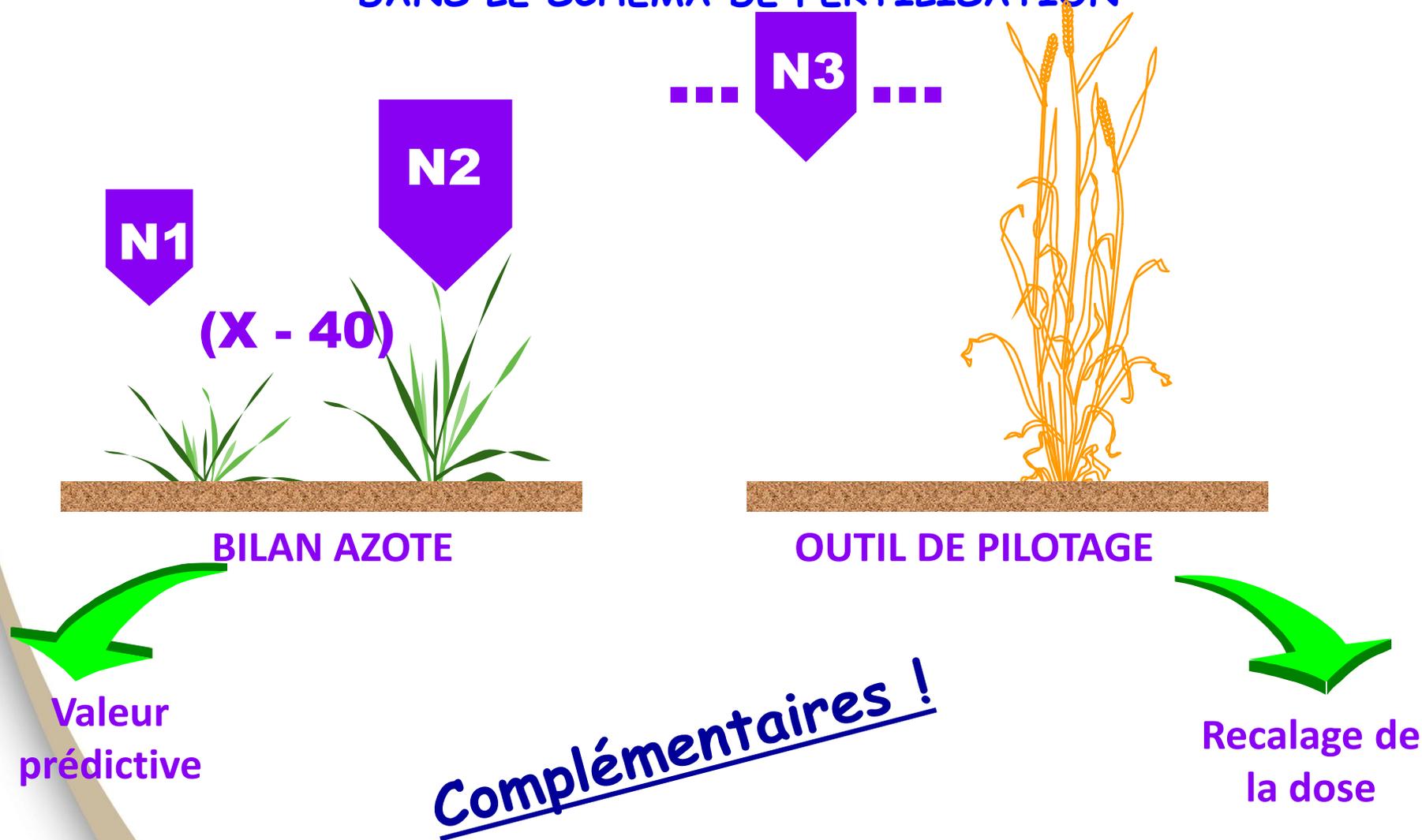


Outils de pilotage de la fertilisation azotée en grandes cultures

Bilan en 2013 et perspectives

Un pilotage indissociable de la dose prévisionnelle

L'INTEGRATION DE L'INDICATEUR PLANTE DANS LE SCHEMA DE FERTILISATION



Exemple sur blé tendre et dur



Outil de calcul de dose d'azote prévisionnelle

Les fondamentaux techniques

La plupart des outils actuels sont élaborés sur la méthode du bilan prévisionnel de l'azote minéral du sol, dont l'écriture générale est :

Besoin de la culture + azote restant dans le sol en fin d'absorption

=

Fourniture d'azote par le sol

+

Apport d'engrais minéral et/ou organique

-

Pertes

- Concept formalisé initialement par Hébert en 1969 puis Rémy-Hébert en 1974.
 - Efforts constants de R&D depuis bientôt 40 ans.
 - Formalismes mis à jour régulièrement diffusés par le COMIFER.
 - Dans le détail, plusieurs écritures régionalisées existent.
- 2 générations d'outils :
- Les « statiques » qui estiment les différents postes de manière prévisionnelle médiane ou moyenne
 - Les « dynamiques » qui estiment les différents postes en cours de campagne en prenant en compte la météo de l'année



Calcul de la fertilisation azotée

Guide méthodologique pour l'établissement des prescriptions locales

Cultures annuelles et prairies

Édition 2013

Outil de calculs de dose N en grandes cultures



Lien avec la réglementation : Ce que disent les textes

Le calcul de la dose prévisionnelle d'azote à apporter par les fertilisants s'appuie sur la méthode du bilan d'azote minéral du sol prévisionnel détaillé dans la publication la plus récente du COMIFER et disponible sur le site internet du COMIFER (<http://www.comifer.asso.fr/index.php/publications.html>).

Source : Arrêté du 19 décembre 2011 relatif au programme d'actions national à mettre en oeuvre dans les zones vulnérables afin de réduire la pollution des eaux par les nitrates d'origine agricole / Article III.1.a

Dans chaque région comportant au moins une zone vulnérable, un arrêté du préfet de région définit pour chaque culture ou prairie, sur proposition du groupe régional d'expertises « nitrates » tel que défini à l'article R. 211-81-2, le référentiel régional.

Cet arrêté fixe, pour chaque culture ou prairie, l'écriture opérationnelle de la méthode selon les principes énoncés au 1° ci-dessus, ainsi que les règles s'appliquant au calcul des différents postes.

Certaines données de paramétrage de la méthode, telles que les reliquats azotés en sortie d'hiver lorsque l'écriture opérationnelle régionale retenue y fait appel, peuvent être actualisées annuellement pour tenir compte des conditions, notamment de climat, propres à chaque campagne culturale.

Le référentiel est en outre actualisé à chaque fois que le préfet de région le juge nécessaire, au vu du travail du groupe régional d'expertise « nitrates » et pour tenir compte de l'avancée des données et des connaissances techniques et scientifiques.

Source : Arrêté du 19 décembre 2011 relatif au programme d'actions national à mettre en oeuvre dans les zones vulnérables afin de réduire la pollution des eaux par les nitrates d'origine agricole / Article III.1.b

Tout exploitant utilisant des outils de calcul ou des références autres que celles fixées par défaut par l'arrêté régional devra être à même de justifier la parfaite conformité de ces outils ou de ces références avec l'arrêté régional. Lorsque le recours à la mesure est autorisé par l'arrêté régional pour estimer certains postes du bilan, les résultats de ces analyses (originaux des résultats transmis par le laboratoire d'analyse) devront être tenus à la disposition de l'administration et consignés dans le plan de fumure pour chaque îlot cultural concerné.

Source : Arrêté du 19 décembre 2011 relatif au programme d'actions national à mettre en oeuvre dans les zones vulnérables afin de réduire la pollution des eaux par les nitrates d'origine agricole / Article III.1.c



Lien avec la réglementation : La question de la reconnaissance des outils

2 cas de figures :

- L'outil reprend les tableaux GREN → conformité OK mais références agronomiques limitées
- L'outil propose des calculs et des références plus avancées → conformité à prouver mais calculs plus pertinents

Etat du dossier actuellement :

1. Retard dans la mise en place d'une procédure d'examen de conformité des outils (hiver 2013-2014 ?) → méthodologie en cours d'élaboration
2. Certaines régions ont commencé à établir des listes
3. Hétérogénéité de la situation entre régions
4. Risque que des outils très en pointe du point de vue agronomique soient mis en difficultés dans certaines régions car ne reprenant pas à la lettre les références des GREN nécessairement limitées au format papier



Outil de pilotage d'apports d'azote en cours de campagne



Lien avec la réglementation : Ce que disent les textes

Il est recommandé d'ajuster la dose totale prévisionnelle précédemment calculée au cours du cycle de la culture en fonction de l'état de nutrition azotée mesurée par un outil de pilotage.

Tout apport d'azote (réalisé) supérieur à la dose prévisionnelle totale calculée selon les règles énoncées au 1^o doit être dûment justifié par l'utilisation d'un outil de raisonnement dynamique ou de pilotage de la fertilisation, par une quantité d'azote exportée par la culture supérieure au prévisionnel ou, dans le cas d'un accident cultural intervenu postérieurement au calcul de la dose prévisionnelle, par la description détaillée, dans le cahier d'enregistrement, des événements survenus (nature et date notamment).

Source : Arrêté du 19 décembre 2011 relatif au programme d'actions national à mettre en œuvre dans les zones vulnérables afin de réduire la pollution des eaux par les nitrates d'origine agricole / Article III.3

Le recours à un outil de pilotage est recommandé par la réglementation et est un des seuls moyens donnés aux agriculteurs pour ajuster en cours de campagne la dose d'azote aux besoins réels de ses cultures.

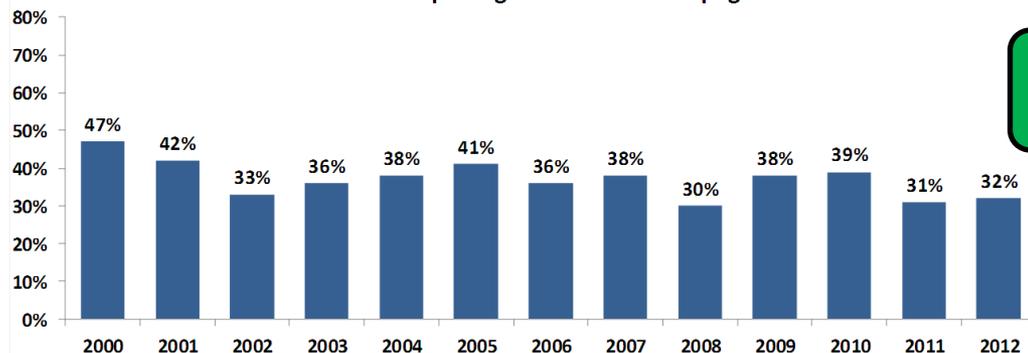
Outil de pilotage en cours de campagne



Evolution comparée 2000/2012 - Nord Loire

Source : Enquête pratique de Fertilisation N blé ARVALIS.

Part des agriculteurs ayant utilisé un outil de pilotage en cours de campagne

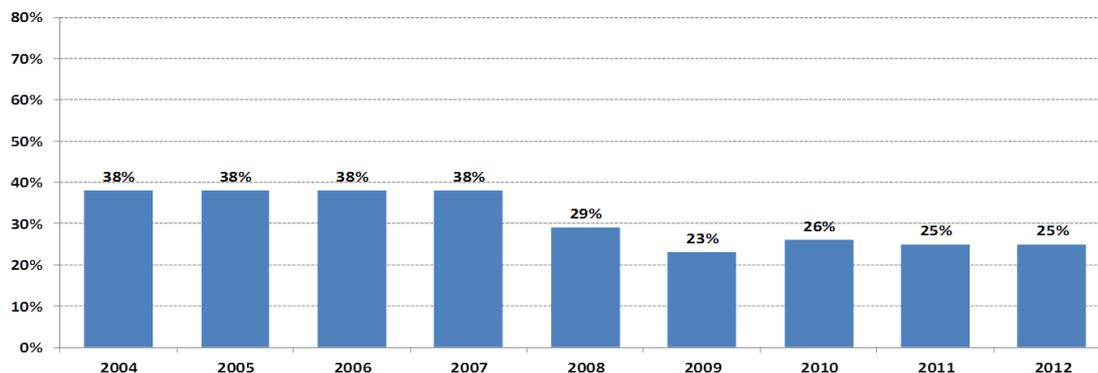


**Etendue de la pratique :
Exemple sur blé tendre d'hiver**

42 % des agriculteurs ont l'intention d'utiliser un outil de pilotage en 2013.

Evolution comparée 2004/2012 - Sud Loire

Part des agriculteurs ayant utilisé un outil de pilotage en cours de campagne

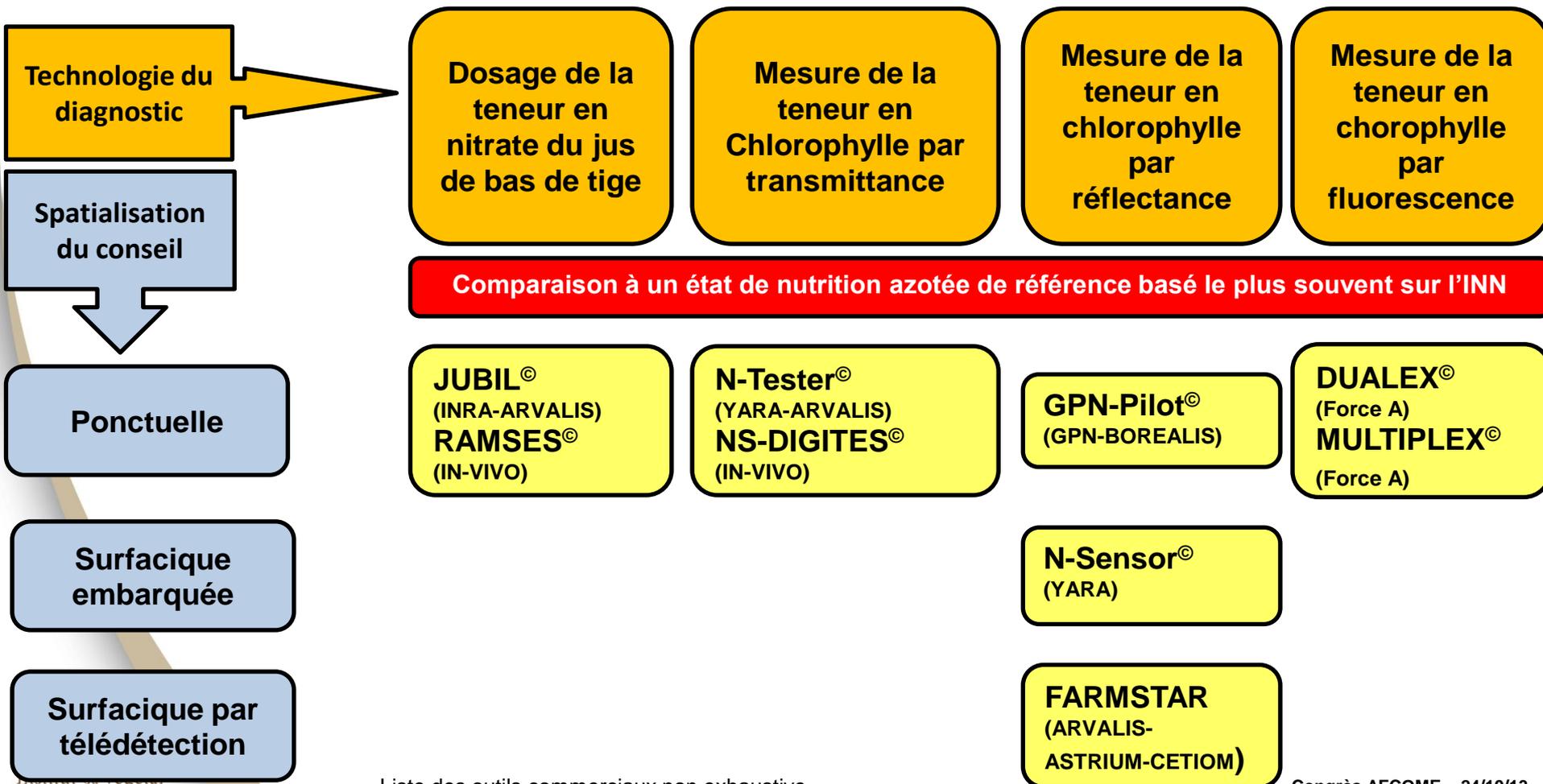


32% des agriculteurs ont l'intention d'utiliser un outil de pilotage en 2013.

Outil de pilotage en cours de campagne

Les fondamentaux techniques

Outil de pilotage = détecteur d'état de nutrition azotée
+ règle de décision pour calculer une dose N à apporter si nécessaire



Outil de pilotage en cours de campagne

Les fondamentaux techniques

Type indicateur	Compartiment	Organe	Nom	Source	Outil de calcul prévisionnel dose N	Stratégie initiale	Blé tendre	Blé dur / Orge	Maïs	Pomme de terre	Colza	Tournesol	Fraisier / Melon	Pdt primeur	Carotte	Aubergine / Tomate
croissance		parties aériennes	Réglette azote	CETIOM	méthode bilan (X)	X					■					
couleur (jaunissement /témoin)		parties aériennes	Bande Double Densité	CRAL Agro-Transfert	méthode bilan (X)	0	■									
couleur (jaunissement /témoin)		parties aériennes	Héliotest	CETIOM	méthode bilan (X)	0					■					
teneur NO ₃	jus pression	base tige, pétiole	JUBIL	INRA ARVALIS	méthode bilan (X)	X - 40	■	■	■	■						
teneur NO ₃	jus pression	base tige, pétiole	RAMSES	INVIVO	dose base (APM Azote potentiellement minéralisable)	sans excès	■	■	■	■						
teneur NO ₃	jus pression	base tige, pétiole	RAMSES 2	INVIVO	méthode bilan-EPICLES(X)	X - 40	■	■								
teneur NO ₃	jus pression	base tige, pétiole	PILazo	CTIFL	méthode bilan (X)	X							■	■	■	■
transmittance	limbe	feuille (F1)	N Tester	YARA ARVALIS	méthode bilan (X)	X - 40	■	■	■							
transmittance	limbe	feuille (F1/F2)	DIGITES	INVIVO	méthode bilan EPICLES(X)	X - 40	■	■								
réflectance	teneur chlorophylle	canopée	GPN Pilot	GPN	méthode bilan (X)	X - 40 à X - 60	■	■		■						
réflectance	teneur chlorophylle	canopée	Farmstar	Astrium ARVALIS CETIOM	méthode bilan (X)	X - 40	■	■			■					

Tableau 17 : Aperçu des outils de pilotage de la fertilisation azotée disponibles en France.
Source : F. LAURENT, M.H. JEUFRROY 2004 ; actualisation non exhaustive COMIFER 2010.

Exemple d'un outil basé sur le jus de bas de tige

JUBIL® (INRA-ARVALIS)

Prélèvement de plantes

Mesure la teneur en NO_3 du jus de base de tige
(ou de pétiole)

Interprétation de la mesure selon le stade et la
variété (BTH)

Déclenchement (ou pas) d'un apport d'azote



Réglotte JUBIL®



Cultures :

- Blé tendre
- Blé dur
- Orge P. Brassicole
- Pomme de terre (jus pétioleaire)
- Maïs

Exemple d'un outil basé sur le jus de bas de tige

JUBIL® (INRA-ARVALIS)

**SYNTHESE 1994-99
220 essais**

	dose N insuffisante	dose N optimale	dose N excessive
BILAN en 2 apports	40 %	41 %	19 %
BILAN + JUBIL	24%	62 %	14 %

**Validation :
Amélioration de la préconisation par rapport à un
bilan N solo**

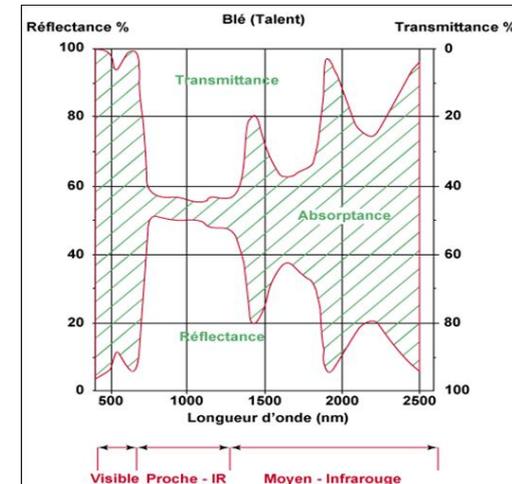
Exemple d'un outil basé sur la transmittance



N-Tester © (YARA-ARVALIS)



- Outil YARA
- Mise au point YARA + ARVALIS



Mesure indirecte de la teneur en chlorophylle (via transmittance)
Interprétation de la mesure selon le stade et la variété (pour BTH)

- Plages BTH :
- Montaison : [Z32 ; Z37[
 - Sortie Dernière Feuille : [Z37;Z39]
 - Gonflement : [Z43; Z45]

Déclenchement (ou pas) d'un apport d'azote





N-Tester © (YARA-ARVALIS)

Les méthodes NTester

Cultures :

	<u>Interp. /seuils</u>	<u>Interp. étalon surf.</u>
– Blé tendre :	X	X
	(CLASSIQUE et PRO)	(EXTRA)
– Blé dur :	-	X
– Blé améliorant :	-	X
– Orge P. Brassicole :	-	X
– Pomme de terre :	-	X
– Maïs :	-	X



Exemple d'un outil basé sur la transmittance

N-Tester © (YARA-ARVALIS)

SYNTHESE PLURIANNUELLE : 1994 - 2000

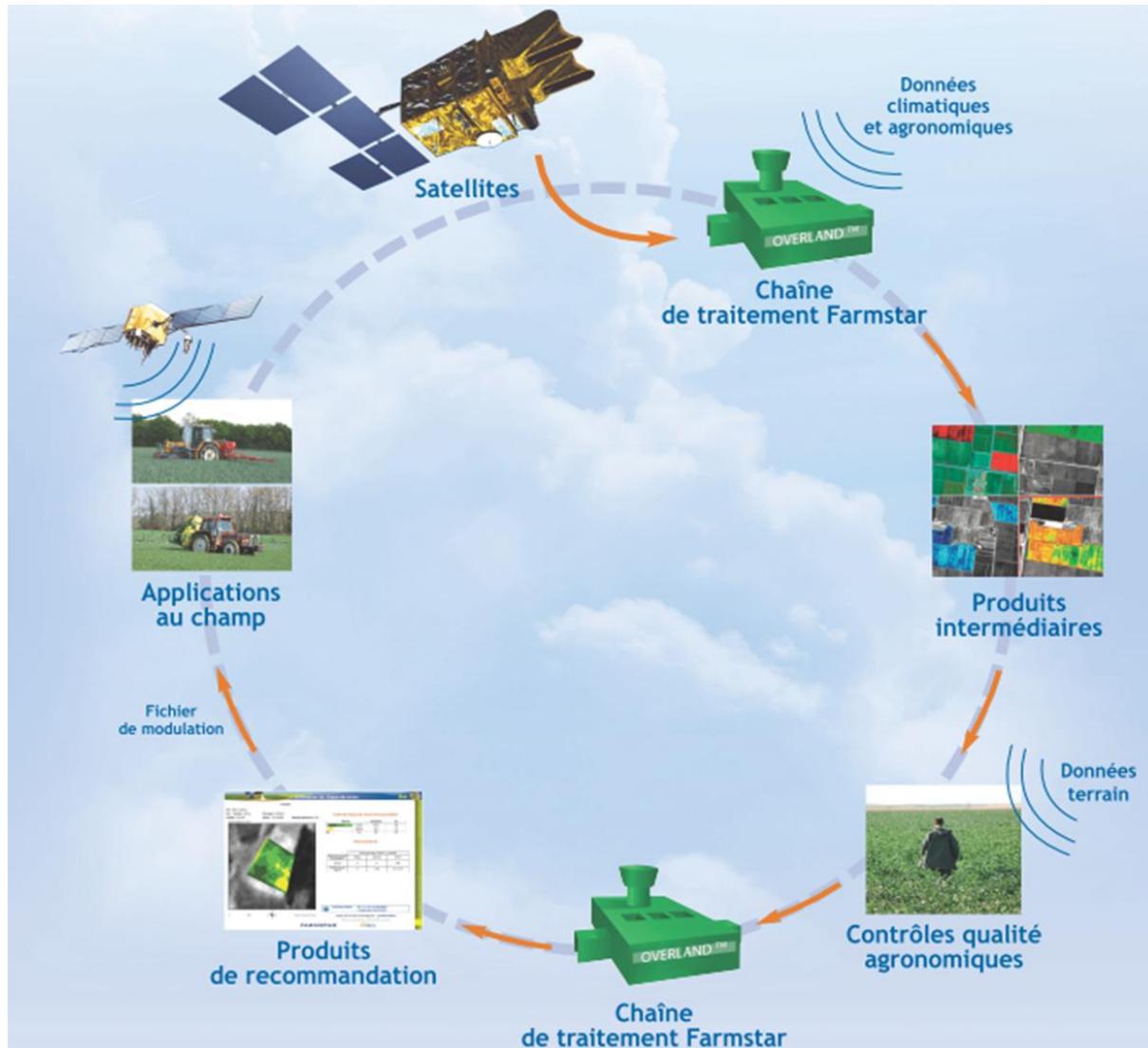
1994-2000 : 206 essais

	dose N insuffisante	dose N optimale	dose N excessive
BILAN	40 %	38 %	22 %
BILAN + N-TESTER	22%	61 %	17 %

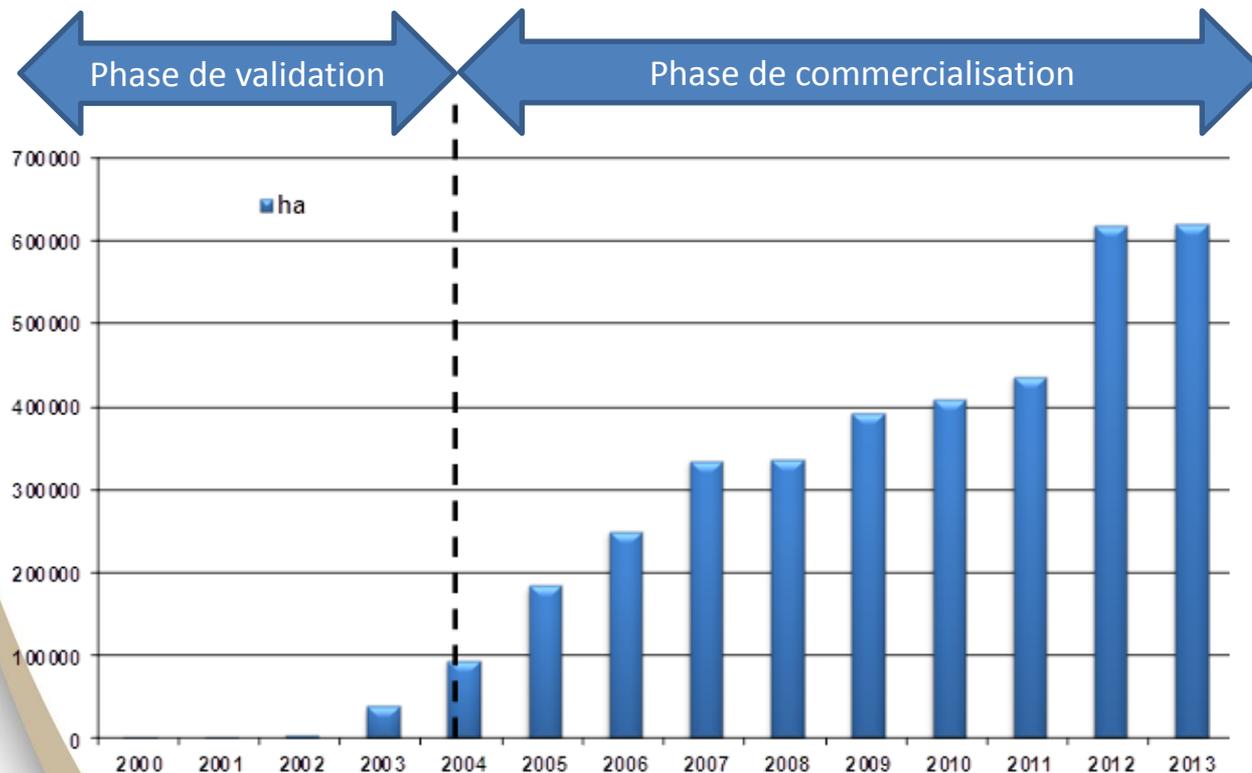
Validation :
Amélioration de la préconisation par rapport à un bilan N solo



FARMSTAR (ARVALIS/ASTRIUM/CETIOM)



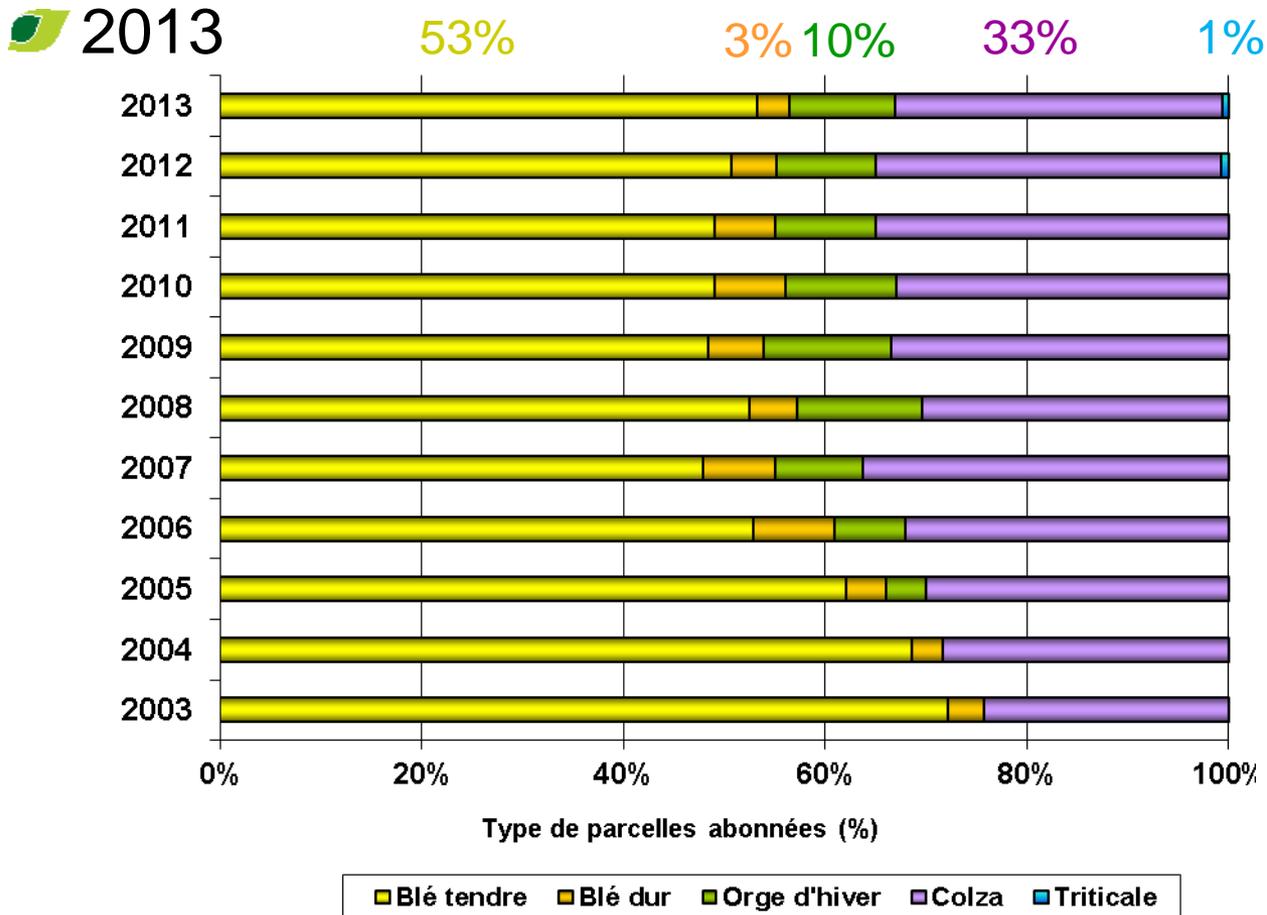
FARMSTAR (ARVALIS/ASTRIUM/CETIOM)



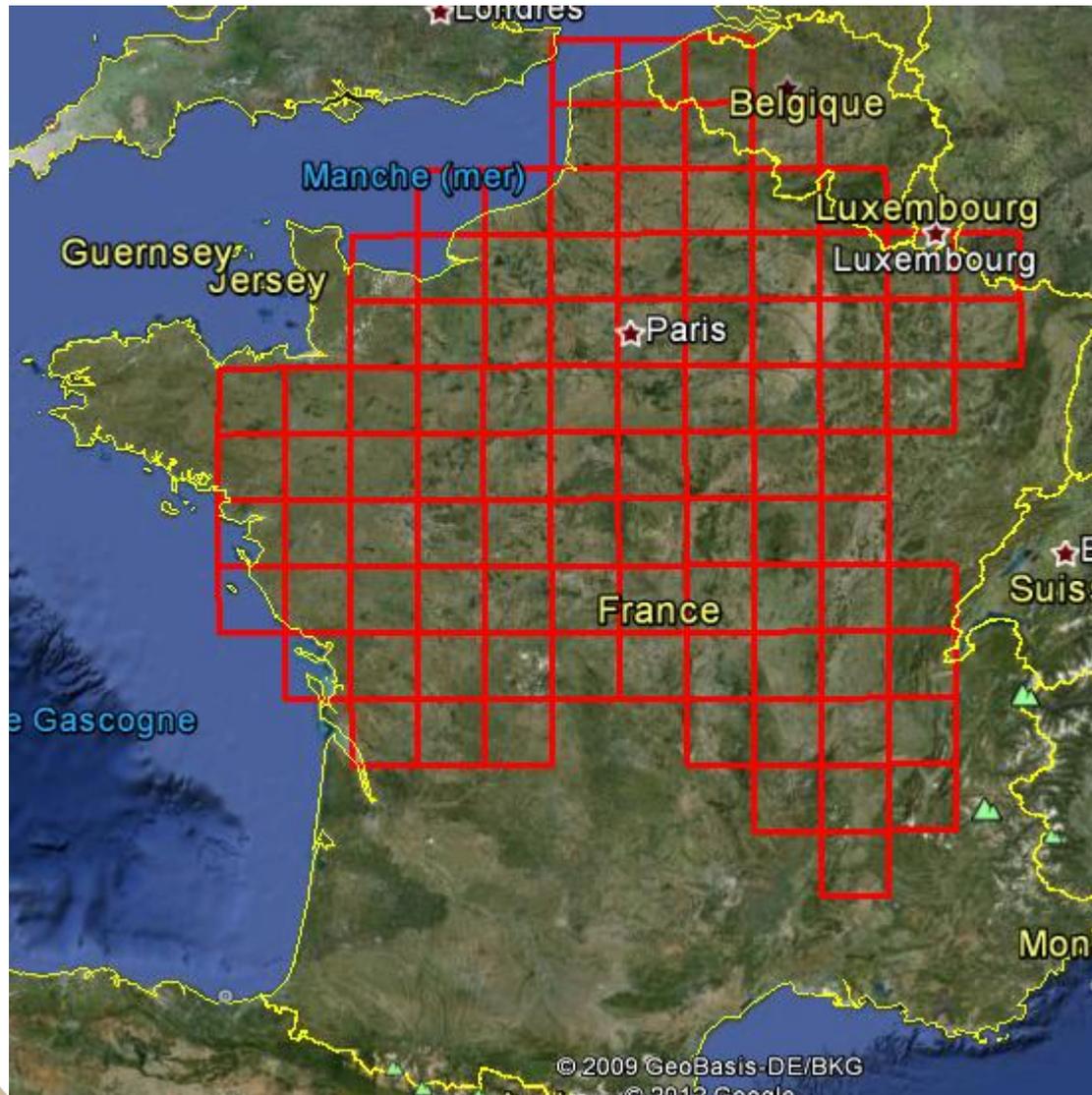
2013

- 14 000 agriculteurs
- 29 organismes
- 623 000 ha abonnés
 - Blé : 352 000 ha
 - Orge : 65 000 ha
 - Colza : 202 000 ha
 - Triticale : 4000 ha
- 930 techniciens
- 14 ingénieurs régionaux Arvalis
- 7 ingénieurs régionaux Cetiom

Evolution de la répartition des espèces abonnées Farmstar entre 2003 et 2013

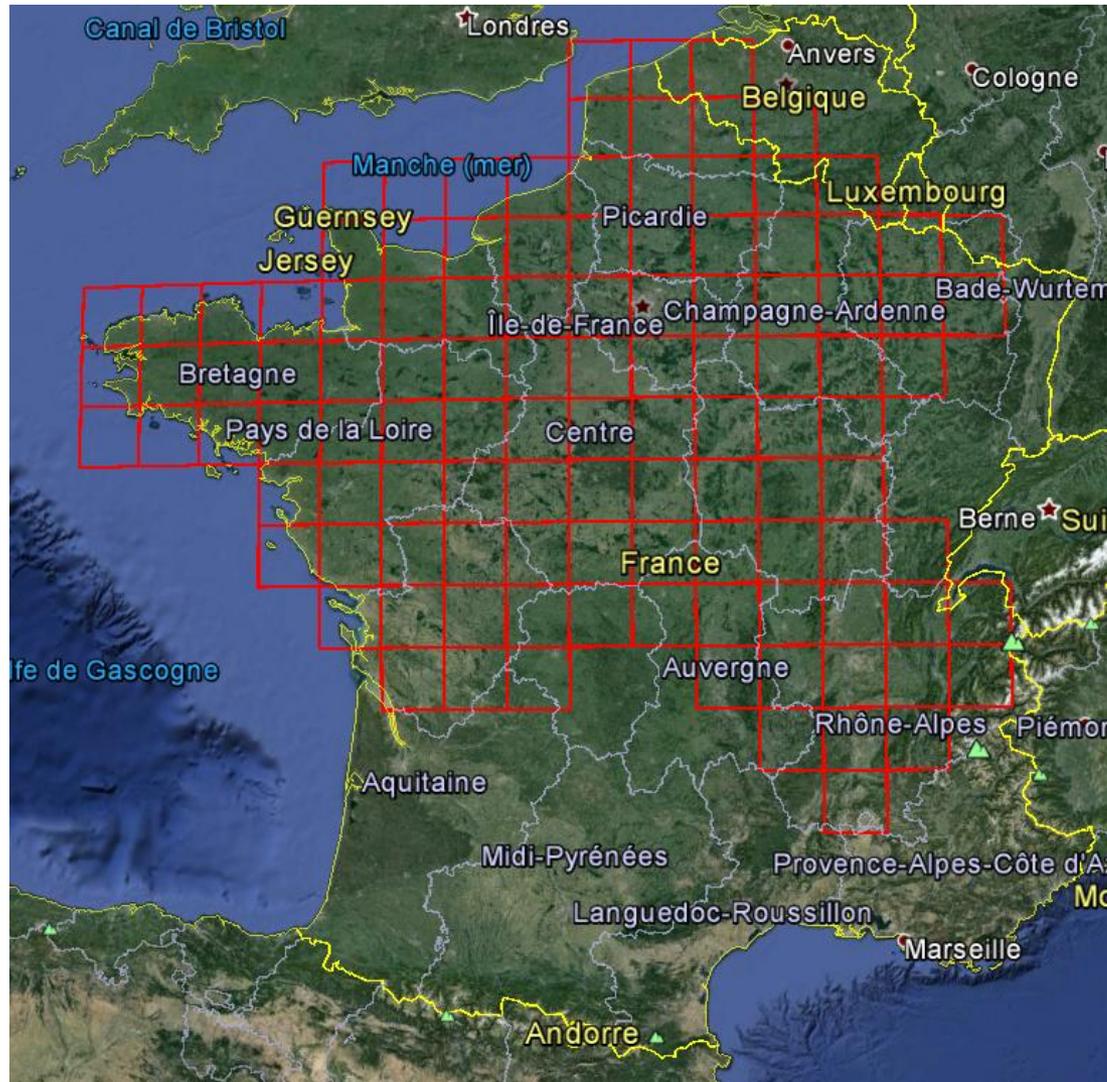


Etendue géographique en 2013



FARMSTAR (ARVALIS/ASTRIUM/CETIOM)

Etendue géographique en 2014



Exemple d'un outil basé sur la réflectance par télédétection

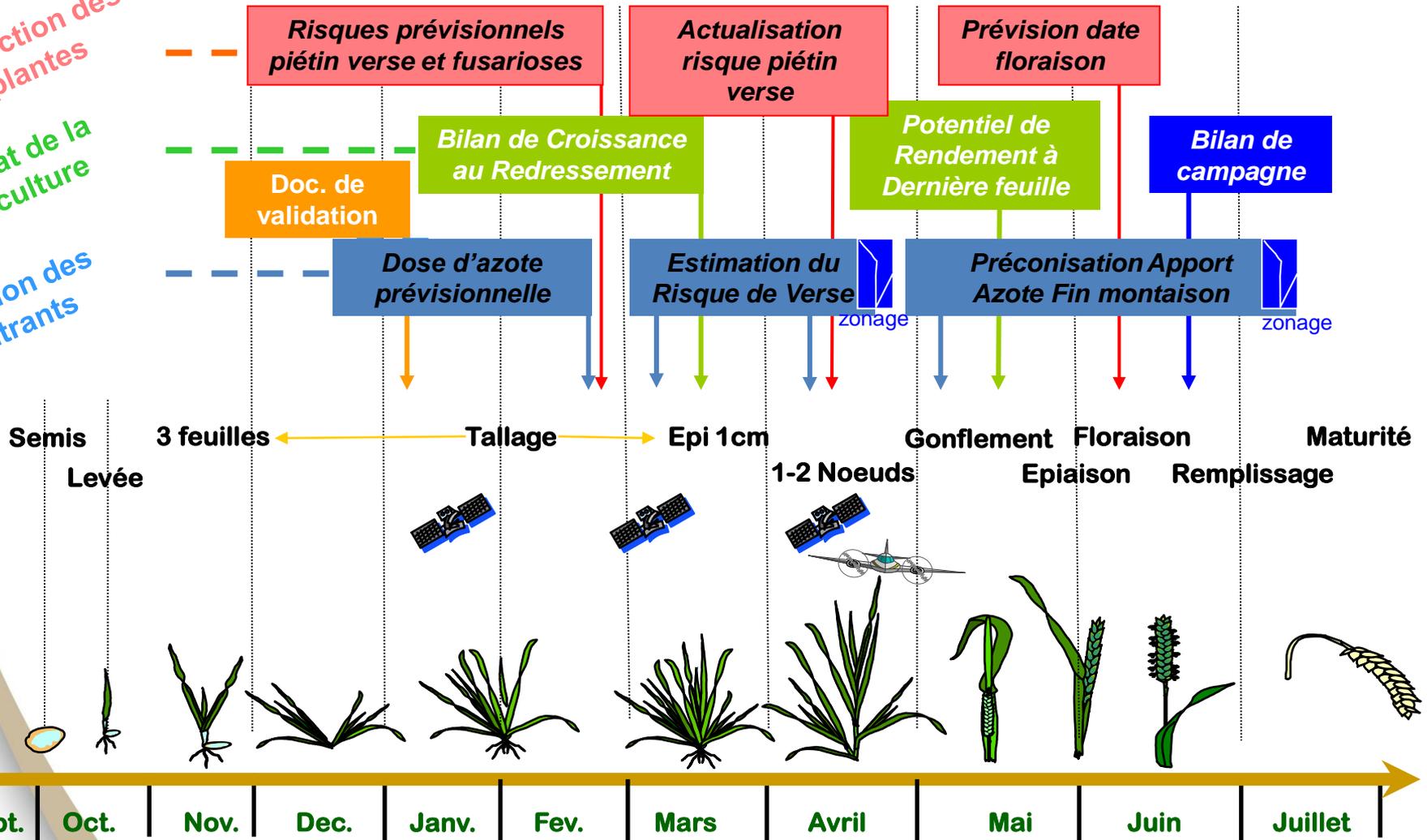
FARMSTAR (ARVALIS/ASTRIUM/CETIOM)

Pack Farmstar : Blé d'hiver

Protection des plantes

Etat de la culture

Gestion des intrants

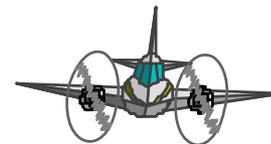
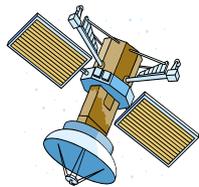


* Calendrier à titre indicatif

Variations possibles selon les conditions pédoclimatiques

Exemple d'un outil basé sur la réflectance par télédétection

FARMSTAR (ARVALIS/ASTRIUM/CETIOM)



Taux de chlorophylle
« relatif » sur la totalité des
parcelles

DFE

Taux de chlorophylle
« absolu » sur un panel de
parcelles

Modèle EADS Astrium / Arvalis

Recalage taux de chlorophylle absolu
sur la totalité des parcelles

Modèles et paramétrages Arvalis

Dose N à apporter

Evolution des modèles
en 2014 avec la
méthode QN

FARMSTAR (ARVALIS/ASTRIUM/CETIOM)

Préconisation azote fin montaison

Blé

GAEC DU MARAIS SEC

Parcelle : LES ORMES 1

Sol : Limon argileux

E-532973-6

Ilot : 0 Surface : 14.0 ha

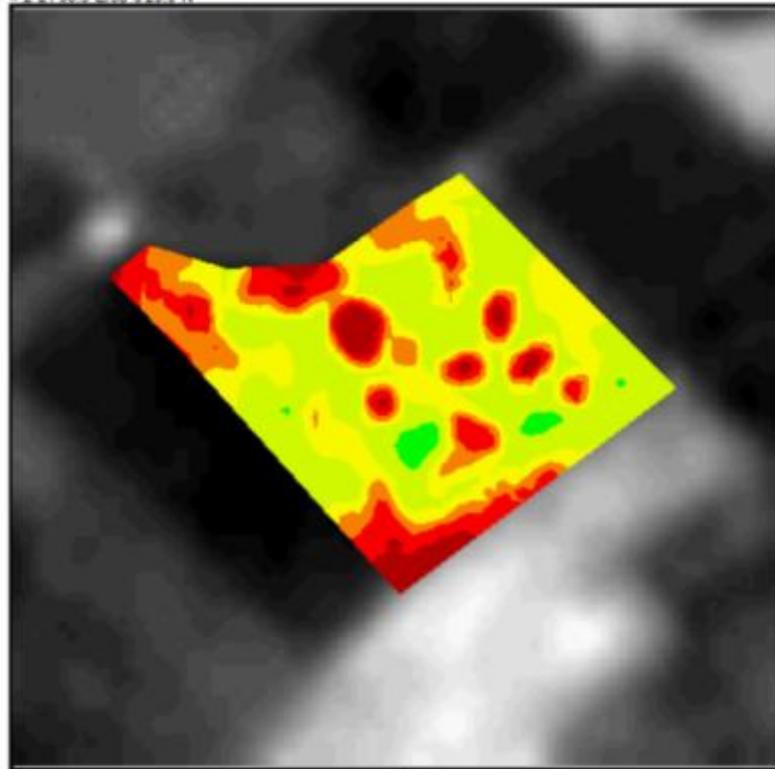
Précédent : BETTERAVE

Variété : DINOSOR

Semis : 31/10/2011

Densité (grains/m²): 320

42°21'38.3"E/50°9'29.9"N



Carte de préconisation azote intra-parcellaire

Dose (U)	% Surface	% Surface cumulée
0	0.0	0.0
30	1.9	1.9
40	37.7	39.5
50	27.8	67.4
60	15.3	82.6
70	11.9	94.5
80	5.5	100.0
< 100	0.0	100.0

Dose recommandée

50 U

Dose recommandée pour satisfaire les besoins de la parcelle sous réserve d'absence d'apport d'engrais dans les 20 jours précédant l'interprétation.

La dose recommandée prend en compte la qualité- Au delà de 40 U: fractionnement possible en 2 passages.- De 30 à 40 U: apport possible à gonflement.- 0 U : apport inutile.

+ fichier de modulation intra-parcellaire



Prochains stades : - Dernière feuille pointante vers le 15/05/2012.
- Dernière feuille étalée vers le 22/05/2012.

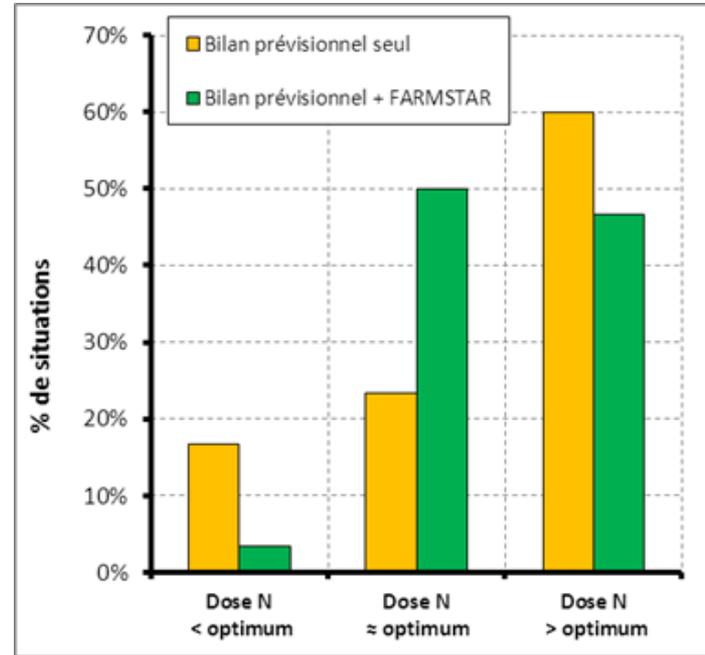
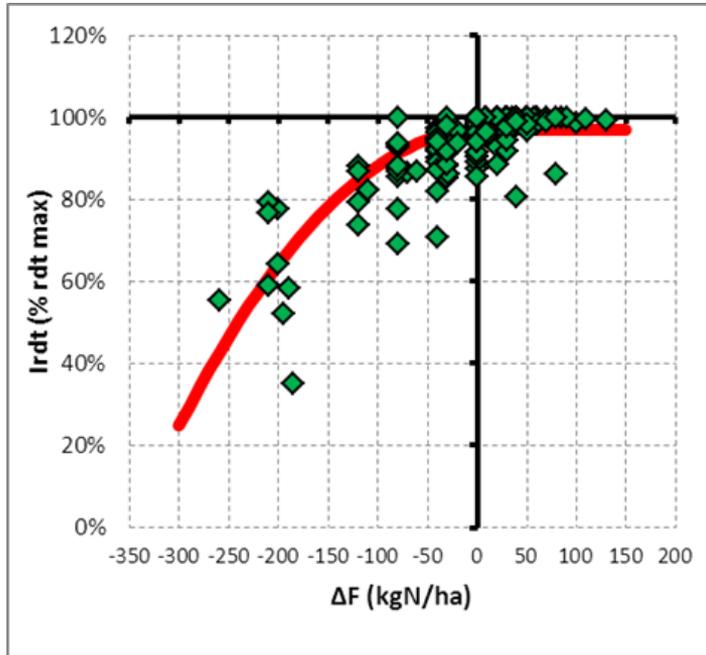
Origine des données climatiques : METEO FRANCE

Produit soumis à licence d'utilisation : reproduction interdite sans autorisation - 07/05/2012.

Campagne 2011 - 2012

Vos parcelles vues du ciel

FARMSTAR (ARVALIS/ASTRIUM/CETIOM)



204 données provenant de 72 essais 2004-2010. ARVALIS et partenaires (OS, OE)

30 essais 2004-2010. ARVALIS et partenaires (OS, OE)

Validation :

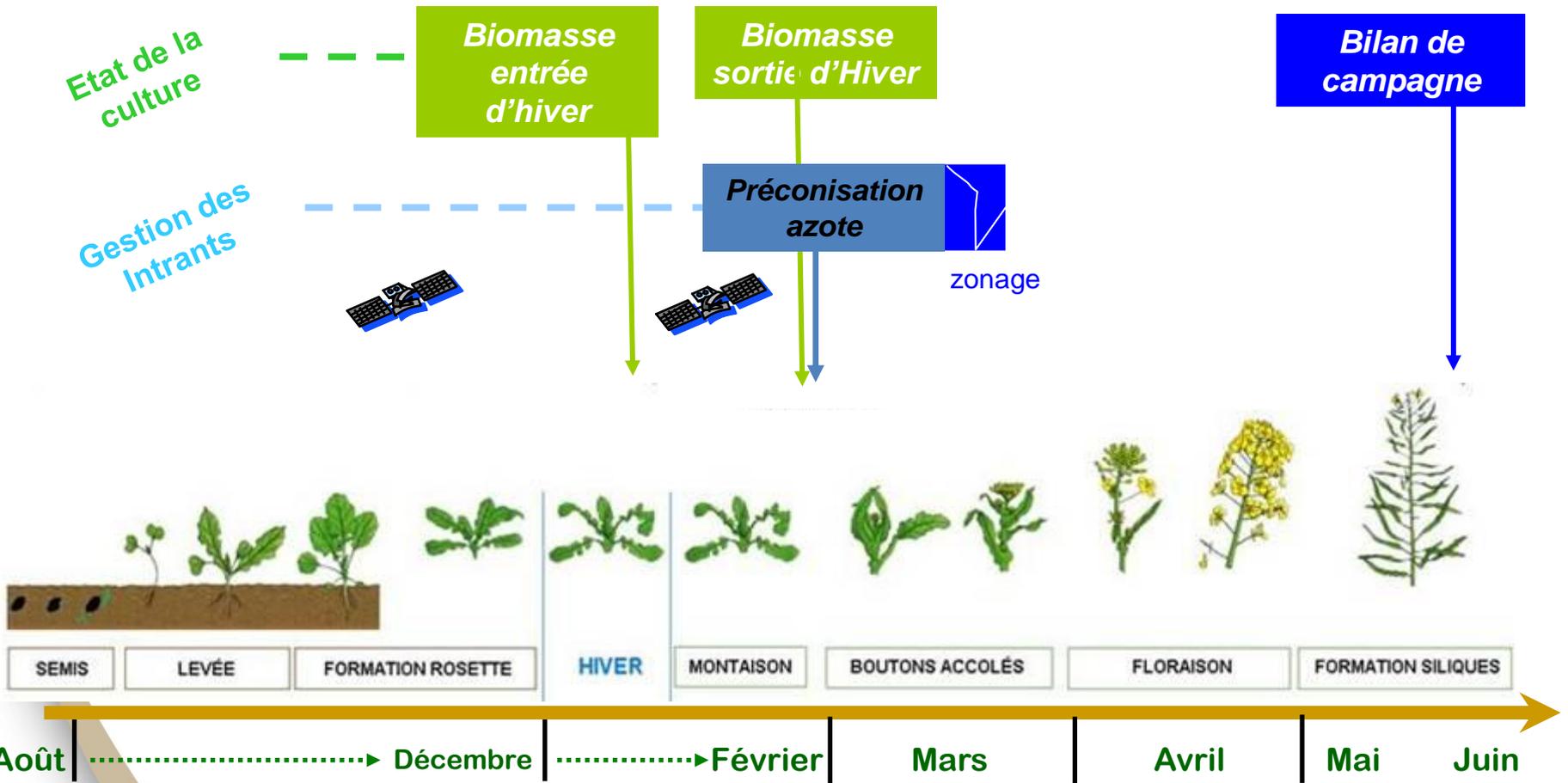
Bon positionnement par rapport à une courbe de réponse *a posteriori*

Validation :

Amélioration de la préconisation par rapport à un bilan N solo

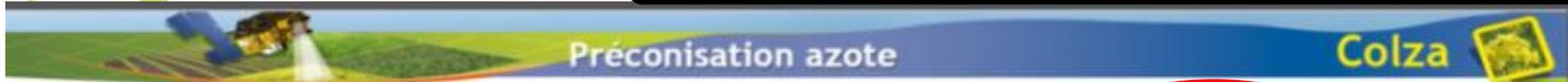
FARMSTAR (ARVALIS/ASTRIUM/CETIOM)

Pack Farmstar : Colza



* Calendrier à titre indicatif
Variations possibles selon les conditions pédoclimatiques

FARMSTAR (ARVALIS/ASTRIUM/CETIOM)

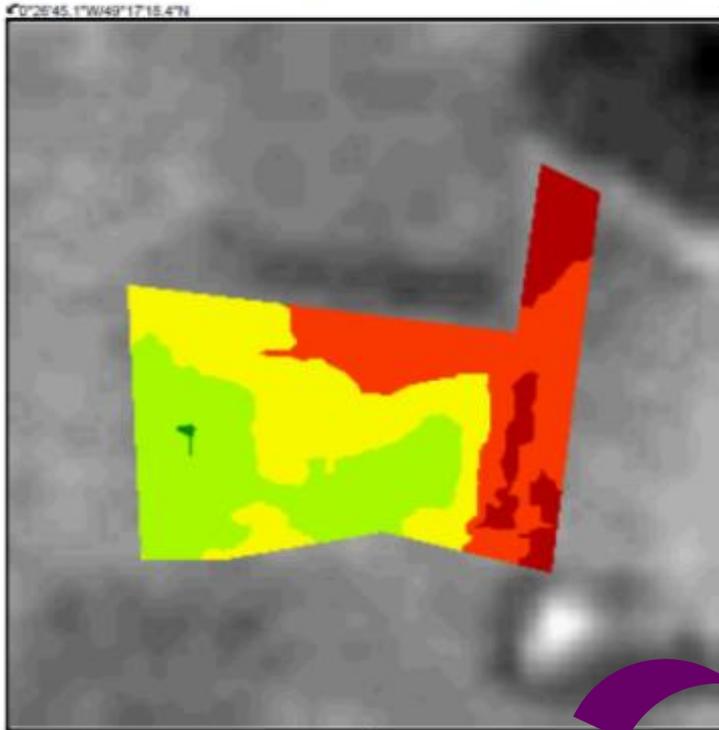


Sol : Argilo-calcaire superficiel
 Ilot : 0 Surface : 9.5 ha
 Variété : DYNASTIE
 Précédent : BLE TENDRE PAILLE EXPORTÉE
 Semis : 05/09/2011 Densité (grains/m²): 50

Méthode de la règlette Azote

Carte de préconisation azote intra-parcellaire

Dose N (en unités) satisfaisant un objectif de 43 q/ha	% Surface	Si apport précoce (N1), dose à apporter = [N - N1]
Inf. 112	0.2	
142	32.0	
172	30.9	
202	26.2	
220 max	10.8	



Préconisation satisfaisant les besoins de la parcelle pour 43 q/ha

Besoin de la culture	301 U	
Reliquat après récolte	20 U	
Azote moyen absorbé	-119 U	
Minéralisation (humus + précédent)	-20 U	Vos données
Reliquat sortie hiver	-10 U	<input type="text"/> U
Effet de l'apport régulier de MO	0 U	<input type="text"/> U
Dose totale préconisée	172 U	<input type="text"/> U

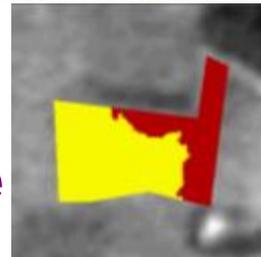
L'objectif de rendement et l'azote absorbé conduisent à une préconisation d'apport supérieure à 220 u sur tout ou partie de la parcelle. Au-delà d'une fertilisation de 220 u, l'azote ne risque plus d'être limitant du rendement. La dose maximale conseillée est donc de 220 u pour les zones concernées.

Risque de verse: La variété "DYNASTIE" est classée Peu Sensible.

Ce conseil intègre la sensibilité variétale. Il est valable sous réserve du respect de la dose conseillée et du fractionnement. En cas de densité anormalement élevée ou de fortes repousses, voir votre technicien.

Densité au mètre linéaire	<10	10 à 15	>15
Présence d'élongation automnale	oui Risque Moyen	Risque Moyen	Risque Moyen
	non Risque Faible	Risque Faible	Risque Faible

Zonage



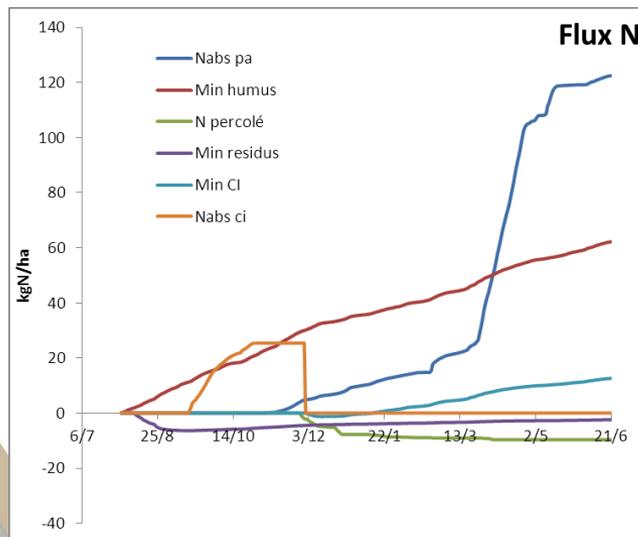
Campagne 2011 - 2012
Vos parcelles vues du ciel

Les évolutions à attendre

De nouveaux capteurs ou vecteurs de capteurs

- Capteurs embarqués mesurant la chlorophylle
- Démocratisation des drones
- ...

Un couplage des outils de pilotage avec des outils de simulation dynamique des flux d'azote



Caractérisation du sol Données météo

