



**LE NUMÉRIQUE AU SERVICE DE
LA RÉDUCTION DES INTRANTS**

Le 03 décembre 2019

**La simulation numérique,
un appui pour repenser
les systèmes agronomiques ?**

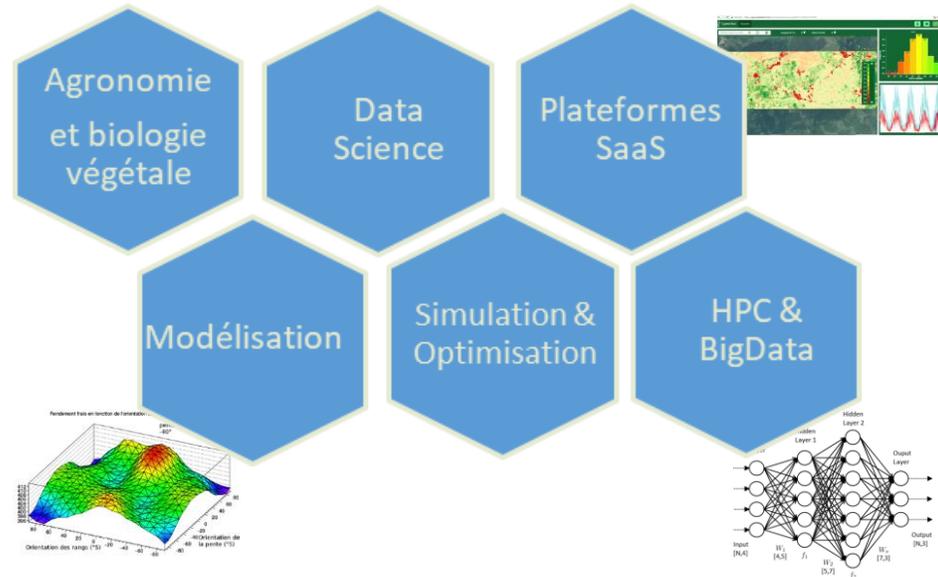
Marion CARRIER

CybeleTech, Directrice Générale

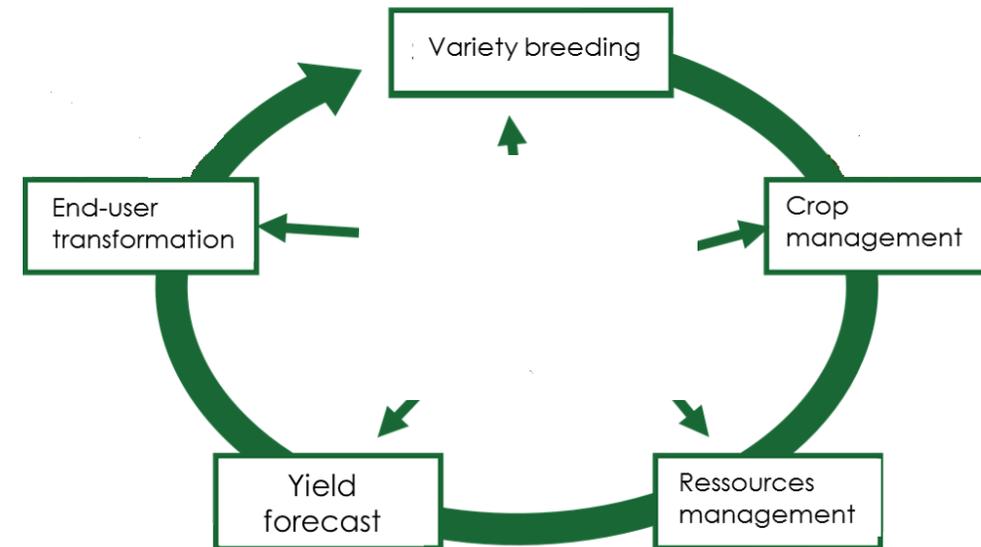
- Une PME innovante dédiée aux technologies numériques pour le **monde végétal**
- Depuis 2011
- Paris & Orléans
- Une équipe de 17 collaborateurs Ingénieurs & Docteurs



Une expertise pluridisciplinaire...



... pour numériser et optimiser les systèmes de culture



- **Une PME innovante** dédiée aux technologies numériques pour le **monde végétal**
- Depuis 2011
- Paris & Orléans
- **Une équipe** de 17 collaborateurs Ingénieurs & Docteurs



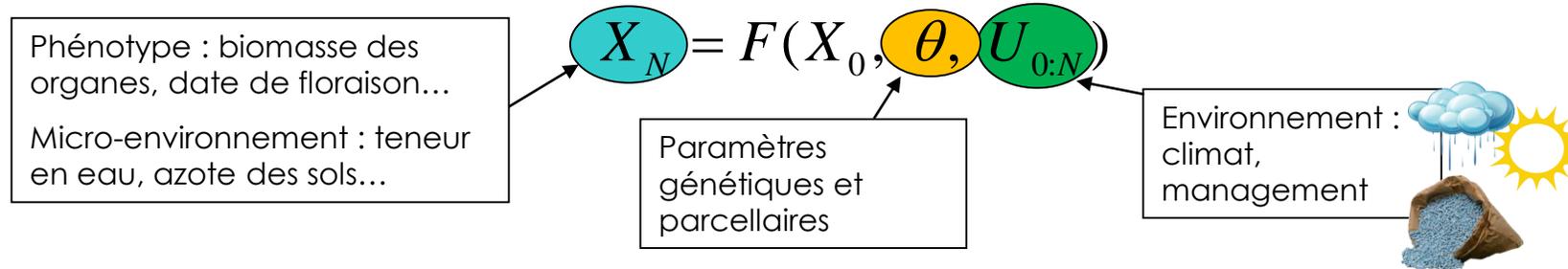
Nos principaux partenaires :



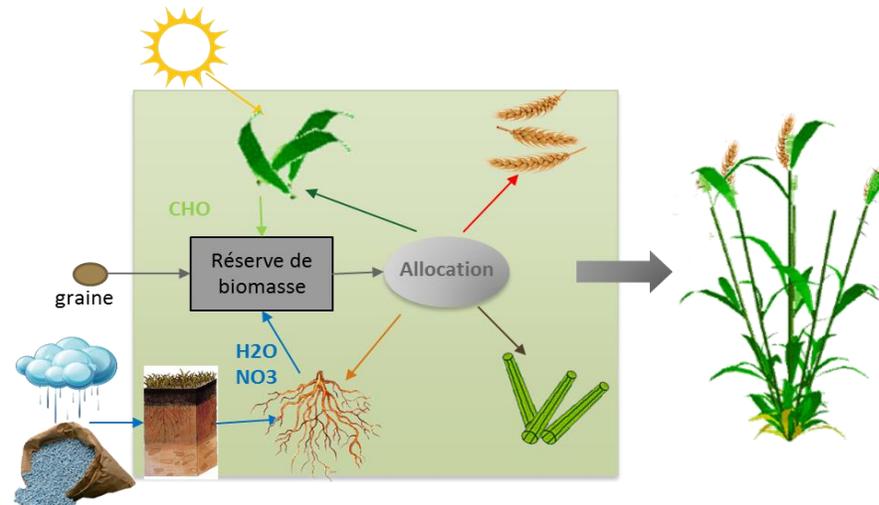
**La simulation numérique,
un appui pour repenser
les systèmes agronomiques ?**

Simulation numérique des cultures

- Des **équations reposant sur la connaissance** physique, chimique, botanique, agronomique... des plantes



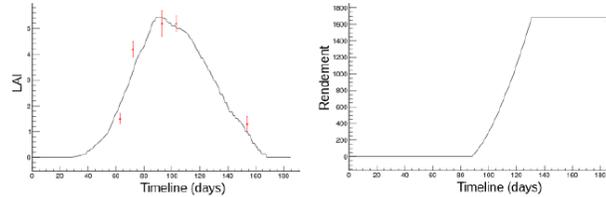
- Une **formalisation mathématique dynamique** du fonctionnement des cultures



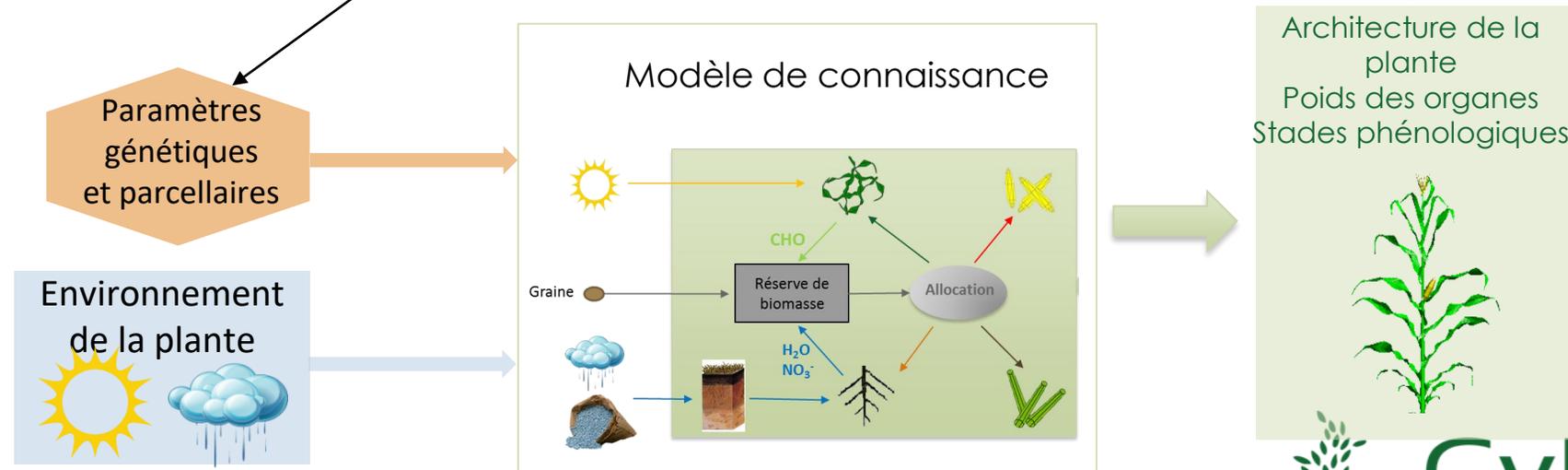
- Recherche, analyse comparative et adaptation** des formalismes de la littérature selon les objectifs visés.

Simulation numérique des cultures

- Des outils dotés d'une capacité d'**apprentissage**
- Grâce à des méthodes d'**estimation paramétrique**
- A partir de **petits jeux de données**

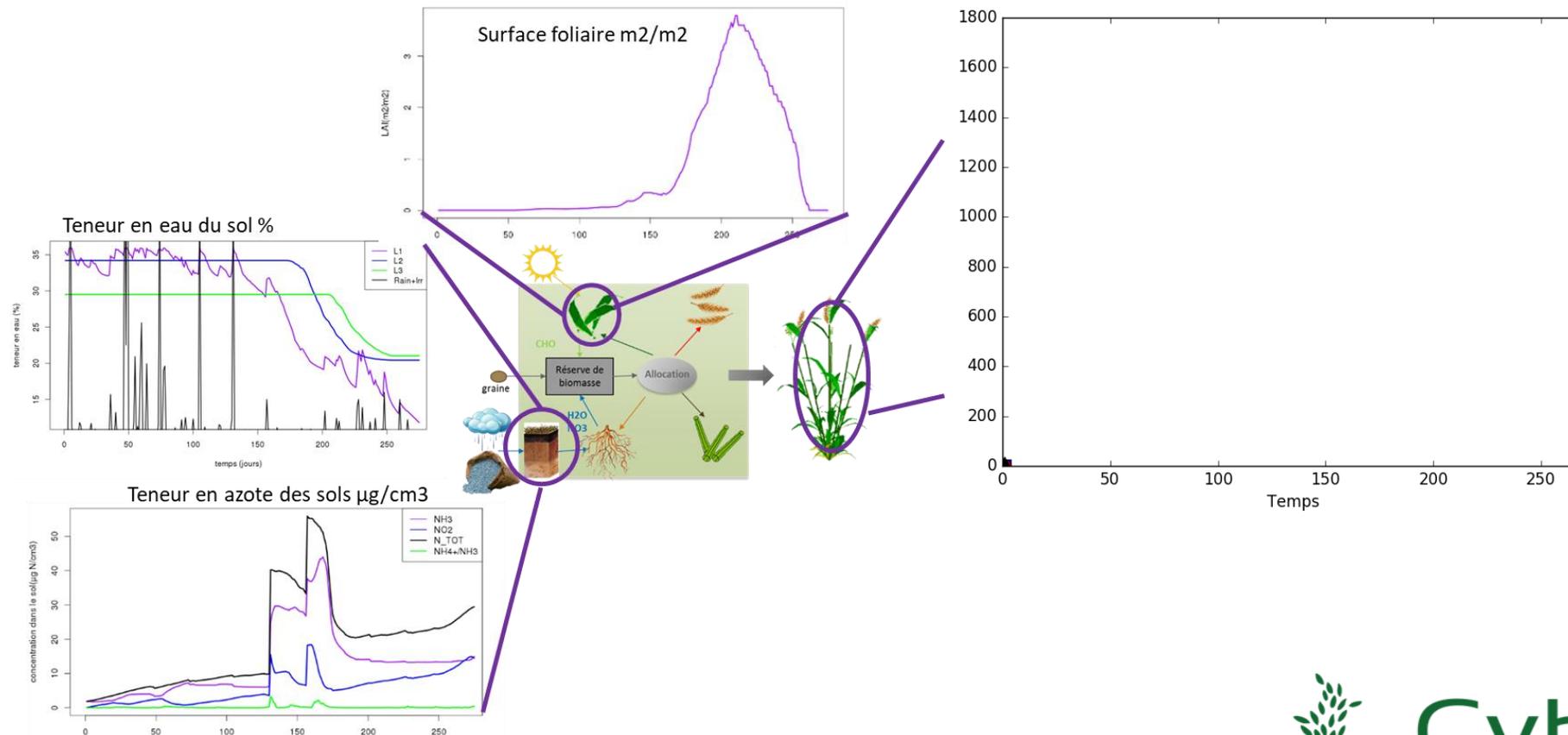


Identification paramétrique



Simulation numérique des cultures

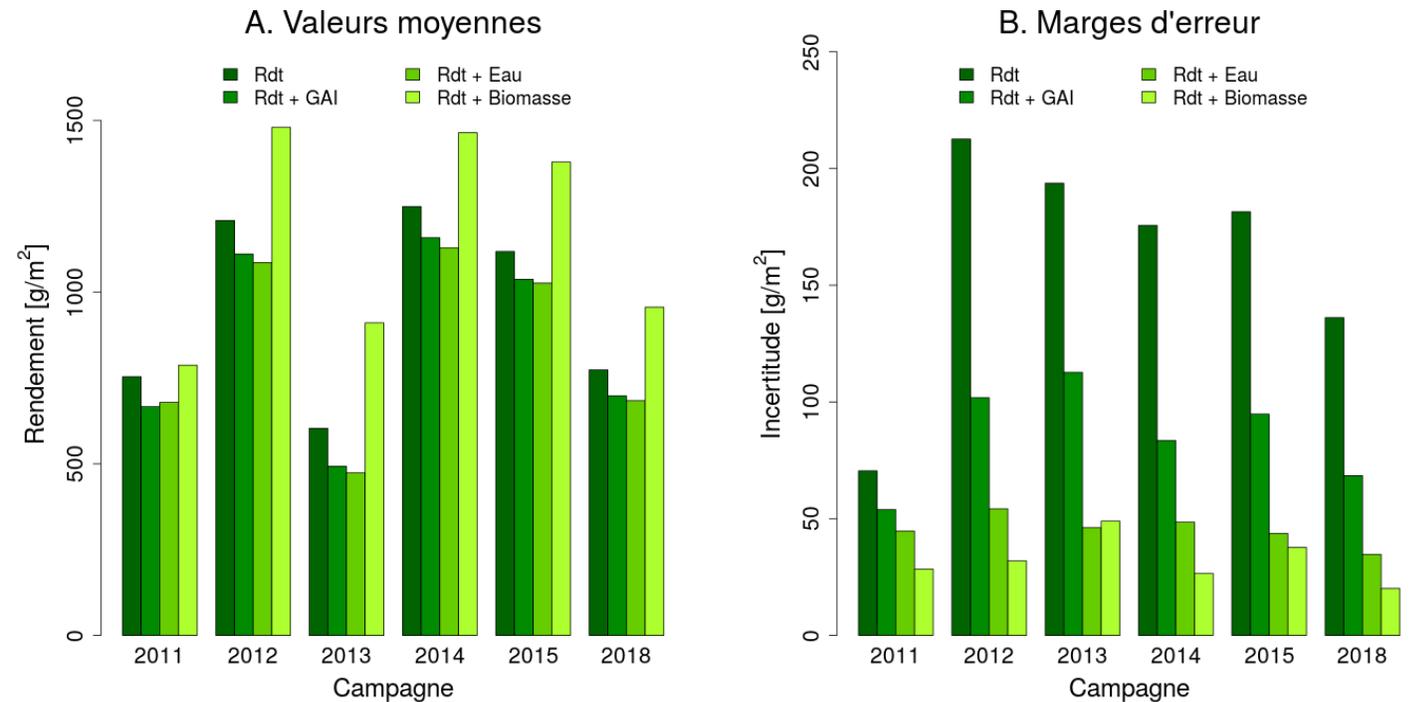
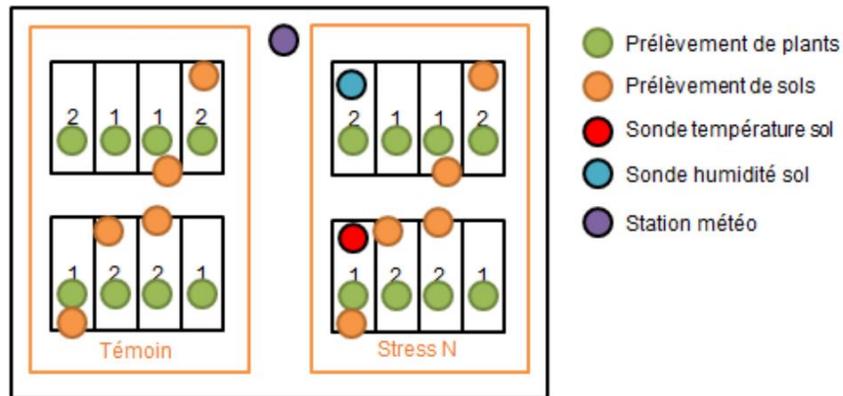
- Des outils permettant de créer un **jumeau numérique** de la culture



**La simulation numérique,
un appui pour repenser
les systèmes agronomiques ?**

Optimiser les mesures physiques

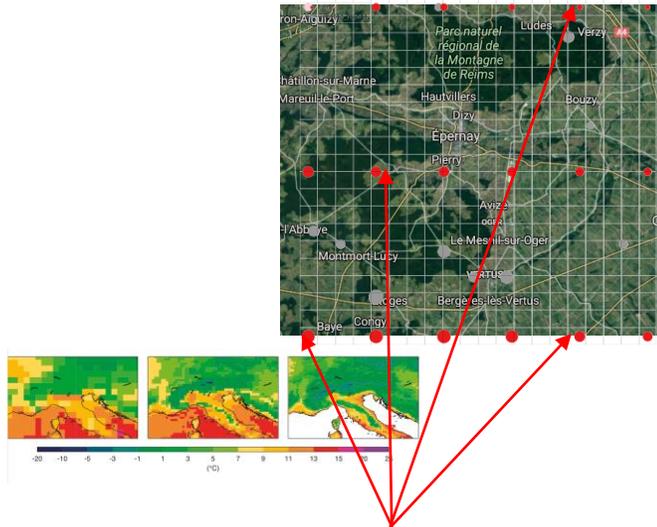
- Remplacer l'évaluation de nouvelles mesures en champ par une évaluation sur parcelle virtuelle
- Définir le gain en précision apporté par une donnée dans la prévision des parcelles virtuelles



Optimiser les mesures physiques

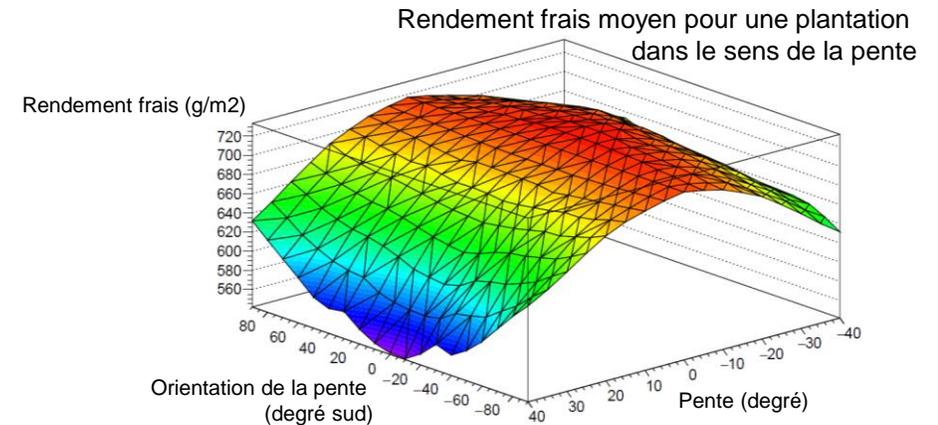
- Adapter les variables mesurées et les plans d'échantillonnage à la variabilité et l'impact sur les paramètres de compétitivité

Simulation numérique du climat



Quantifier la variabilité climatique expliquée par la géographie

Simulation numérique du plant de vigne en culture



Quantifier la variabilité des paramètres de compétitivité expliquée

Optimiser les mesures physiques

Quoi ?

Quand ?

Comment ?

Où ?

Quel coût ? Quel gain ?

Conduire l'acquisition de la donnée par la connaissance des objectifs et la capacité d'action générée

⇒ **Mieux maîtriser la valeur de la donnée, en lien avec son usage**

⇒ **Mieux maîtriser un territoire, en complétant la donnée**



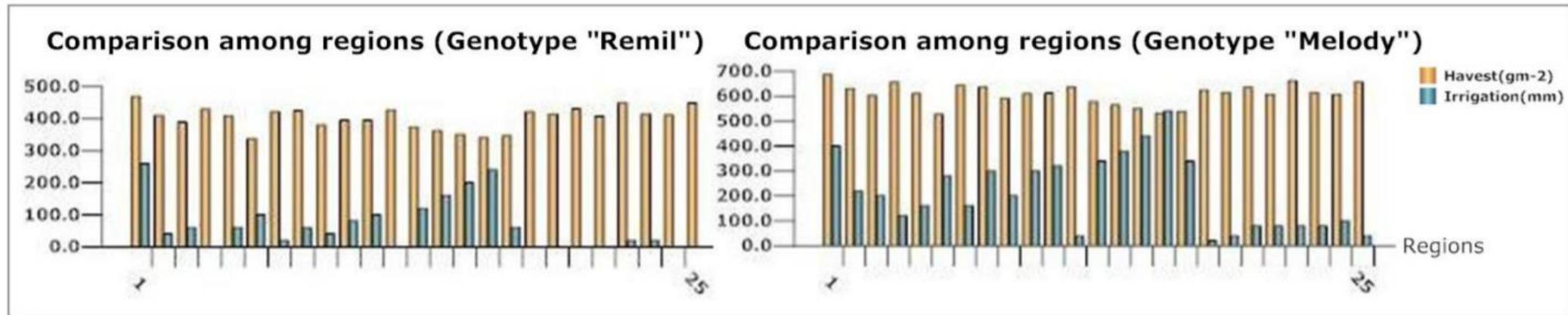
Stress hydrique ?

Carence nutritionnelle NPK ?

Stress biotique ?

Manager suivant des paramètres de plus en plus fins

- Exemple : raisonner la variété en fonction des capacités d'irrigation, ou inversement
 - A partir de simulations numériques

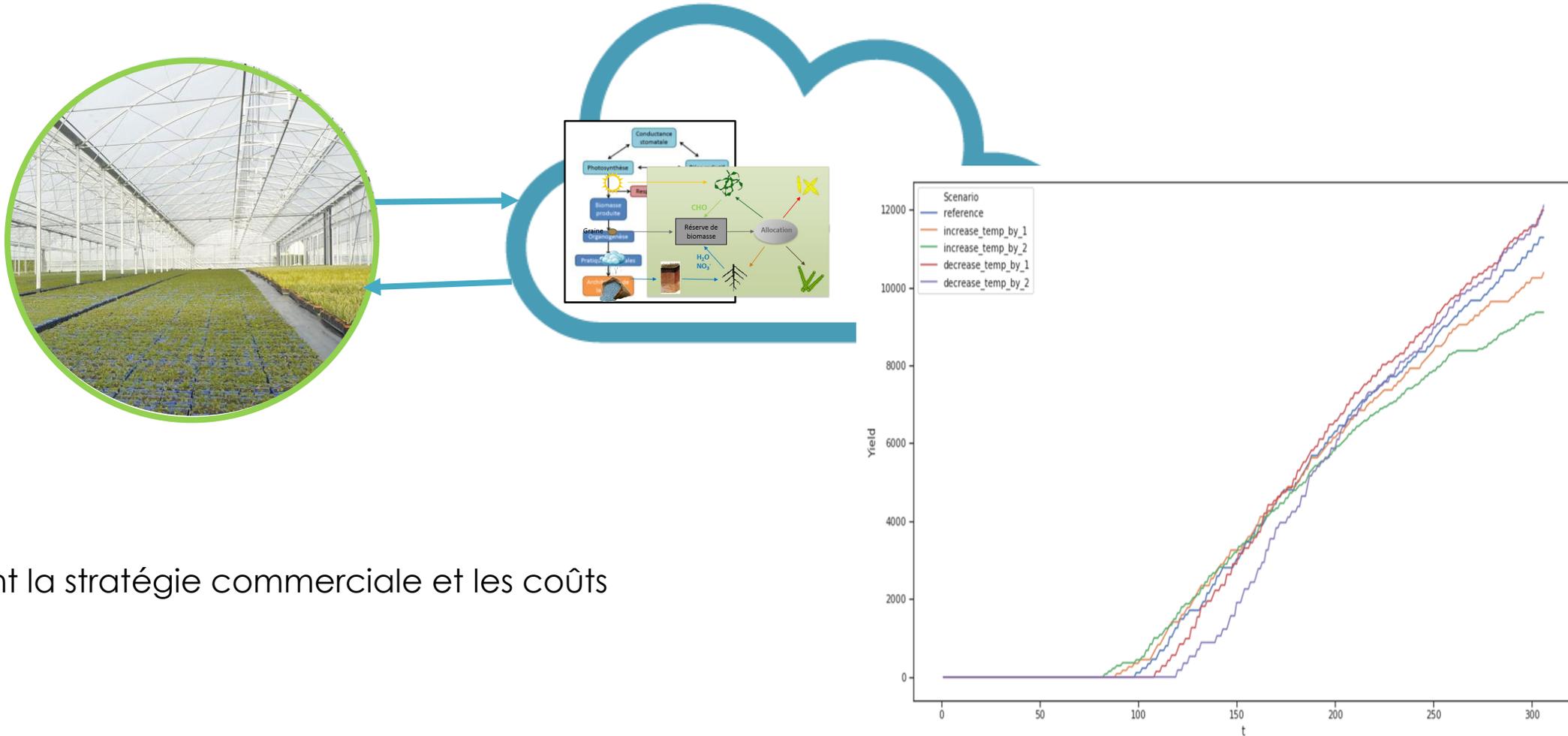


2013, CentraleSupélec

Fig. 6.6: Harvest and Irrigation for sunflower genotypes in 25 regions; (a) Left: genotype “Remil”; (b) Right: genotypes “Melody”

Manager suivant des paramètres de plus en plus fins

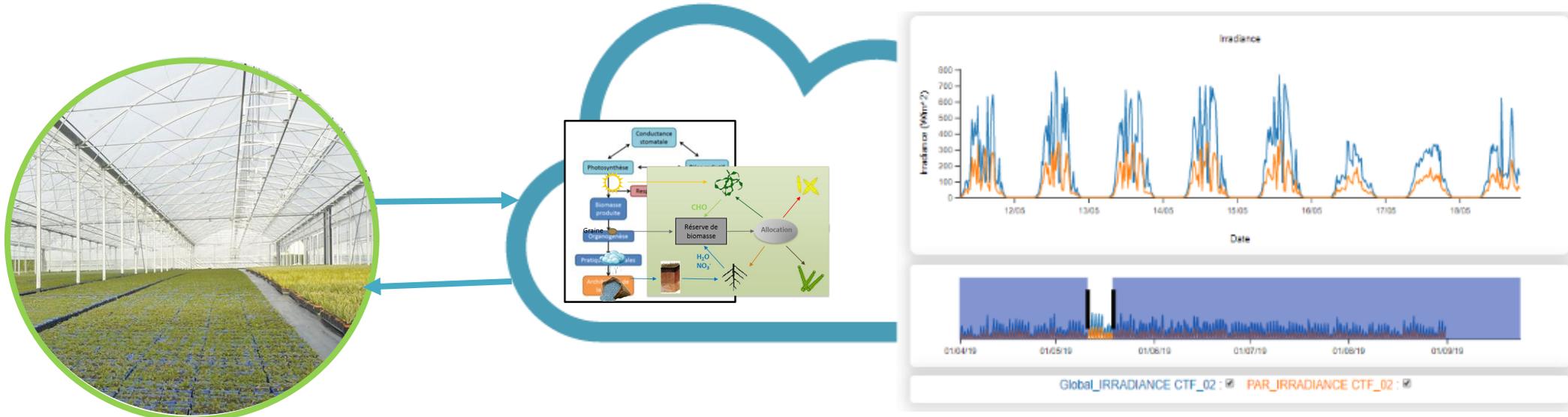
- Exemple : Adapter la conduite d'un intrant au potentiel et à la variété



- En intégrant la stratégie commerciale et les coûts

Manager suivant des paramètres de plus en plus fins

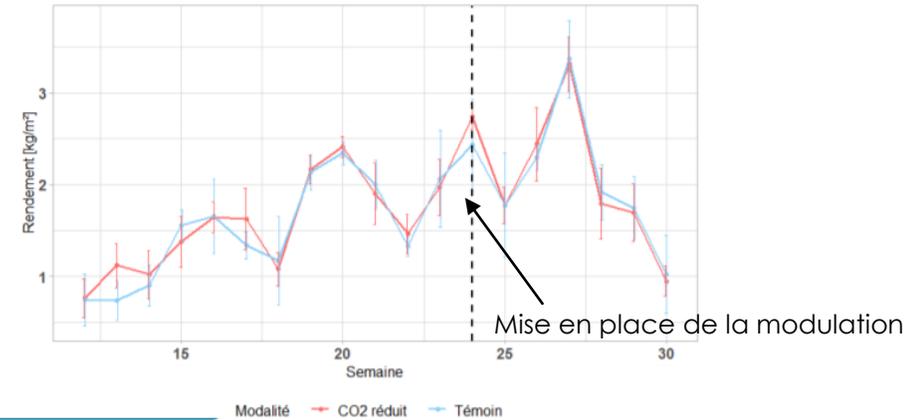
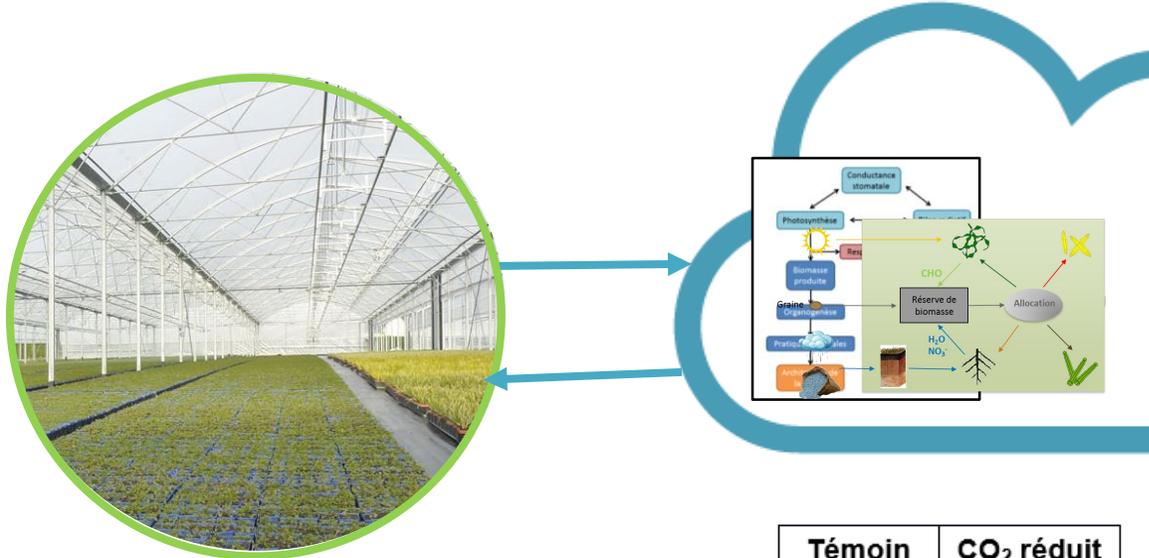
- Exemple : Adapter la conduite d'un intrant au potentiel et à la variété



- Par un pilotage intégrant le micro-climat et son effet sur la plante

Manager suivant des paramètres de plus en plus fins

- Exemple : Adapter la conduite d'un intrant au potentiel et à la variété



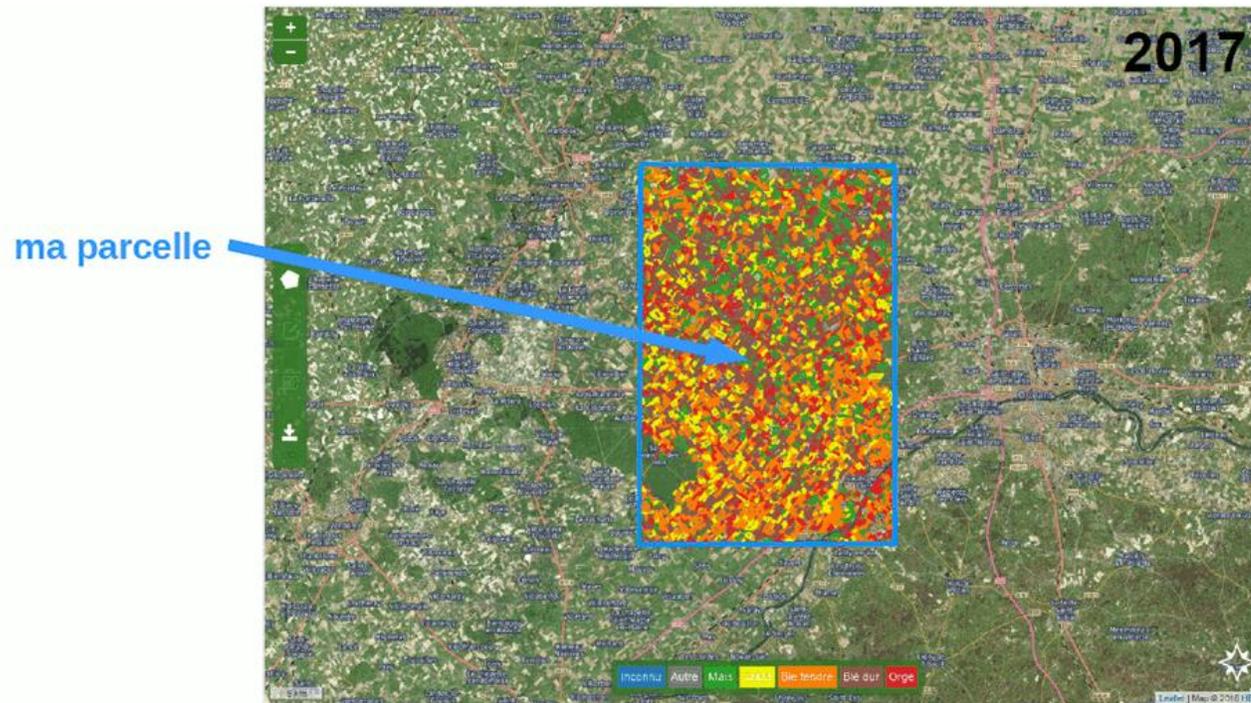
| | Témoin | CO ₂ réduit |
|-----------------------------------|--------|------------------------|
| Consommation (kg/m ²) | 3,061 | 0,266 |
| CO ₂ fumé | 0,786 | 0,251 |
| CO ₂ liquide | 2,275 | 0,014 |
| Coût (€/m ²) | 0,52 € | 0,01 € |
| Rendement (kg/m ²) | 11,98 | 11,71 |
| Efficiéce | 0,256 | 0,023 |

Rendement et consommation sur 6 semaines.
Source : Ctifl Carquefou

Pas d'impact significatif sur la production,
économie moyenne de 100€/ha/jour

Une optimisation globale des stratégies de production

- Anticiper et conduire un territoire à partir d'une meilleure maîtrise
 - du potentiel de rendement de la parcelle
 - du contexte spatio-temporel de chaque parcelle

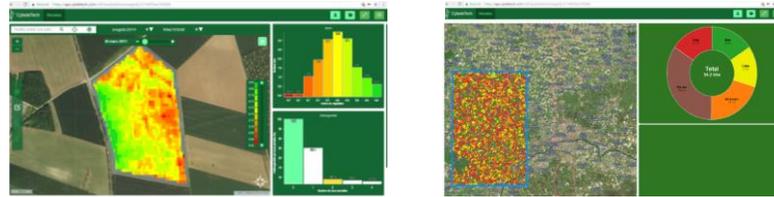


 Anova-Plus

Exemple : Assolement et résistances phytosanitaires

Créer un jumeau numérique des systèmes de culture...

- Pour manager avec une meilleure représentativité
 - Une meilleure adaptation aux conditions de chaque parcelle ou intra-parcelle
 - Une meilleure gestion de la micro-parcelle à la région



- Pour manager suivant un objectif quantité et qualité de plus en plus fin
 - Qualité nutritionnelle et gustative : taux de protéines, taux de sucre...
 - 0 résidu / 0 contaminant