



Où sont les modèles dans le développement agricole ?

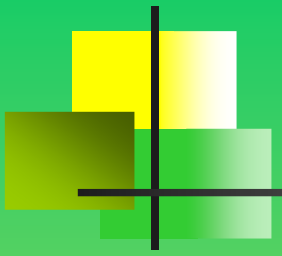
Où sont les modèles dans l'activité d'un institut technique ?

Hervé Escriou

Institut technique de la betterave industrielle
45 Rue de Naples
75008 Paris

<http://www.itbfr.org>

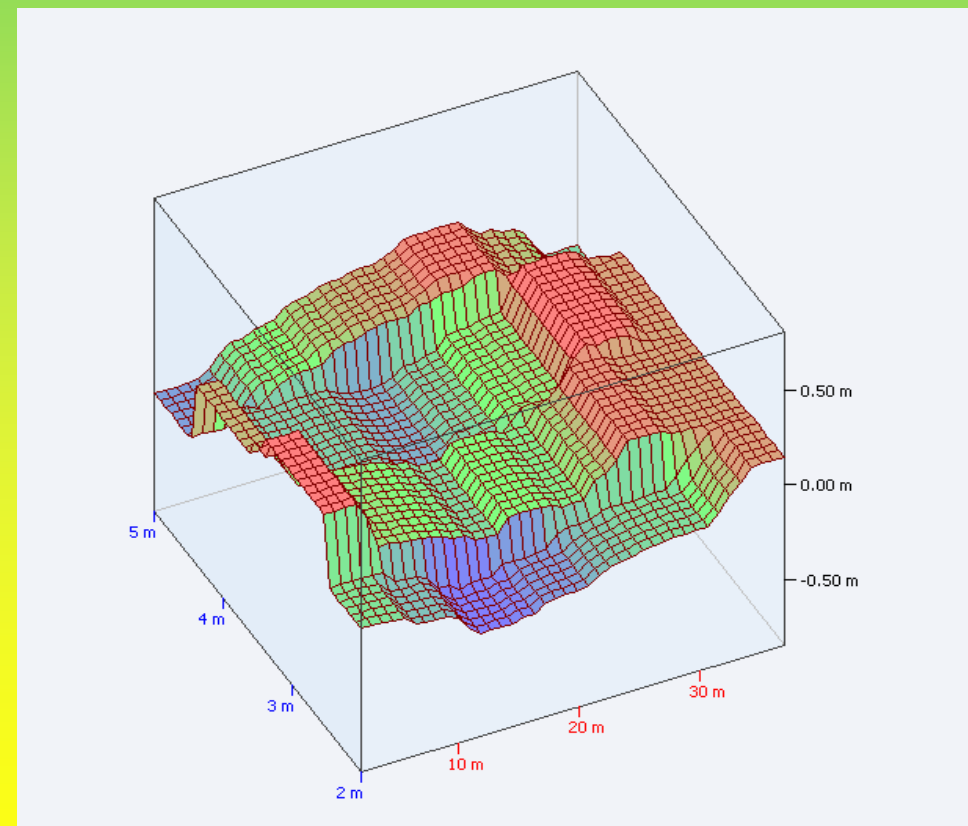


- 
- Les modèles utiles et/ou utilisés dans le développement, dans/par les instituts techniques
 - Modèle de connaissance : « usage expert »
 - Utilisé par des experts du modèle
 - Modèle de « production » : « usage industrialisé »
 - Utilisé par des « utilisateurs usagers »...



- L'analyse des données
(modèles statistiques)

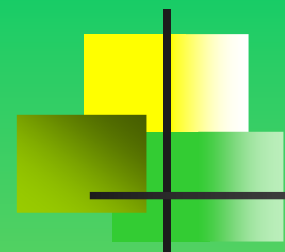
- Associer un modèle de variation de la « fertilité du sol »
- Modèle d'analyse spatialisée



- Production de biomasse :
 - Evaluation des surfaces nécessaires pour assurer les volumes contractés en fonction de la date de semis
 - Effet de la date de semis : durée de végétation
 - Prévision du rendement régional, national
 - Durée de campagne des sucreries
 - Date d'ouverture (début des récoltes)
 - Logistique d'approvisionnement des sucreries
 - Accessible à tous les acteurs de la filière
 - Agriculteurs,
 - Sucreries
 -



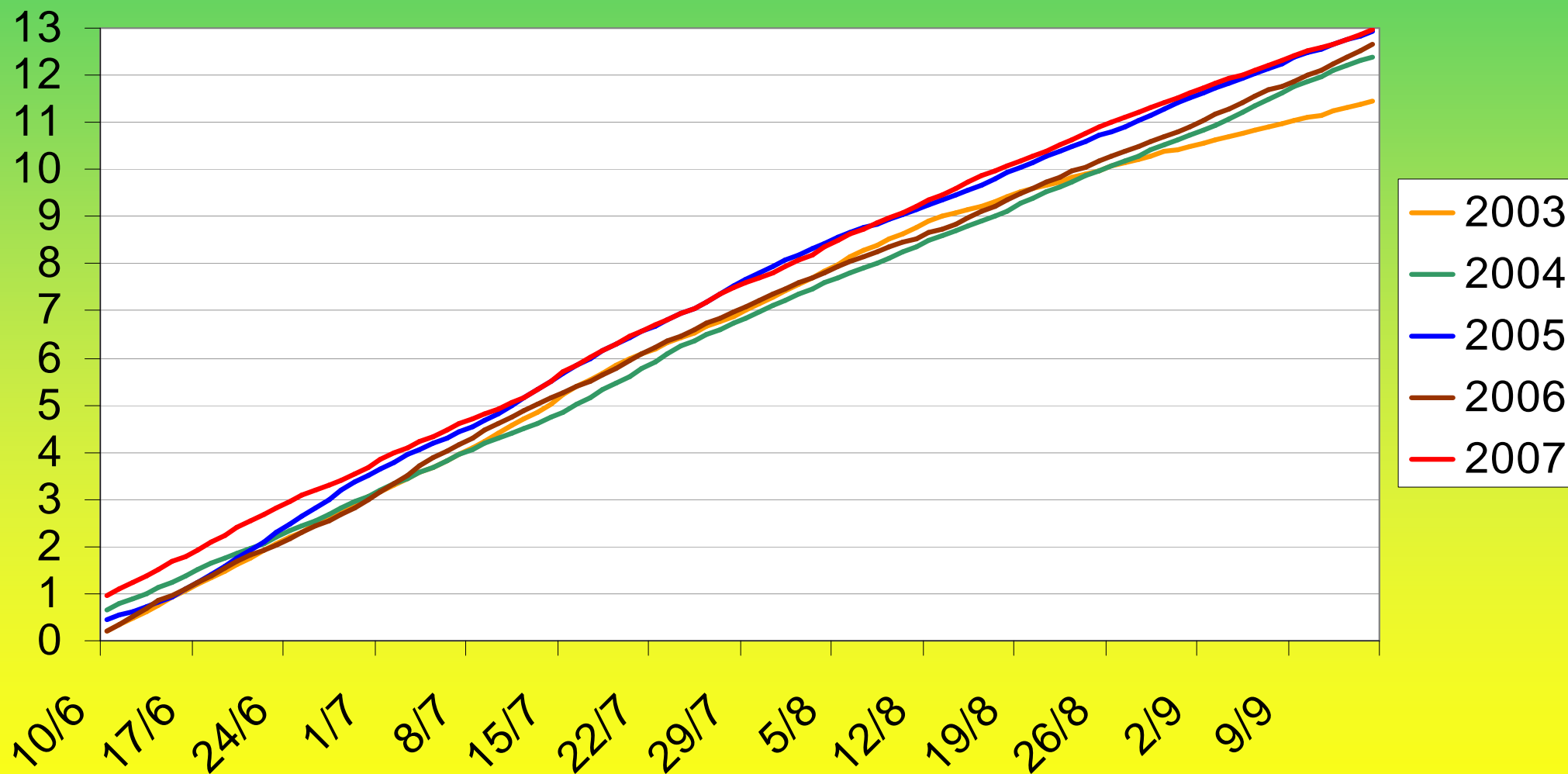
Les modèles de croissance étudiés l'ITB



	Complexité des données à renseigner	Intérêt	Utilisation
STICS	+++	Modèle hydrique et azoté	Études spécifiques
Sucros	++	Modèle hydrique	Prévisions nationales
Previbet	+	Couplage Irribet	Prévision de rendement à différentes échelles : nationale / parcelle
Greenlab (Digiplante)	+	Modèle architectural Analyses multi-facteurs	



Simulation du rendement sucre avec Previbet (T/ha)



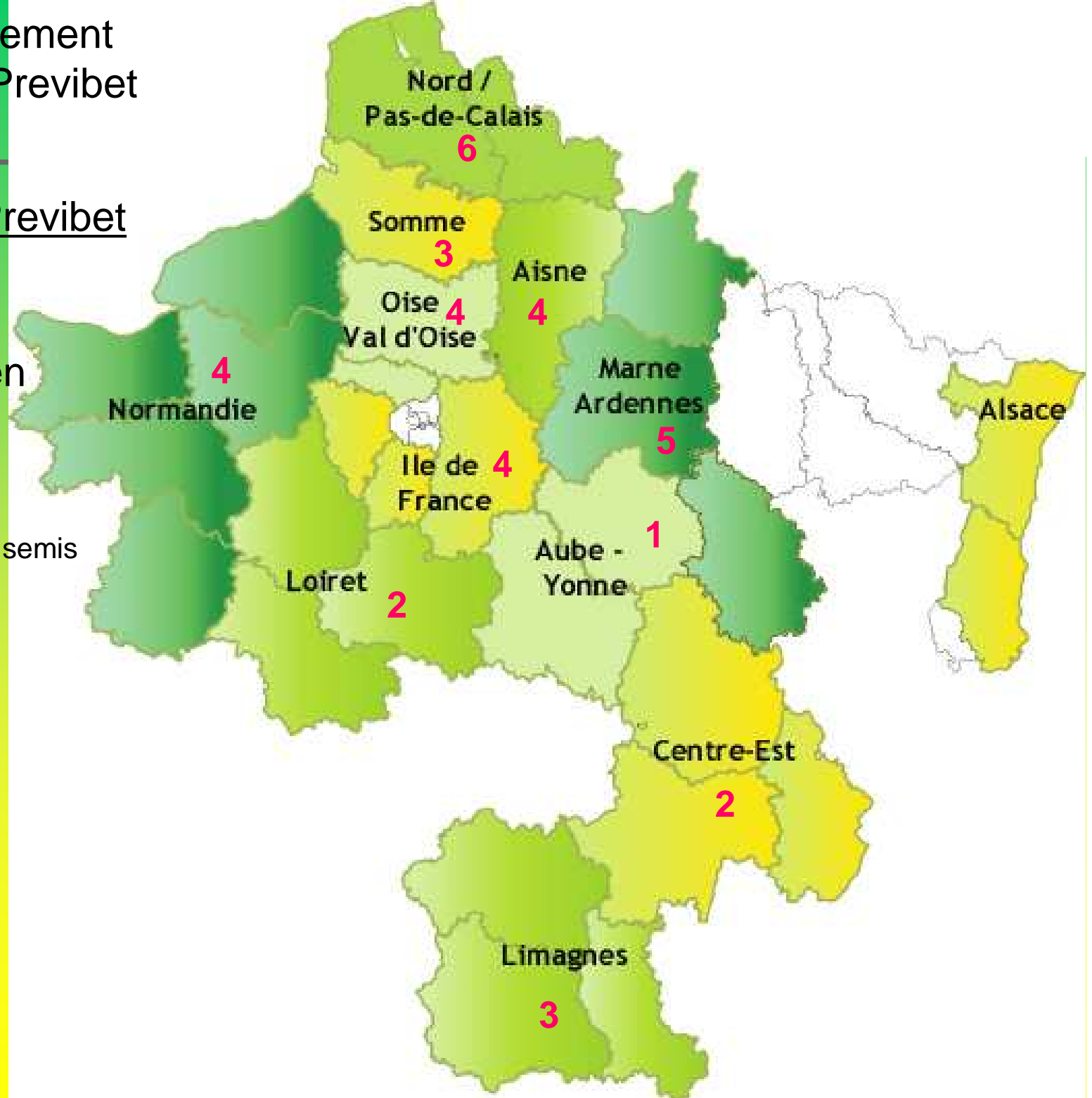
Prévisions de rendement régionalisées avec Previbet



pour initialiser Previbet

Mise en place d'un réseau de 38 suivis en champ d'agriculteur

Choix orienté selon la date de semis



Prévisions de rendement



- Chaque délégation régionale a suivi 15 parcelles d'agriculteurs (135 parcelles au total)
- La méthodologie utilisée vise à construire un diagnostic en s'affranchissant au maximum de prélèvements
- Prises de vues photographiques à 3 dates réparties entre mi-mai et mi-juin
- Bonne relation entre l'intégrale du taux de couverture (calculée de la levée à la date n) et la biomasse de racine (à la date n)



- Initialisation de Previbet avec $MRS_{(n)}$
- Préviction de rendement avec analyse climatique fréquentielle et MAJ régulièrement en fonction du climat



Mise en ligne de prévisions de rendement régionalisé (accès restreint)



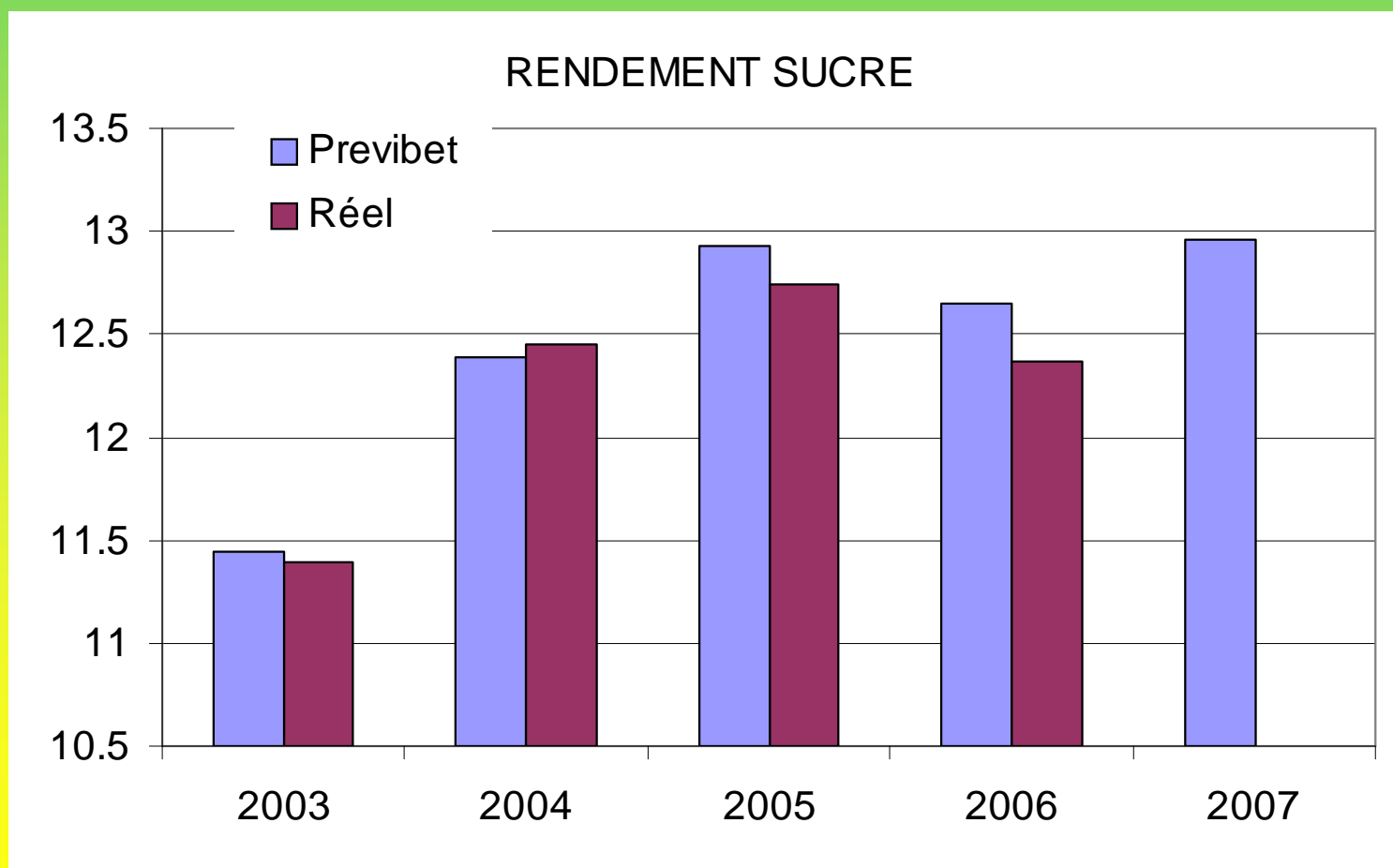
Moyenne pondérée en
fonction de la représentativité
de la date de semis et de la
proportion de surface affectée
par les retards de levée

	01-juil	20-juil	01-août	21-août
Délégation 59/62	12.5	12.5	12.5	12.2
Délégation 45	13.2	14.2	14.4	14.3
Délégation 77	12.7	13.8	14.0	14.7
Délégation 21	14.0	14.9	14.9	14.9
Limagnes	14.1	14.1	14.5	14.2
Délégation 02	12.8	13.4	13.3	13.3
Délégation 80	12.4	13.1	13.0	12.7
Délégation 60	12.3	12.9	12.9	13.0
Délégation 76/14	12.1	12.8	12.4	12.3
Délégation 51	13.2	13.7	13.1	13.1
Total pondéré	12.8	13.3	13.2	13.1



Prévisions de rendement 2007 :

- Objectif fixé : changement d'échelle national → régional



IRRIBET : l'outils logiciel



- Développement du moteur de calcul à partir du savoir faire existant en terme de modélisation, calcul et gestion de donnée
 - Le moteur de calcul utilise les données météo de notre base météo ou les données de l'utilisateur
 - Le taux de remplissage de la RU est calculé par le moteur de calcul à partir de notre base météo
- Accès au moteur ouvert à différent type d'interrogation
- Interfaces « clients » pouvant utiliser de multiple supports d'interrogations
 - Client Irribet © = poc (Proof Of Concept)
 - Assure la gestion et la persistance des données personnelles
 - Interroge le moteur de calcul



Diapositive 11

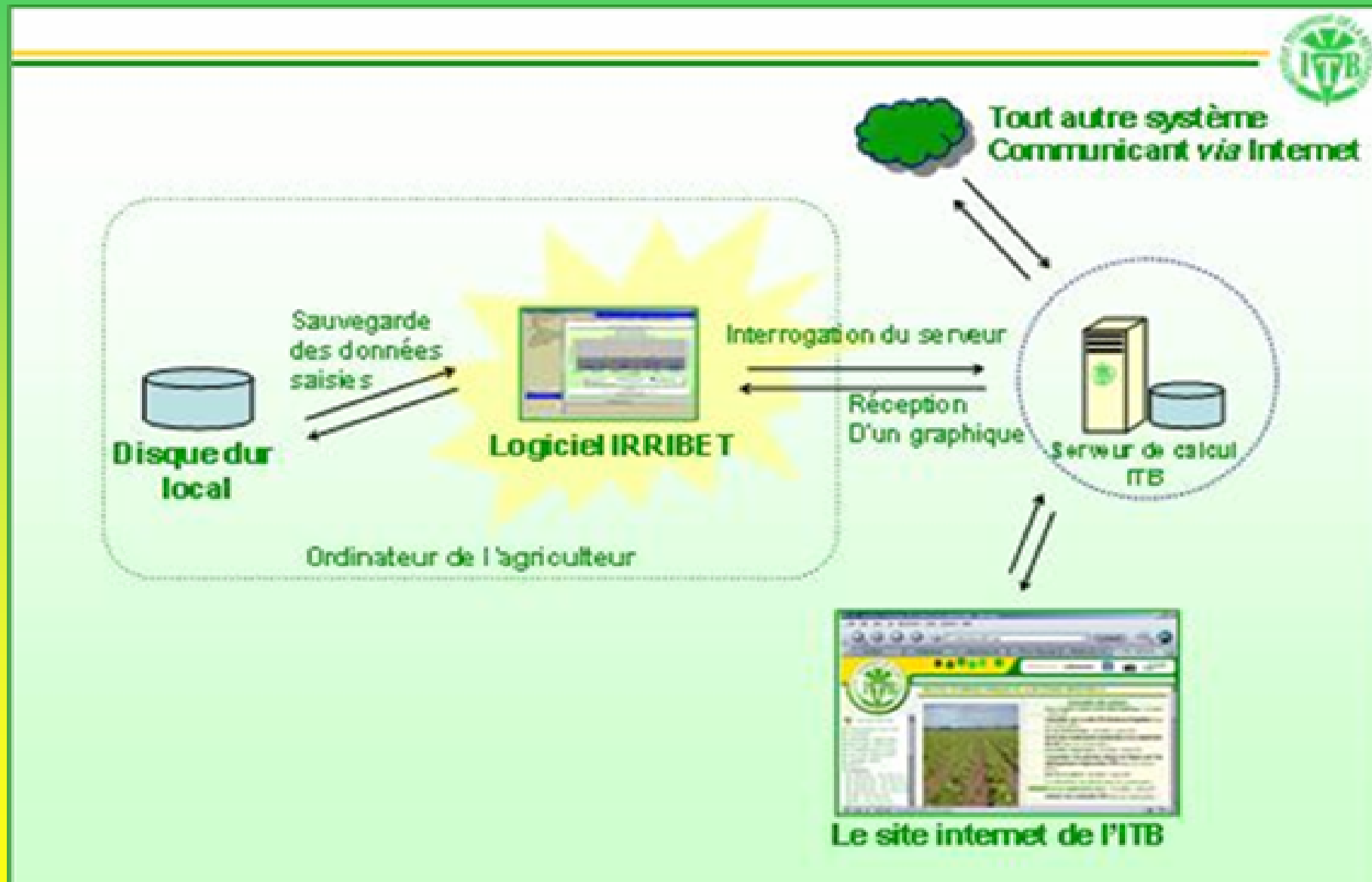
e22

Développement du moteur de calcul à partir du savoir faire existant en terme de modélisation, calcul et gestion de donnée
Le moteur de calcul utilise les données météo de notre base météo ou les données de l'utilisateur
Le taux de remplissage est calculé par le moteur de calcul à partir de notre base météo

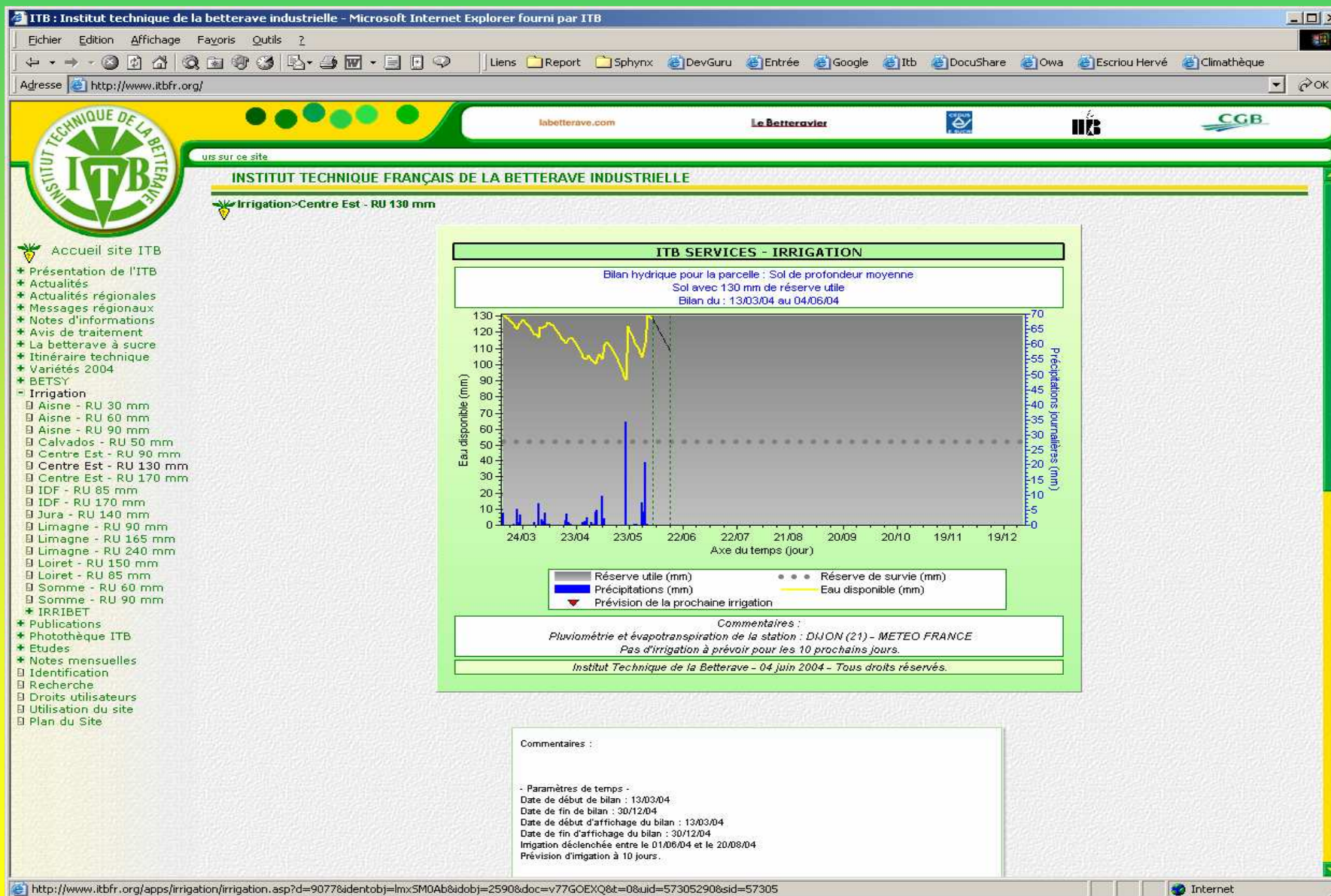
Accès au moteur ouvert à différent type d'interrogation

Interfaces « clients » pouvant utiliser de multiple supports
Assure la gestion et la persistance des données personnelles
Interroge le moteur de calcul
Client Irribet = poc (proof of concept)
escriou; 07/06/2004

IRRIBET : l'architecture logicielle



IRRIBET : sur Internet



IRRIBET : Client Irribet



ITB Services Version 1.10a - Copyright ITB 2004

Paramètres du bilan hydrique

Choix de la parcelle
Parcelle 90 mm Loiret [Aide](#)

[Ajouter une parcelle](#) [Supprimer une parcelle](#)

Saisie de données de Bilan Hydrique

Dates d'affichage du bilan

Date de début
01/01/2004

Date de fin
30/11/2004

Paramètres du sol

Réserve utile du sol en eau (mm) :
90 [Aide](#)

Stades de développement des betteraves

Date au semis	Non définie	Aide
Date de levée	Non définie	
Date de couverture	Non définie	

Stations météorologiques de référence

Nom de la station météorologique de référence pour la pluviométrie
ORLEANS (45) - METEO FRANCE

Nom de la station météorologique de référence pour l'évapotranspiration
ORLEANS (45) - METEO FRANCE

Relevés de pluviométrie et d'évapotranspiration

Nom de votre relevé de pluviométrie
dijon

Nom de votre relevé de d'évapotranspiration

Sources de données de précipitation

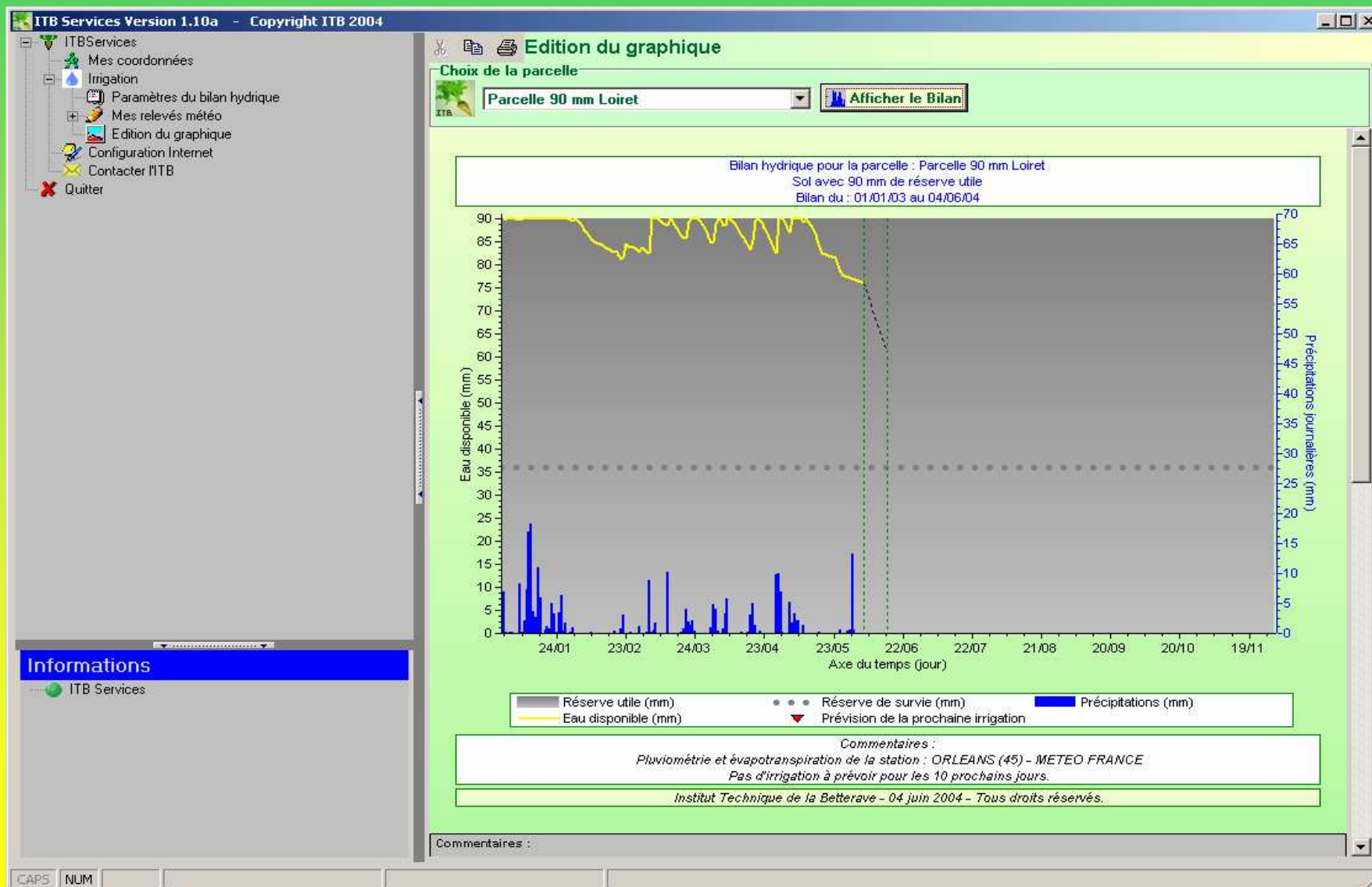
Informations

- ITB Services
- 10/03/2004 : Irrigation et gestion des ressources en eau
- 01/06/2004 : Foire aux questions
- 27/06/2003 : Irrigation Conseils 2003

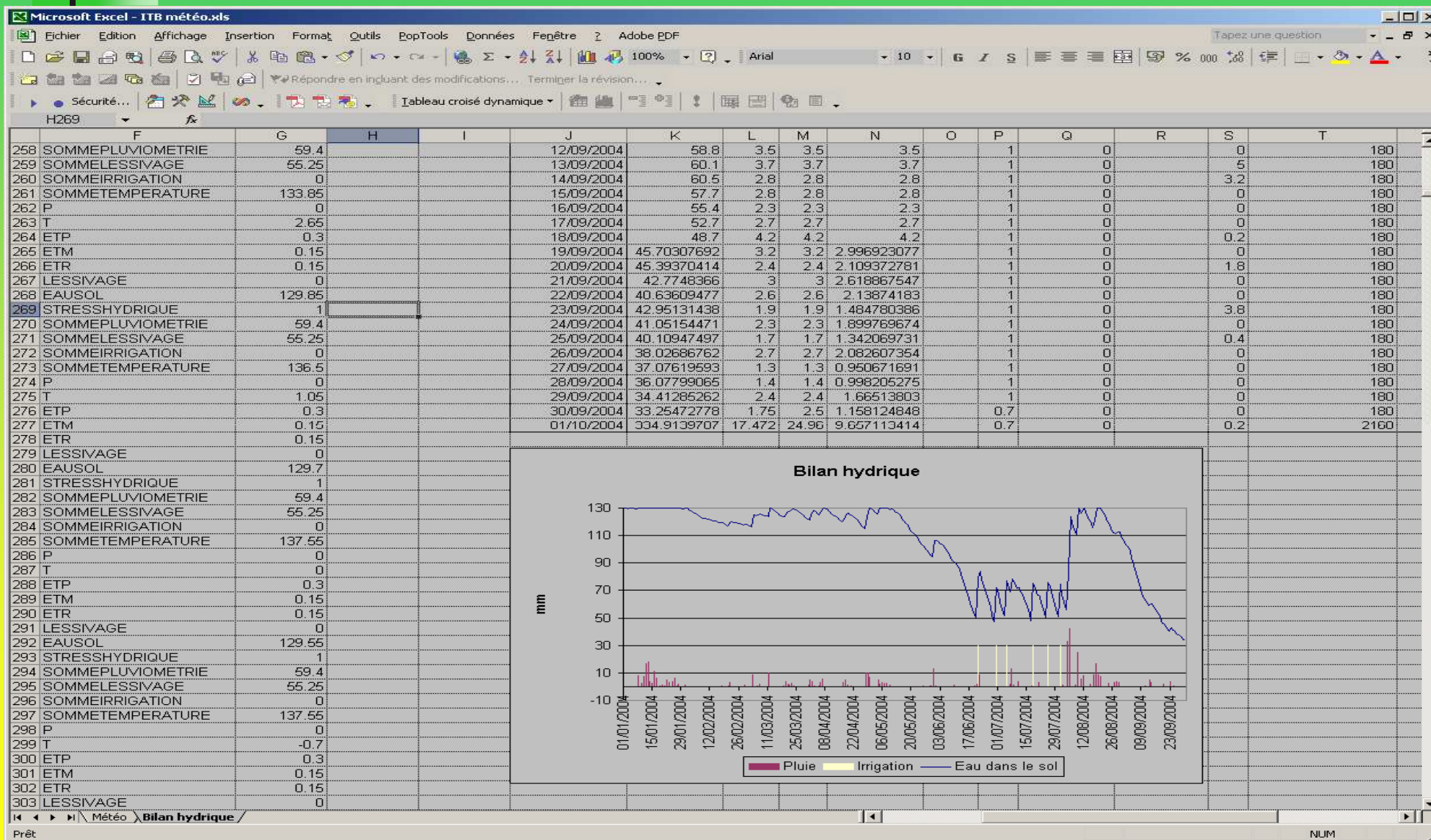
CAPS NUM



IRRIBET : Client Irribet



IIRB - Irribet : Excel



- Le logiciel est diffusé par téléchargement depuis 2003
 - Diffusion et utilisation gratuite
- Des sessions de formation ont été organisées pour les utilisateurs : agriculteurs, techniciens,...
- Une rubrique d'assistance est disponible sur notre site Web



AZOFERT remplace

AZOBIL

Engrais



Besoins = 220 kg/ha (+30)



Résidus du précédent

Apports organiques

Minéralisation
de l'humus

Culture intermédiaire

Reliquat sortie hiver

Table AZOBIL, ap.organiques

Type d'apport				

- Type de sol (argile, calcaire)
- Teneur en M.O.
- T° moyenne

Table AZOBIL, culture

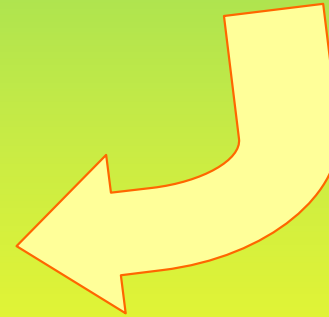


FERTILISATION AZOTEE:

Le conseil de dose avec le logiciel AZOFERT

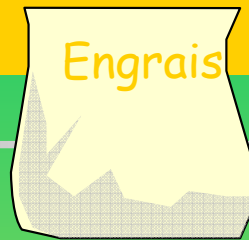
Fiche de Renseignements

Soyez attentif lors du remplissage !



Le conseil de dose avec

AZOFERT



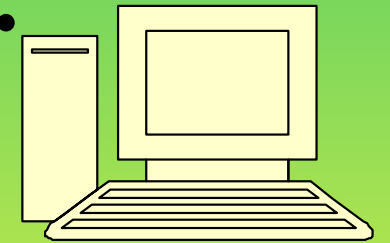
Résidus du précédent

Apports organiques

Minéralisation
de l'humus

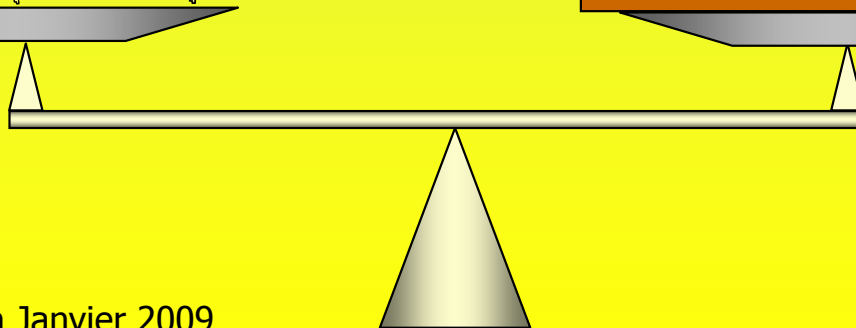
Culture intermédiaire

Reliquat sortie hiver



Calculs par
des modèles

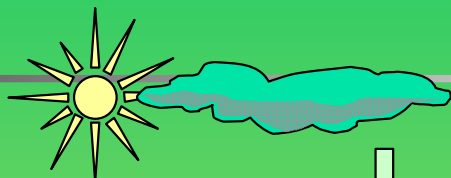
Besoins = 250 U



Les modèles dans AZOFERT



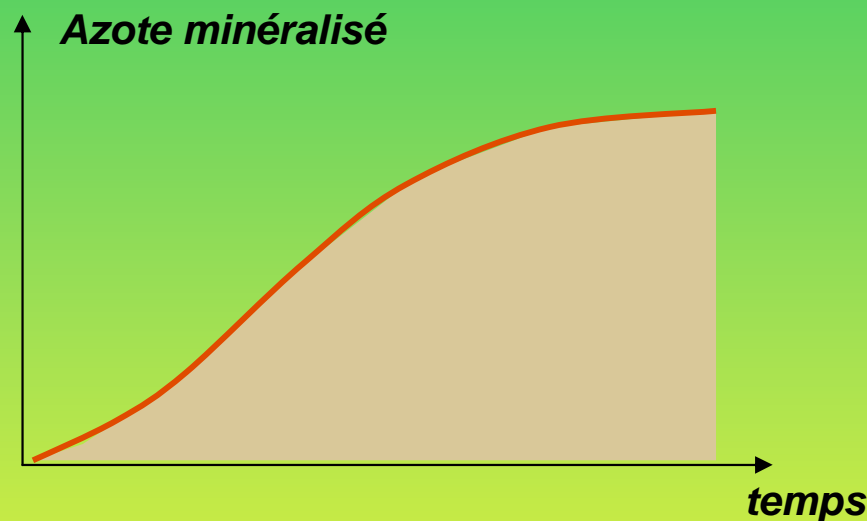
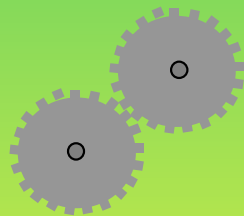
T°, pluviométrie (moyennes multi-annuelles)



Analyse de sol

- texture
- CaCO₃
- Teneur en azote organique (N %)

modèle



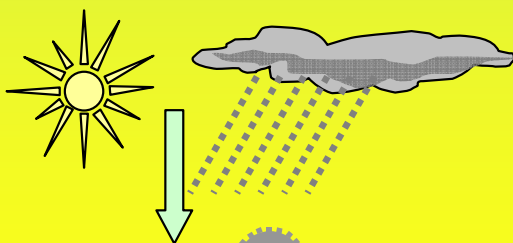
Pailles



Apport orga.

juin 2009

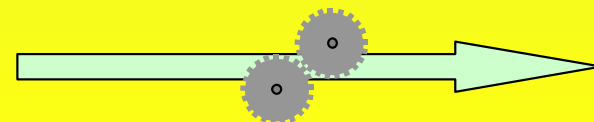
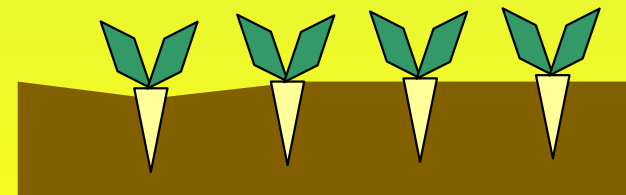
T°, pluviométrie (valeurs réelles)



automne

Quantité résiduelle

T°, pluviométrie (moyennes multi-annuelles)



printemps



FERTILISATION AZOTEE: Conseils de remplissage des fiches AZOFERT

RENSEIGNEMENTS AGRONOMIQUES

Caractéristiques du sol (type de sol intègre des données relatives au sol)

Code type de sol de la parcelle (insérer dans la liste ci-dessous)
DONNEE INDISPENSABLE: calcul du reliquat en kg/ha et conseil impossibles si non renseigné

Sols à dominante limoneuse		Sols à dominante argileuse		Sols à dominante sableuse		Sols avec présence de calcaire	
LAP	Limon argileux profond	ALP	Argile limoneuse profonde	MSG	Matériaux sableux sur grève	AC	Argilo-calcaire
LAS	Limon argilo-sableux	AP	Argile profonde et argile lourde	MSK	Matériaux sableux sur calcaire dur	ACK	Argilo-calcaire peu profond
LMH	Limon moyen hydromorphe	ASI	Argile à silex	SAP	Sable argileux profond	CPO	Craie à poche
LMP	Limon moyen profond	ASP	Argile sableuse profonde	SLP	Sable limoneux profond	CRA	Cranette
LMS	Limon moyen sableux profond	MAG	Matériaux argilo-limoneux sur grève	SP	Sable profond	GRA	Graveluche
LSA	Limon sablo-argileux			SC	Sable calcaire	LCA	Limon calcaire
LSP	Limon sableux profond					RGR	Rendzine grise
CR6	Limon sur cranette à 60 cm						
CR9	Limon sur cranette à 90 cm						

Teneurs de l'horizon superficiel en % (utiliser ou faire votre analyse de sol si vous en possédez une)

Teneur en argile (avec décarbonatation)	<input type="text"/>	%	pH de l'horizon superficiel	<input type="text"/>	
Teneur en sables	<input type="text"/>	%	Charge en cailloux	<input type="text"/>	%
Teneur en calcaire total (CO ₃)	<input type="text"/>	%	Profondeur de labour	<input type="text"/>	cm
Carbone organique total	<input type="text"/>	%	Y-a-t-il un obstacle à l'enracinement	<input type="checkbox"/>	Non
Azote total	<input type="text"/>	%		<input type="checkbox"/>	Si oui, profondeur <input type="text"/> cm

Renseignement du type de sol indispensable

Reporter ici les données d'analyse de sol. Tous les paramètres interviennent dans le calcul. On peut joindre à la fiche une copie de l'analyse.

En betteraves, on indiquera ici l'apparition éventuelle d'une pierrosité importante avant 90 cm de profondeur.

Conseils de remplissage des fiches AZOFERT



Historique culturel de la parcelle

Labour (occasionnel ou permanent) non oui

Habitudes d'apports organiques non oui

Habitudes de cultures intermédiaires non oui

Historique prairie (hors luzerne) retournement depuis 3 ans ou plus

Si oui :

Devenir habituel des résidus enlevés ou brûlés enfouis 1 fois sur 2 toujours enfouis

Nature type lisiers, vinasses, boues, ... type fumiers, composts, ...

Fréquence 5 à 10 ans 3 à 5 ans 1 à 3 ans

Nature crucifères graminées autres

Fréquence 3 ans et plus 1 à 2 ans

Si oui :

Historique prairie (hors luzerne) retournement depuis 3 ans ou plus

Sinon, retournement il y a : 1 an ou moins 2 ans

Durée de la prairie 2 à 3 ans 4 à 6 ans 7 à 10 ans plus de 10 ans

Date de premier travail du sol après récolte:
(Premier déchaumage)

Nature du précédent cultural

Culture précédente _____

Date de récolte du précédent (à défaut, quinzaine) : ____/____/____

Rendement _____ Q/ha

Fertilisation azotée _____ kg N/ha

Devenir des résidus : enfouis enlevés ou brûlés laissés en surface

Si les résidus sont enfouis, date d'incorporation : ____/____/____

Quantités de fertilisants organiques !
Dates d'apports précises !

Apports de produits organiques pour la culture à fertiliser

Apport non oui

Si oui, nombre de produits _____

Tableau à remplir pour chaque produit organique apporté :

Voir la réglementation en vigueur dans votre département

	Code Produit (voir liste)	Quantité (Tonnes ou m3/ha)	Date d'apport
Apport 1			____/____/____
Apport 2			____/____/____
Apport 3			____/____/____

Fournir, si vous la possédez, une copie de l'analyse par fiche de renseignement

Codes produits organiques :

BD Fumier de bovins décomposé	FIV Fientes de volailles	BOPA Boues de papeterie	CFPO Compost de fumier porcin
BP Fumier de bovins pailleux	LPO Lisier de porcins	ECU Ecumes de sucrerie	CU Compost urbain
CH Fumier de chevaux	LB Lisier de bovins	VINA Vinasses de sucrerie	LOMB Lombricompost
O Fumier d'ovins	LBD Lisier de bovins dilué	CDV Compost de déchets verts	EAUS Eaux de sucrerie
PO Fumier de porcins	LV Lisier de volailles	CFB Compost de fumier bovin	EAUC Eaux de conserverie
UCH Fumier de champignons	BUL Boues liquides	CF Compost forestier	
UV Fumier de volailles	BUD Boues déshydratées	CFI Compost fientes de volailles	

La date de destruction permet de calculer la part d'azote déjà libéré par les résidus du couvert et celle restant à minéraliser.

Culture intermédiaire précédant la culture à fertiliser

Présence non oui

Nature de la culture intermédiaire _____

Rendement _____ en tonnes MS / ha

(très faible 0.5 T ; faible 1 T ; moyen 2 T ; élevé 3 T)

Date d'implantation : ____/____/____

Date de destruction : ____/____/____

(qu'elle soit chimique, mécanique ou par le gel)

Culture à fertiliser

Culture à fertiliser : _____ *pour céréales, colza, maïs, lin, tournesol :*

Rendement prévisionnel : _____ Q/ha (moyenne des 5 dernières années)

Autre hypothèse de rendement _____ Q/ha

>> Si la culture à fertiliser est une céréale :

Variété _____

Stade végétatif non levé 1 à 2 feuilles 3 feuilles

Population sortie hiver inférieure à 140 pieds / m² de 141 à 180 pieds / m² de 181 à 230 pieds / m² de 231 à 270 pieds / m² de 271 à 320 pieds / m² supérieure à 321 pieds / m²

Date d'implantation de la culture* ____/____/____

Date probable du 1^{er} apport d'azote* ____/____/____

Date probable de récolte* ____/____/____

** à défaut quinzaine*

Type d'engrais majoritairement utilisé :

1 <input type="checkbox"/> Ammonitrate	5 <input type="checkbox"/> Ammoniac anhydre
2 <input type="checkbox"/> Nitrate de chaux	6 <input type="checkbox"/> Phosphate d'ammoniaque
3 <input type="checkbox"/> Solution azotée	7 <input type="checkbox"/> Sulfate d'ammoniaque
4 <input type="checkbox"/> Urée	

>> Si la culture à fertiliser est un colza :

Etat de développement : petit moyen gros

Rendement prévisionnel : _____ en kg N/ha

(Azote absorbé = biomasse en kg/m² x 70 ou méthode visuelle CETIOM)

Apport d'azote en localisé non oui

Irrigation non oui, quantité prévue _____ mm



FERTILISATION AZOTEE: Les atouts du logiciel Azofert



- Prise en compte du climat local
- Calcul fidèle aux pratiques réelles sur la parcelle

Calcul + précis,
Calcul régionalisé

- Logiciel évolutif:



Prise en compte de l'évolution des pratiques
Prise en compte des évolutions climatiques

- Calcul basé sur des modèles:



Ouvre d'autres possibilités d'utilisation



Un nouvel outil pour la fertilisation azotée : pourquoi ?

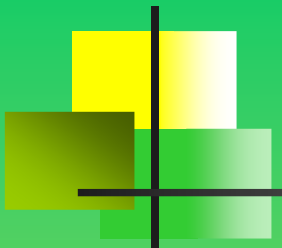


- **Intégration des résultats de recherche des 15 dernières années concernant :**
 - * la dynamique des matières organiques dans les sols
 - * le devenir de N des engrais (expérimentations ^{15}N)
- **Evolution des méthodes et des outils de production informatique**
- **Demande de la part du Développement Agricole**

 Opportunité de concevoir un nouveau logiciel de prescription de la fertilisation N des cultures : AzoFert®



- Simulation organisation d'un chantier de récolte de betterave
 - Simuler la mise en œuvre des matériels de récolte en fonction de :
 - Parcellaire
 - Main d'œuvre disponible
 - Matériel : chantier décomposé, automotrice, intégrale
 - Temps disponible, fenêtre météo
 - ...
 - Proposer des solutions optimales :
 - Gros matériel / faible main d'œuvre
 - Petit matériel / travail collectif
 - ...

- 
- Architecture du système foliaire
 - Connaissance du développement de la betterave
 - Modéliser la teneur en sucre en prenant en compte le renouvellement des feuilles
 - ...



RESULTATS



Acquisition de références sur le développement



La phyllotaxie

Suivi hebdomadaire et non destructif de 7 plantes

Chez la betterave on retrouve **deux types de phyllotaxie** :

- Des cotylédons à 4 feuilles «vraies» : une phyllotaxie **opposée**.
- De 5 feuilles «vraies» à la nième : une phyllotaxie **spiralée**.

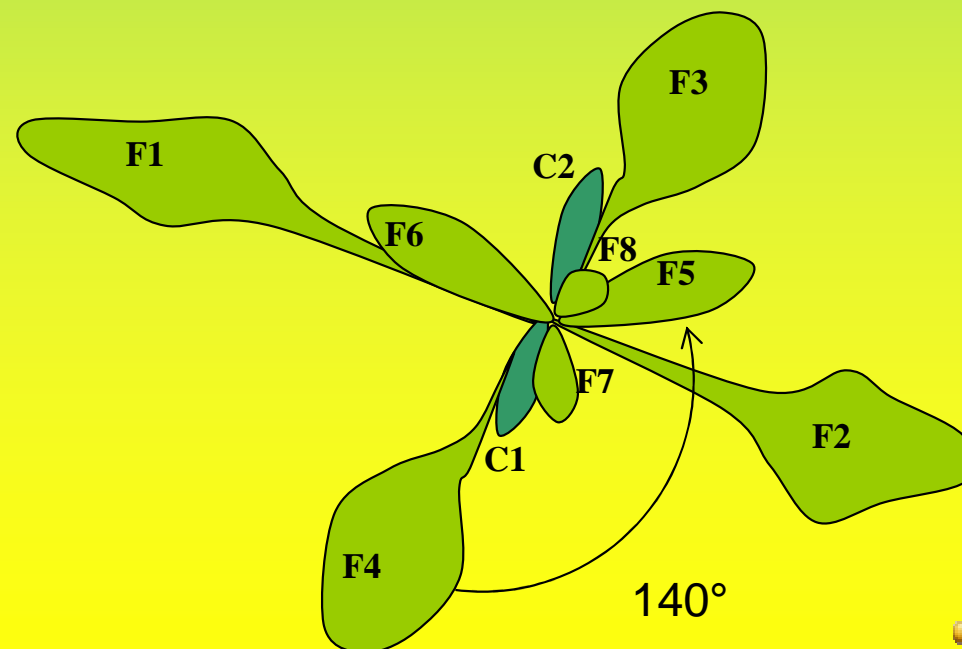
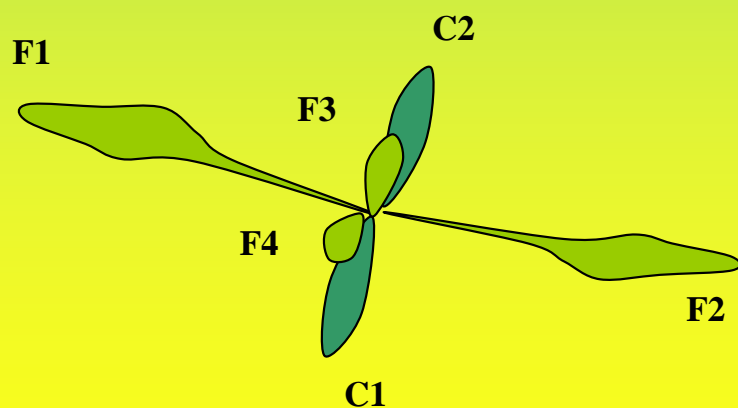
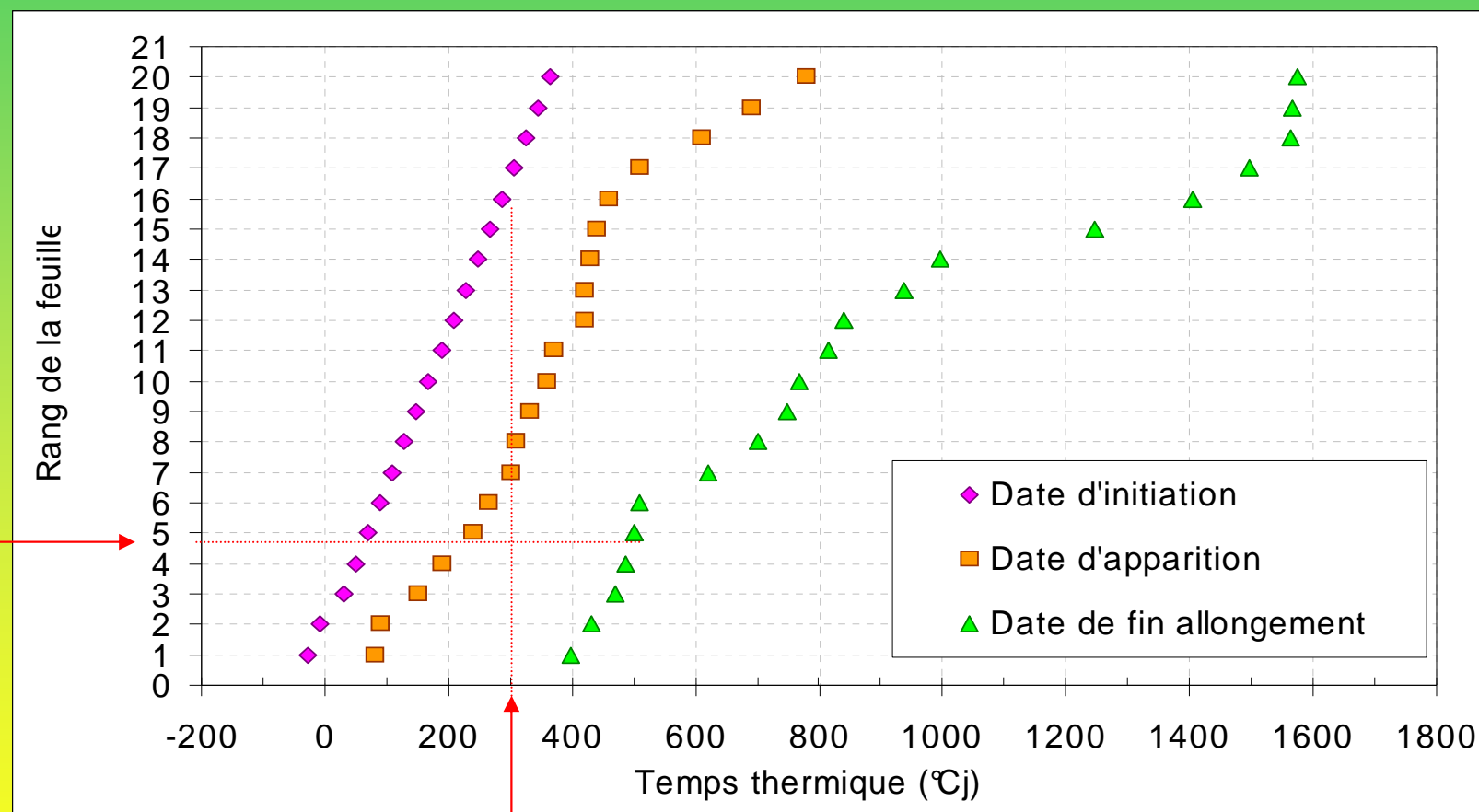


Schéma de développement des feuilles



La feuille 5 était initiée au niveau de l'apex 80 jours après la levée, visible à 240 jours et en fin de croissance à 500 jours

A 300 jours après le semis, 16 feuilles étaient initiées au niveau de l'apex, 7 feuilles étaient visibles et aucune feuille n'avait terminé sa croissance





■ Epidémiologie

- Modéliser les maladies foliaires de la betterave
 - Des travaux internationaux pour la Cercosporiose
 - Des outils (Cercbet 1,2,3) utilisés et remis en question
 - Evaluer le risque
 - Piloter la protection
 -
 - Connaissance insuffisante de la biologie du champignon
 - Quelle météo utiliser ?



- Prévoir les risques
- Prévoir la nuisibilité
- Simuler des scénarios
- Faire des « diagnostics » à posteriori



- Evaluation des variétés :
 - Comprendre et valoriser l'interaction génotype environnement
 - Evaluer la durabilité des résistances aux bio-agresseurs

- Utiliser les modèles pour fournir des indicateurs non mesurables :
 - Indice de stress hydrique
 - Indice de nutrition azotée
 - Azote disponible pour la plante
 - Dynamique de développement des maladies
 - Maladie du sol
 - Parasites du sol
 - Maladies foliaires



- Des modèles pour prédire ...
- Un usage « industrialisé »
- Des modèles pour simuler faire un diagnostic
- Des indicateurs pour l'expérimentation

