

Forum TERATEC : 28 juin 2017

Atelier 1 : Outils numériques de simulation et de big data pour le suivi de production et de qualité en agriculture.

« Nouvelle approche des besoins en fertilisation basés sur l'analyse de la sève « xylémienne ».

Philippe Michonneau – Charlotte Terrey
Pôle Agronomie, innovation, Services





Forum TERATEC : 28 juin 2017

« Nouvelle approche des besoins en fertilisation basés sur l'analyse de la sève « xylémienne ».

1. Le contexte : Qualité et environnement

2. Transport et valorisation de l'azote chez les céréales.

3. L'analyse de la sève xylémienne :

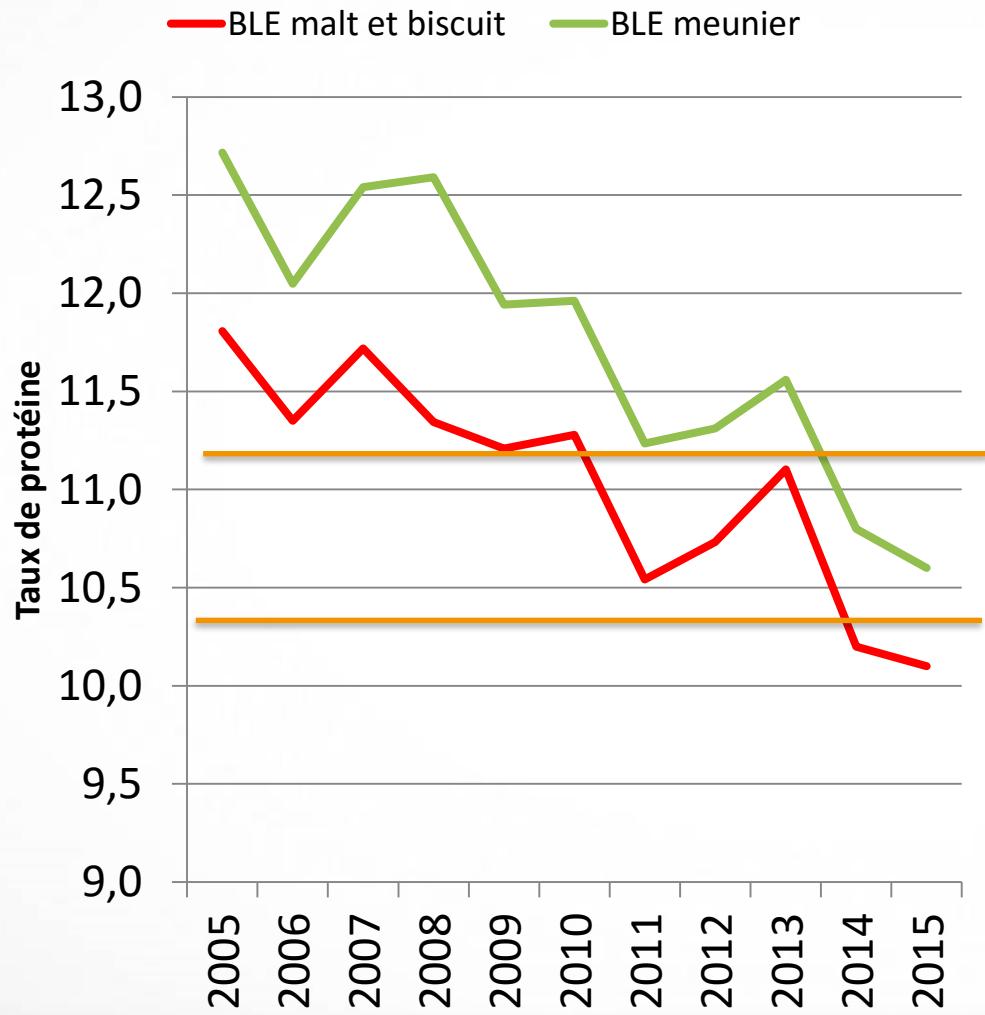
- Pour caractériser les variétés
- Pour piloter la fertilisation azotée des céréales
- Pour gérer les apports d'oligo-éléments

4. L'application terrain

5. Les perspectives

BLÉ TENDRE D'HIVER

EVOLUTION DU TAUX DE PROTÉINE À LA SCARA



Moyenne taux de protéine et rendement
(Source Atland) :

R 2013 : 11,5 % - 8,5 T/ha

R 2014 : 10,8 % (- 0,7 pts) - 9,82 T/ha

R 2015 : 10,6 % (-0,2 pts) – 10,4 T/ha

R 2015 différence de -0,9 pts avec R 2013

R 2016 : 13,8% - 5,36 T/ha

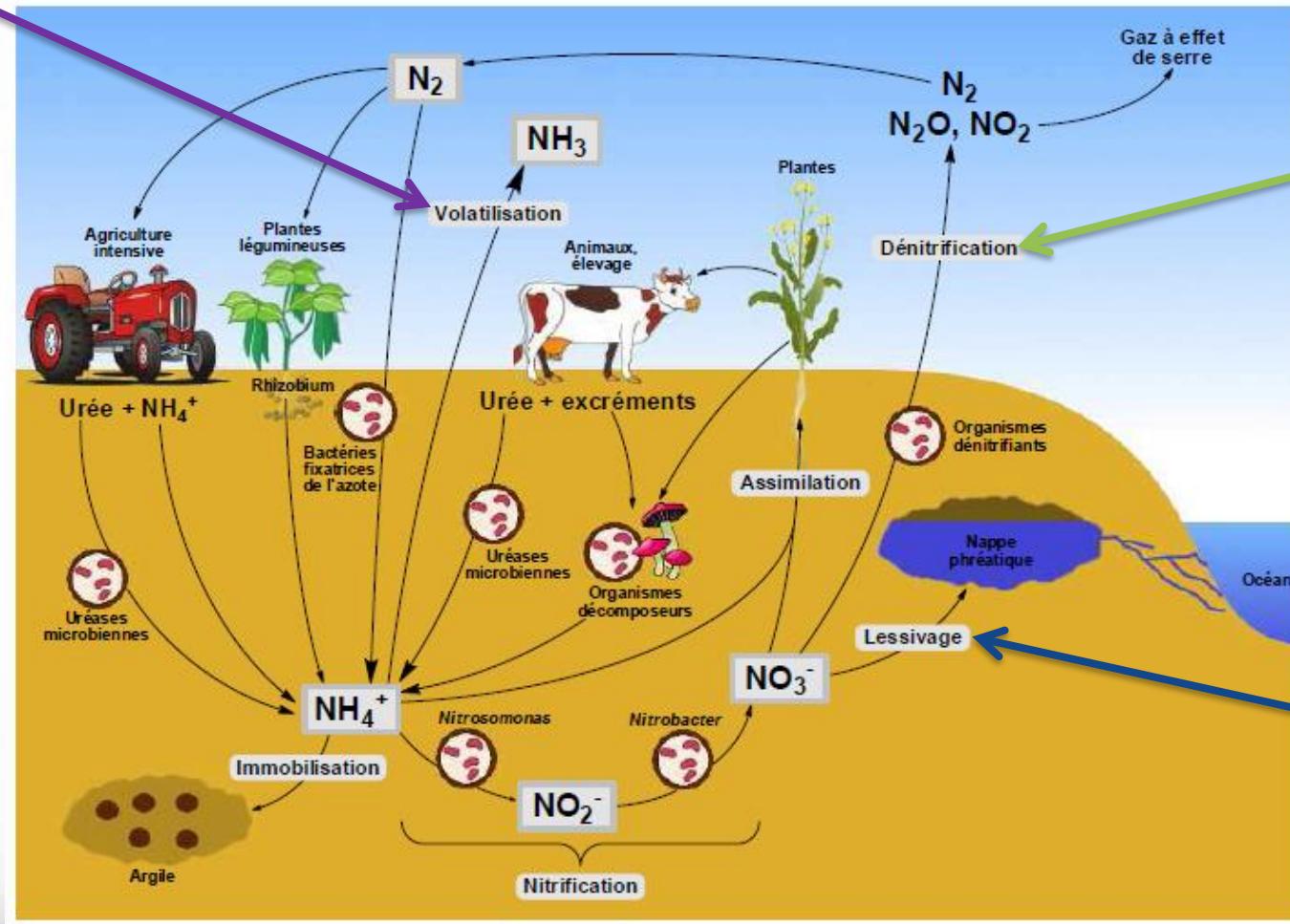
Protéine de mauvaise qualité pour la panification.

FERTILISATION AZOTÉE ET AGRICULTURE DURABLE

MAITRISER LES APPORTS D'AZOTE = QUALITÉ DES RÉCOLTES

Protection de la santé
Limiter les pertes économiques

MAIS AUSSI :





Forum TERATEC : 28 juin 2017

« Nouvelle approche des besoins en fertilisation basés sur l'analyse de la sève « xylémienne ».

- 1. Le contexte : Qualité et environnement**
- 2. Transport et valorisation de l'azote chez les céréales.**
- 3. L'analyse de la sève xylémienne :**
 - Pour caractériser les variétés
 - Pour piloter la fertilisation azotée des céréales
 - Pour gérer les apports d'oligo-éléments
- 4. L'application terrain**
- 5. Les perspectives**

AMÉLIORER L'EFFICACITÉ DE NOS PRATIQUES EN TERME DE FERTILISATION AZOTÉE

L'efficacité d'utilisation de l'azote :

Entrée d'azote (azote du sol + fertilisation organique + fertilisation minérale)

-

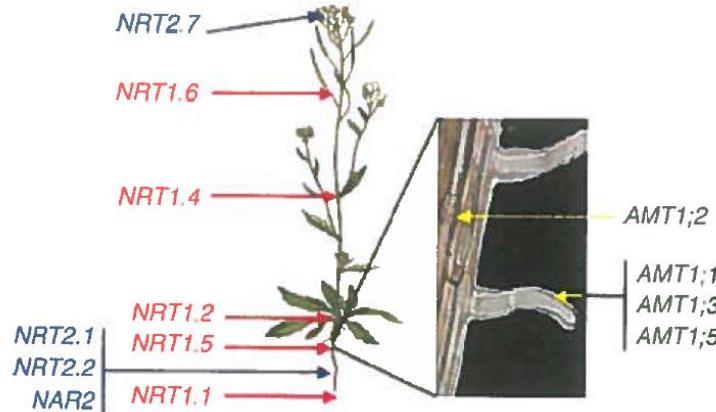
Sortie d'azote (rendement, teneur en protéine du grain, azote contenue dans les pailles

L'efficacité d'utilisation de l'azote dépend :

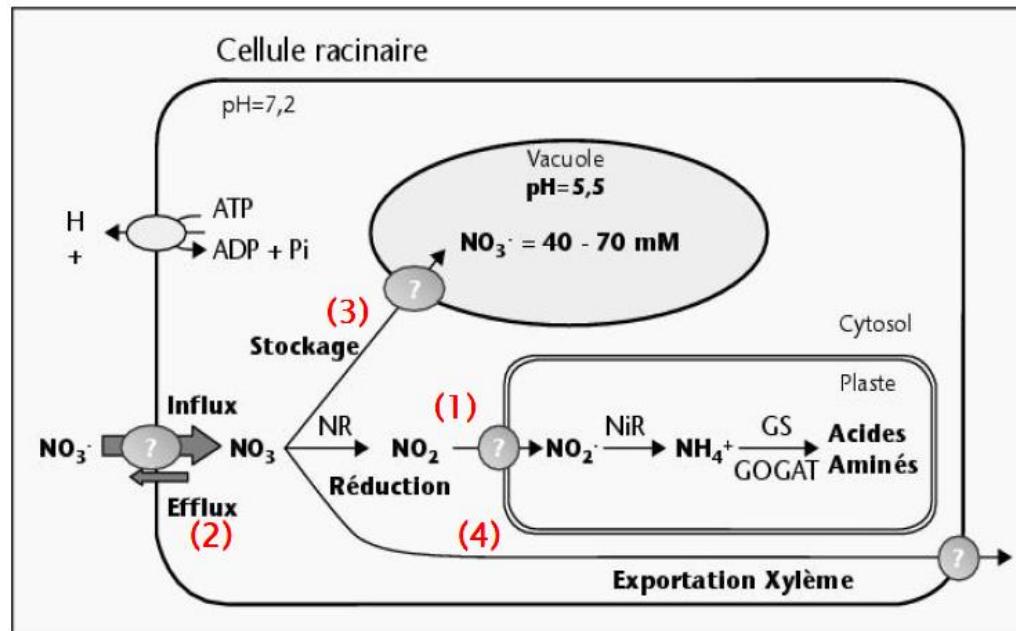
- 1/ de l'absorption de l'azote par le système racinaire
- 2/ Du transport de l'azote dans la plante
- 3/ De la métabolisation de l'azote en protéine
- 4/ Du stockage des protéines et des nitrates dans les feuilles
- 5/ De la remobilisation des réserves (protéine et nitrate) des feuilles vers le grain

Dépendant des conditions pédo-climatiques, pressions sanitaires, variétés...

LE TRANSPORT ET LE STOCKAGE DES NITRATES DANS LES CELLULES RACINAIRES



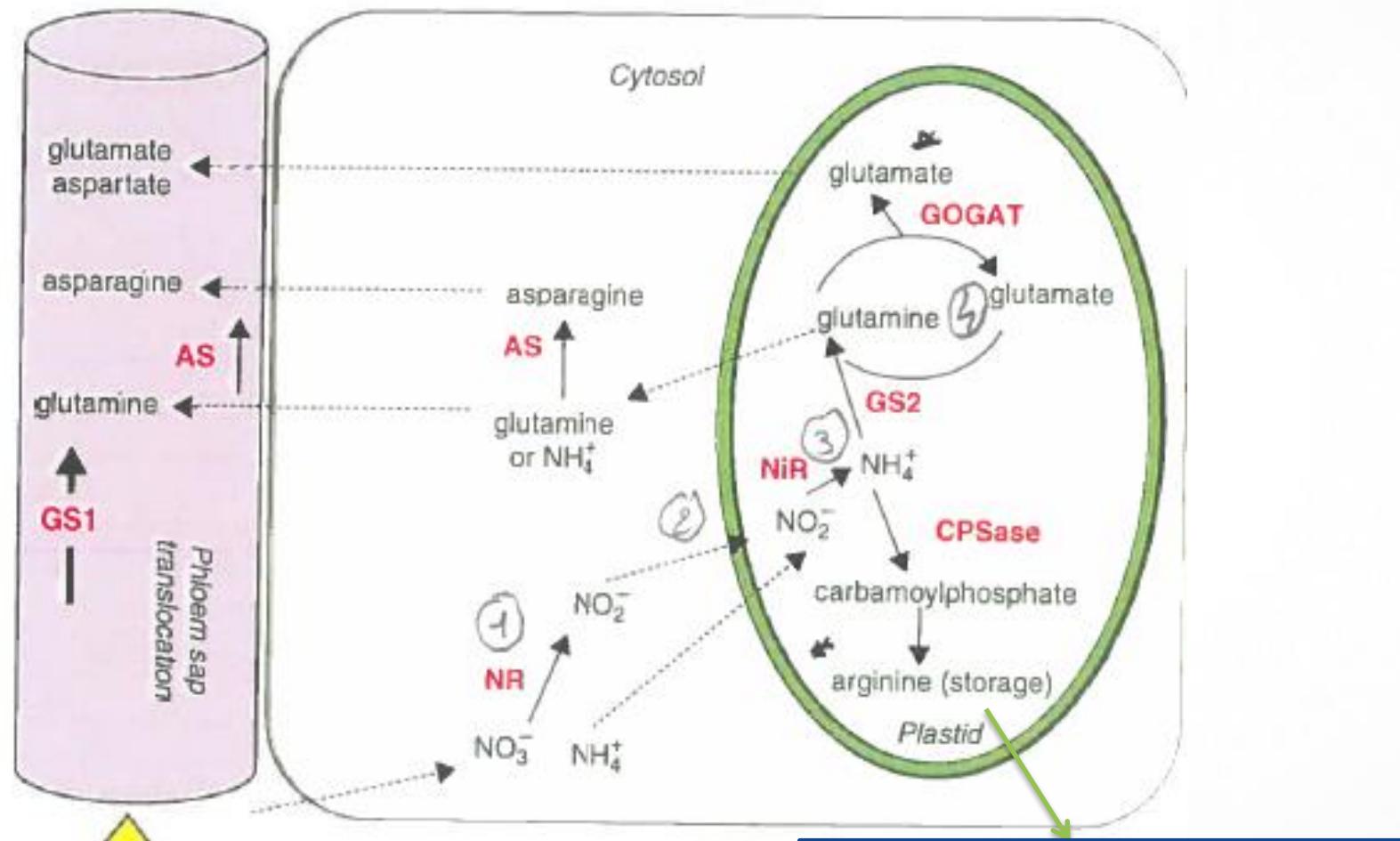
Masclaux-Daubresse et al., 2009 –
Nitrogen uptake, assimilation and
remobilization in plants : challenges for
sustainable and productive agriculture.
Annals of
Botany, 1093 : 1 – 17.



NR : nitrate réductase ; NiR : nitrite réductase ; GS : glutamine synthase ; GOGAT : glutamine 2-oxoglutarate amino transférase

ASSIMILATION ET STOCKAGE DE L'AZOTE DANS LES JEUNES FEUILLES

NR : nitrate réductase ; AS : asparagine synthétase ; NiR : nitrite réductase ; GS2 : glutamine synthétase isoenzyme 2 ; GOGAT : glutamate Oxoglutarate amino transférase ; CPSase : carbamoylphosphate synthétase ; GS1 : glutamine synthétase isoensyme 1.

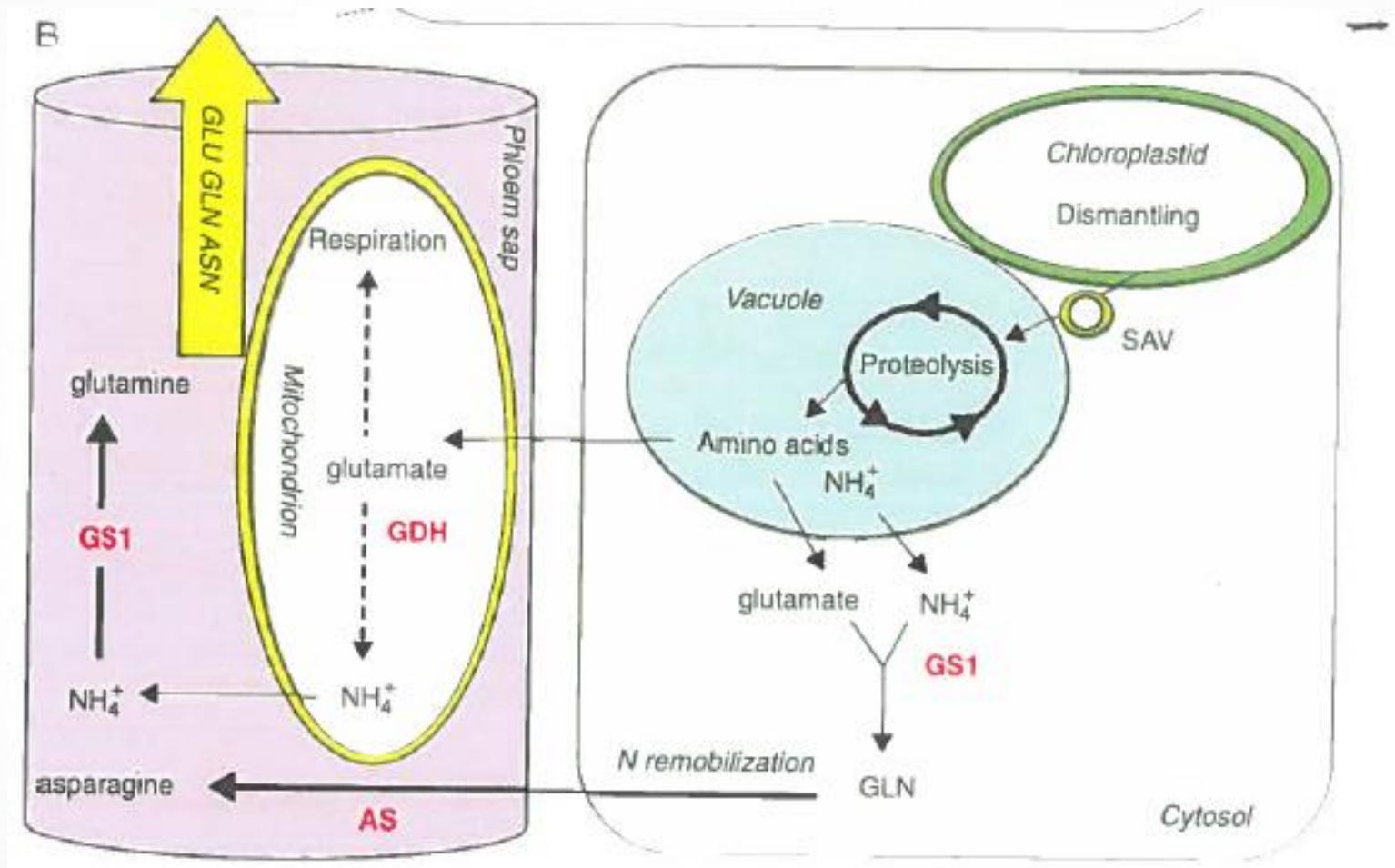


C. Masclaux-Daubresse et al., 2009

Ribulose biphosphate carboxylase :
Première enzyme de la photosynthèse
Qui fixe le CO_2 pour produire de l'amidon

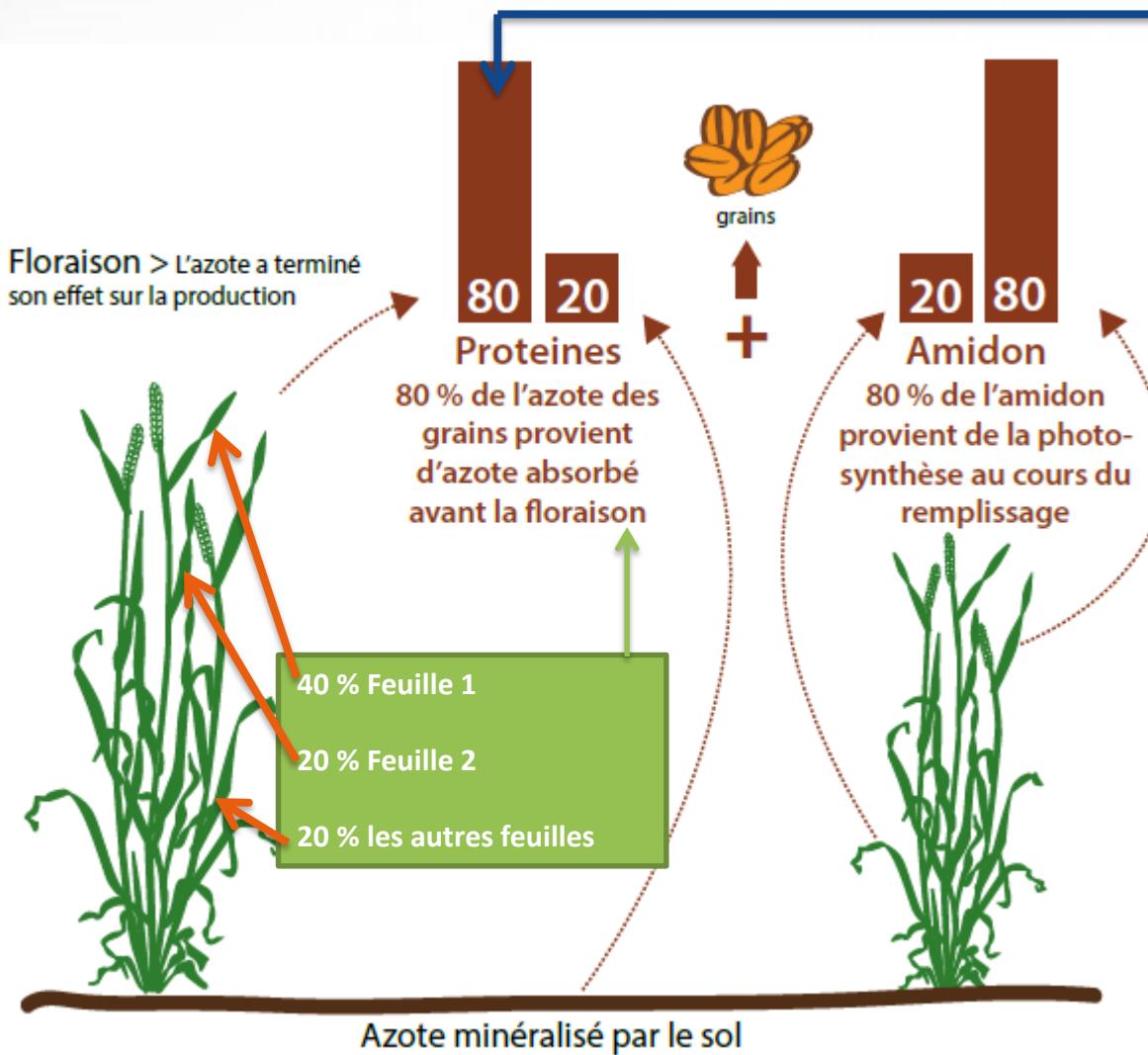
REMOBILISATION DE L'AZOTE A PARTIR DES FEUILLES EN SÉNESCENCE VERS LE GRAIN

AS : asparagine synthétase ; GS1 : glutamine synthétase isoensyme 1 ; GDH : glutamate dehydrogenase ; SAV : senescence-associated vacuole ; GLN : glutamine.



C. Masclaux-Daubresse et al., 2009

REMobilisation de l'azote à partir des feuilles en sénescence vers le grain



Objectifs :

- Travailler au cours du cycle végétatif pour favoriser la mise en réserve des protéines
- Utiliser pour le premier apport des formes d'azote facilement assimilables (NO_3^- et NH_4^+ : ammonitrat).
- Fractionner le second apport d'azote en solution azotée.
- Piloter le dernier apport d'azote par l'analyse de la sève xylémienne pour maîtriser le taux de protéine. Anticiper le troisième apport au stade 2 Nœuds (privilégier l'ammonitrat)

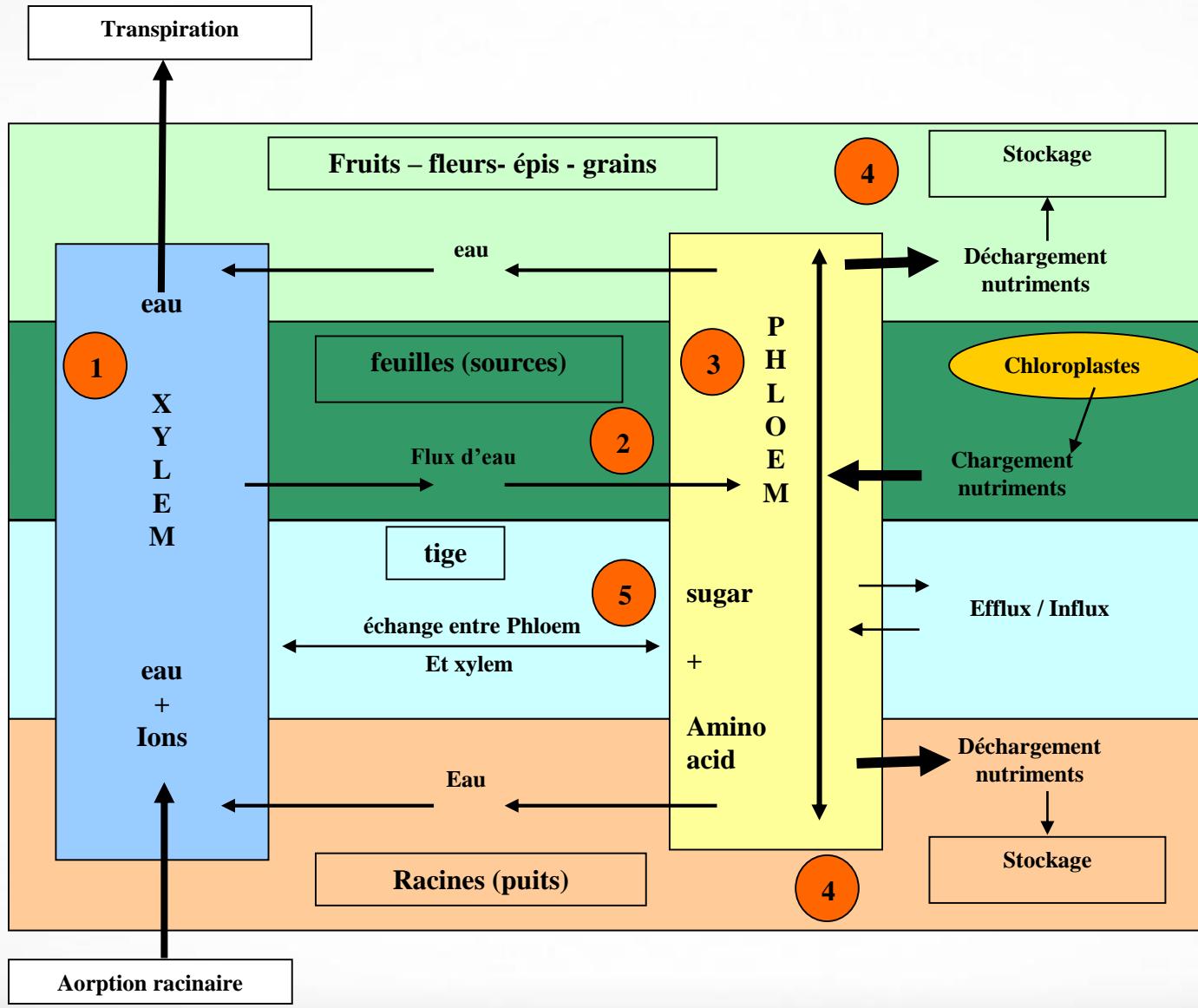


Forum TERATEC : 28 juin 2017

« Nouvelle approche des besoins en fertilisation basés sur l'analyse de la sève « xylémienne ».

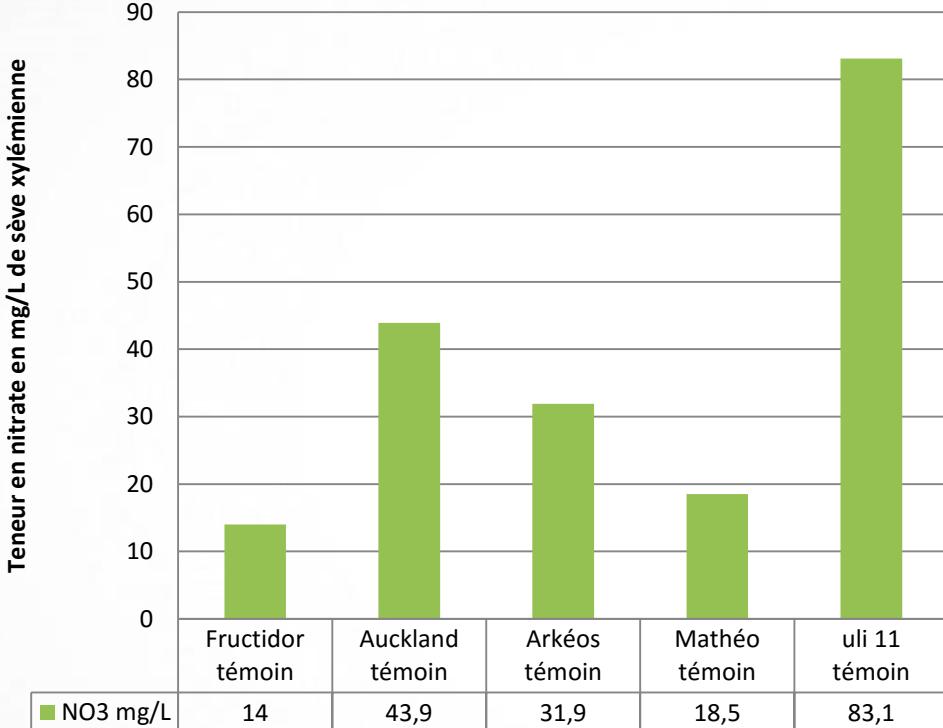
- 1. Le contexte : Qualité et environnement**
- 2. Transport et valorisation de l'azote chez les céréales.**
- 3. L'analyse de la sève xylémienne :**
 - Pour caractériser les variétés
 - Pour piloter la fertilisation azotée des céréales
 - Pour gérer les apports d'oligo-éléments
- 4. L'application terrain**
- 5. Les perspectives**

LES FLUX DE SÈVE DANS LA PLANTE

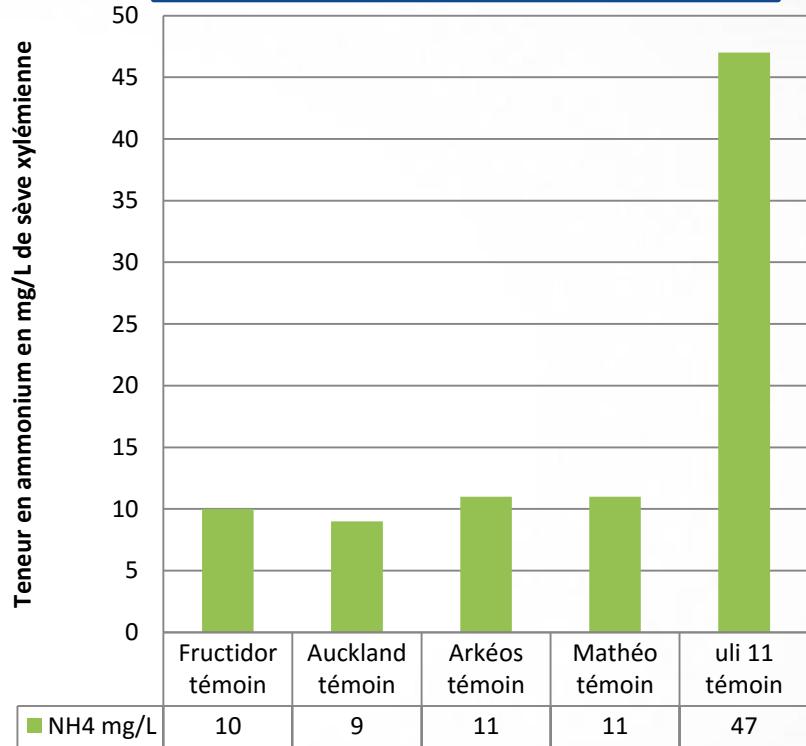


L'ANALYSE DE LA SÈVE XYLÉMIENNE : UN OUTIL DE CARACTÉRISATION DES VARIÉTÉS

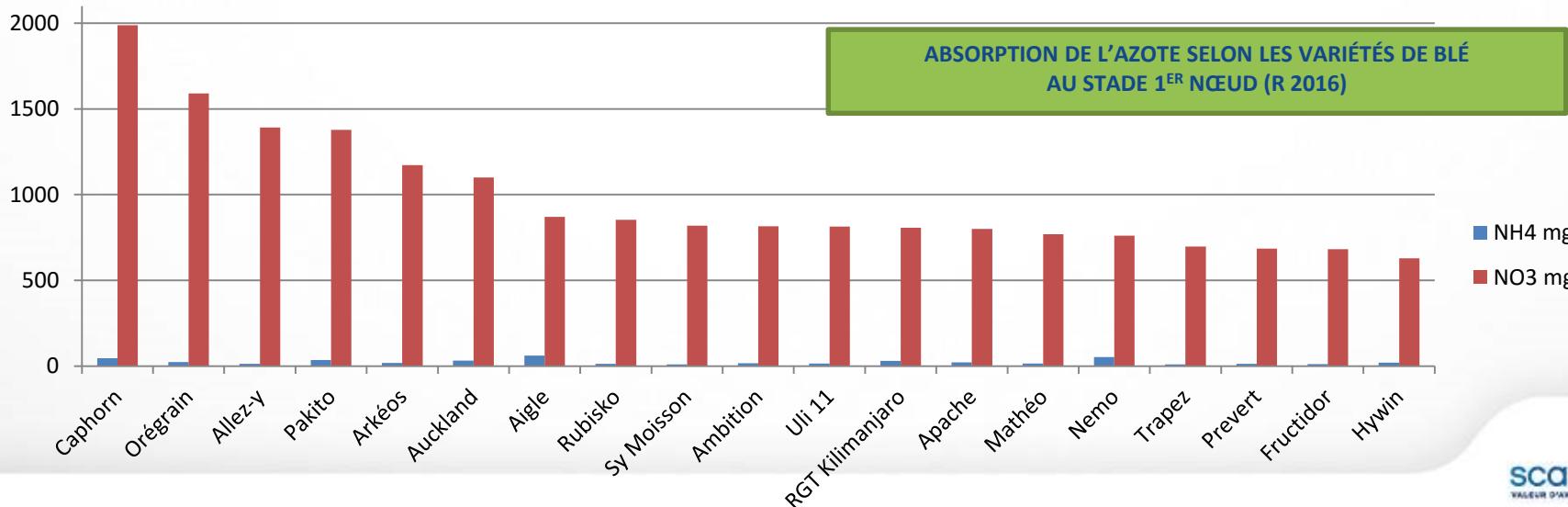
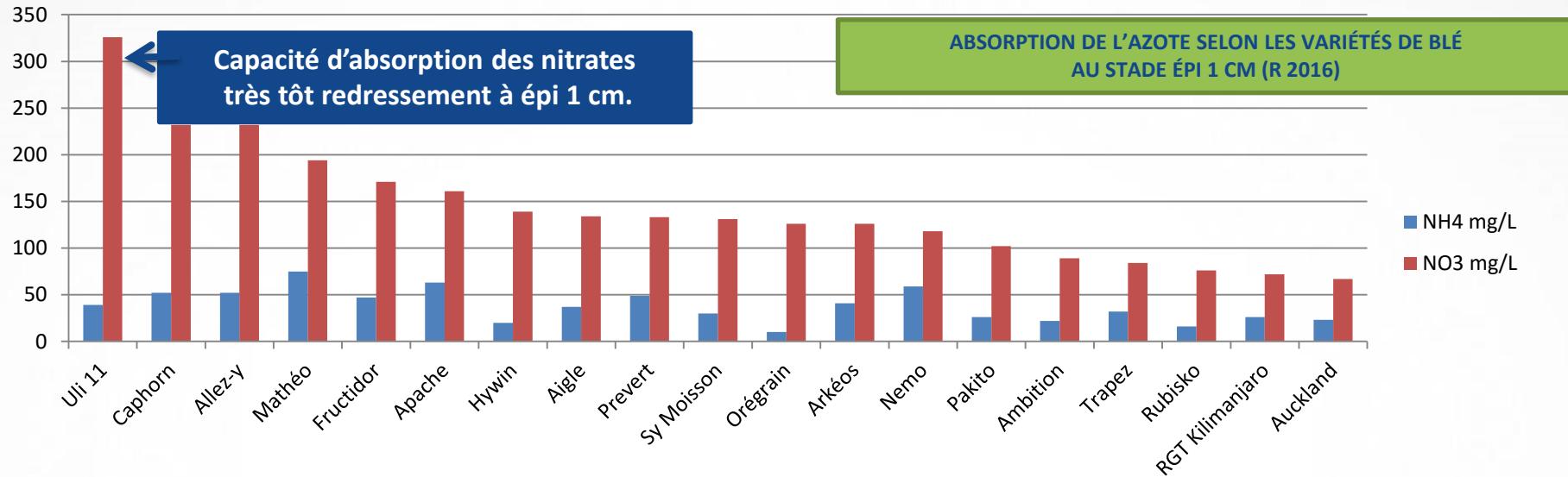
**Capacité d'absorption des nitrates
Parcelle non fertilisée (1^{er} nœud)
Essais 2017 - Aubeterre**



**Capacité d'absorption de l'ammonium
Parcelle non fertilisée (1^{er} nœud)
Essais 2017 - aubeterre**



L'ANALYSE DE LA SÈVE XYLÉMIENNE : UN OUTIL DE CARACTÉRISATION DES VARIÉTÉS



L'ANALYSE DE LA SÈVE XYLÉMIENNE : UN OUTIL DE CARACTÉRISATION DES VARIÉTÉS « DÉTERMINATION DU BESOIN UNITAIRE EN AZOTE (B).

Actualisation des « b » = introduction de la notion de « bq »

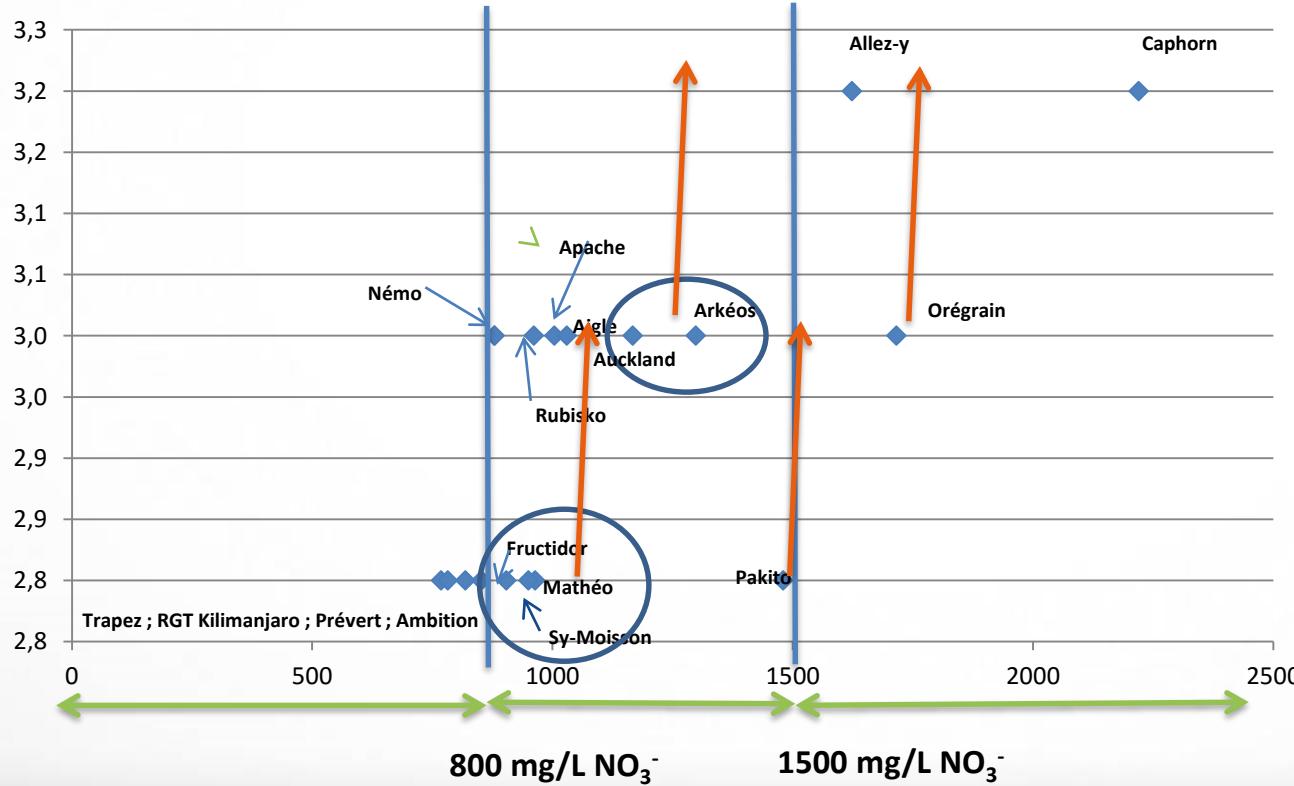
$$bq = b + bc$$

q, comme **qualité** (besoin en azote par unité de RDT pour atteindre le double objectif RDT et protéines)

b, comme **besoin en azote pour atteindre le RDT optimal**

c, comme **complément en azote pour un objectif de teneur en protéines de 11,5%**

Coeff b + bc (Kg N/q)



Les résultats obtenues par l'analyse de sève sont en cohérence avec la notion de « bqualité ».

Trois classe :

$bq = 3,2$: plus de 1200 mg/L de Nitrate véhiculé.

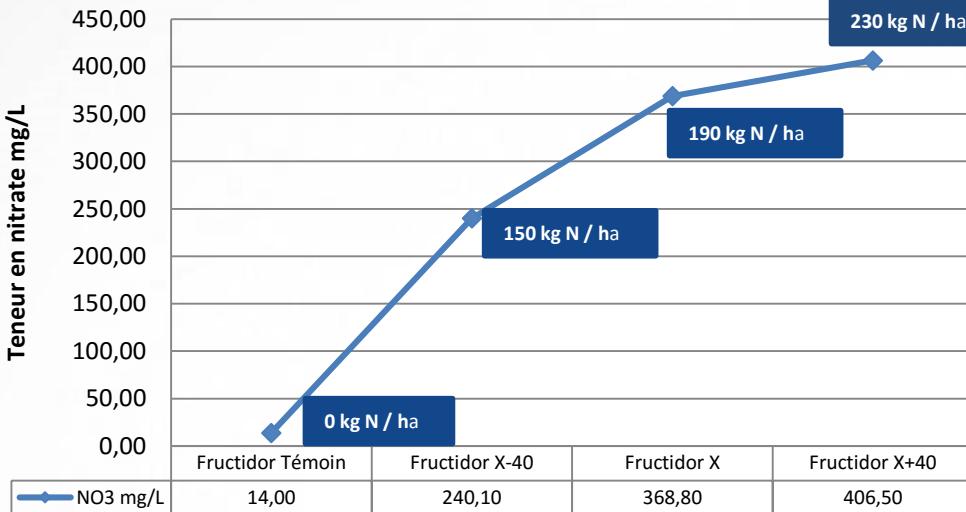
$bq = 3,0$: 1000 à 1200 mg/L de nitrate véhiculé.

$bq = 2,8$: moins de 1000 mg/L de nitrate véhiculé.

CARACTÉRISATION VARIÉTALE ET PILOTAGE DE LA FERTILISATION AZOTÉE DES BLÉS

ABSORPTION DES NITRATES SELON LA DOSE D'AZOTE - STADE 1^{ER} NŒUD (R 2017)

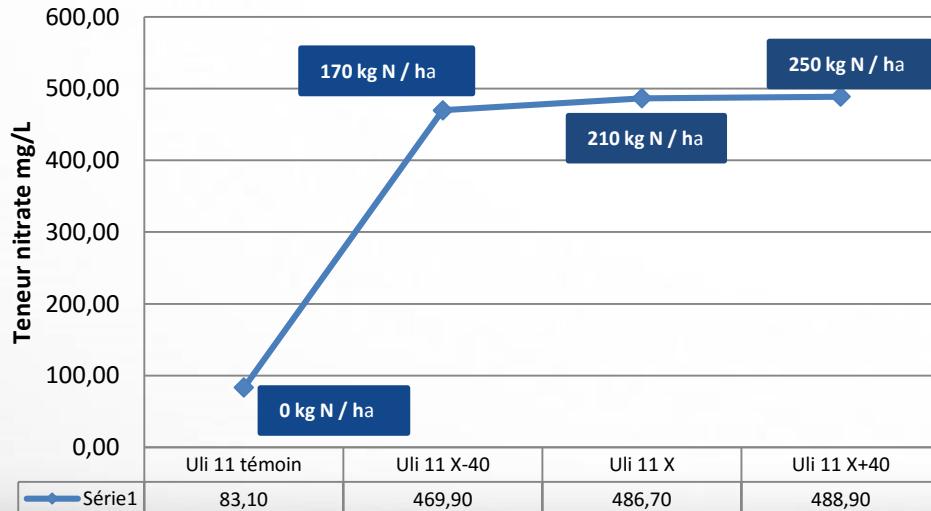
Fructidor (VRM)



Dose X = 230 kg N/ha

	23-24 février		22-mars		27-avr.		Dose totale		Note Couleur 28/04 (1)
	tallage	épi 1 cm							
1	TEMOIN								1
2	40	uN S39	130	uN S39	60	uN S39	230	X	8,5
3	60	uN S39	90	uN S39	40	uN S39	190	X-40	8,1
4	60	uN S39	130	uN S39	40	uN S39	230	X	8,5
5	60	uN S39	170	uN S39	40	uN S39	270	X+40	8,9
6	60	uN Ammo	130	uN S39	40	uN S39	230	X	8,5

Uli 11 Améliorant



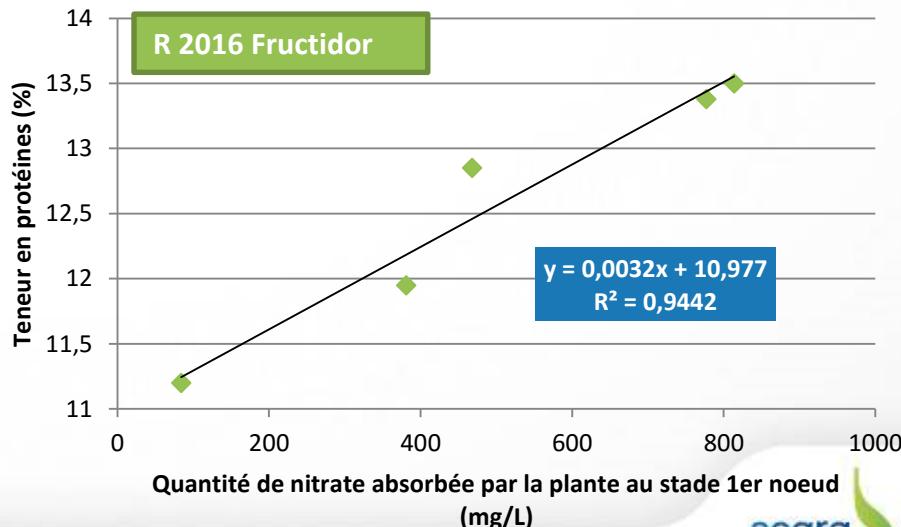
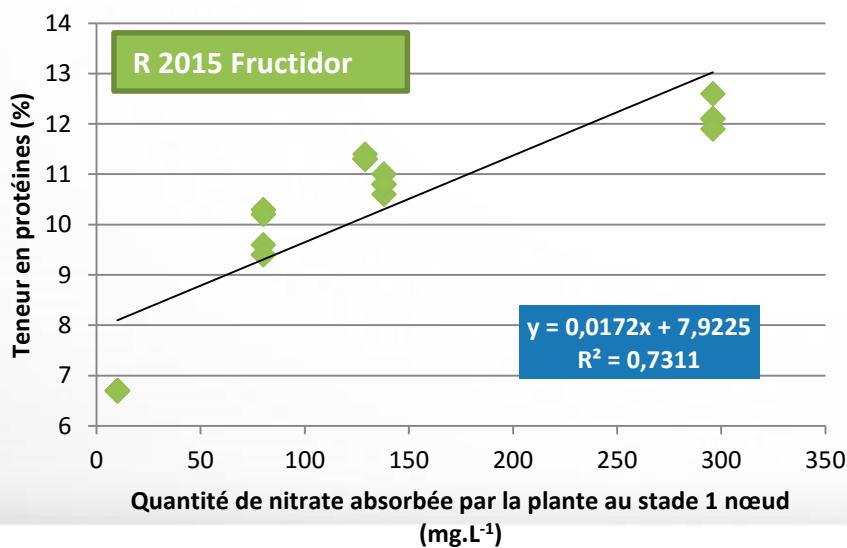
Dose X = 250 kg N/ha

	23-24 février		23-mars		27-avr.		dose totale	
	tallage	épi 1 cm						
1	TEMOIN							
2	40	uN S39	150	uN S39	60	uN S39	250	X
3	60	uN S39	110	uN S39	40	uN S39	210	X-40
4	60	uN S39	150	uN S39	40	uN S39	250	X
5	60	uN S39	190	uN S39	40	uN S39	290	X+40
6	60	uN Ammo	150	uN S39	40	uN S39	250	X

CARACTÉRISATION VARIÉTALE ET PILOTAGE DE LA FERTILISATION AZOTÉE DES BLÉS

COURBE DE RÉPONSE À L'AZOTE **FRUCTIDOR** - ANALYSE DE SÈVE – 1 NŒUD

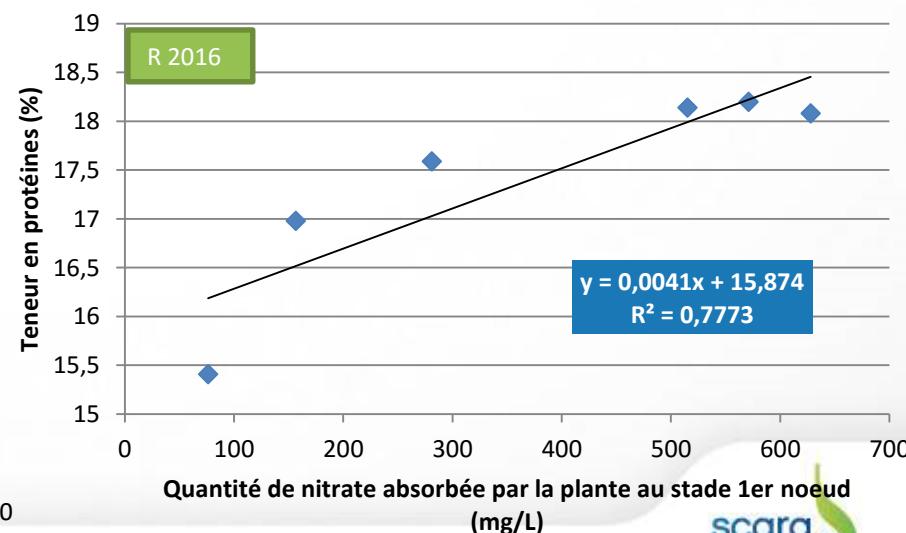
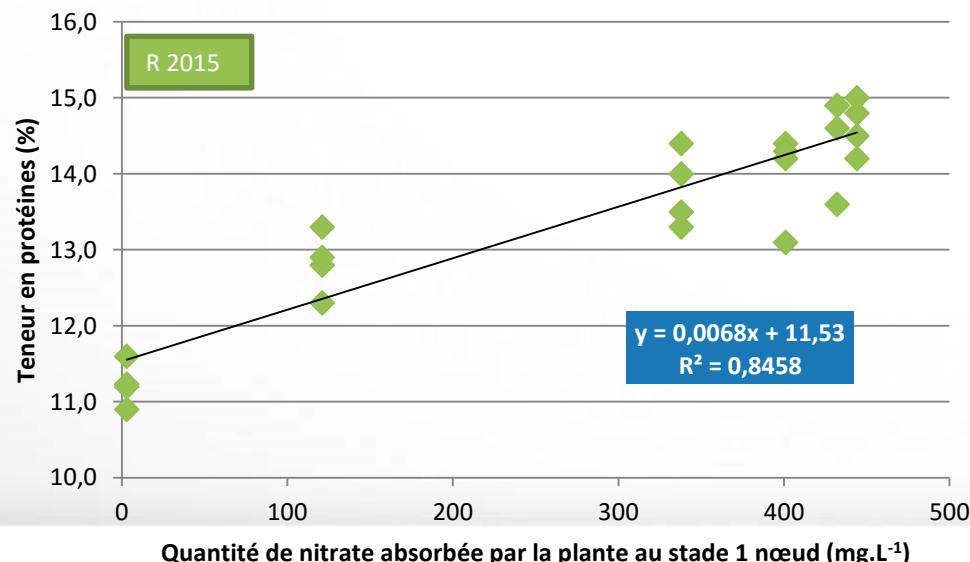
Fructidor	R 2015		R 2016		R 2017	
Modalité	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺
Témoin	15	45	84	32	14	10
X-80	271	23	381	27	-	-
X-40	415	10	468	30	240	9
X 210 kg N/ha	726	11	777	33	368	10
X+40	798	10	814	99	406	12



CARACTÉRISATION VARIÉTALE ET PILOTAGE DE LA FERTILISATION AZOTÉE DES BLÉS

COURBE DE RÉPONSE À L'AZOTE ULI11 - ANALYSE DE SÈVE – 1 NŒUD

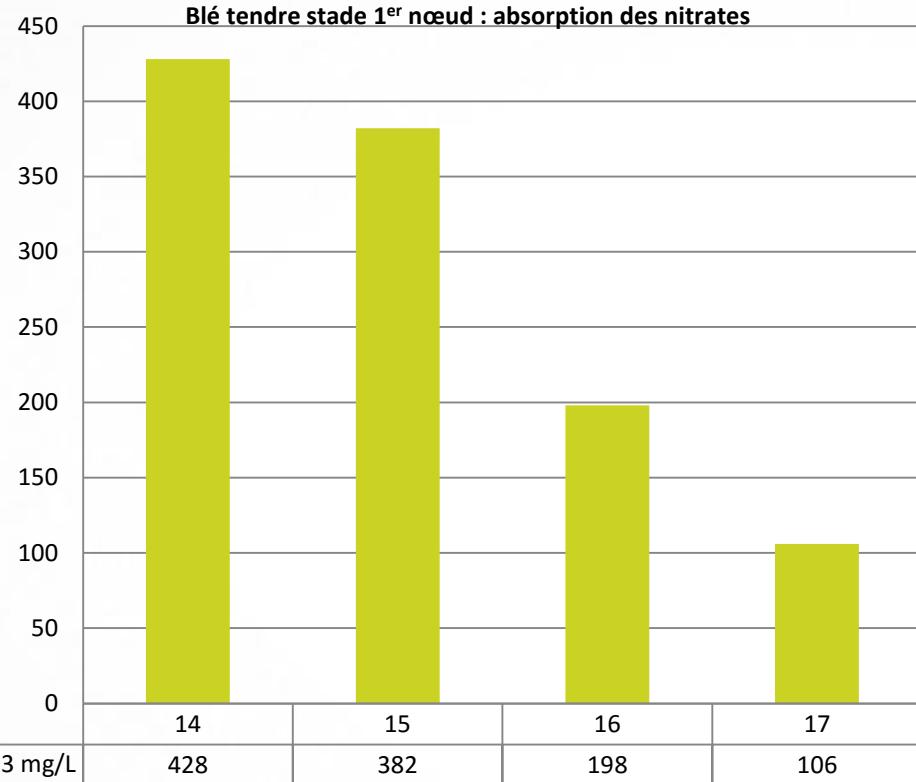
Modalités	Kg N / ha	R 2015		R 2016		R 2017	
		NO_3^-	NH_4^+	NO_3^-	NH_4^+	NO_3^-	NH_4^+
Témoin	0	3	15	76,	10	83	47
X-80	170	121	76	156	10	-	-
X-40	210	338	72	281	10	470	13
X	250	401	150	628	10	487	10
X+40	290	432	67	571	10	489	10
X+80	330	444	78	515	10	-	-



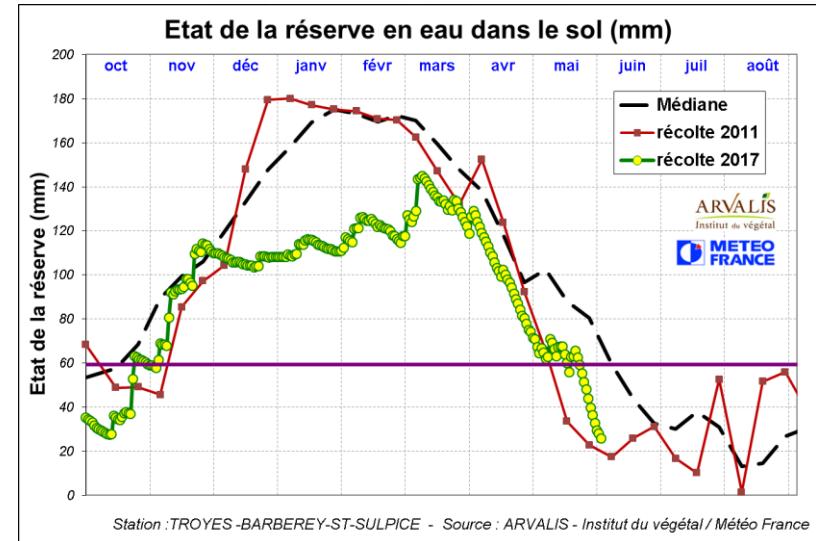
ANALYSE DE SÈVE ET PILOTAGE DE LA FERTILISATION AZOTÉ

PRISE EN COMPTE DES CONDITION HYDRIQUE DU SOL

Concentration en NO₃ mg/L de sève xylémienne

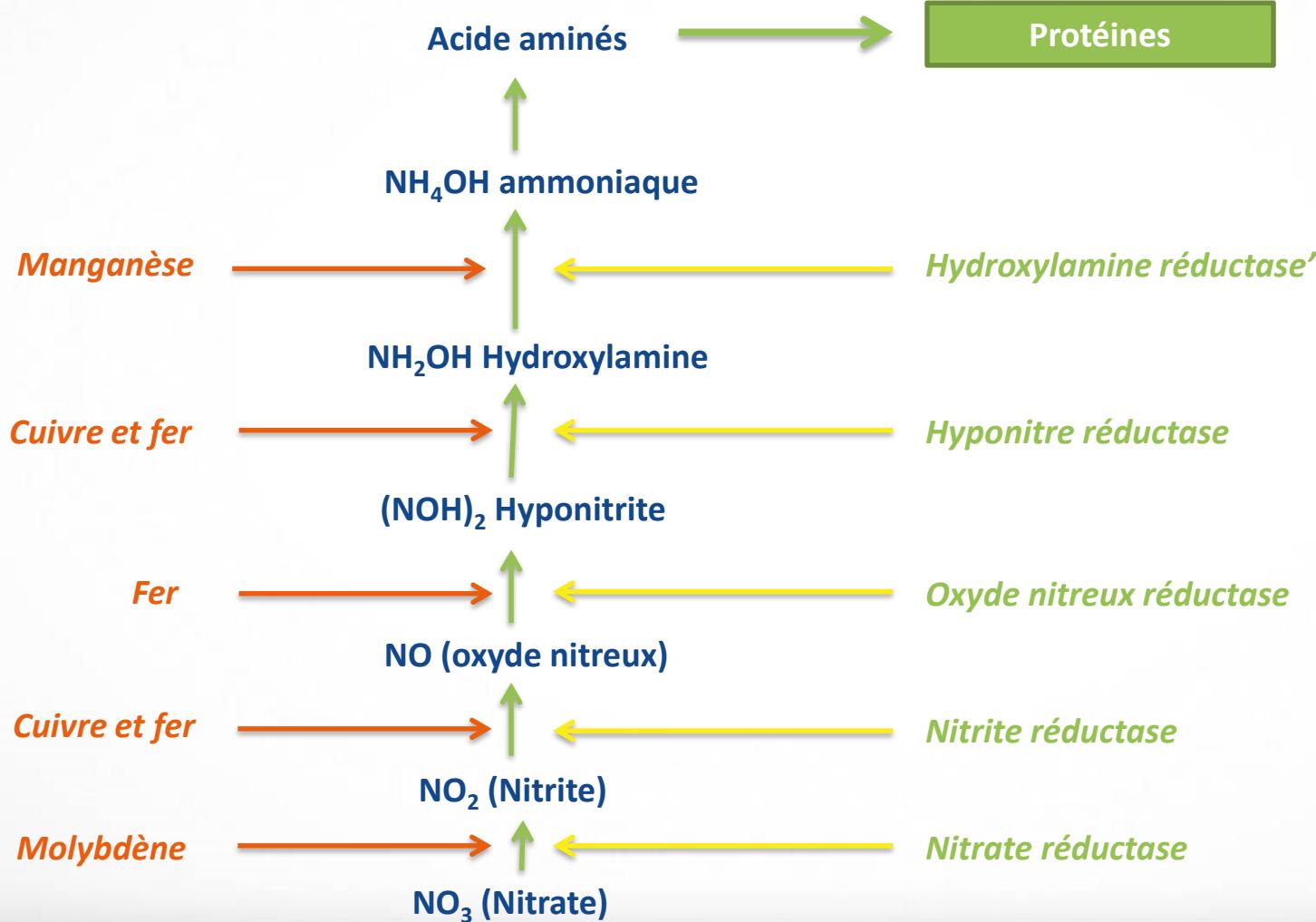


(798 hectares soit 88 parcelles)



L'ANALYSE DE SÈVE POUR GÉRER LES OLIGO-ÉLÉMENTS BIOSYNTHÈSE DES PROTÉINES CHEZ LES VÉGÉTAUX

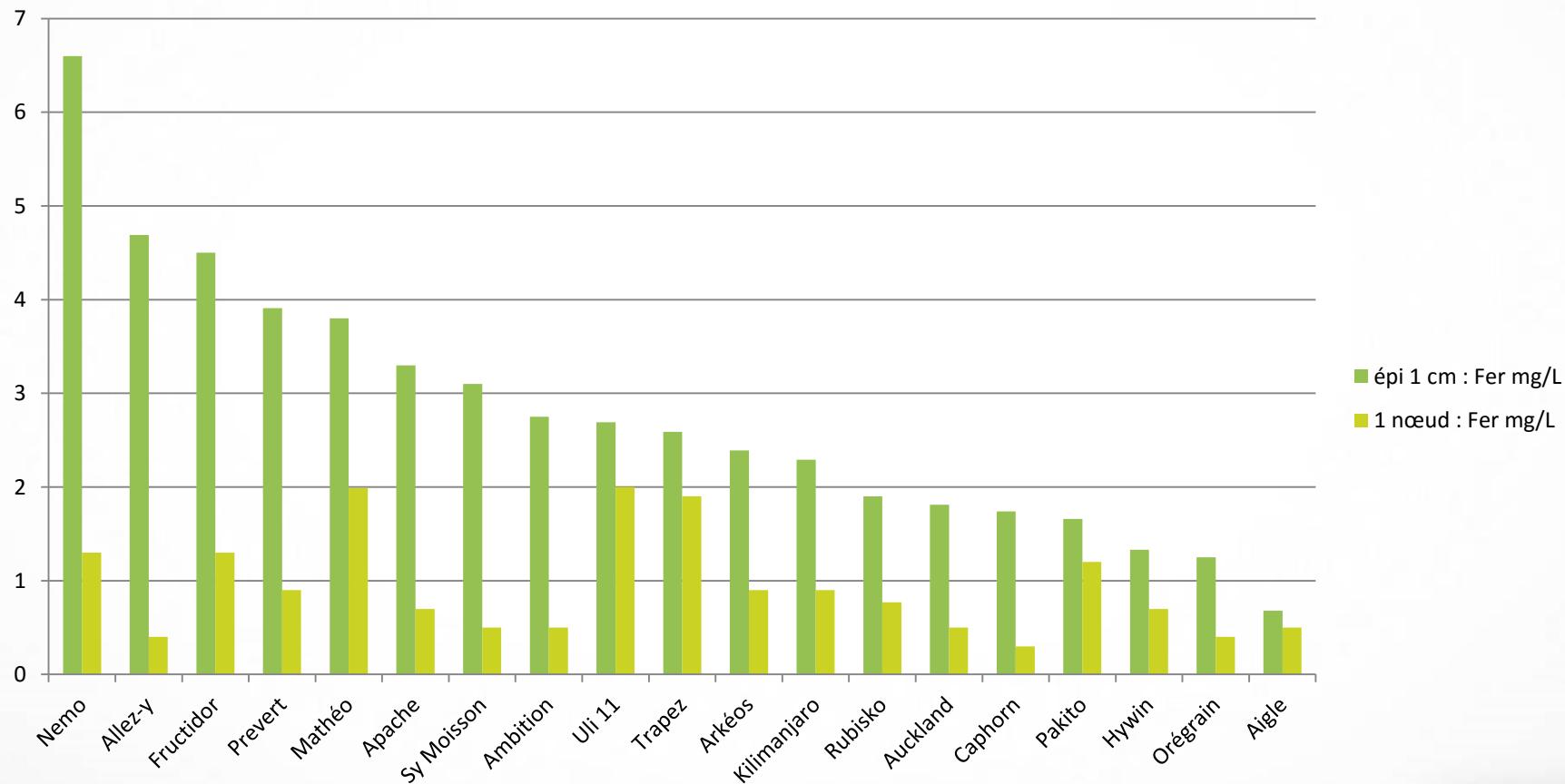
Rôle des enzymes et des métaux catalyseurs, ou co-enzymes
dans la chaîne de biosynthèse, des protéines à partir des nitrates



L'ANALYSE DE SÈVE POUR GÉRER LES OLIGO-ÉLÉMENTS BIOSYNTHÈSE DES PROTÉINES CHEZ LES VÉGÉTAUX

ABSORPTION DU FER PAR LE BLÉ D'HIVER (HERBISSE 2016 : ESSAIS VARIÉTÉS)

LE FER EST MAJORITYMENT ABSORBÉ AU STADE ÉPI 1 CM



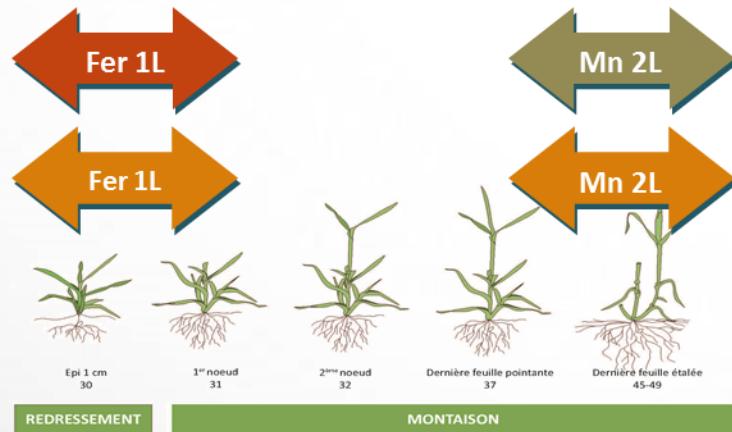
L'ANALYSE DE SÈVE POUR GÉRER LES OLIGO-ÉLÉMENTS BIOSYNTHÈSE DES PROTÉINES CHEZ LES VÉGÉTAUX

ESSAIS OLIGO-ÉLÉMENTS FER ET MANGANÈSE SUR BLÉ TENDRE HIVER (RAMERUPT 2015 : FRUCTIDOR)

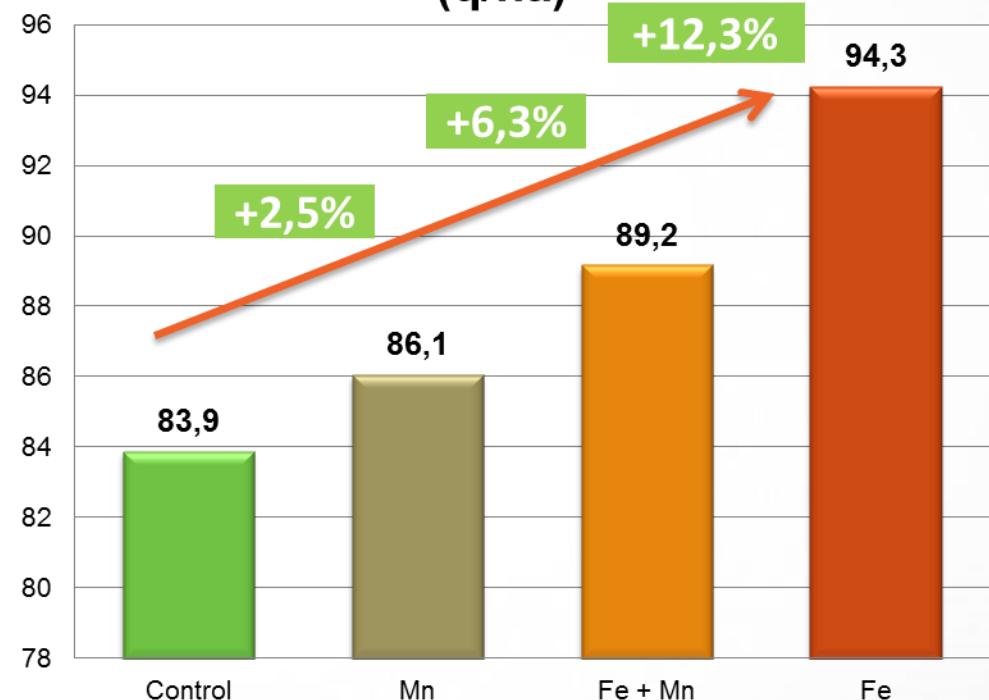
Fertilisation : N : 170 ; P : 64 ; S : 106

Conclusion:

- Premier facteur limitant Fer soulevé
- Malgré avoir séparé les traitements Fe + Mn l'antagonisme persiste



Results of SCARA SB trial 2015 (q/ha)

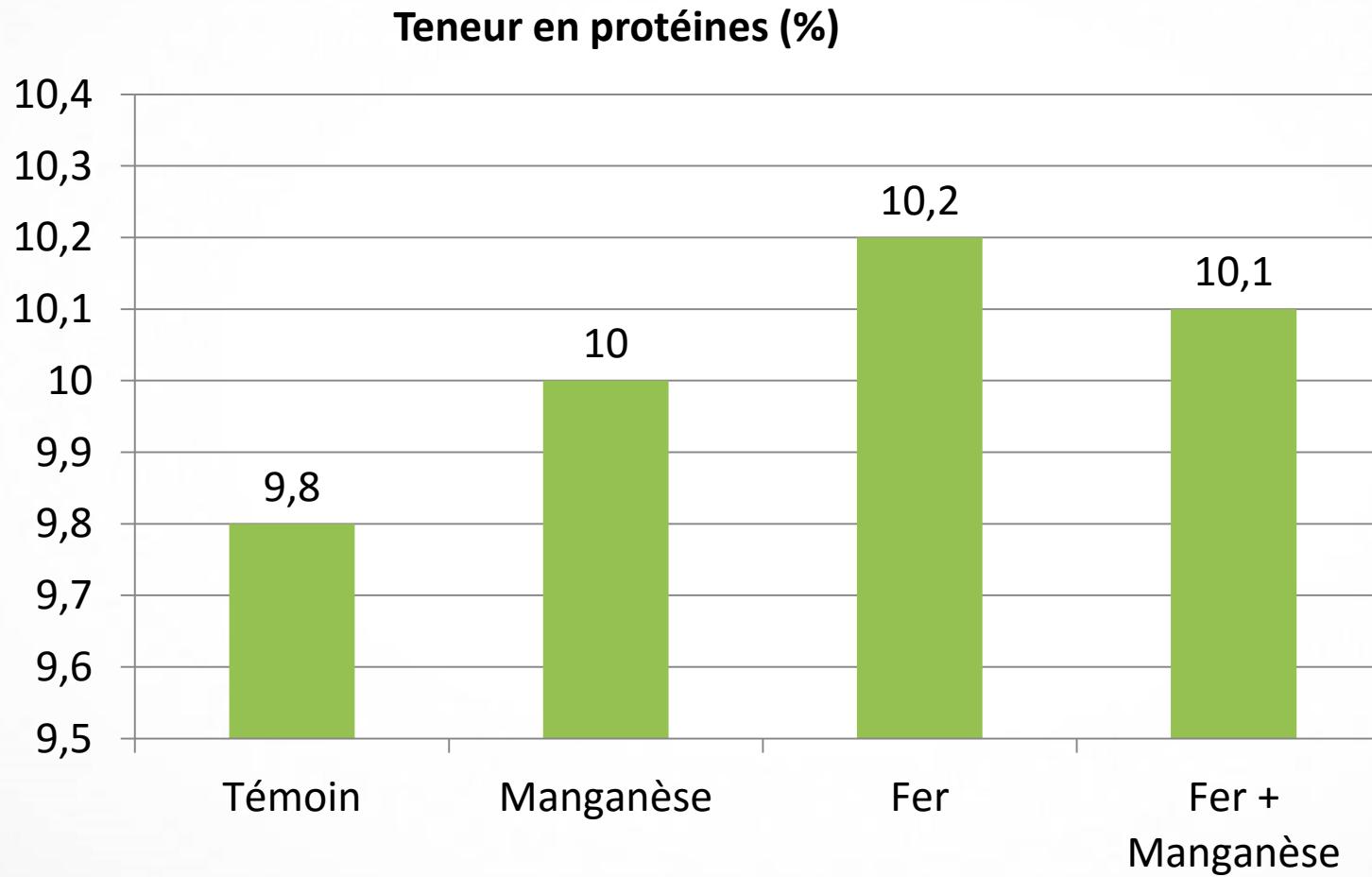


Prospectives :

Intervenir plus tôt en Fer (épi 1cm)
Mn à DFE

L'ANALYSE DE SÈVE POUR GÉRER LES OLIGO-ÉLÉMENTS BIOSYNTHÈSE DES PROTÉINES CHEZ LES VÉGÉTAUX

INFLUENCE DU FER SUR LE TAUX DE PROTÉINE FRUCTIDOR (RAMERUPT 2015)





Forum TERATEC : 28 juin 2017

« Nouvelle approche des besoins en fertilisation basés sur l'analyse de la sève « xylémienne ».

- 1. Le contexte : Qualité et environnement**
- 2. Transport et valorisation de l'azote chez les céréales.**
- 3. L'analyse de la sève xylémienne :**
 - Pour caractériser les variétés
 - Pour piloter la fertilisation azotée des céréales
 - Pour gérer les apports d'oligo-éléments
- 4. L'application terrain**
- 5. Les perspectives**

ANALYSE DE LA SÈVE XYLÉMIENNE : EXEMPLE DE RÉSULTATS 2017



Analyse de la sève Xylémienne

Exploitant	Le Chemin de Chassois				date prélèvement :	10/04/2017
Parcelle	Surface	Culture	Variété	Particularité	Stade :	1 Noeud
	6,27	Blé	Fructidor		Dose PPF :	189
						Azote déjà épandue : 191
	Valeur	Norme	Statut azoté en mg/L de sève			
Nitrate	NO ₃ ⁻	213,60	260 à 340			
Ammonium	NH ₄ ⁺	41,60	15 à 40			
Eléments majeurs en mg/L de sève						
Phosphore	P	152,50	135 à 165			
Potassium	K	3 593,60	3300 à 3700			
Magnésium	Mg	73,10	65 à 85			
Soufre	S	211,20	115 à 140			
Oligo-éléments en mg/L de sève						
Fer	Fe	10,62	0.35 à 1.45			
Manganèse	Mn	4,57	3 à 5			
Zinc	Zn	1,16	0.4 à 0.6			
Cuivre	Cu	0,62	0.15 à 0.35			
Taux de protéines prévisionnel :				±	0,5	

Nombre d'exploitations	70			
	toutes cultures	escourgeon	blé	orge
nombre de parcelles	169	7	88	74
Surfaces (ha)	1767,17	65,83	798,42	902,92

Analyse de sève permet de gérer les apports d'azote

De contrôler l'assimilation des éléments majeurs et éventuellement de corriger par des applications foliaires en cas de carence. Une vérification est faite avec l'analyse de sol.

Gestion des oligo-éléments. On note ici une forte teneur en fer. Forte teneur dans l'analyse de sol (23 mg/kg de terre) + une application de 1 L/ha de fer EDTA dosé à 100 g/L.

Commentaires :

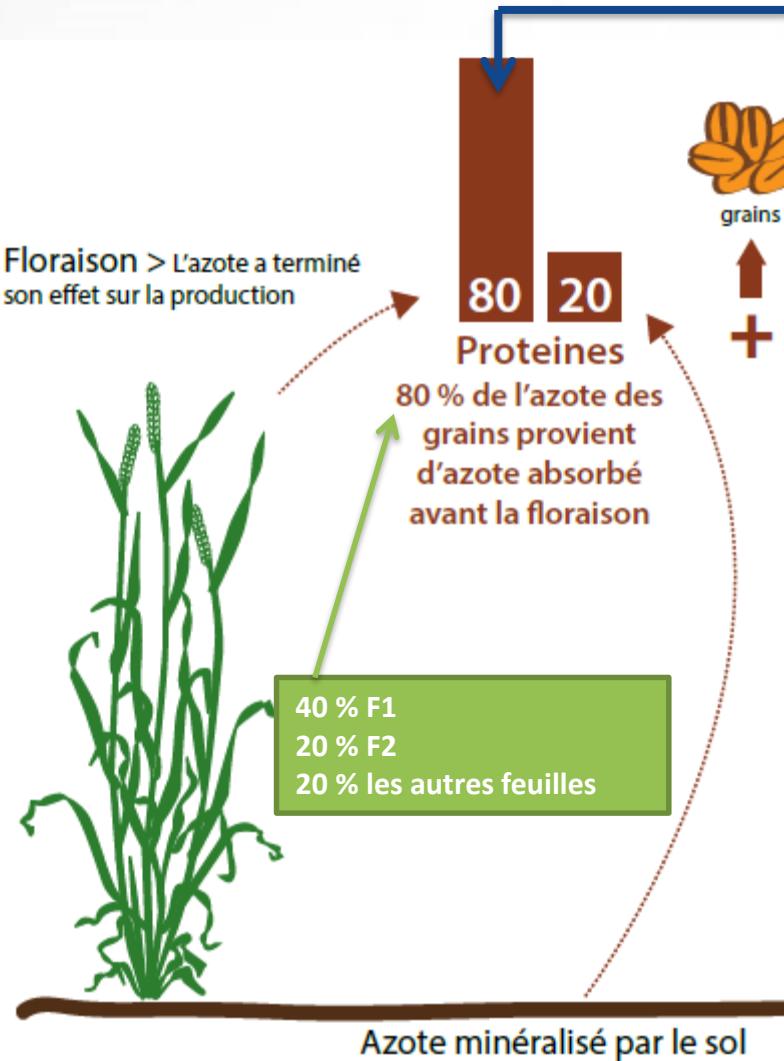
Le blé panifiable est réfactionné lorsque le taux de protéines est inférieur à 11,5 %.

Le taux prévisionnel de protéines de votre parcelle est de 11.4 %.

Nous vous conseillons de faire un complément d'azote de 40 unités en Solution 39 au stade 2 noeuds à dernière feuille pointante.

Si possible, réalisez l'apport au plus près de la pluie.

UN CONSEIL PRÉCIS POUR CHAQUE ÉTAPE DE LA FERTILISATION AZOTÉE



Objectifs : Travailler au cours du cycle végétatif pour favoriser la mise en réserve des protéines.

- Utiliser pour le premier apport des formes d'azote facilement assimilable (NO_3^- et NH_4^+). Ammonitrat, Secostar (+S), 20/17 (N, P, Mg + S)
- Pour le second apport, en solution possibilité de fractionner en 2 fois pour répartir les doses selon les besoins.
- Anticiper le troisième apport (2 Nœuds), pour privilégier le stockage des protéines dans la dernière feuille avant la remobilisation vers le grain.



Forum TERATEC : 28 juin 2017

« Nouvelle approche des besoins en fertilisation basés sur l'analyse de la sève « xylémienne ».

- 1. Le contexte : Qualité et environnement**
- 2. Transport et valorisation de l'azote chez les céréales.**
- 3. L'analyse de la sève xylémienne :**
 - Pour caractériser les variétés
 - Pour piloter la fertilisation azotée des céréales
 - Pour gérer les apports d'oligo-éléments
- 4. L'application terrain**
- 5. Les perspectives**

POURSUIVRE LE DÉVELOPPEMENT DE NOTRE SERVICE

MUTUALISATION DES DONNÉES POUR UN SERVICE INNOVANT – COMPLET - PRÉCIS

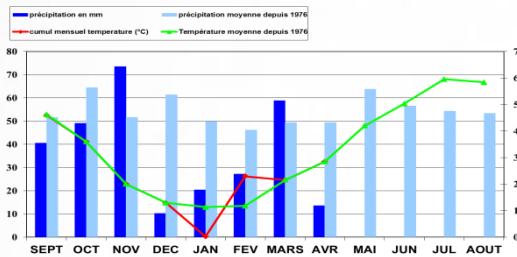
Données parcellaires Et pédoclimatiques

+

Données Physiologies Spécifiques De la variété et du stade de développement

+

Données imagerie satellite : Gestion de la variabilité intra parcellaire



Horizon	Densité	Humidité	NH4+ (kg/ha)	NO3- (Kg/ha)	Azote minéral (kg/ha)
0 - 30 cm	1,20	21 %	3,10	28,00	29,10
30 - 60 cm	1,40	18 %	6,10	10,30	16,40
60 - 90 cm	1,50	14 %	0,30	17,00	17,30
Total	-	-	9,50 kg/ha	53,30 Kg/ha	62,80 kg/ha

scara valeur d'avenir

GALYS laboratoire

Analyse de la sève Xylémienne

Explorant : Z50025 EARL AUBERT

Le Chemin de Chaisois

Date prélèvement : 10/04/2017 **Stade :** 1 Nœud

Parcelle: Surface : Culture : Variété : Particularité

Surface : 6,27 Culture : Blé Variété : Frustridor Particularité : Dose PPF : 189 Azote déjà épandue : 191

Valeur **Norme** **Statut azote en mg/L de sève**

Nitrate	NO ₃ ⁻	213,60	260 à 340	Red
Ammonium	NH ₄ ⁺	41,60	15 à 40	Green

Éléments majeurs en mg/L de sève

Phosphore	P	152,50	135 à 165	Red
Potassium	K	3 593,60	3300 à 3700	Red
Magnésium	Mg	73,10	65 à 85	Red
Soufre	S	211,20	115 à 140	Red

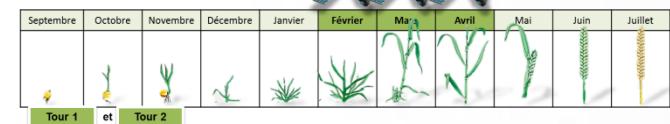
Oligo-éléments en mg/L de sève

Fer	Fe	10,62	0,35 à 1,45	Red
Manganèse	Mn	4,57	3 à 5	Red
Zinc	Zn	1,16	0,4 à 0,6	Red
Cuivre	Cu	0,62	0,15 à 0,35	Red

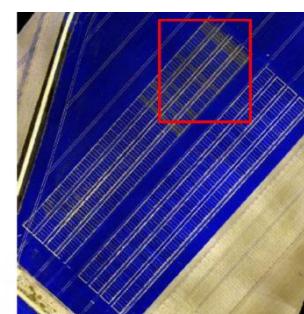
Taux de protéines prévisionnel : 11,42 ± 0,8

Commentaires :

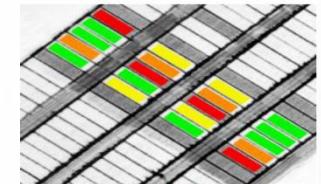
Le blé panifiable est réactionné lorsque le taux de protéines est inférieur à 11,5 %. Le taux de protéines prévisionnel de votre parcelle est de 11,4 %. Nous vous conseillons de faire un complément d'azote de 40 unités en Solution 39 au stade 2 nœuds à dernière feuille pointante. Si possible, réalisez l'apport au plus près de la pluie.



- Carte de LAI (calibration terrain par SMAG)
- Carte d'application d'azote pour chaque tour + carte dose totale
- Carte d'anomalie de croissance
- Carte de risque de verse (Tour 2)
- Création de rapports au format pdf ou format d'application variable
- Carte de chlorophylle
- Carte d'application d'azote
- Carte d'anomalie de croissance
- Création de rapports au format pdf ou format d'application variable



B.2_Essais parcelles expérimentales
Courbe de réponse : Valeurs réelles



► Essai courbe de réponse (prise de vue du 17/04/15)

= Un conseil de précision basés sur l'ensemble des données disponibles sur la parcelle.

Projet en cours d'élaboration en partenariat avec la société CYBELETECH

Forum TERATEC : 28 juin 2017

Atelier 1 : Outils numériques de simulation et de big data pour le suivi de production et de qualité en agriculture.

« Nouvelle approche des besoins en fertilisation basés sur l'analyse de la sève « xylémienne ».

Philippe Michonneau – Charlotte Terrey
Pôle Agronomie, innovation, Services

Merci pour votre attention

