



Données et Outils d'aide à la décision (OAD)

24/06/2015

Multiplicité d'acteurs / Unicité démarche

► Multiplicité d'acteurs OAD / Données

Coopératives

Instituts techniques

Firmes de l'agrochimie

Recherche

Semenciers

Satellites

Machinistes

- OAD maladies
- OAD fertilisation
- OAD irrigation
- OAD stades
- Gestion parcellaire

... ..

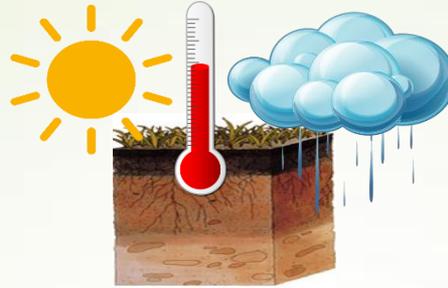
► Unicité démarche : même formalisme

Même système de service : plateforme, SaaS

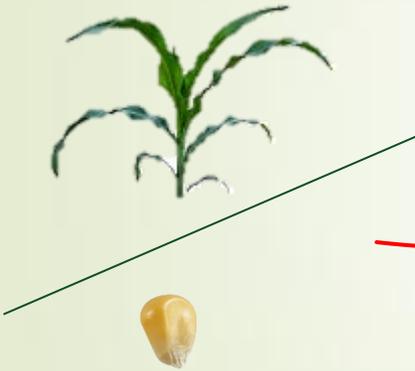
Construire un OAD

Etat initial
(LAI, biomasse...)

Environnement



Etat simulé



Pratiques
agricultures



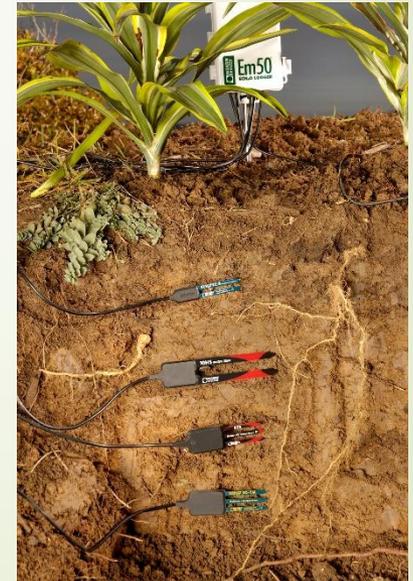
Quel moteur ?

Quel état initial ?

Quelle question ?

Mesure de l'état initial

- Mesures phénotypiques directes ou indirectes
- Connaissance du système cultural à un instant donné:
LAI, biomasse, fruits, système racinaire ?
eg: semences à profondeur de semis à date de semis
- Suivi de variables de l'environnement
Résidus d'azote
humidité et température du sol



Mesures phénotypiques directes

LAI-mètre, biomasse

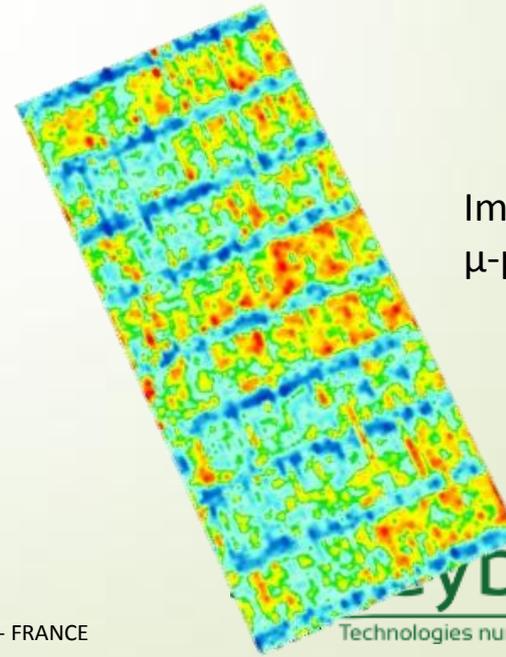
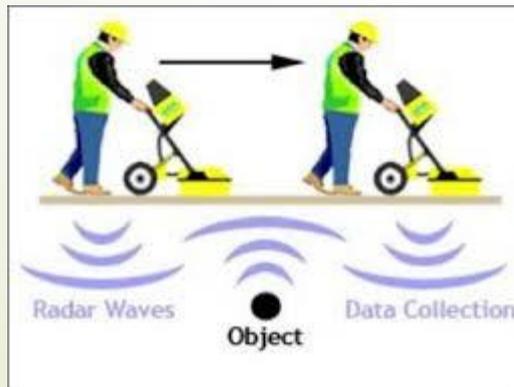
Indice d'inclinaison des feuilles
Fraction couvert ...



Capteurs embarqués



Système racinaire



Images sur μ -parcelles blé

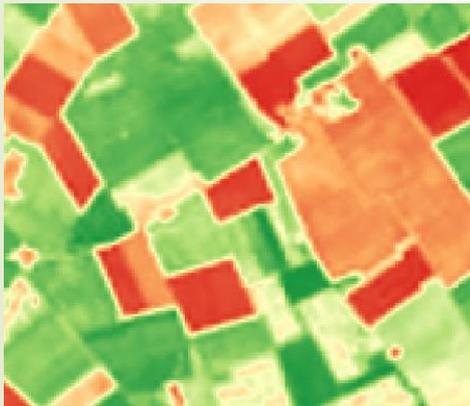
Téledétection

Réflectance de surface dans différentes bandes spectrales

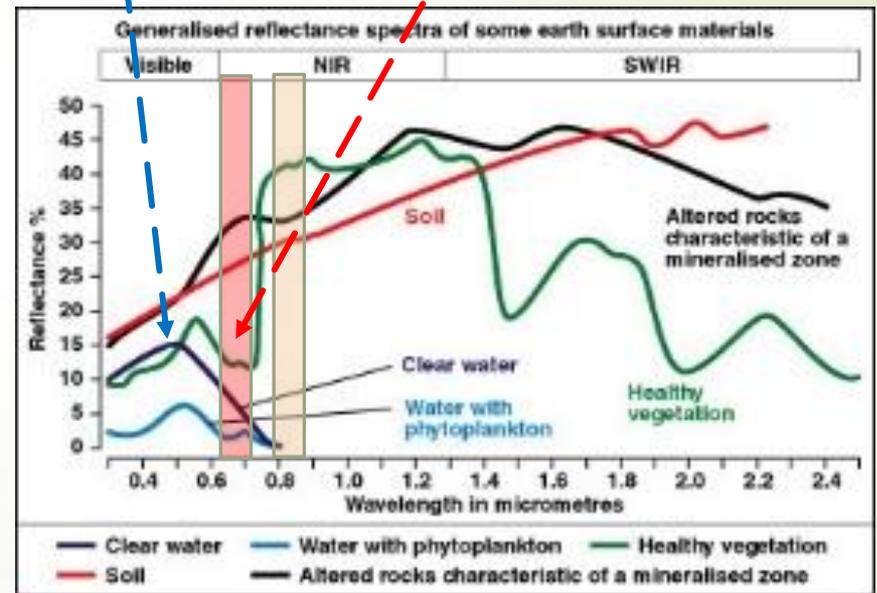
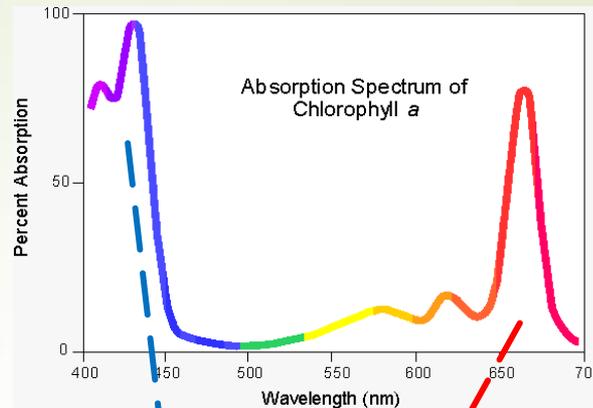
Estimation de vigueur et couverture végétale

$$NDVI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_R}{\rho_{NIR} + \rho_R}$$

Et d'autres indices...



Carte de NDVI (images LANDSAT 8)



Autres méthodes comme suivi radar
sensible aux échos de la végétation => morphologie

Moteur de simulation

« Modèles » : intégration connaissances agronomiques

Simulation état futur:

- Etat initial
- Paramètres
- Environnement

« Statistiques »

Agrégation de données

Essais en champ:
collection de données

Connaissances agronomiques
limitées à observations

« Mécanistiques »

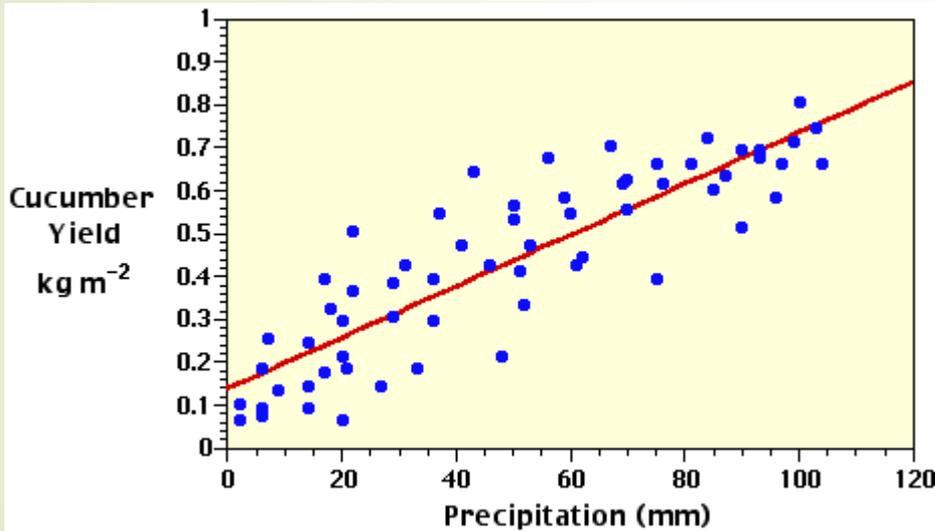
Description de
processus biologiques

Essais en champ:
étude et paramétrage

Structuration de la plante

Modèle statistique

- Répétition de nombreux essais
- Relation entre variables supposées linéaires (en général)



Précision limitée aux effets pris en compte dans l'analyse et aux gammes mesurées

Modèle mécanistique

➤ Connaissance des processus biologiques

➤ Etudes pour identification processus:

Eg : Création biomasse $\Delta MS = RUE * Rpar * (1 - e^{-k LAI})$

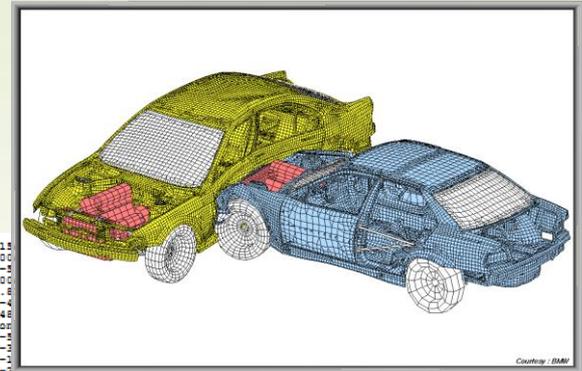
RUE: Efficacité utilisation radiation

Rpar: Radiation photosynthétiquement active

k: Coefficient d'extinction

➤ Données pour calibration processus (paramètres)

➤ Description processus empirique / statistique



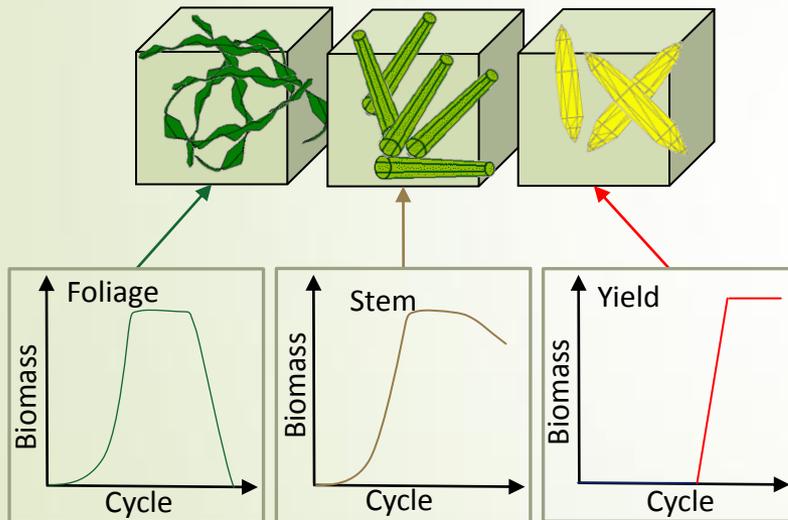
```
COEFBO-8.1E
RAYONG-2.00
DIFFHERMG-5
LVOFTG-3.00
ProfSem-3.5
PARSURGG-4
latitude-48
#location
STAMELAKV-5
STLEVAMFV-3
STLEVDRFV-3
STFLODRFV-2
DURVIEFV-200.0
JVCV-0
SENSPHOT-0.0e+000
NEGRMINV-2300
NEGRMAXV-5850.0
PGRAINMAXV-3.2e-001
CROIRACV-0.184
STDRPMATV-620.0
ADENSP-1.2e+001
SEMSF-3.0e+000
plantea
DLAIMAKBRUF-1.5e-3
EXTDURVIESUPMAXF-4.0e+001
DURVIEIP-200
DURVIESUPMAXF-4.0e+001
EPCROIJUVF-1.9e+000
EPCROIVEGF-3.5e+000
EPCROIVEGF-3.5e+000
1/2 EPCROIVEGF)
EPTCIENCE-3.8
EXTINF-7.0e-001
0.7)
H2OPRVERT-4.0e-001
TRMAXF-5.3e-001
INNTURGINF-3.0e-001
INNSNF-3.0e-001
INNMINF-3.0e-001
LAICOMP-0.0e-000
FENTLAIMAXF-5.5+000
RATIOSENF-8.0e-001
SLAMAXF-250
SLAMINF-1.8e+002
STRESSSEVF-0.2
TCMAXF-3.2e+001
TCMINF-8.0e+000
TCXSTOPF-3.5e+001
TDMAXF-3.2+001
TDMINF-6.00
TCMINF-8.00
TEMAXF-3.2e+001
TEMINF-8.0e+000
TEOPTF-2.4e+001
TEOPTISF-3.2e+001
TDEBCEL-0.0
TCELLELAL--5
TCELLEV10--1
TCELLEV90--4
TCELJUV10--1
TCELJUV90--4
TCELFL010-0
TCELFL090--1
TCELVEG10--1
TCELVEG90--4
TMAXREMPF-4.0e+001
TMVREMPF-0.0e+000
TICEFEUILLEF-0.25
UDLAIMAXF-3.0e+000
diminution br+se+se)
VITIRCARBF-1.0e-002
VITIRCARBF-1.1e-003
flagHI-0
VLAIMAXF-2.2e+000
AMPFROIDE-10
(b1a0 : 10 STICS 5)
JVCMINIF-7
TFRUIDF-5.5e+000
PHOSATF-0.0e+001
PHOBASF-0.0e+000
PSISTOP-12
PSITURGF-5
RAPSENTURGF-0.0
RELONGF-2.2e-002
CELONGF-2.0e+000
ELMAXF-8.0e+000
STPLTGERF-3.5e+001
SEAF-1.0e+002
feuillea (5)
VITIRAZOF-1.1e-002
NEJGRAINF-20
CGRAINF-5.0e-002
Mala : 0.034)
DESHYBASEF-8.0e-003
ENVSURTEF-0.1
SENSRECF-0.0
NEFEUILLELEV-2
PHYLLOTHERME-70
```

Différentes échelles de modélisation

⇒ Fonctions (processus) / Structure (architecture)

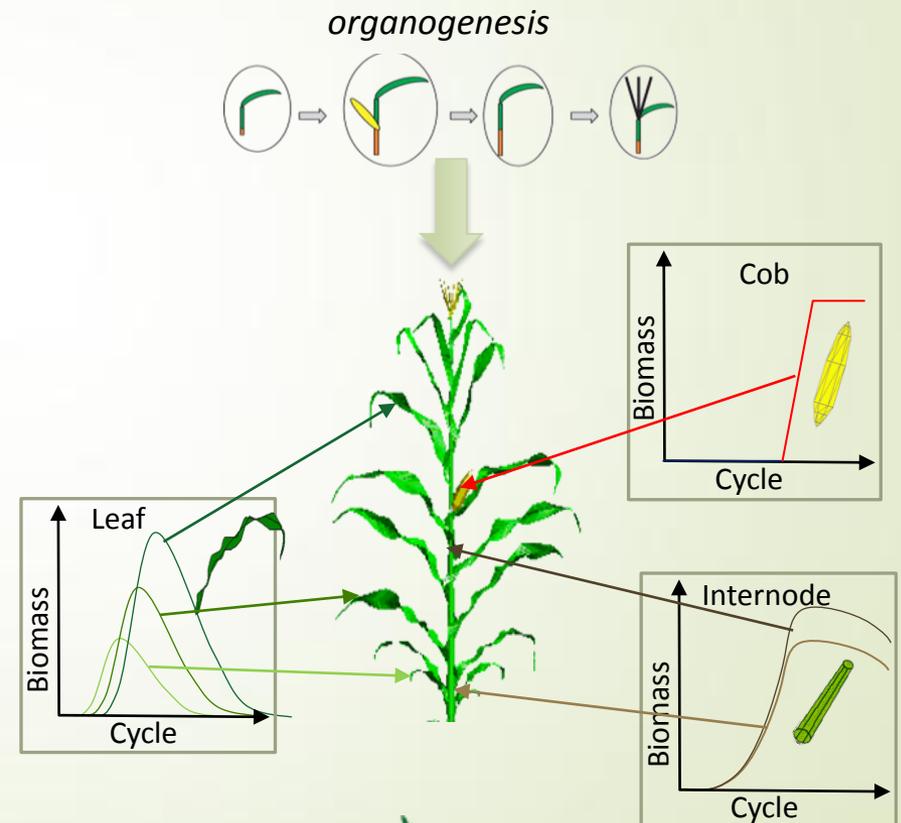
Approche compartimentale:

Compartiments végétatifs et reproductifs
(e.g. STICS, LNAS)



Approche architecturale:

Par organes (e.g. Greenlab)



Exemple: étude processus de l'azote

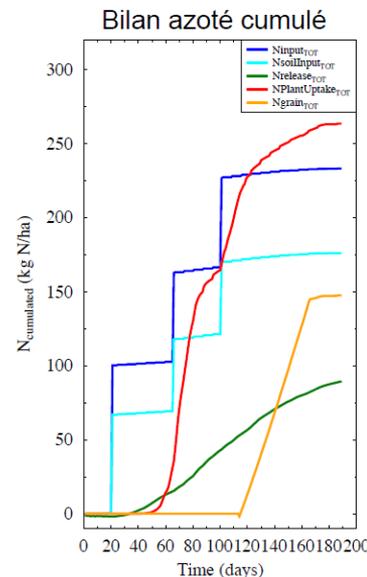
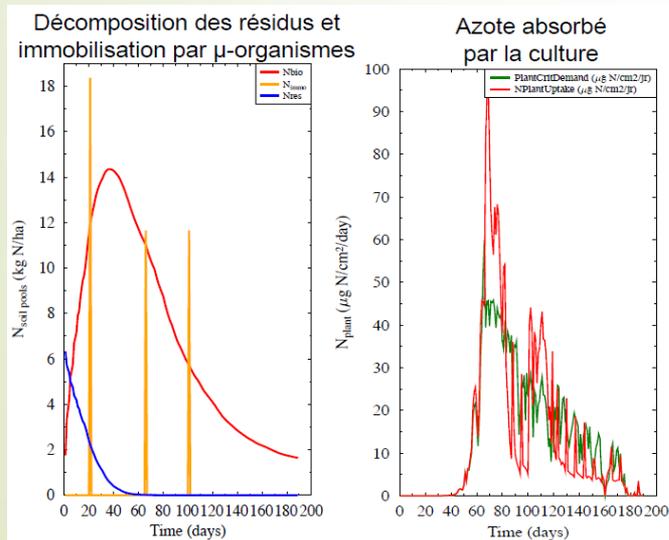
➤ Méthode des bilans:

Estimation moyenne des différents processus à partir de données expérimentales:

- Besoins de la culture
- Effet précédent
- Azote déjà absorbé
- Minéralisation
- ...

Puis bilan des différents postes

➤ Calcul journalier des concentrations d'azote

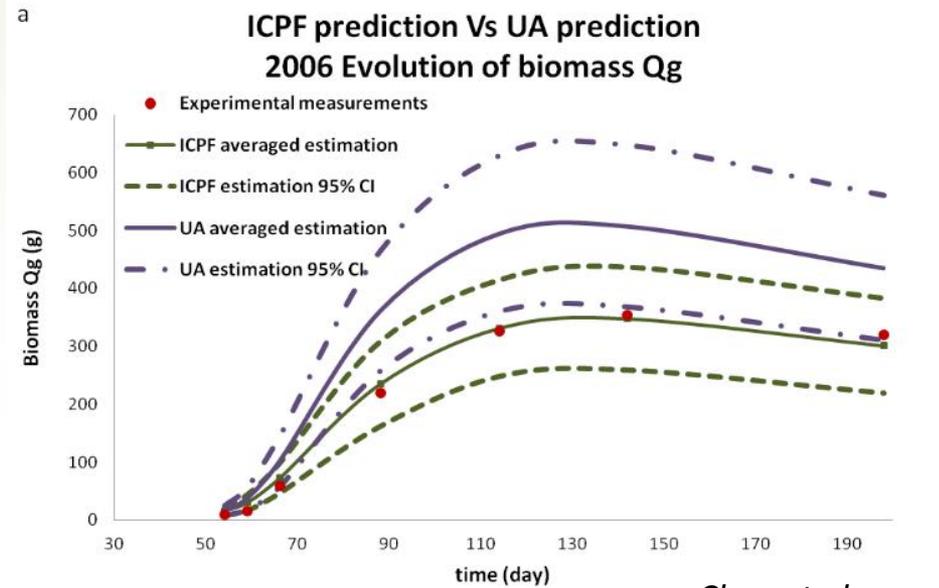
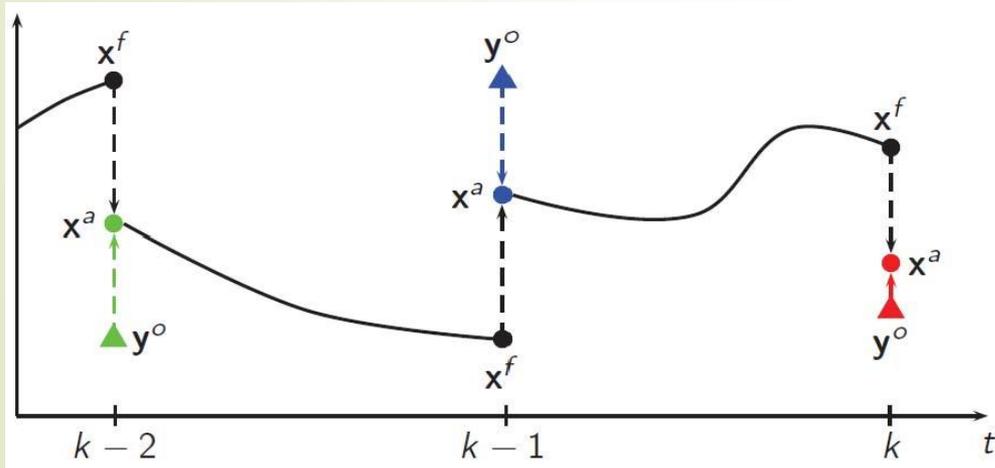


Prise en compte de mesures intermédiaires

Techniques d'assimilation de données

Problème du filtrage

Modèle non linéaire + erreurs non gaussiennes



Chen et al.

Recalage simulations avec données intermédiaires (télédétection...)

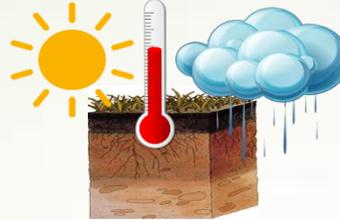
Quelle question?

**Simulation = Moteur (Etat initial,
pratiques culturelles,
environnement,
paramètres)**

Etat initial
(LAI,
biomasse...)



Environnement



Etat
simulé



Pratiques
agricultures

Quel Objectif ?

Maximiser: - rendement
- Prix de revient

Quel levier ?

Optimiser: - pratiques culturelles
- environnement
- paramètres

Algorithmes d'optimisation
ou de contrôle optimal

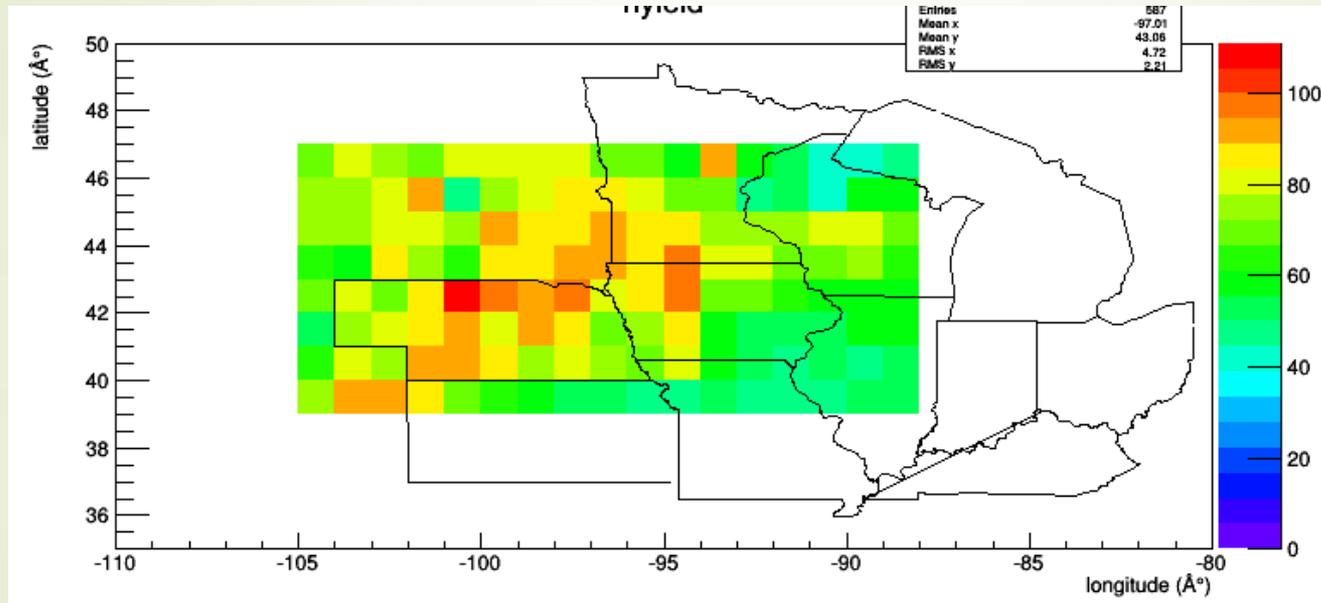
- Stochastique
- Sous contraintes

Simulation = Moteur (Etat initial,
pratiques culturales,
 environnement,
 paramètres)

AZOTE: Gestion et Prévision de l'apport pour l'optimisation des pratiques culturales

Farmstar
Azofert

Simulation = Moteur (Etat initial,
pratiques culturelles,
environnement,
paramètres)



Carte rendement simulé variété maïs dans la Corn Belt

Type d'environnement adapté à espèce/variété

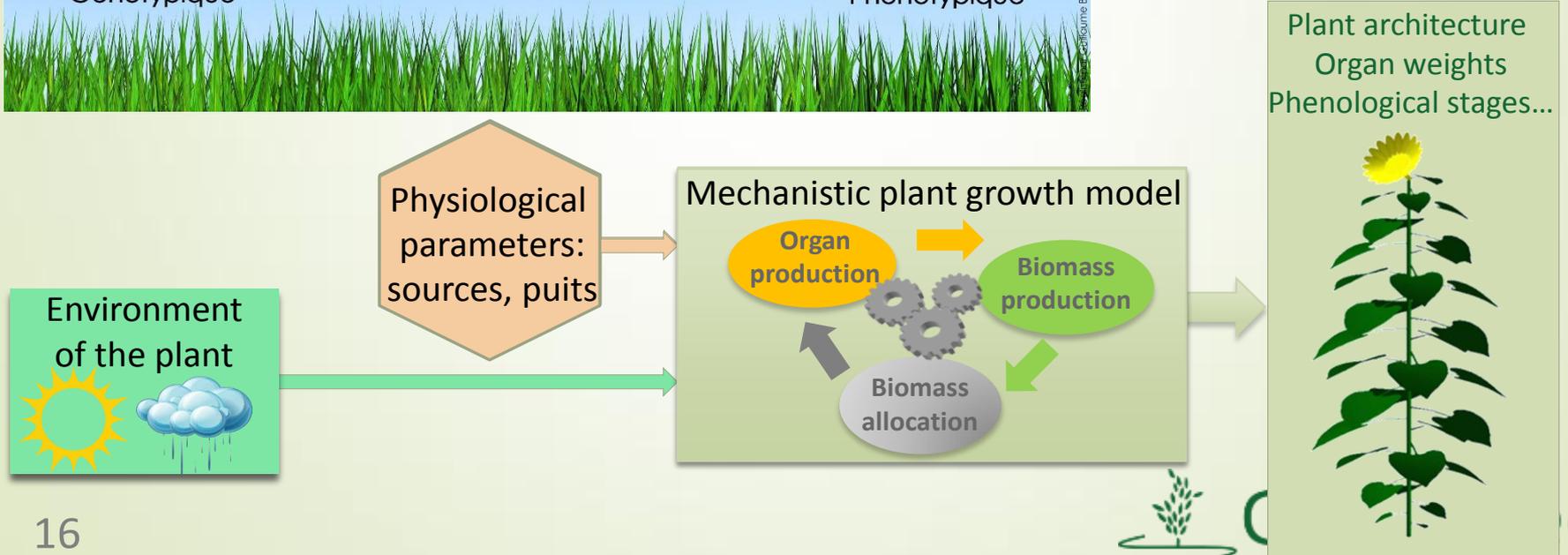
Simulation = Moteur (Etat initial,
pratiques culturelles,
environnement,
paramètres)



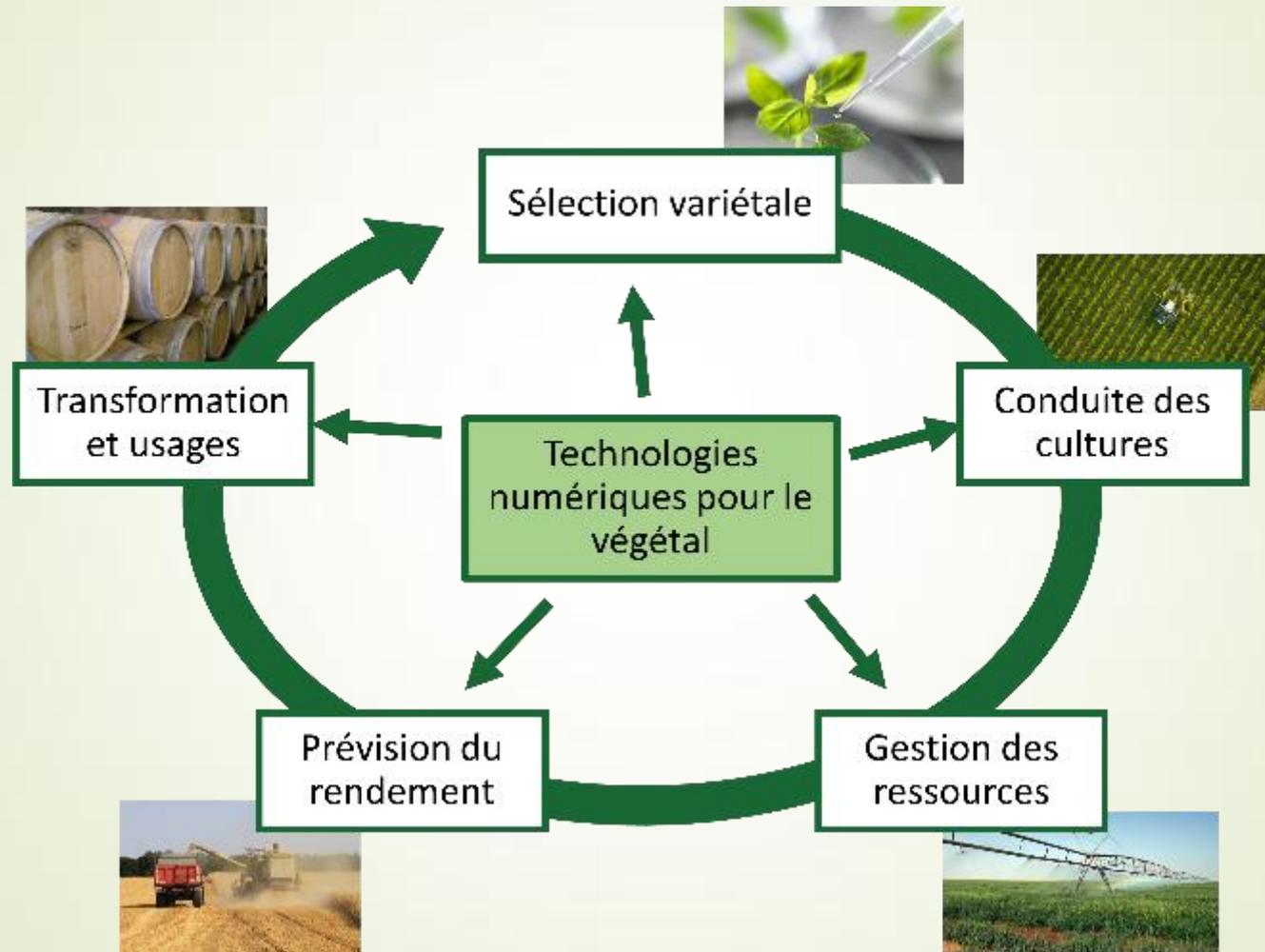
Analyse de l'influence
Génotypique

Calcul Haute Performance

Prévision et Optimisation
Phénotypique



Services pour l'ensemble de la chaîne agro-alimentaire

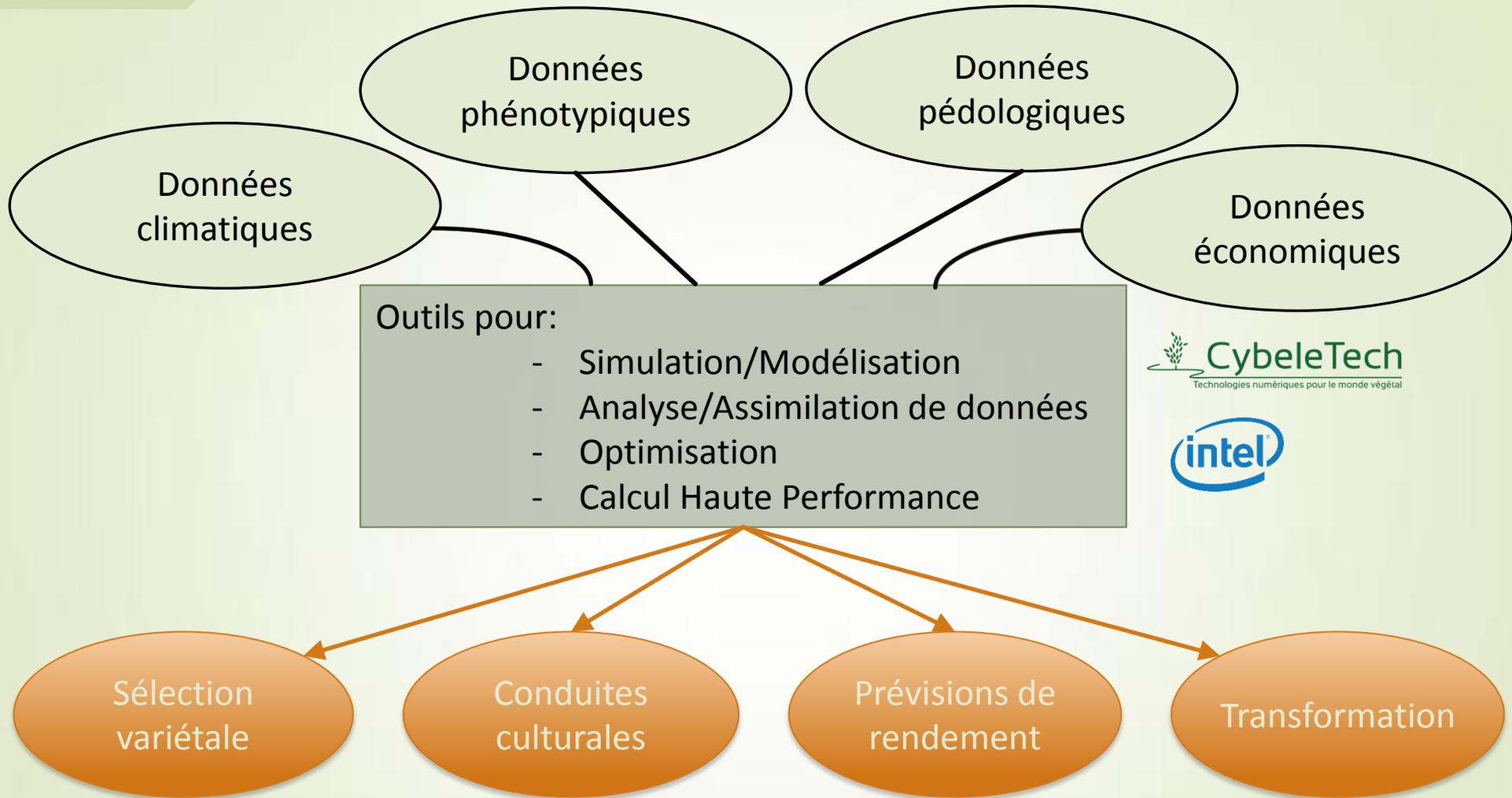


Infrastructure HPC dédiée

OAD « conduites culturales »

- ▶ Grandes cultures: Estimation marché potentiel de 5 M hectares (12 M acres)
- ▶ Variabilité climatique, algorithmes optimisation stochastique
 - lourd en calcul, 1 heure pour une solution zone homogène
 - ➔ ~ 5-10 Mh de CPU coeur
- ▶ Mises à jour régulières et suivi
 - Hebdomadaire: ~ 60,000 coeurs
- ▶ Pas tant « big data » mais très « big computing »
 - La qualité du « moteur de simulation » est cruciale

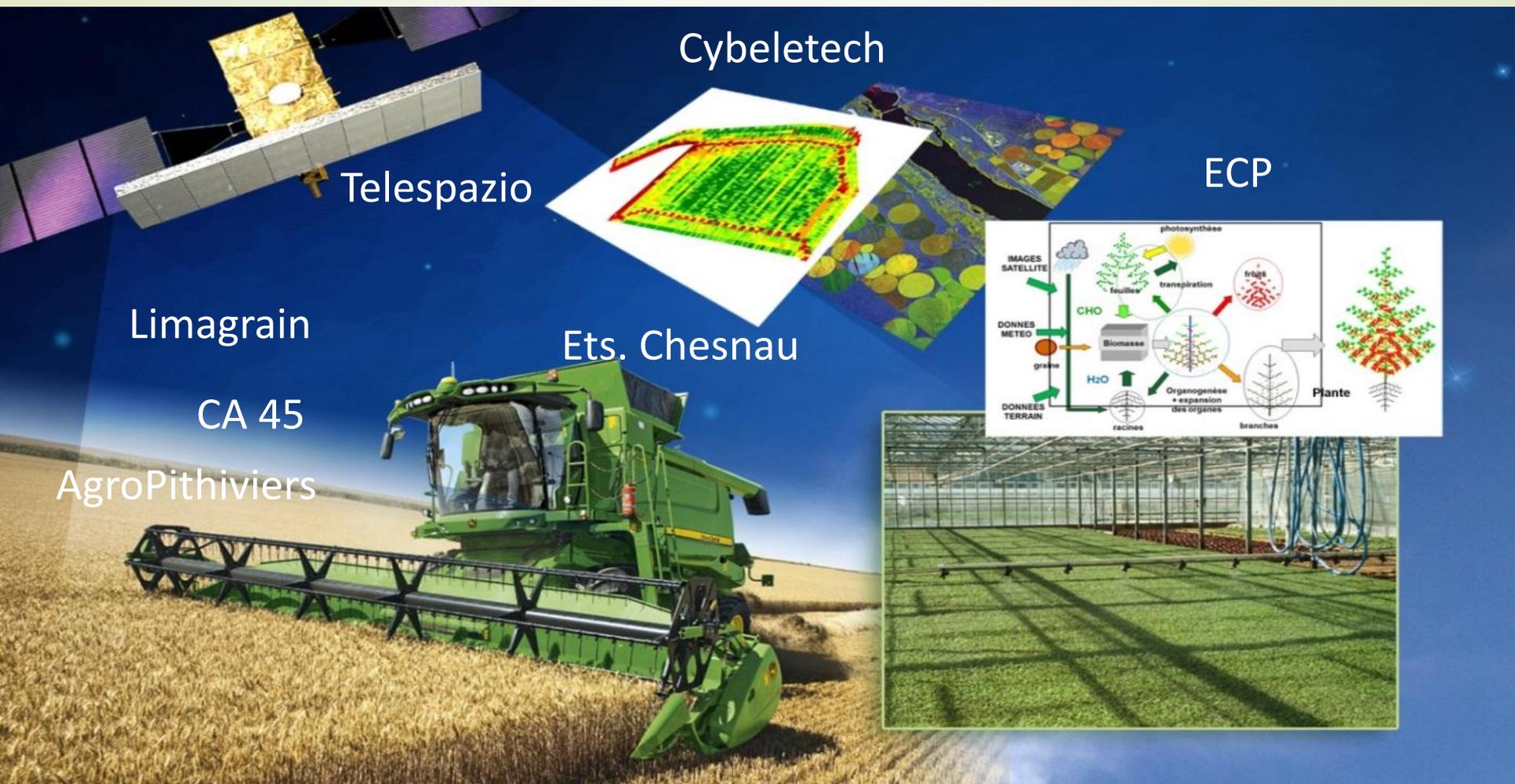
Eclatement des acteurs



- Eclatement des acteurs de la chaîne de données et valeur ajoutée
- Aucun acteur ne contrôle la chaîne entière
- Besoin de fédérer les différents acteurs

Exemple d'application

SMART AGRICULTURE SYSTEM



Cybeletech

Telespazio

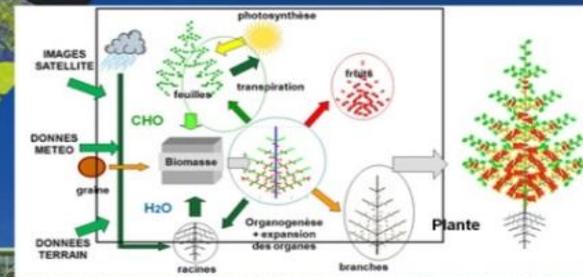
ECP

Limagrain

Ets. Chesnau

CA 45

AgroPithiviers



AgreenTech Valley à Orléans

Vallée numérique du végétal

Fédérer les acteurs de la chaîne agro-alimentaire

