

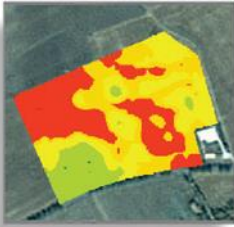
De nouvelles technologies pour la conduite des grandes cultures

Forum Teratec 28/06/2017

Marion Carrier

Des enjeux et des technologies

- Hétérogénéités spatiales fortes



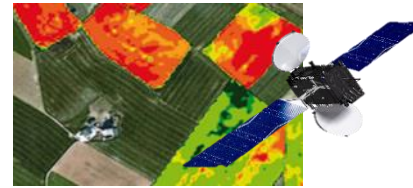
- Difficulté d'accès aux données (plante, qualité, sol...)



- Liaison entre observation/besoin de la plante/impact gestion ?



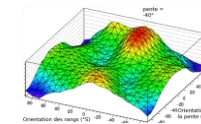
- Observation des cultures



- Analyse de données et simulation pour un diagnostic de l'état global des cultures et la prédiction



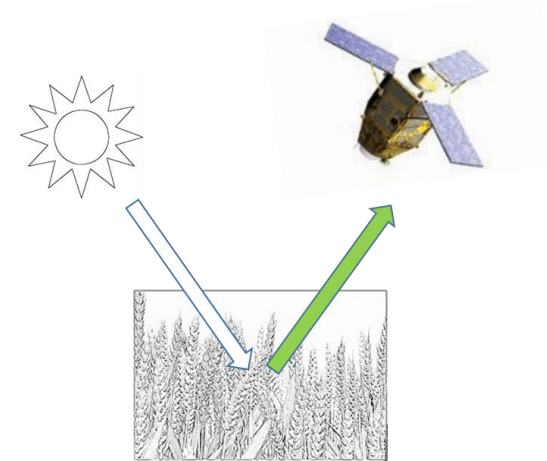
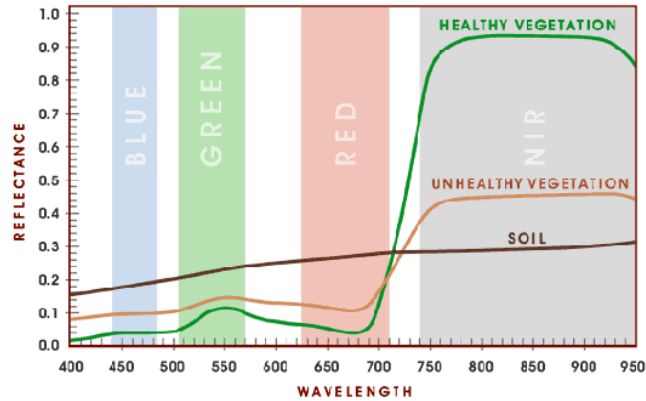
- Optimisation par identification des actions améliorantes sur le système



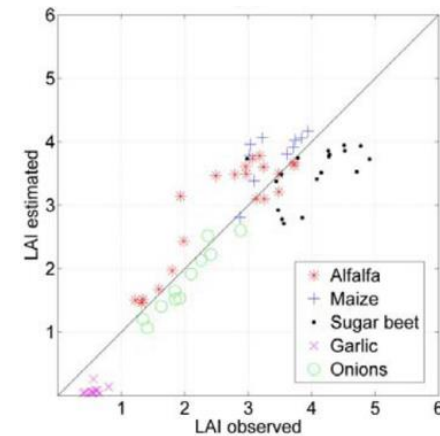
Imagerie pour l'observation des cultures

Imagerie optique

Observation de la couleur des surfaces (réflectance)



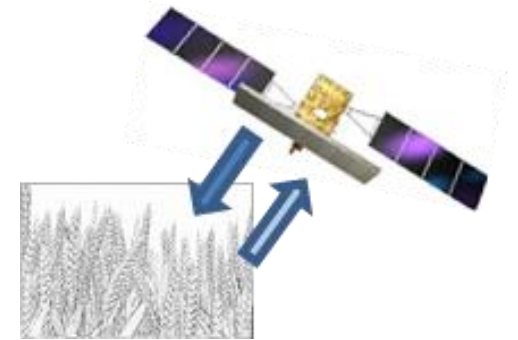
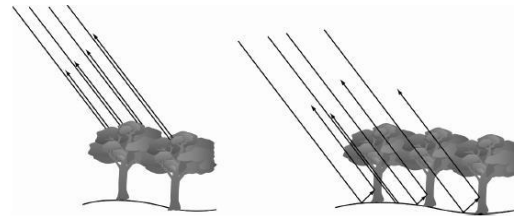
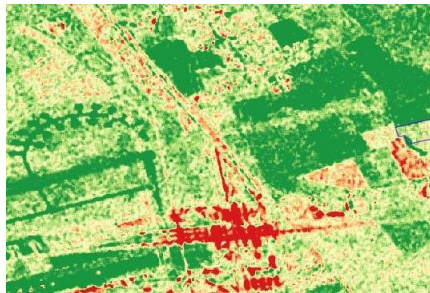
Décorrélé pour fournir l'état physiologique des cultures : volume foliaire, santé



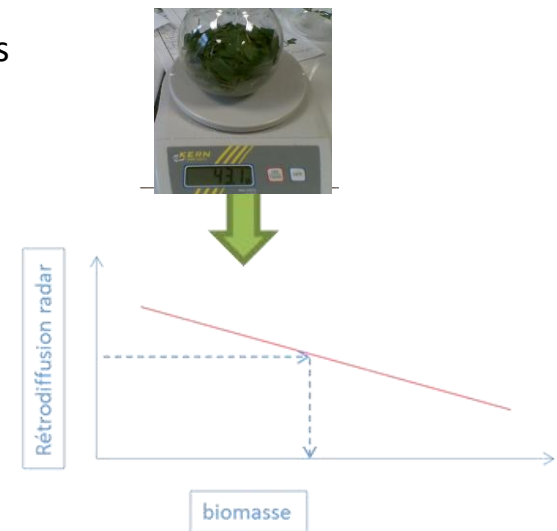
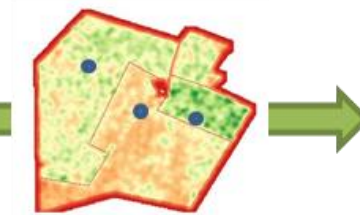
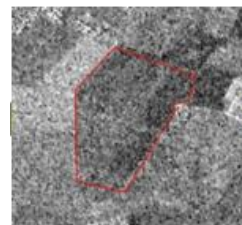
Imagerie pour l'observation des cultures

► Imagerie radar

- Radar ⇔ indépendant des conditions météorologiques
- Observation du relief des surfaces (rétrodiffusion)



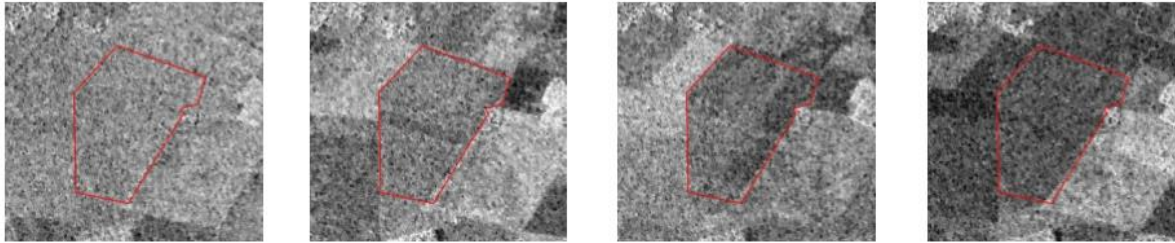
- Calibré pour fournir l'état physiologique des cultures



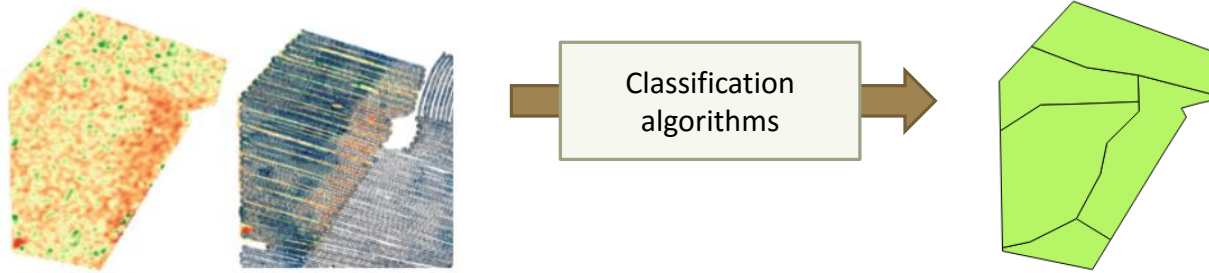
Imagerie pour le suivi des cultures

Observations fréquentes

- permettent le suivi de l'évolution des plants
- permettent la détection des anomalies (apparition d'hétérogénéités...):



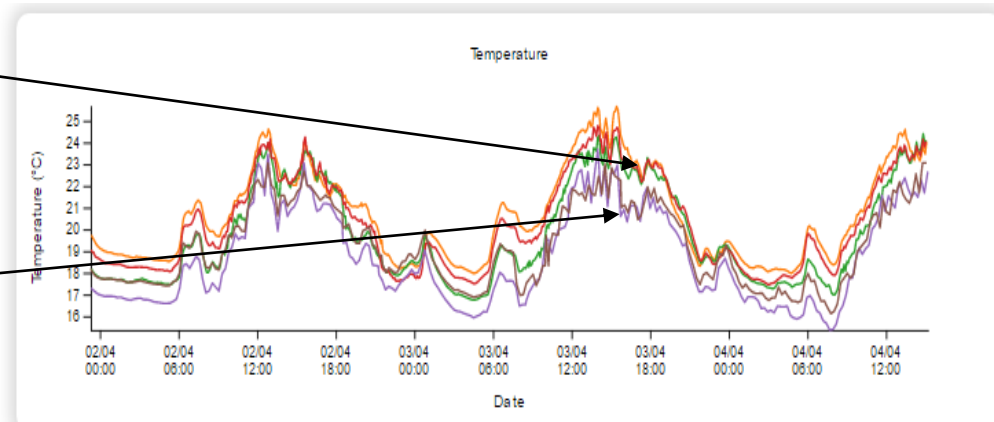
Déterminer les hétérogénéités intra parcellaires pertinentes pour la plante



Radar imaging

soil conductivity measurement,
yield historical maps...

Mesure ponctuelle, IoT & spatialisation

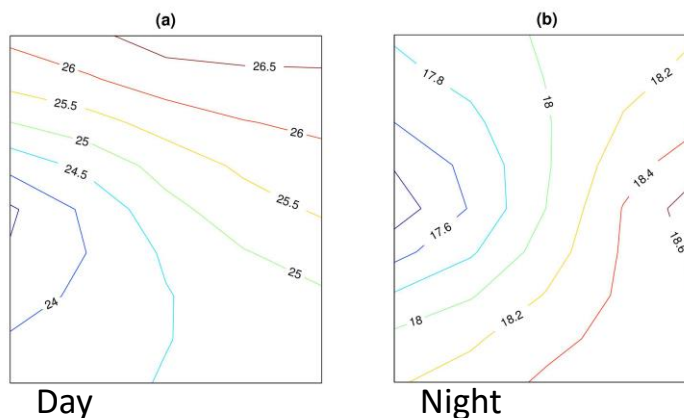


Remontée temps réel
des données climatiques

Visualisation des hétérogénéités

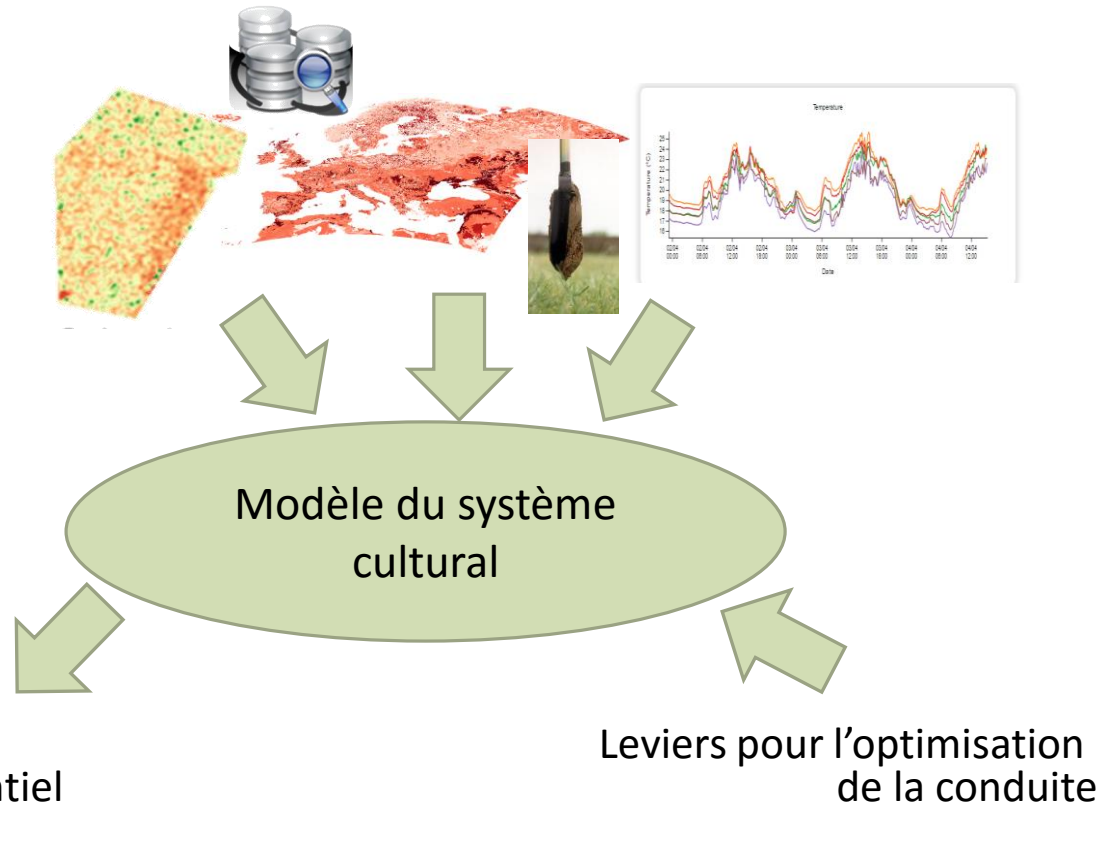


Spatialisation des données climatiques



Optimisation des procédés agricoles par les modèles

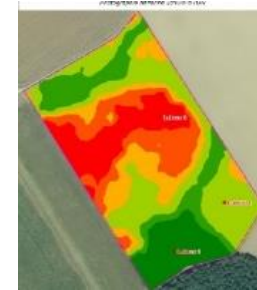
- Relier ces informations entre elles et en extraire des informations clés pour les acteurs de la production :



Exemple 1 : Optimisation des rendements et protéines du blé par la fertilisation

Problématique

- Potentiels de rendements hétérogènes à l'inter et à l'intra parcellaire



Carte d'hétérogénéité des sols

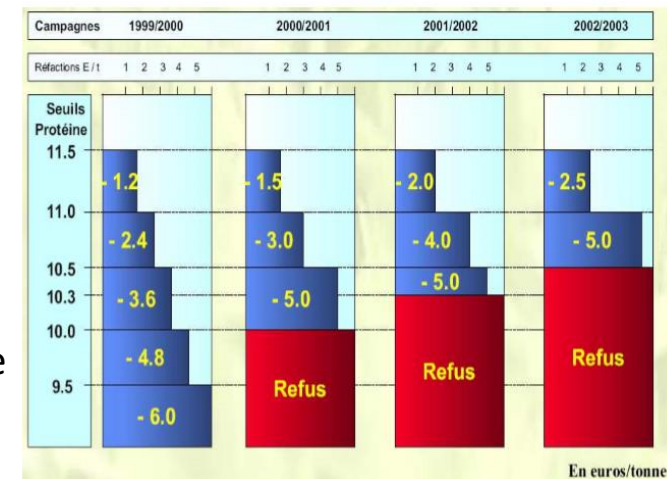
- Teneur en protéines : critère qualitatif/nutritionnel majeur

=>Dépend de la « dilution » dans la biomasse carbonée

=>Dépend de l'azote

- L'azote est le plus haut poste à charge

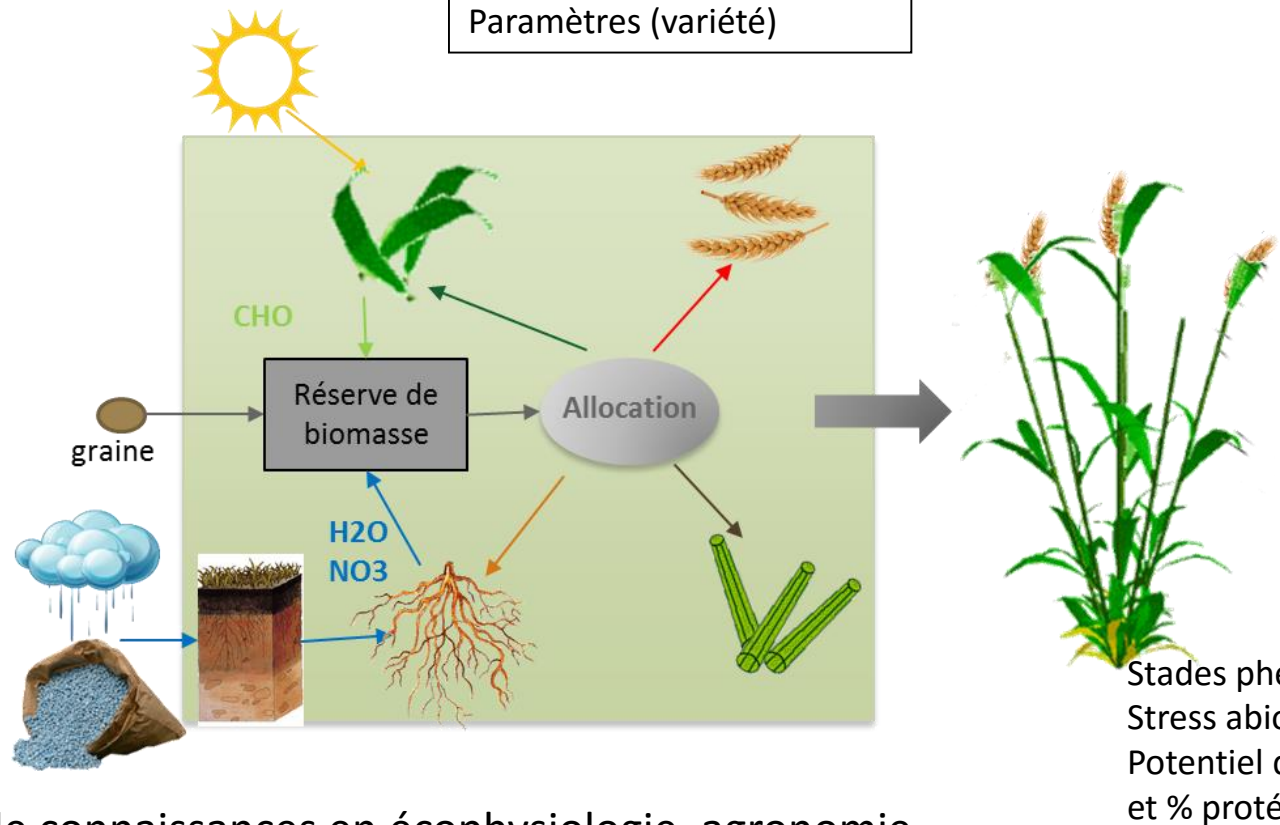
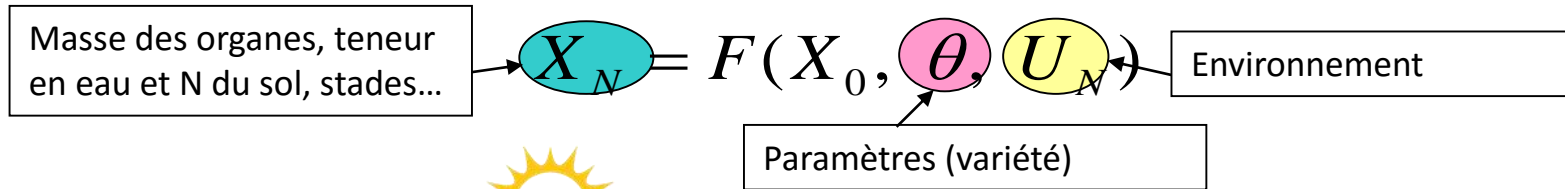
Absorption fortement corrélée à la physiologie de la plante et à l'environnement



Evolution du prix du blé suivant les exigences en teneur en protéines CA Lorraine

Exemple 1 : Optimisation des rendements et protéines du blé par la fertilisation

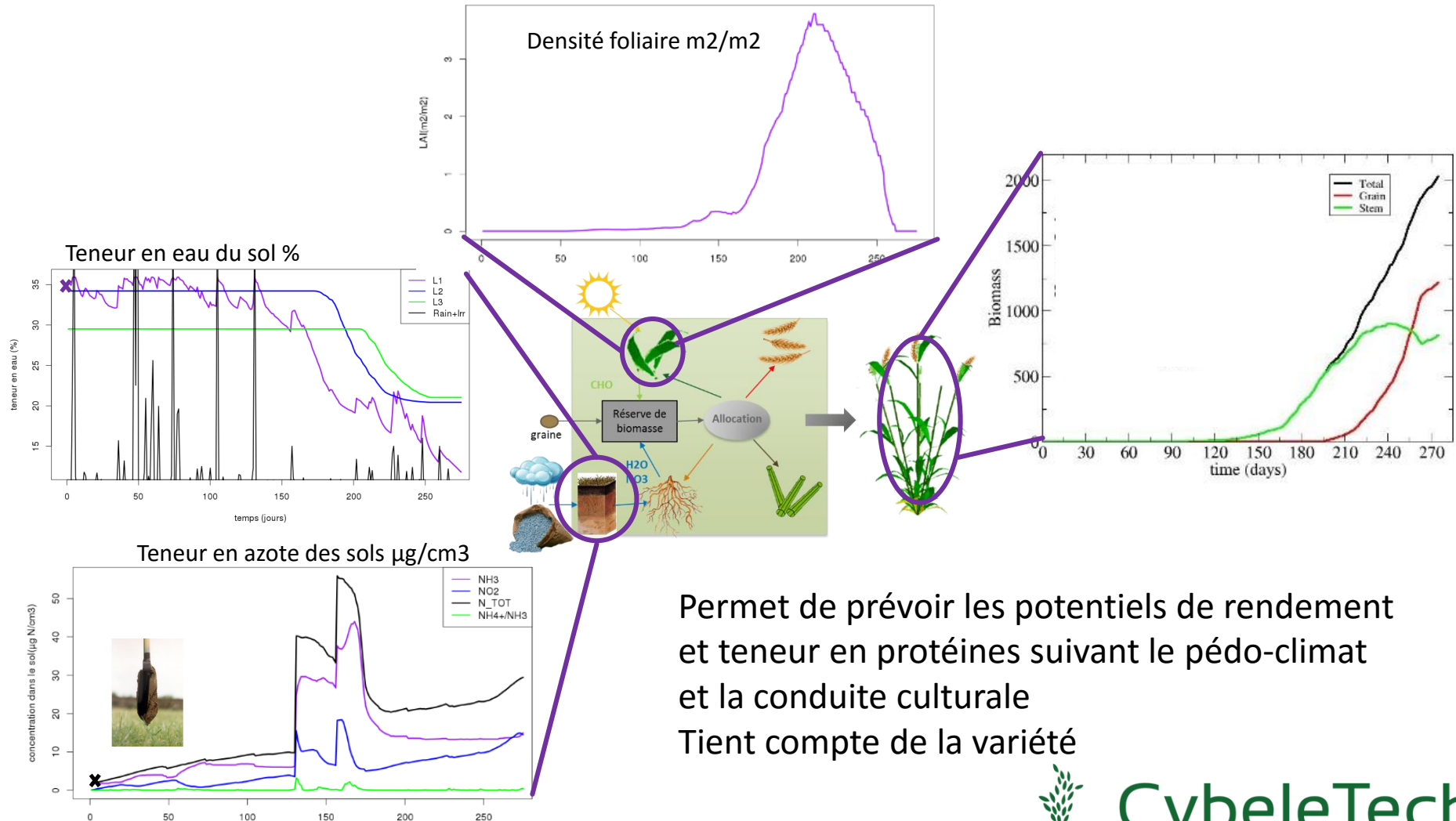
Modélisation du cycle cultural



A partir de connaissances en écophysiologie, agronomie, physique, botanique...

Exemple 1 : Optimisation des rendements et protéines du blé par la fertilisation

Modélisation du cycle cultural



Permet de prévoir les potentiels de rendement et teneur en protéines suivant le pédo-climat et la conduite culturale
Tient compte de la variété

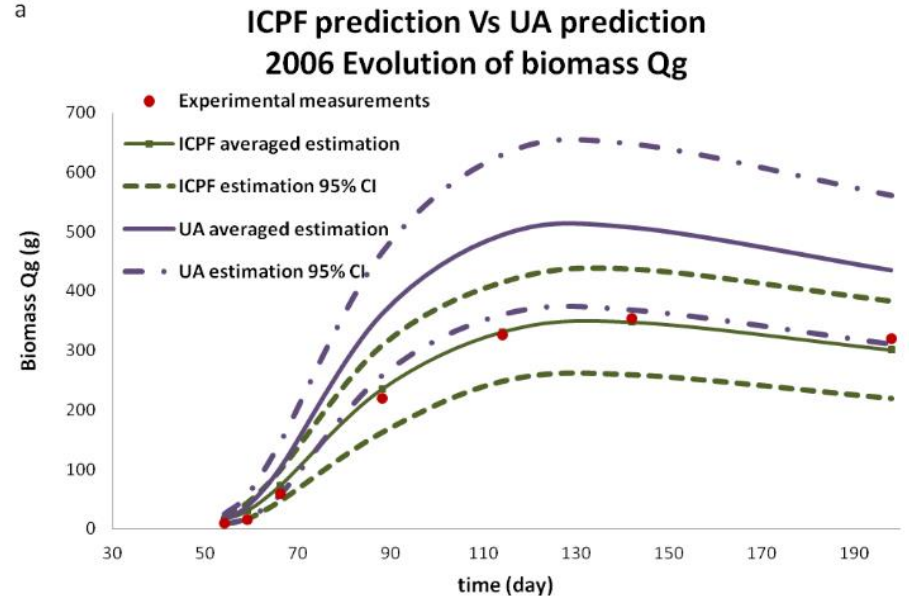
Exemple 1 : Optimisation des rendements et protéines du blé par la fertilisation

Assimilation de données

Grâce à des observations « en ligne » de la culture (biomasse, reliquat...)

Correction des états et du passé de la culture

Modèle non linéaire
Erreurs non gaussiennes



=> Prise en compte de propriétés méconnues du pédoclimat, accidents culturaux...

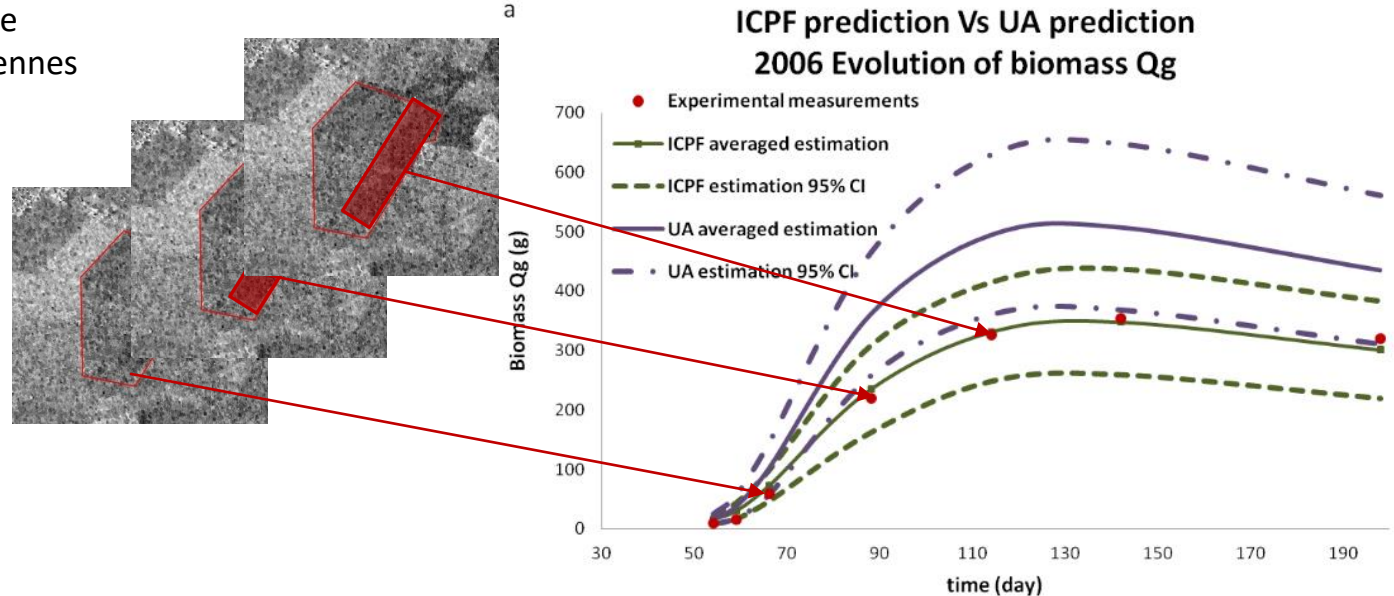
Exemple 1 : Optimisation des rendements et protéines du blé par la fertilisation

Assimilation de données

Grâce à des observations « en ligne » de la culture (biomasse, reliquat...)

Correction des états et du passé de la culture

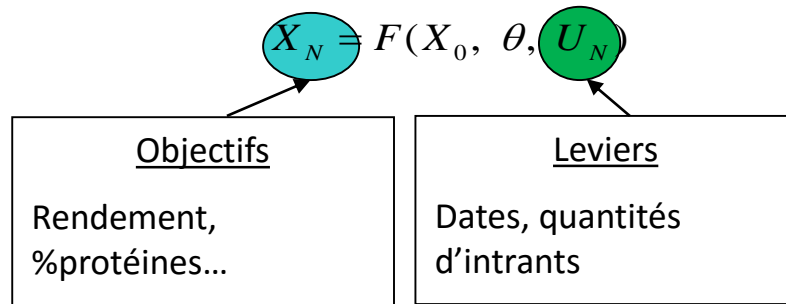
Modèle non linéaire
Erreurs non gaussiennes



=> Prise en compte de propriétés méconnues du pédoclimat, accidents culturaux...

Exemple 1 : Optimisation des rendements et protéines du blé par la fertilisation

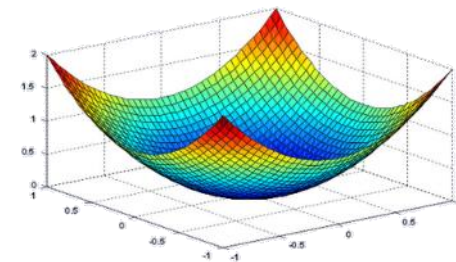
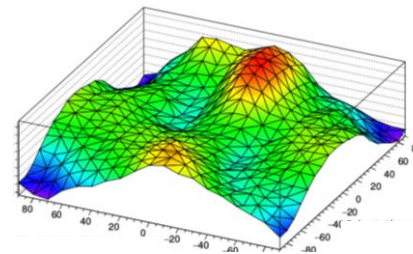
Traduction en problème d'optimisation multi-objectifs



$$\max_{Q_N, d_N} \sum R_i \times f(P_i) - \sum Q_N \times p_N$$

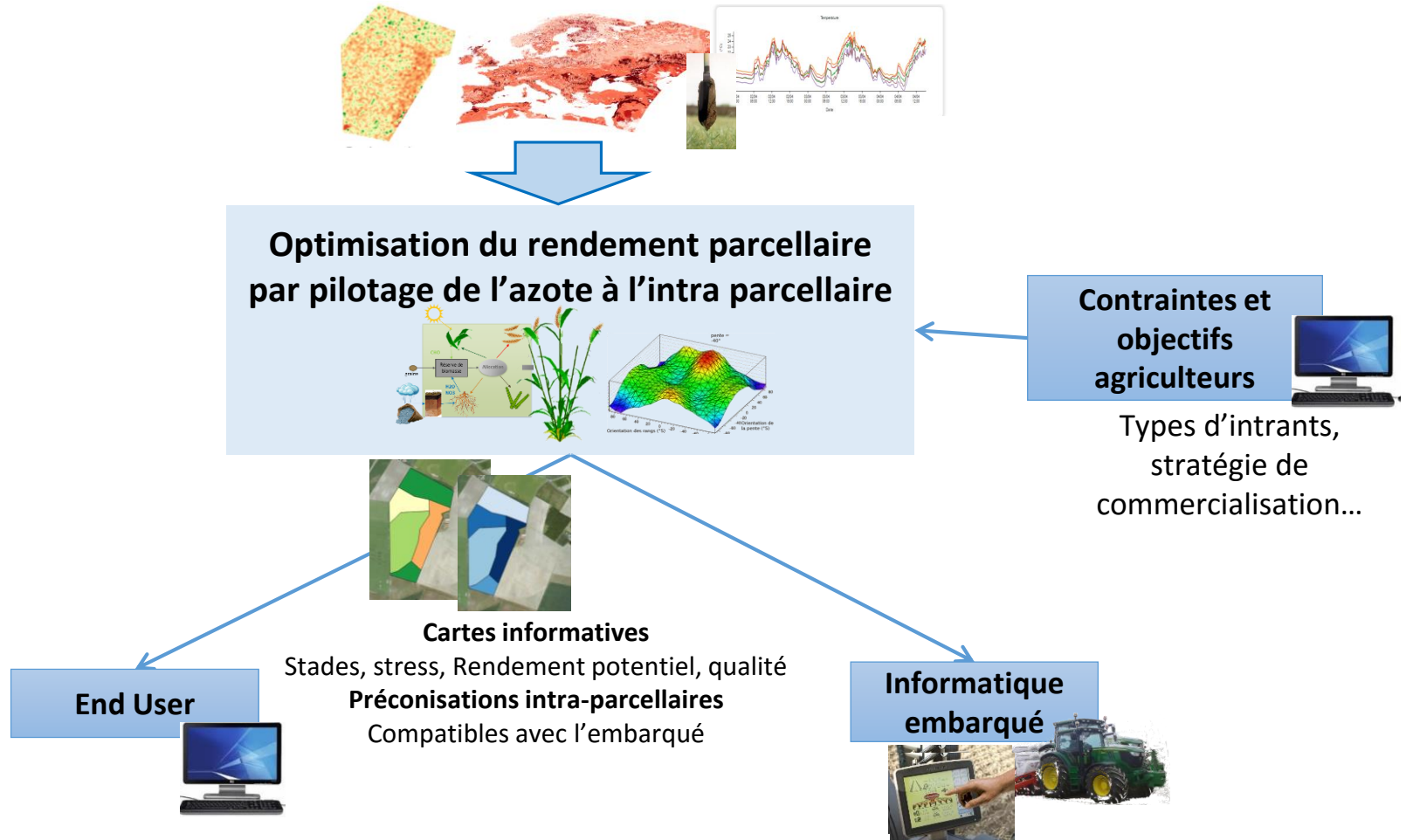
avec R_i le rendement,
 P_i taux de protéines conditionnant le prix,
 Q_N la quantité de fertilisant appliquée,
 p_N son prix,
 d_N la date de chaque application.

sc $\sum Q_N < D \dots$

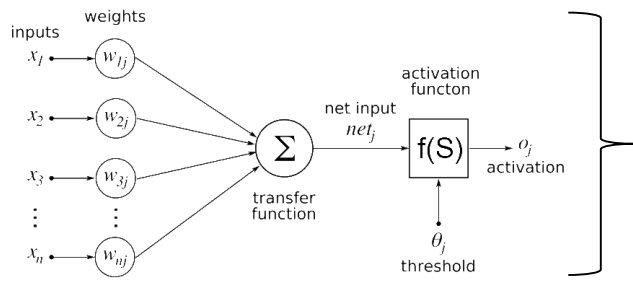


Fonction non convexe, recherche de la solution globale par une métaheuristique

Exemple 1 : Optimisation des rendements et protéines du blé par la fertilisation



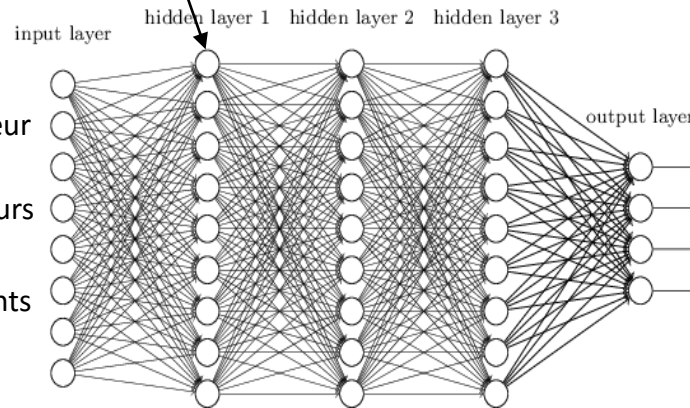
Exemple 2 : Qualité environnementale et énergétique



Réseau de neurones

Un neurone

Mémoire des données historiques enregistrée dans poids de la connexion



Climat extérieur

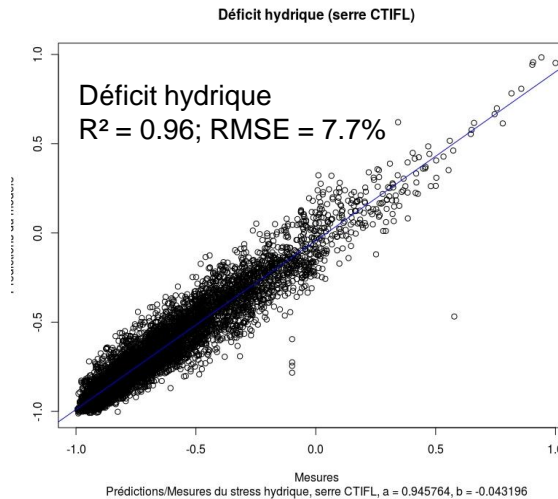
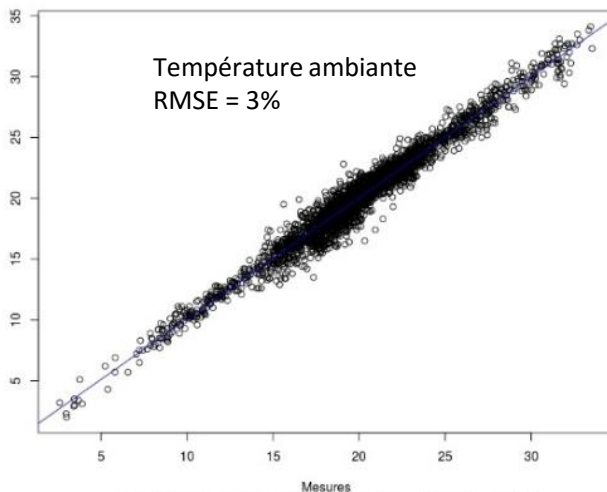
Etat des actionneurs

Etat des plants

Climat serre



Variable	Unité	Min	Max	Moyenne	Écart-type
Température ambiante	°C	10	35	20	5
Humidité relative	%	30	90	60	15
État des actionneurs	0/1	0	1	0.5	0.5
État des plants	0/1	0	1	0.5	0.5



- ⇒ Rechercher la combinaison d'actions
- la plus efficace
 - la moins coûteuse
- pour respecter une consigne

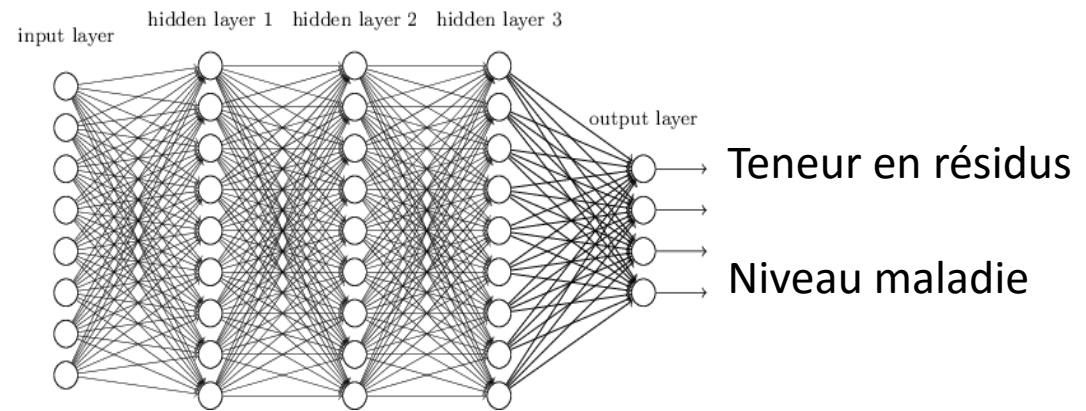
Exemple 3 : Qualité environnementale et sanitaire



Cahiers de cultures
Espèce
Variété
Données météorologiques
...

Réseau de neurones

Mémoire des données historiques enregistrée
dans poids de connexion

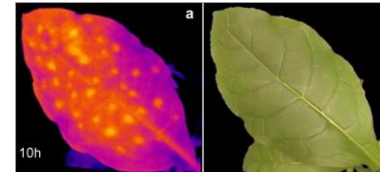


- ⇒ Identifier les scénarii de traitement permettant
- de limiter la teneur en résidus
 - tout en garantissant un risque maladie faible ou nul

Conclusion

Innovation conjointe nécessaire dans différents domaines pour gagner en précision

- Des vecteurs d'acquisition plus proches de la plante, plus temps réel, moins coûteux



- Une exploitation corrélée de ces données



- Des outils en cohérence avec les outils d'application



- Des technologies évolutives

