projet est allé plus loin qu'une simple comparaison des rendements obtenus en s'intéressant à différents types de sol (Figure 10.8) et en se focalisant sur la dynamique des conditions climatiques. Ceci a permis de



Figure10.8

<sup>5</sup> ULg – Gx-ABT – Unité d'agriculture de précision

<sup>6</sup> ULg – Gx-ABT – Unité de Phytotechnie des régions tempérées – Production intégrée des céréales en Région Wallonne, subsidié par la DGARNE du Service Public de Wallonie

<sup>7</sup> ULg – Gx-ABT – Unité Phytotechnie des régions tempérées

<sup>8</sup> Directeur Général ff du CRA-W

mettre en lumière les stress liés à la disponibilité de l'eau et des nutriments azotés dans le sol.

### **3.3 Quels outils pour l'agriculture de précision ?**



**Figure 10.9**

Un réseau de capteurs sans fil (éKo pro Series - Crossbow Society - Figure 10.9) nous permet d'avoir accès aux données microclimatiques et à l'état hydrique du sol, afin de mieux comprendre l'environnement proche des plantes.

Ces données sont introduites en temps réel dans un logiciel de modélisation (STICS – Inra, France), afin de simuler la croissance des plantes de manière quotidienne et d'identifier les stress dont pourrait souffrir la culture : températures échaudantes, stress hydrique et/ou carence azotée.

Parallèlement, nous réalisons des prélèvements de biomasse tout au long de la culture, nous suivons l'élaboration des composantes du rendement et nous analysons des échantillons de sol pour suivre l'azote. Le rendement en grain et sa teneur en protéines sont mesurés à la moisson. Toutes ces informations nous servent de points de contrôle lors de la validation de nos recherches.

### **3.4 Le défi du projet**

Lors de la mise au point d'un outil d'aide à la décision visant une gestion optimisée de l'azote, la principale difficulté réside dans la non connaissance des effets exacts de la modification de pratiques envisagées.

En effet, l'effet attendu d'une fertilisation est, d'une part, fonction des conditions de croissance passées de la plante, qui joueront sur son développement (profondeur d'enracinement, ...) et ses capacités de remobilisation ultérieure. D'autre part, les conditions climatiques entre le moment où l'azote sera apporté et la moisson joueront sur les capacités de photosynthèse, sur le remplissage du grain ou encore sur le transfert d'azote dans le grain.

Or, l'un des principaux avantages de travailler avec un modèle de culture réside dans sa capacité à tenir compte de tous les événements, c'est-à-dire aussi bien les conditions climatiques que les pratiques culturales. Il faut en effet voir le modèle de culture comme une caméra qui filmerait la croissance, et qui nous permettrait de revenir en arrière ou d'avancer dans le temps, afin de comprendre les mécanismes de la croissance et les événements qui ont pu limiter celle-ci.

Toutefois, pour réaliser la simulation d'une saison complète de culture, le modèle a besoin d'être alimenté par des données représentatives de l'entièreté de la saison. Or, il est impossible de connaître l'avenir de façon fiable à plus de 5 à 10 jours. Pour pallier à cette incertitude, nos recherches se sont focalisées sur des méthodes visant à remplacer cette inconnue qu'est le futur.

La voie de recherche qui a été retenue consiste à aller rechercher cette information dans les données climatiques passées. Cependant, dans le cadre de cette recherche, nous ne nous limitons pas à la considération d'une seule situation climatique pour le futur. Nous employons pour cela l'entièreté des données météorologiques qui ont pu être enregistrées dans une région. L'approche sur laquelle nous nous basons est inédite en Wallonie ! Les sets climatiques utilisés en entrée du modèle sont construits de la façon suivante (Figure 10.10). Tout d'abord,

de jour en jour, nous enregistrons les conditions climatiques réelles telle que la culture les a ressenties. Ces données acquises en temps réel vont nous permettre de tenir compte des éventuels stress subis par la culture au cours de son développement. Dans un second temps, ce set unique de données est combiné à une multitude de scénarii climatiques basés sur les observations passées. Ces différents cas vont nous offrir un panel de possibilités sur ce qui pourrait se passer d'ici à la moisson. L'originalité de l'approche vient également du fait que ces simulations peuvent être relancées tous les jours : tandis que notre connaissance des conditions climatiques réelles augmente, notre incertitude sur l'avenir décroît et notre confiance sur le rendement de fin de saison prédit ne fait que croître.

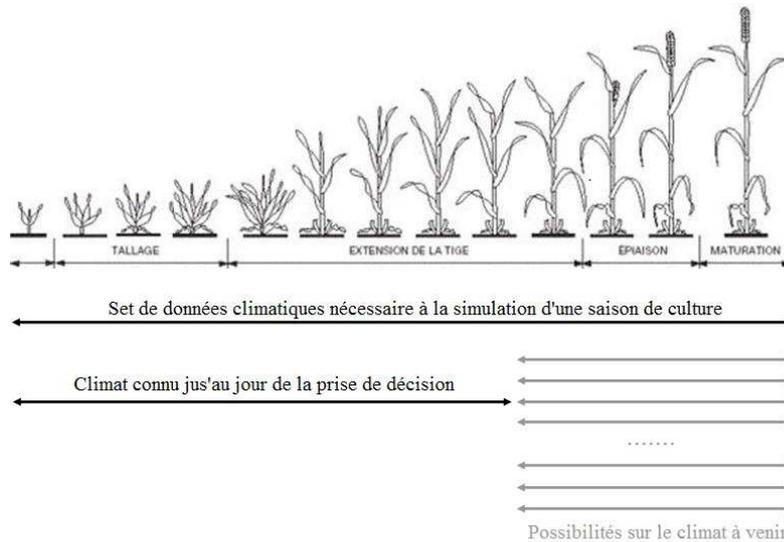


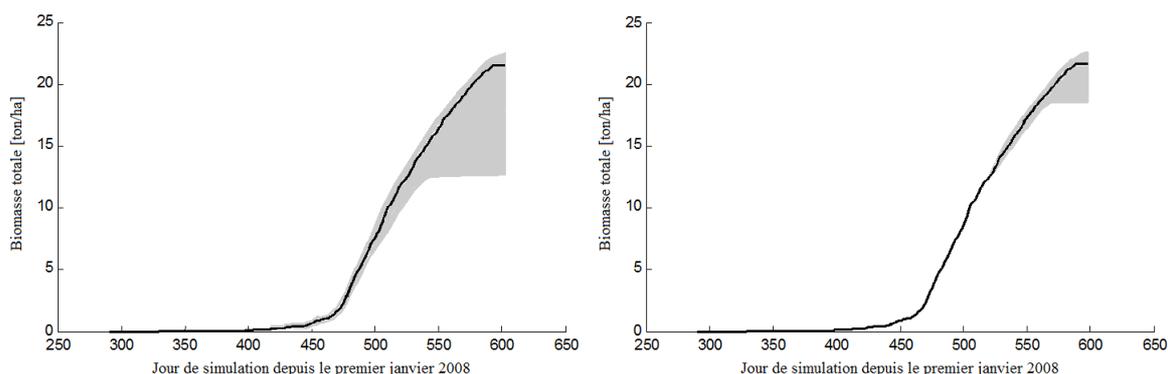
Figure 10.10 – Schématisation des entrées climatiques nécessaires.

### 3.5 Et l'azote dans tout ça ?

Il faut rester raisonnable et ne pas chercher à utiliser le modèle au-delà de ses possibilités. Entendons par là qu'il n'est pas possible de prédire le rendement dès le semis, car l'incertitude sur le climat à venir d'ici la moisson est bien trop grande (Figure 10.11). Des études préliminaires nous ont permis de démontrer que l'incertitude sur les simulations du modèle devient suffisamment faible aux alentours de la mi-Mai pour deux raisons : premièrement, à la mi-mai, environ 200 jours de conditions climatiques sont connues, et environ les trois-quarts de la saison de culture sont derrière nous ; en second lieu, la mi-Mai correspond également à la fois au moment de l'apparition de la dernière feuille et celui de l'application de la fumure qui va permettre le remplissage des grains.

La fraction de dernière feuille va donc pouvoir être modulée, afin d'optimiser les rendements, la teneur en protéines du grain, tout en minimisant les reliquats de fumures et le risque de nuisances environnementales.

Au vu de la capacité du froment d'hiver à compenser les incidents climatiques de début de saison, et afin de favoriser un développement optimal de la culture dès son émergence, il est primordial de suivre les recommandations du Livre Blanc pour ce qui est des fractions de Tallage et Redressement, dans le cas d'une modulation de l'apport en 3 fractions, ou le conseil sur la fraction intermédiaire Tallage-Redressement dans le cas où la fertilisation est réalisée en deux apports.



**Figure 10.11 – Prédications du rendement pour la saison 2008-2009. Le trait noir indique les simulations obtenues avec le climat réel. La zone grisée indique l'incertitude sur les simulations réalisées avec différents scénarii climatiques, envisagés depuis la sortie d'hiver (gauche) et la mi-Mai (droite).**

### **3.6 Les résultats et concrétisations du projet**

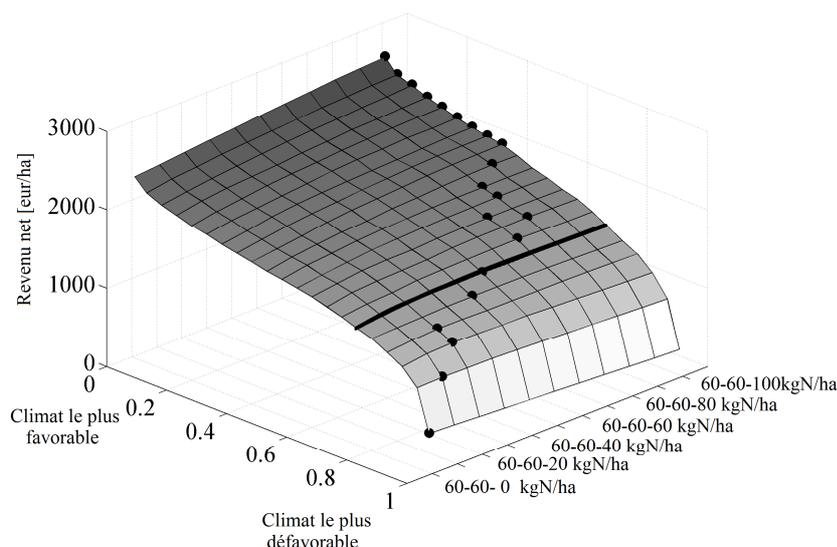
Les recherches se concentrent donc sur la fraction azotée de dernière feuille. Depuis deux ans maintenant, de nouvelles expériences ont été mises en place sur des champs expérimentaux de la région de Gembloux. Le but est toujours d'étudier la réponse de la culture à différents niveaux de fertilisation. En première approche, les niveaux de fertilisant ont été fixés à 60 kgN/ha pour les fractions de tallage et de redressement. L'expérience est menée en parallèle sur les ordinateurs.

Lorsqu'arrive le stade de la dernière feuille, nous appliquons des doses variables de fertilisants, dans nos expérimentations de terrain et dans nos simulations. L'expérience menée dans les champs correspondra bien évidemment à une seule situation climatique. Mais au stade de la dernière feuille, rappelons-le, il est impossible de connaître le climat qui se produira jusqu'à la moisson. C'est donc à cet instant que les simulations sur ordinateur prennent le relais. Les sets de données climatiques que nous avons créés sont alors utilisés en entrée du modèle. Les simulations des rendements à la moisson sont ainsi réalisées.

Ces rendements sont ensuite convertis en revenus nets (Figure 10.12). Pour cela, il convient de multiplier le rendement attendu en fin de saison par le prix de vente espéré, dont nous avons une bonne appréciation en mai, et de soustraire à cela le coût lié à l'engrais appliqué. Les revenus nets sont alors hiérarchisés par ordre d'importance, du plus faible au plus élevé. Pour chaque climat à venir, on peut ainsi aller chercher dans le graphique le niveau de fertilisation qui permettrait de maximiser le revenu net (points noirs "•" présentés sur la surface de réponse à la figure 10.12).

On observe assez logiquement d'après la Figure 10.12 que si le climat à venir est de type défavorable, il conviendra de diminuer le niveau de fertilisation. Pour des climats de type favorable, on pourra augmenter le niveau de fertilisation.

La question que se pose alors la majorité des agriculteurs est de savoir vers quelle situation climatique nous allons nous diriger ? L'une des grandes innovations développée dans notre outil d'aide à la décision est d'éviter cette question à laquelle personne ne peut répondre. Dans notre étude, le problème a été renversé. La question qui se cache derrière le code d'analyse est la suivante : Quelle est le niveau de fertilisation qui donnera les meilleurs résultats et surpassera les autres dans la majorité des simulations climatiques ? C'est cette question qui justifie la représentation en 3 dimensions.



**Figure 10.12 – Surface de réponse du revenu attendu sous les différents climats envisagés et pour différents niveaux de fertilisation azotée.**

En vertu du principe de précaution, sur l'axe climatique, on affecte au climat le plus défavorable la valeur de 1, et au climat le plus favorable la valeur de 0. Nous considérons en effet qu'il y a 100% de chance que la situation défavorable se produise, alors qu'il y a 0% de chance que la meilleure situation n'apparaisse. Finalement, il a été décidé de fixer une frontière seuil à la situation climatique correspondant à 75% (Trait noir épais sur Figure 10.12). Dans le cas présenté, il aurait fallu diminuer légèrement le niveau de la fraction de dernière feuille de 60 à 50 kgN/ha pour la campagne 2009-2010.

Nos recherches ont démontré que c'était en effet à ce niveau de probabilité que le modèle prédisait le niveau de fertilisation optimal. Cela a été confirmé par les premières expériences menées en parallèle et en temps réel sur le terrain.

### **3.7 Nos objectifs pour l'avenir**

Bien que les premiers résultats apparaissent très prometteurs, nous préférons être prudents avec cet outil, avant de le mettre à disposition de tout un chacun. Nous sommes actuellement en train de mettre sur pied des projets qui vont chercher à tester l'outil sur des situations culturelles contrastées. L'objectif est d'aller l'expérimenter dans différentes régions pédoclimatiques : sur des sols plus argileux que la région limoneuse, plus sableux comme dans le Tournaisis ou plus superficiels comme en Condroz ; mais aussi sous différents niveaux de restitutions organiques et d'autres précédents culturels (pomme de terre, maïs, ...). Parmi les retombées attendues de l'outil, nous envisageons de proposer des cartes de sensibilité au niveau de fertilisation, indiquant selon les régions de Wallonie et les conditions culturelles de la parcelle, s'il faut augmenter, maintenir ou diminuer les niveaux de fertilisation. Dans un contexte de changement climatique, au vu des conditions climatiques particulières de ces dernières saisons, nous avons bon espoir grâce aux performances escomptées de cet outil d'aide à la décision d'améliorer le conseil de fertilisation des céréales.