

# 13<sup>èmes</sup> Rencontres de la fertilisation raisonnée et de l'analyse



Avec la participation de 



8 et 9  
Nov 2017  
La Cité des Congrès  
Nantes

## L'ANALYSE DE LA SÈVE XYLÉMIENNE, POUR PILOTER L'AZOTE ET LES OLIGO-ÉLÉMENTS

Philippe MICHONNEAU<sup>(1)</sup>, Charlotte MERLIN-TERREY<sup>(1)</sup>,  
Bruno FELIX-FAURE<sup>(2)</sup>, Bernard DUZAN<sup>(2)</sup>

(1) Société Coopérative Agricole Région d'Arcis – SCARA – ZI  
de Villette-Sur-Aube, 10700 Arcis-Sur-Aube.



(2) GALYS SAS – 14 rue André Boulle – 41000 Blois.



# 13<sup>èmes</sup> Rencontres de la fertilisation raisonnée et de l'analyse

comifer

Gemas  
Compagnie d'études technologiques pour l'agriculture

Avec la participation de 



8 et 9  
Nov 2017  
La Cité des Congrès  
Nantes

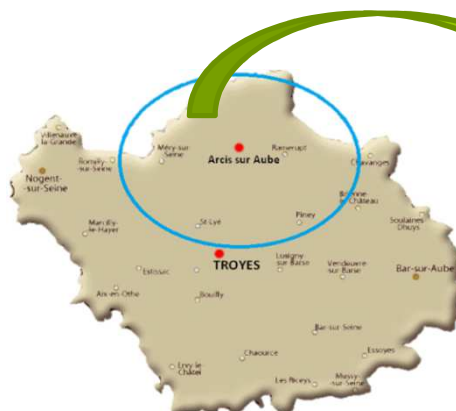
## L'ANALYSE DE LA SÈVE XYLÉMIENNE, POUR PILOTER L'AZOTE ET LES OLIGO-ÉLÉMENTS

- 1/ Problématiques qualités
- 2/ Problématiques Environnementales
- 3/ Notre Objectif : Assurer un taux de protéines répondant aux cahiers des charges en respectant l'environnement
- 4/ Notre Stratégie : Analyser la sève xylémienne durant la montaison pour évaluer le taux de protéine potentiellement obtenu à la récolte
- 5/ Détermination du stade physiologique optimal pour piloter la fertilisation azotée
- 6/ L'analyse de la sève Xylémienne :
  - Outil de pilotage de la fertilisation azotée
  - Outil de caractérisation des variétés
  - Outil de pilotage des apports d'oligo-éléments
- 7/ Conclusion et perspectives :
  - Application sur le terrain (Récolte 2017)
  - Qualité des récoltes et respect de l'environnement



# Problématiques qualités des productions céréalières en champagne crayeuse

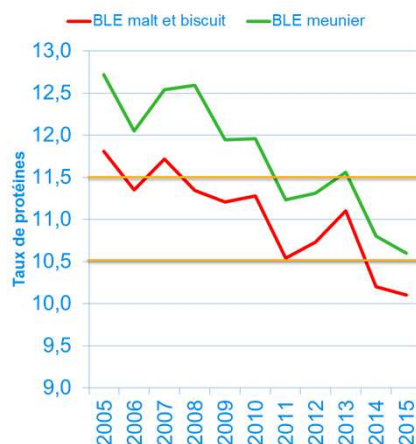
SCARA – création 1922	
665 adhérents – 63 collaborateurs	
CA : 74 M€ (collecte 49 M€ - approvisionnement 25 M€)	
Collecte moyenne 220 000 Tonnes	
Blé 47 % - Orge 43 %	
63 % de la collecte valorisée en filière	



Caractéristiques sol de craie	
PH eau	8,3
Calcaire totale	687,1 g/Kg
CaO	9034 mg/kg
Saturation CEC	324 %
CEC moyenne	103 meq/kg
P2O5 Olsen	82 mg/kg
K2O	267 mg/kg
MgO	113 mg/kg
Pouvoir fixateur calculé P2O5	66 %
Pouvoir fixateur calculé K2O	16 %
Cu - EDTA	1,49 mg/Kg
ZN - EDTA	1,89 mg/Kg
Mn - EDTA	9,63 mg/Kg
Fe - EDTA	9,18 mg/kg

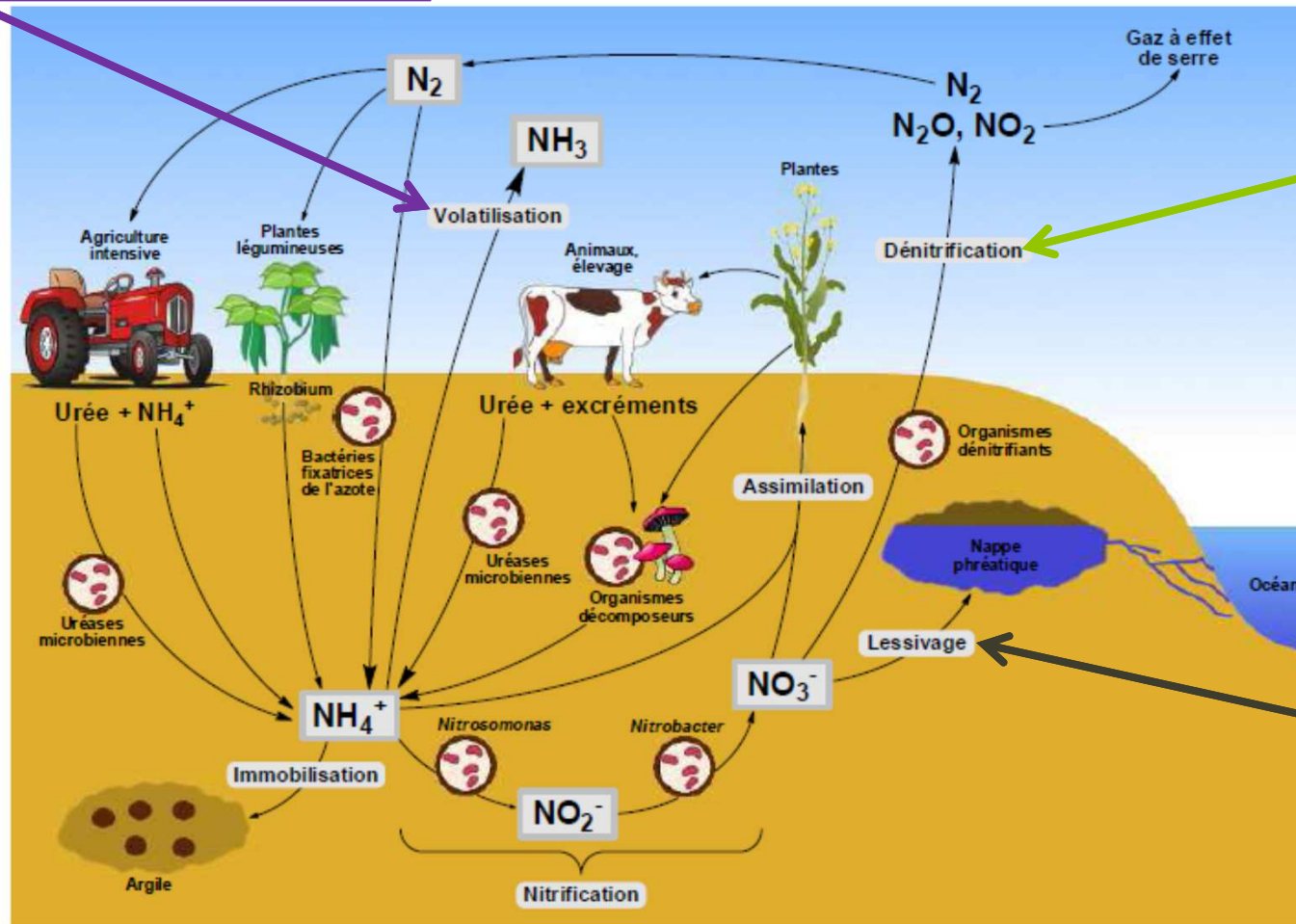
Année	Protéines %	Rdt T/ha
2013	11,5	8,5
2014	10,8	9,8
2015	10,6	10,4
2016	13,8	5,4
2017	12,3	8,8

Moyenne taux de protéines et rendement des blés (Source Atland)



# Problématiques Environnementales des productions céréalières en champagne crayeuse

*Protection de la santé  
Limiter les pertes économiques*



*Atténuation  
Changement  
climatique*

*Préservation des  
ressources en eau*

**Objectifs** : assurer un taux de protéines répondant aux cahiers des charges en respectant l'environnement

---

L'efficacité d'utilisation de l'azote :

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

-

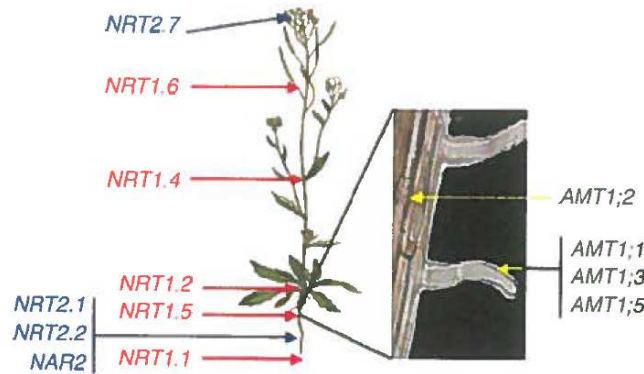
Sortie d'azote (rendement, teneur en protéine du grain, azote contenue dans les pailles)

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

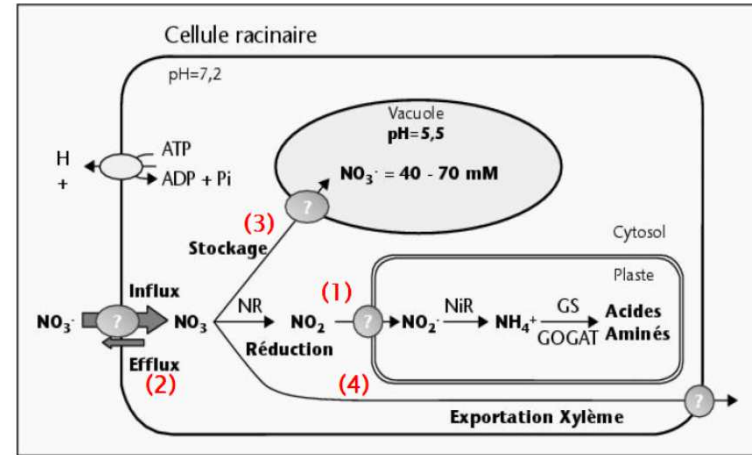
- 1/ De l'absorption de l'azote par le système racinaire
- 2/ Du transport de l'azote dans la plante
- 3/ De la métabolisation de l'azote en protéine
- 4/ Du stockage des protéines et des nitrates dans les feuilles
- 5/ De la remobilisation des réserves (protéine et nitrate) des feuilles vers le grain

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

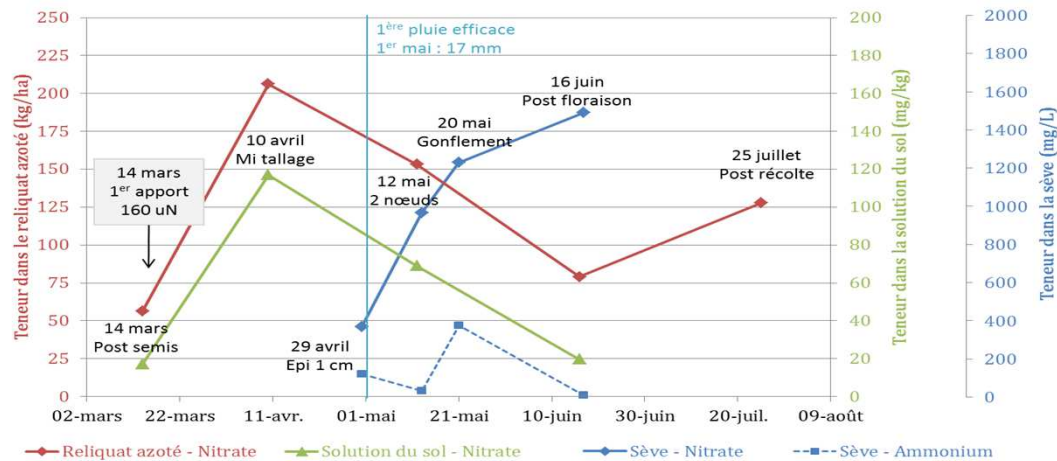
# Absorption, Transport, Stockage des nitrates



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

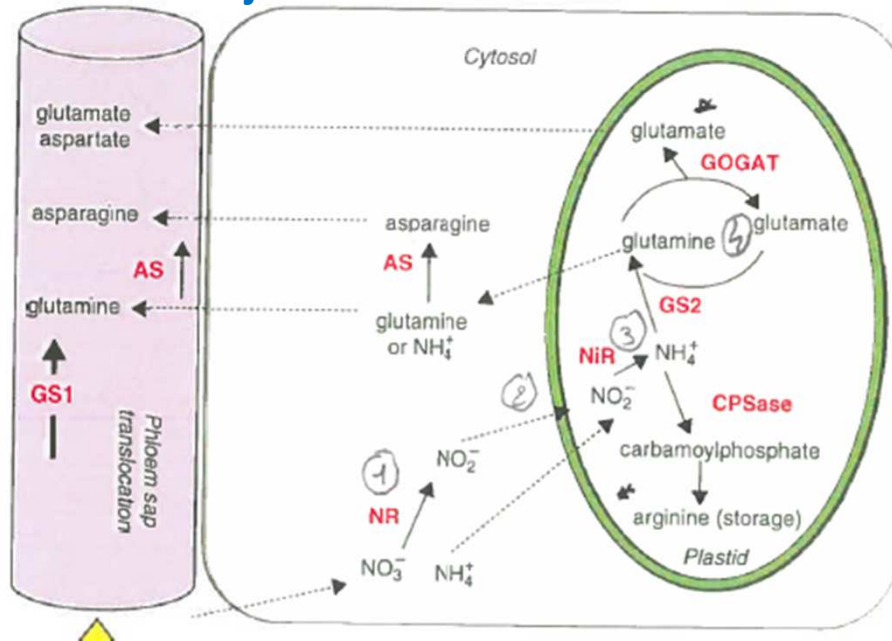


Exemple de comportement de l'azote dans le sol (rouge  $\text{NO}_3^-$  dans le sol – vert  $\text{NO}_3^-$  dans la solution du sol). Absorption de l'azote ( $\text{NH}_4^+$  ;  $\text{NO}_3^-$ ) par la plante (bleu sève xylémienne).

Culture d'orge de printemps fertilisée avec 160 kg N/ha sous forme de solution azotée à 39%. Un seul apport réalisé au semis.

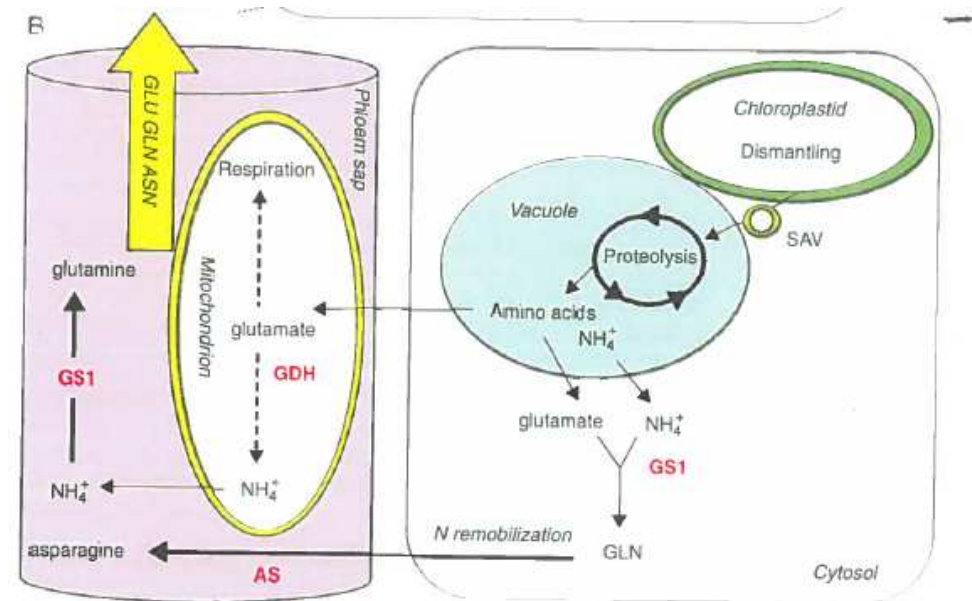
# Assimilation des nitrates, synthèse des protéines, stockage et remobilisation des protéines des feuilles vers les grains

## Biosynthèse des protéines et stockage dans les jeunes feuilles de céréales.



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 isoenzyme 1.

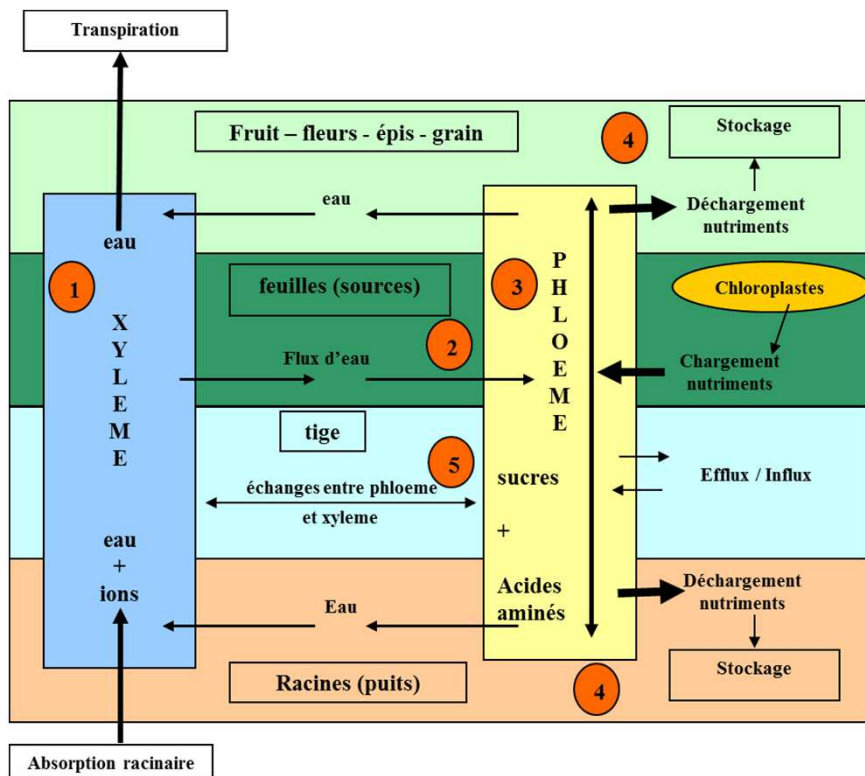
## Protéolyse dans les feuilles en sénescence et remobilisation des protéines vers les grains.



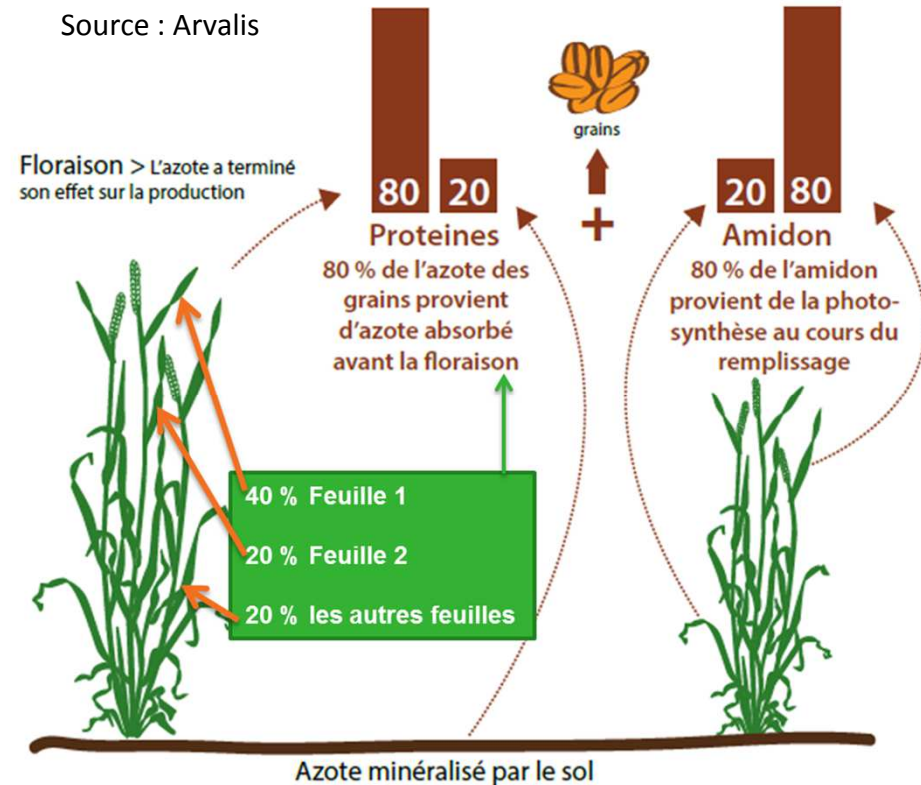
AS : asparagine synthétase ; GS1 : glutamine synthétase isoenzyme 1 ; GDH : glutamate déshydrogénase ; SAV : senescence-associated vacuole ; GLN : glutamine.

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

# Notre stratégie : Analyser la sève xylémienne en cours de montaison pour évaluer le taux de protéines à la récolte



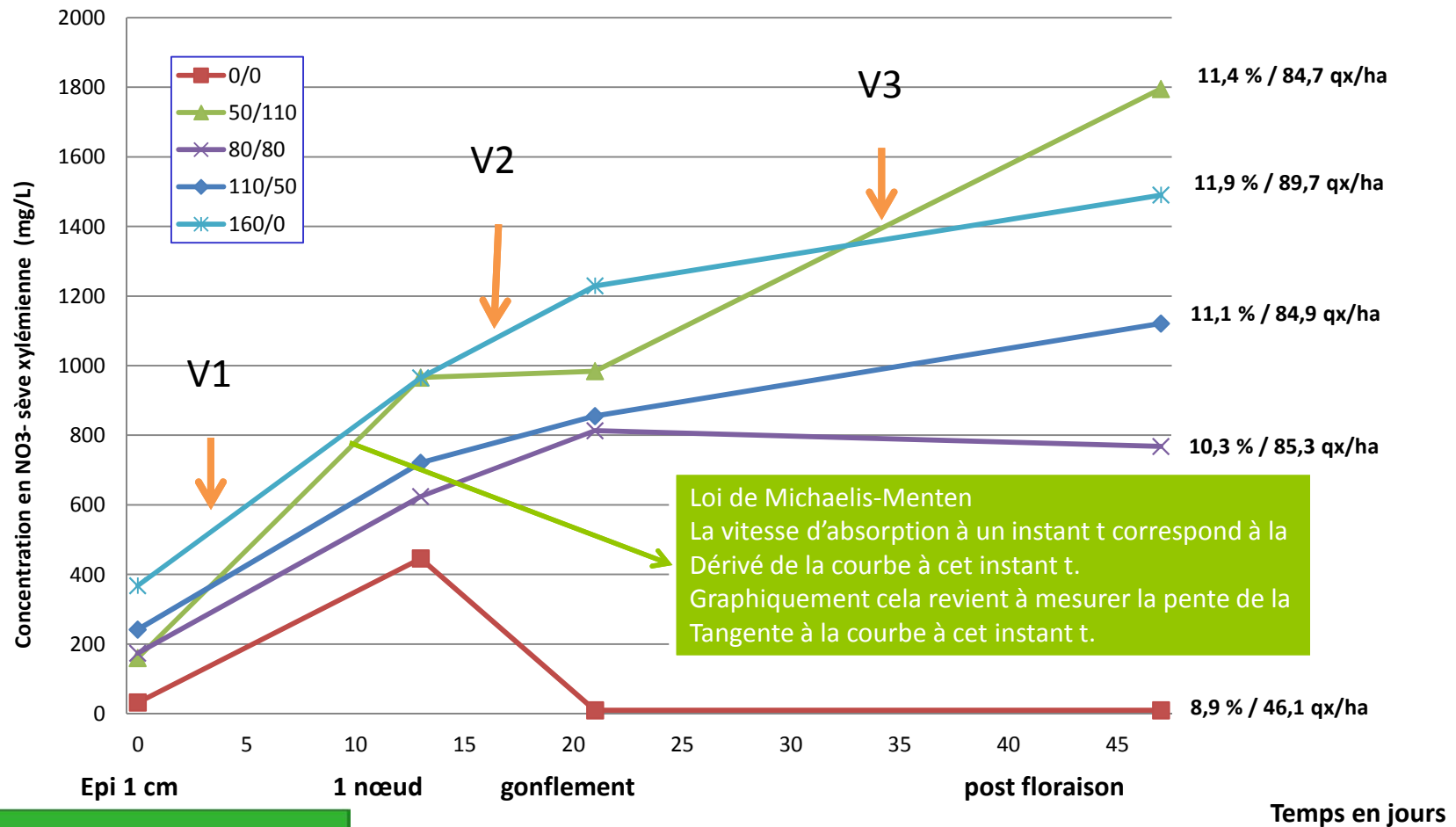
- La sève xylémienne permet de comprendre :
- l'absorption racinaire
  - le transport des nutriments
  - d'évaluer la teneur en nitrate qui en partie sera source de protéines



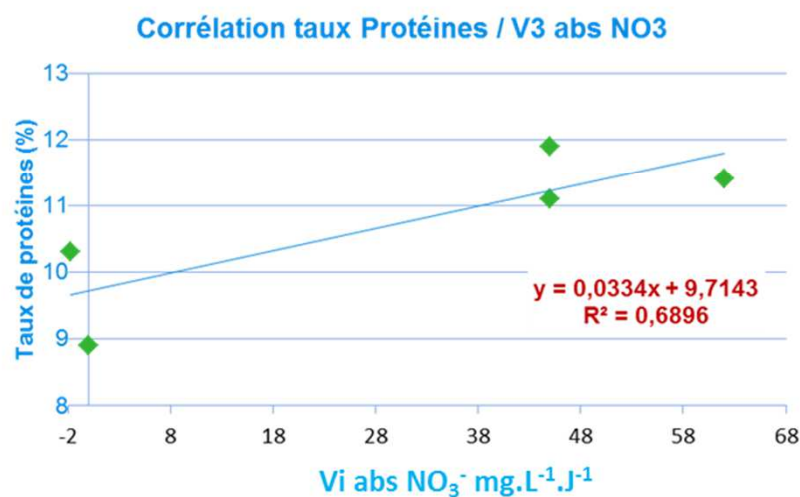
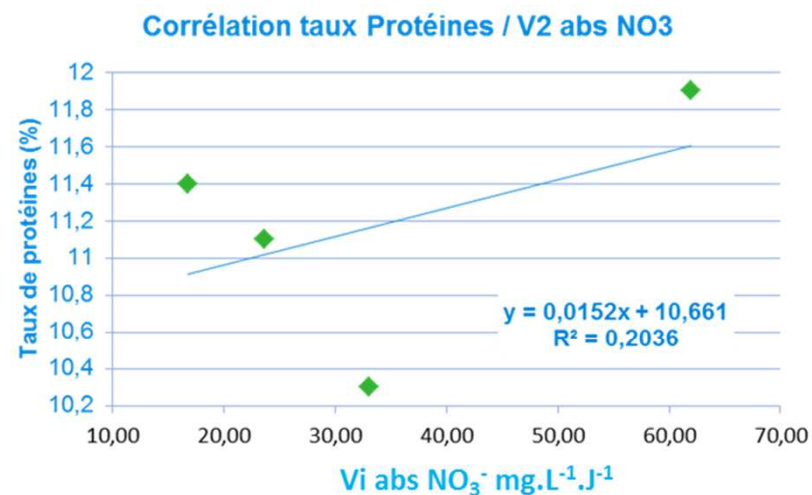
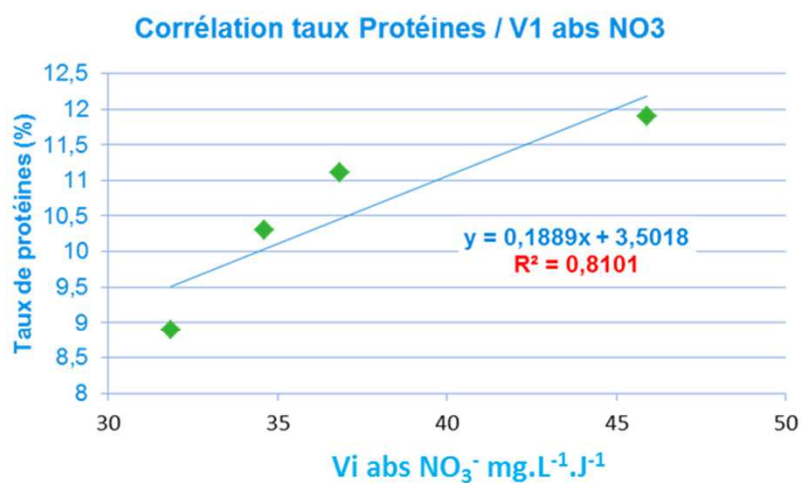
- 80 % des protéines du grain ont pour origine le stock de protéines des feuilles.
- Déterminer le stade précis durant le développement végétatif qui permet d'assurer un stockage optimum dans les feuilles.



# Détermination du stade physiologique optimal pour piloter la fertilisation azotée : exemple orge de printemps



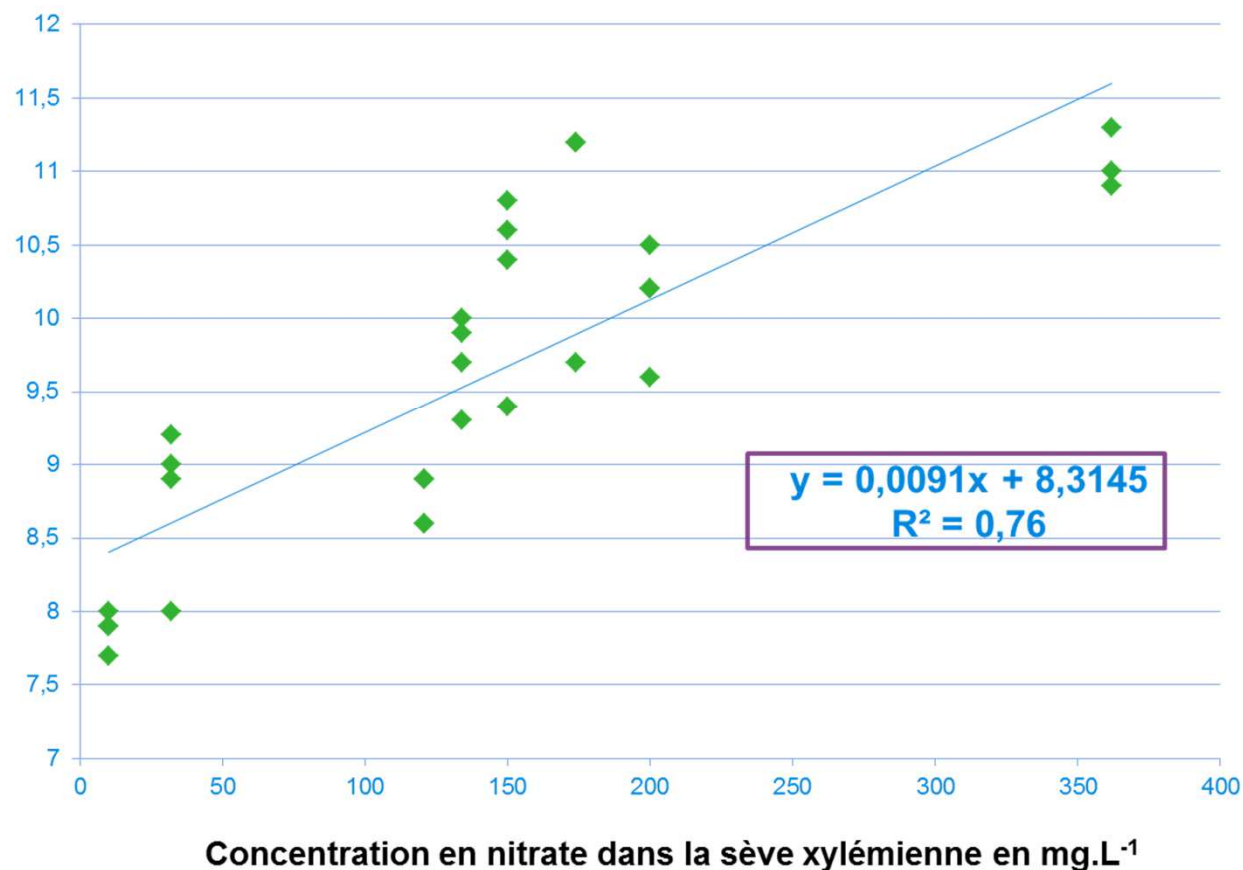
# Détermination du stade physiologique optimal pour piloter la fertilisation azotée : exemple orge de printemps



# Détermination du stade physiologique optimal pour piloter la fertilisation azotée : exemple orge de printemps

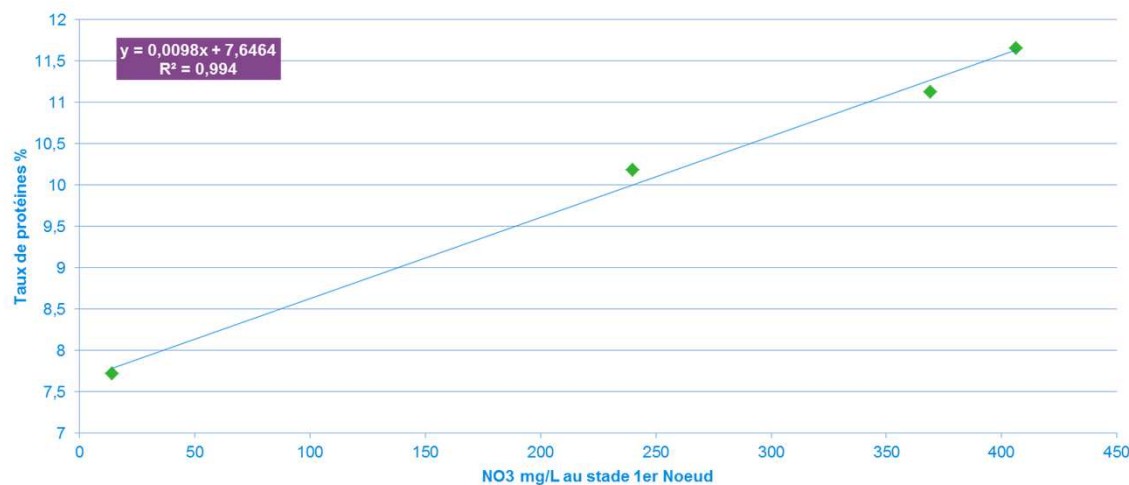
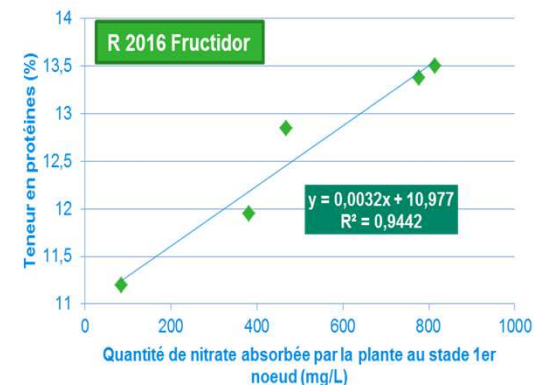
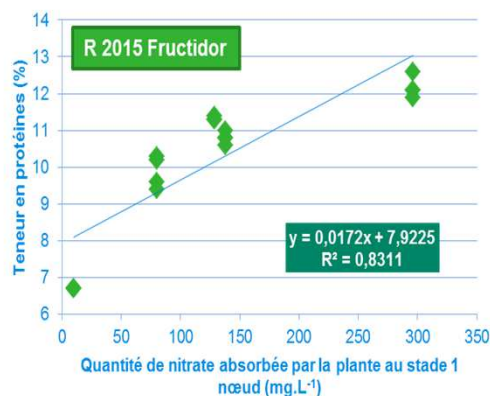
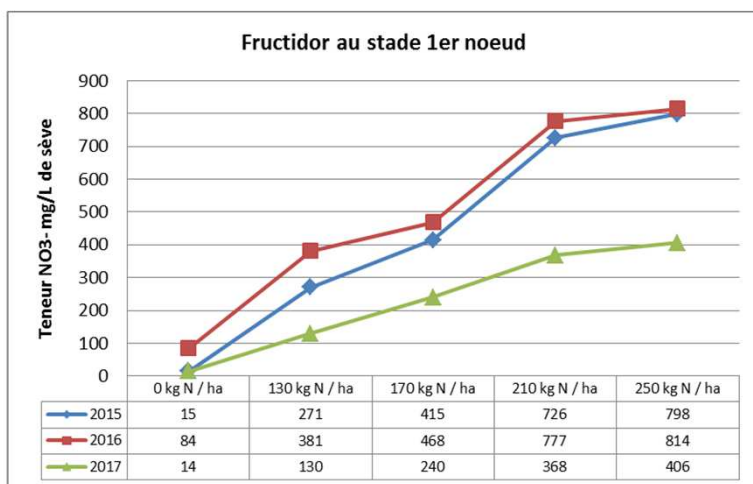
Taux de protéine (%)

N = 25



Relation étroite entre la quantité de nitrate absorbée au stade épi 1 cm et le taux de protéines mesuré à la récolte.

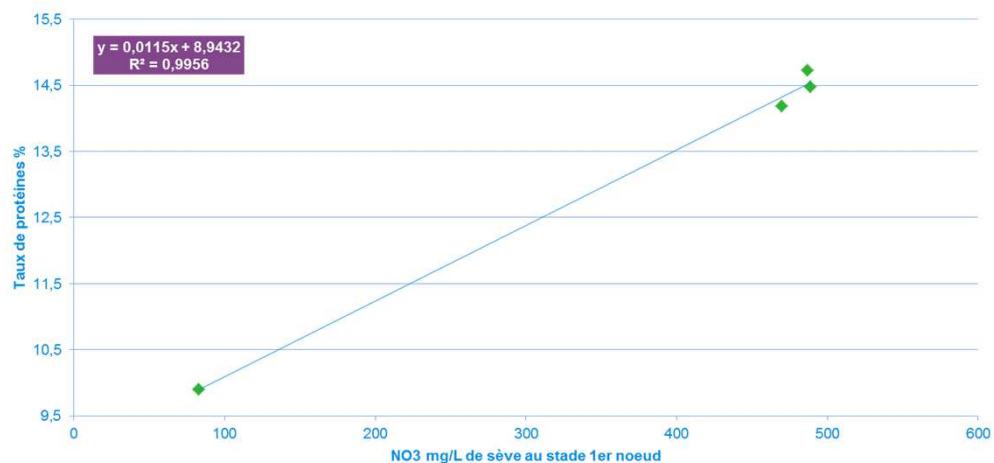
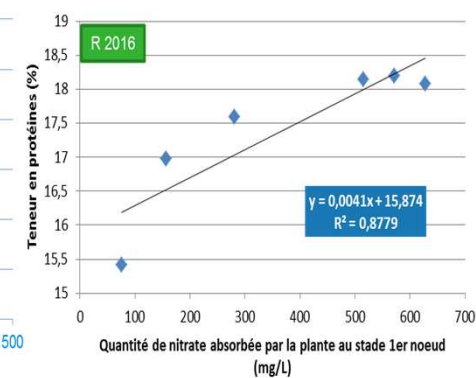
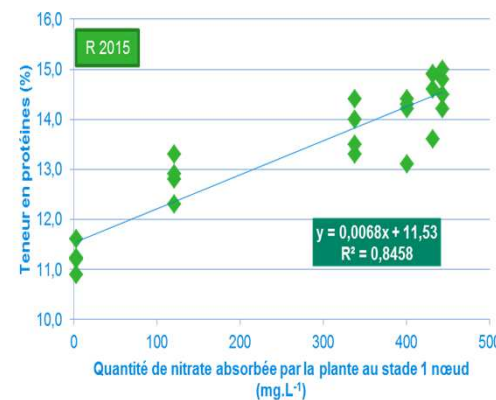
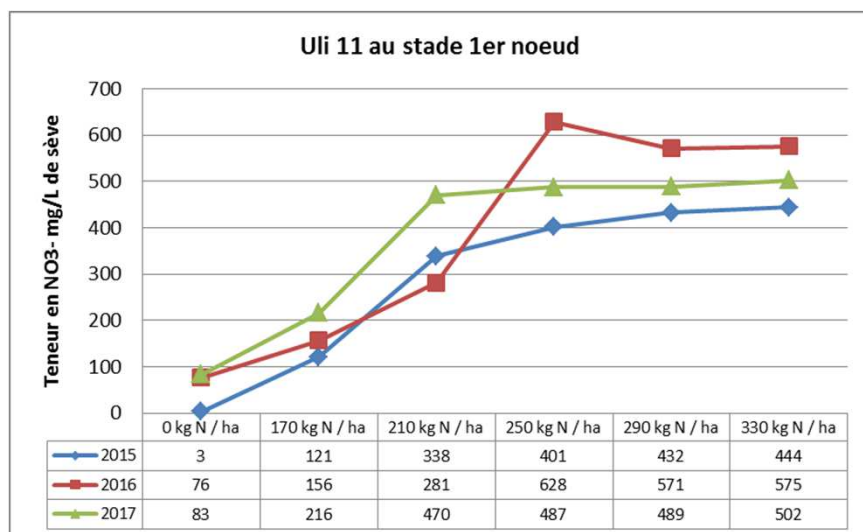
# Détermination du stade physiologique optimal pour piloter la fertilisation azotée : exemple blé tendre d'hiver



## Fructidor blé VRM :

Relation étroite entre la quantité de nitrate absorbée au stade 1<sup>er</sup> noeud et le taux de protéines mesuré à la récolte.

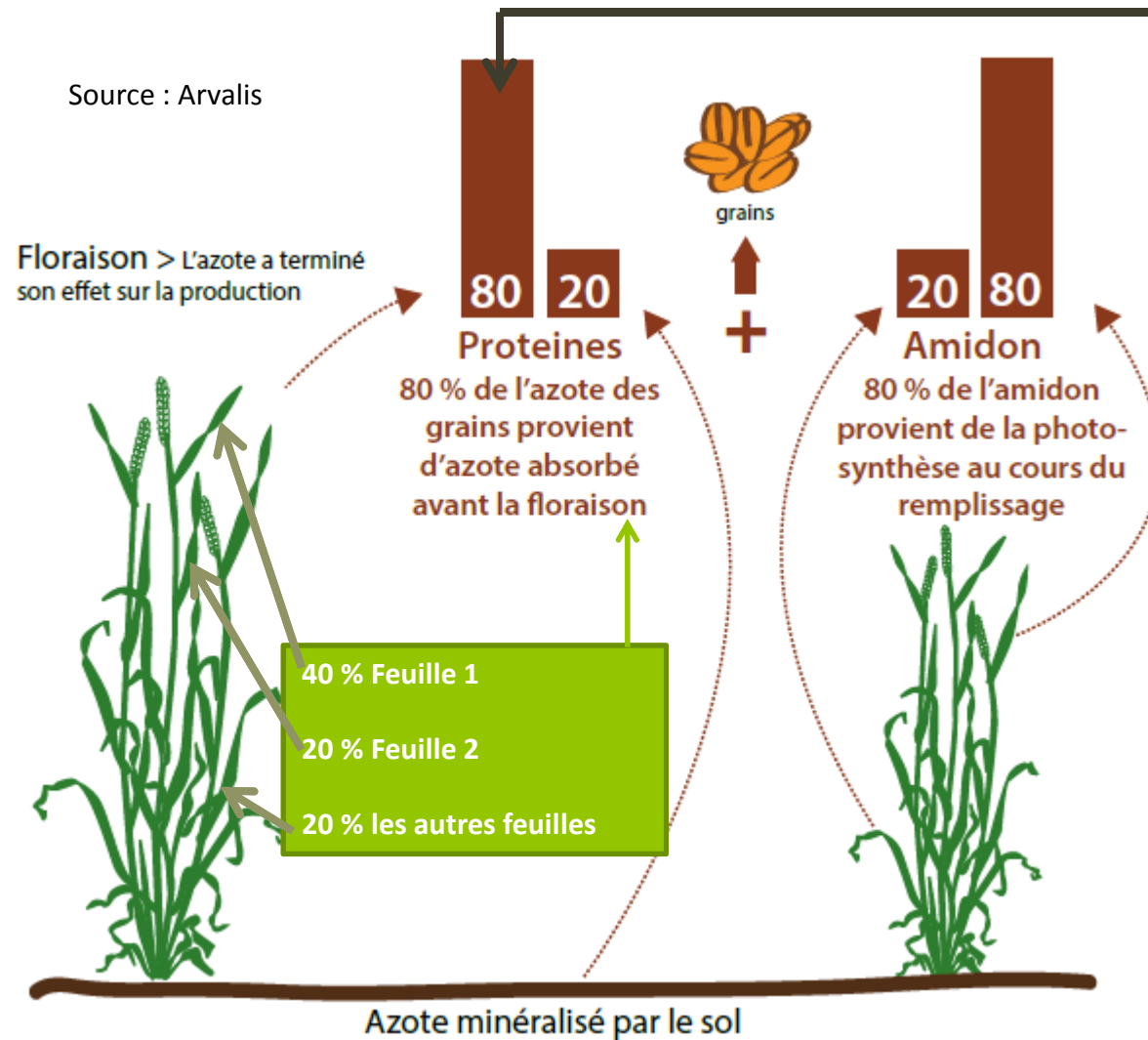
# Détermination du stade physiologique optimal pour piloter la fertilisation azotée : exemple blé tendre d'hiver



## Uli11 blé améliorant :

Relation étroite entre la quantité de nitrate absorbée au stade 1<sup>er</sup> noeud et le taux de protéines mesuré à la récolte.

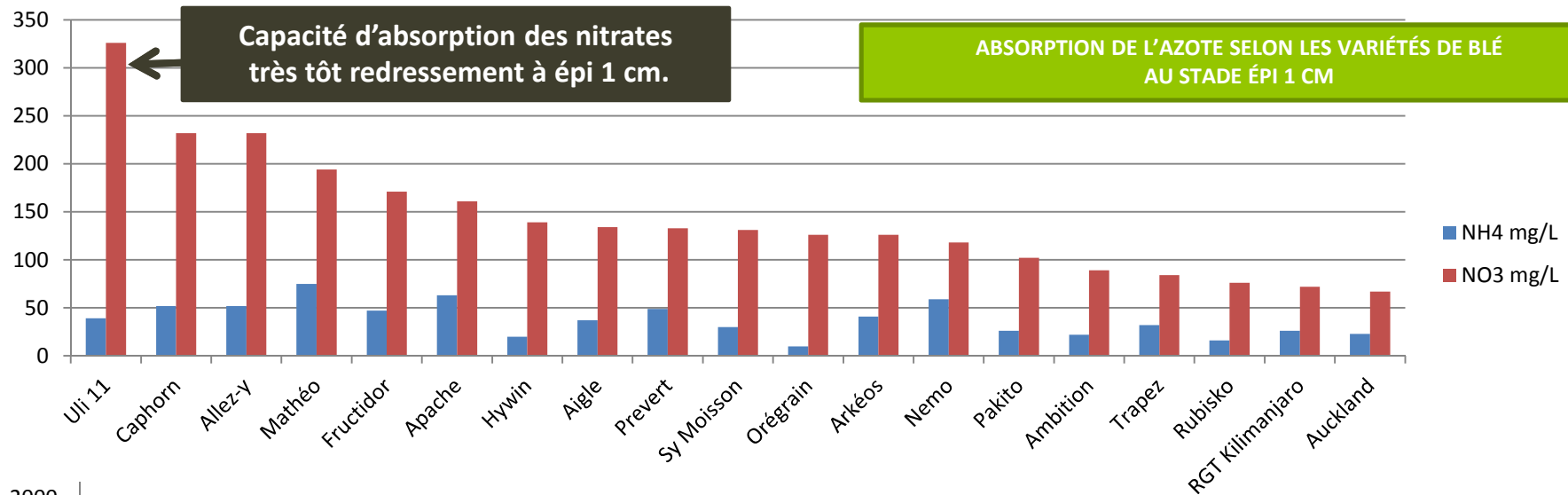
# L'analyse de la sève xylémienne : outil de pilotage de la fertilisation azotée



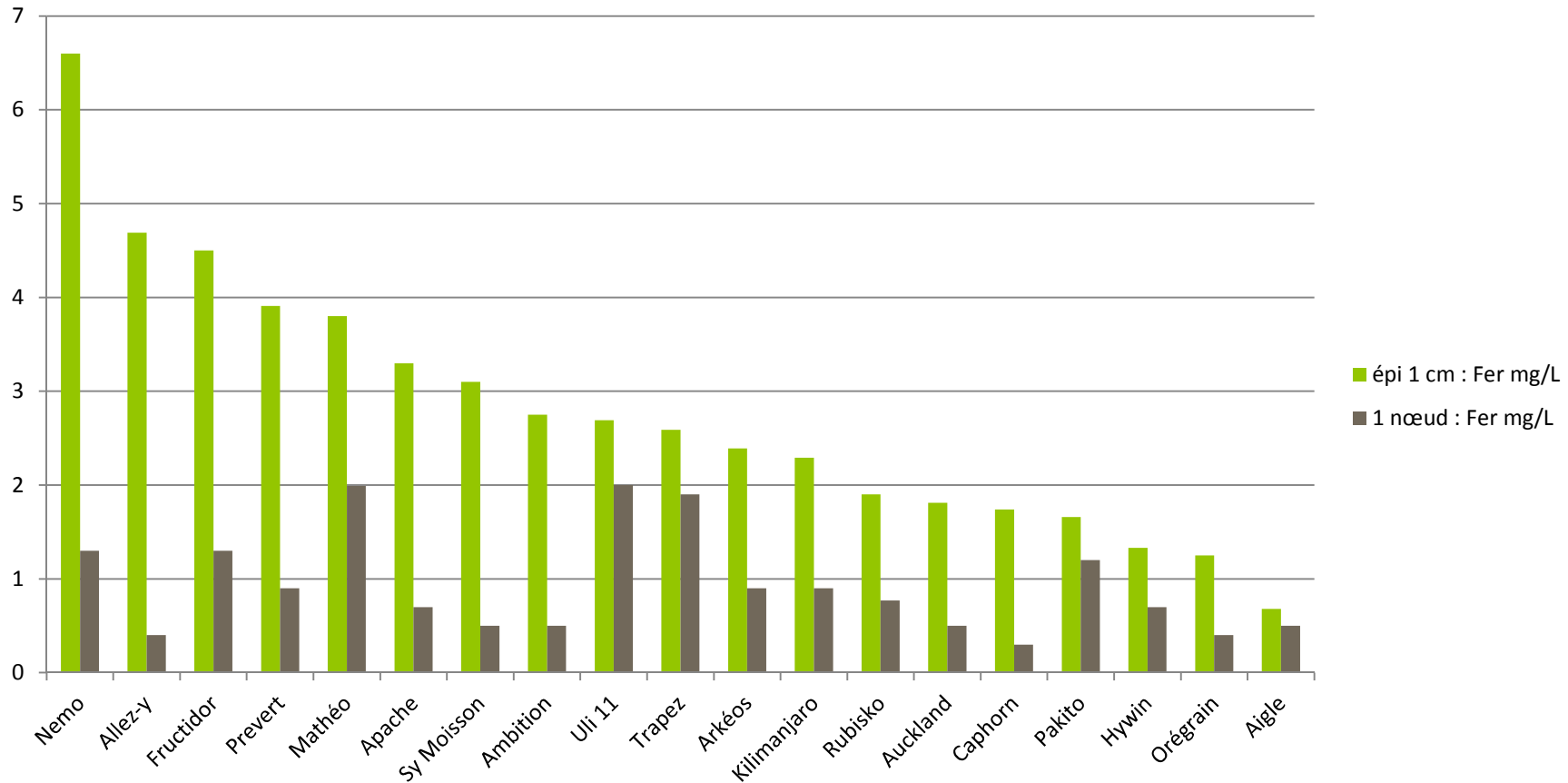
## Objectifs :

- Piloter les derniers apports d'azote par l'analyse de la sève xylémienne pour maîtriser le taux de protéines.
- Pour le blé et l'orge d'hiver : prévoir le taux de protéines au stade 1<sup>er</sup> nœud pour anticiper les derniers apports au stade 2 Nœuds (favoriser le stockage de l'azote dans les feuilles).
- Sur orge de printemps prévoir le plus tôt possible (épi 1 cm), le taux de protéines pour corriger la teneur en protéines en début de montaison.

# L'analyse de la sève xylémienne : outil de caractérisation des variétés (absorption de l'azote)



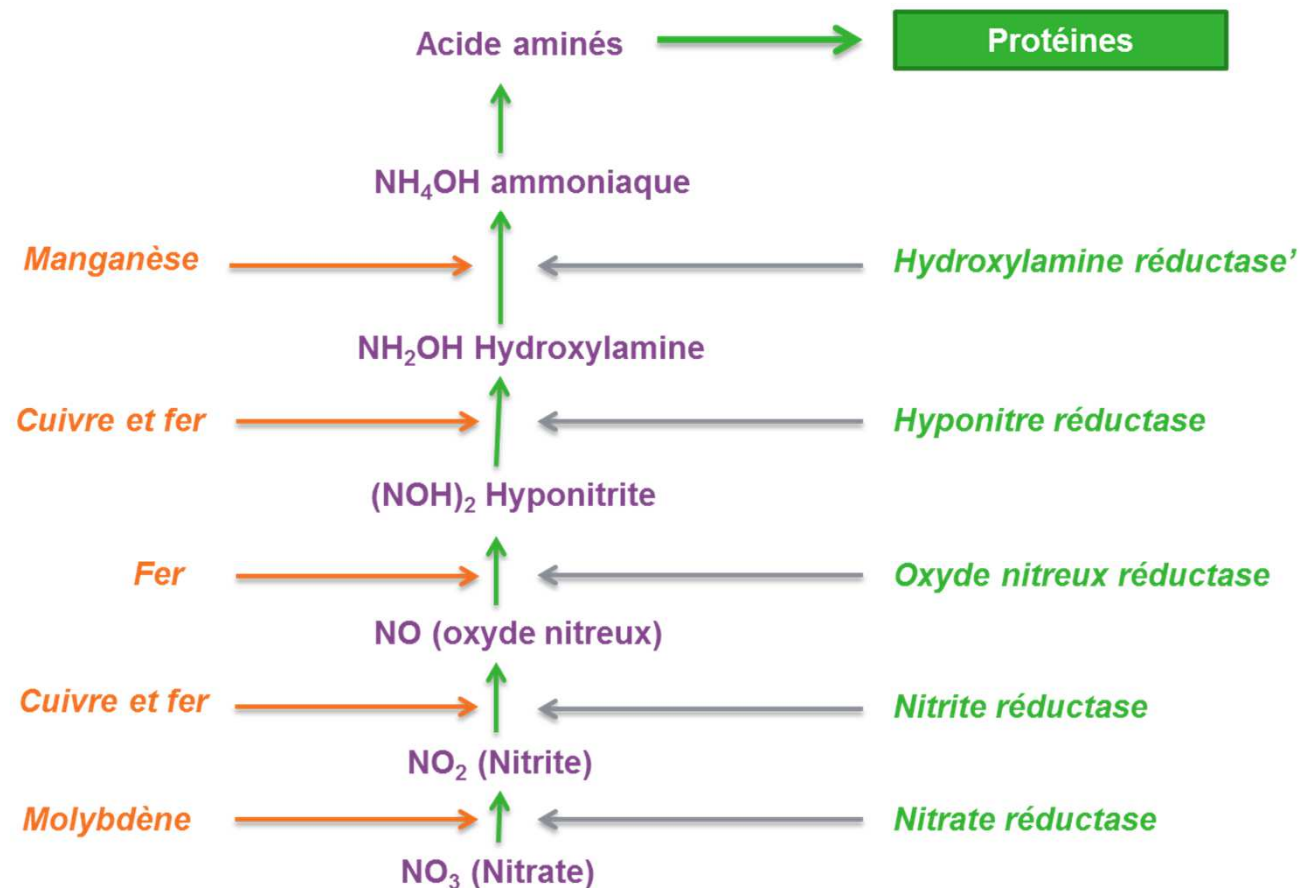
# L'analyse de la sève xylémienne : outil de caractérisation des variétés (absorption des oligo-éléments)



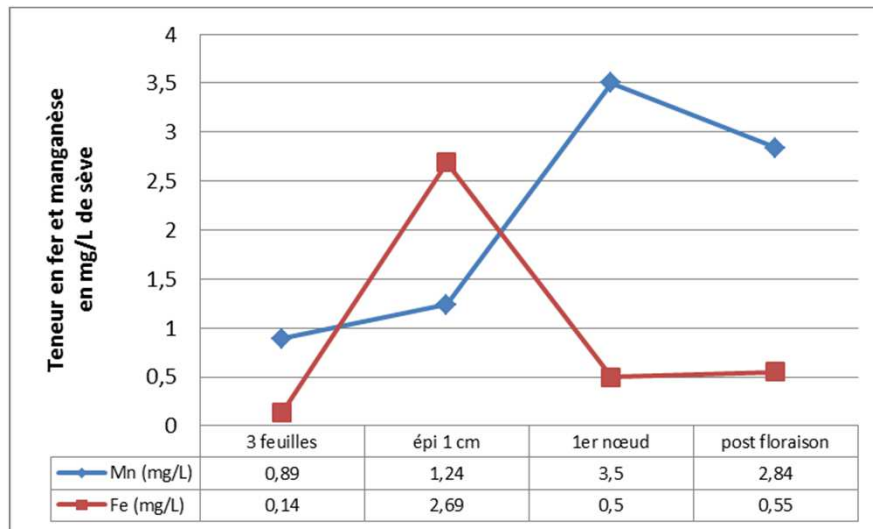


# L'analyse de la sève xylémienne : outil de pilotage des oligo-éléments (biosynthèse des protéines)

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



# L'analyse de la sève xylémienne : outil de pilotage des oligo-éléments (biosynthèse des protéines)



L'analyse de sève permet de réaliser les apports lorsque la plante est capable de véhiculer les éléments.

Apport du fer à épi 1 cm et apport du Manganèse au stade 1 à 2 nœuds

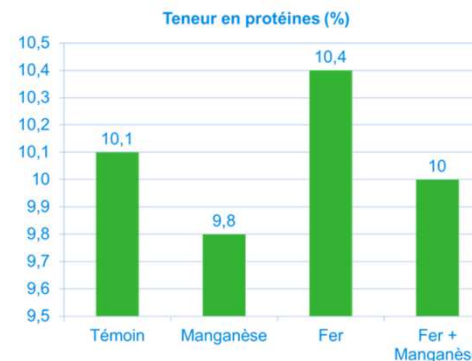
Orge de printemps :  
Cahier des charges protéines

Brasserie 9,5 à 11,5

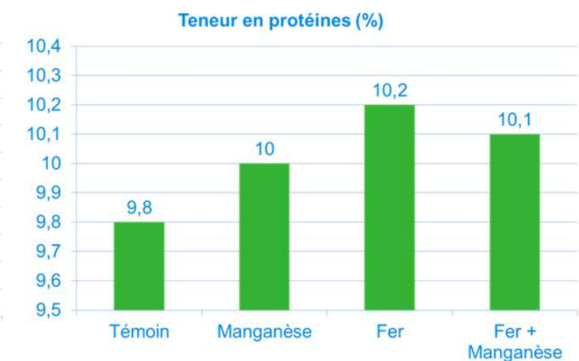
Distilling < 9,5 %

Principale variété produite en 2017 :  
RGT-Planet, taux de protéines 9,8% en moyenne

Rhèges 2014



Ramerupt 2015



## Conclusions & perspectives : application sur le terrain (récolte 2017)

Culture	Surfaces	Modèle	Taux protéine prévisionnel moyen En avril (stade 1 <sup>er</sup> nœud)	Taux protéine moyen À la récolte après correction N (objectif visé : 12%)
<b>Blé Tendre Hiver</b>	880 ha <i>(88 parcelles)</i>	Modèle azote	11,32 %	12,10 %
Culture	Surfaces	Modèle	Taux protéine prévisionnel moyen En avril (stade épi 1 cm)	Taux protéine moyen à la récolte
<b>Orge de printemps</b>	910 ha <i>(81 parcelles)</i>	Modèle azote	10,51 %	10,48%

70 exploitations agricoles

## Conclusions & perspectives : qualité des récoltes et respect de l'environnement

En blé - dosage de la sève xylémienne au stade 1<sup>er</sup> nœud :  
apport de la juste dose d'azote selon les besoins de la culture :  
Economie d'azote – réduction des émissions de gaz à effet de serre

Variétés	Conseil PPF	Apport N 1 <sup>er</sup> + 2 <sup>ème</sup>	% protéines évalué à 1 <sup>er</sup> nœud	Conseil moyen 3 <sup>ème</sup> apport N	% protéines récolte	Dose totale N kg N.ha <sup>-1</sup>
Auckland	244	180	11,60	30	11,98	210
Fructidor	235	184	11,44	40	11,86	224
Mathéo	225	176	11,27	50	12,48	225
Arkéos	225	178	11,18	20	10,95	198

En moyenne sur l'ensemble des 88 parcelles nous avons économisé :  
- 6 kg N/ha  
- Soit une réduction des EGES de 69 kg eqCO<sub>2</sub>/ha (source SYSTERRE®)

## Conclusions & perspectives : Qualité des récoltes et respect de l'environnement

En orge de printemps - dosage de la sève xylémienne au stade épi 1 cm :  
Correction de la fertilisation azotée selon les besoins des cultures :  
Economie d'azote – réduction des émissions de gaz à effet de serre

Variétés	Conseil PPF	Apport N 1 <sup>er</sup> + 2 <sup>ème</sup>	% protéines évalué à 1 <sup>er</sup> nœud	Conseil moyen 3 <sup>ème</sup> apport N	% protéines récolte	Dose totale N kg N.ha <sup>-1</sup>
Explorer	143	110	9,98	20	11,15	130
Sébastien	160	130	10,53	10	10,88	140
RGT-Planet	157	135	10,69	10	10,50	145

En moyenne sur l'ensemble des 81 parcelles nous avons économisé :  
- 20 kg N/ha  
- Soit une réduction des EGES de 230 kg eqCO<sub>2</sub>/ha (source SYSTERRE®)

# 13<sup>èmes</sup> Rencontres de la fertilisation raisonnée et de l'analyse

comifer

Gemas  
Expertise et études technologiques pour l'agriculture

Avec la participation de 



8 et 9  
Nov 2017  
La Cité des Congrès  
Nantes

## L'ANALYSE DE LA SÈVE XYLÉMIENNE, POUR PILOTER L'AZOTE ET LES OLIGO-ÉLÉMENTS

Philippe MICHONNEAU<sup>(1)</sup>, CharlottMERLIN-TERREY<sup>(1)</sup>,  
Bruno FELIX-FAURE<sup>(2)</sup>, Bernard DUZAN<sup>(2)</sup>

Merci pour votre attention

