

Influence du climat sur la disponibilité de l'azote en production de grains biologiques

Marc-Olivier Gasser, agr. Ph.D.,

Institut de recherche et de développement en agroenvironnement, IRDA

6 décembre 2018

Saint-Rémi



irda
DES RECHERCHES
TERRE À TERRE



Influence du climat sur la disponibilité de l'azote en production de grains biologiques

- Collaborateurs: Zonlehoua Coulibali, Étudiant U. Laval
 Gilles Tremblay CEROM
 Lotfi Khiari U. Laval
 Christine Landry, Simon P. Guertin IRDA
 Salah Zoghlami PGQ
 Éliane Bergeron Piette SPGBQ
- Objectif:
 - Évaluer comment les extrêmes climatiques affectent la disponibilité des éléments fertilisants (principalement l'azote) en production de grains biologiques et développer des pratiques agricoles permettant de corriger ou d'atténuer ces effets.

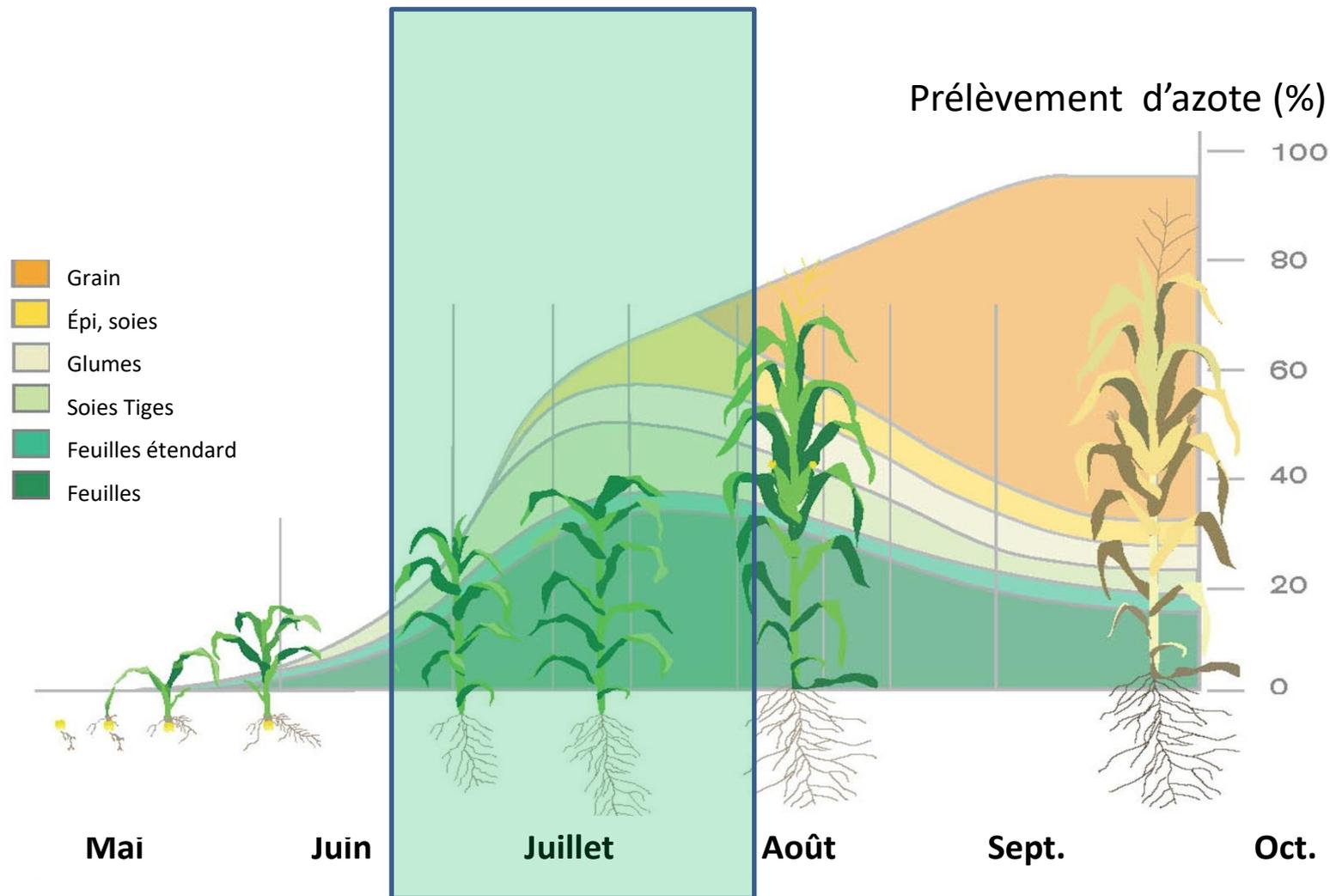


Influence du climat sur la disponibilité de l'azote en production de grains biologiques

- Objectif:
 - Évaluer comment les extrêmes climatiques affectent la disponibilité des éléments fertilisants (principalement l'azote) en production de grains biologiques et développer des pratiques agricoles permettant de corriger ou d'atténuer ces effets
- Méthode:
 - Réaliser une enquête auprès des producteurs
 - Définir les systèmes de production
 - Perception des problèmes climatiques et de fertilisation
 - Pistes de solution à explorer
 - Comparer la capacité des engrais verts vivaces ou de pleines saisons à fournir de l'azote en conditions climatiques contrastées



Optimiser l'apport en azote du sol et des engrais avec les besoins de la plante



Optimiser l'apport en azote du sol et des engrais avec les besoins de la plante

Fumier



EV

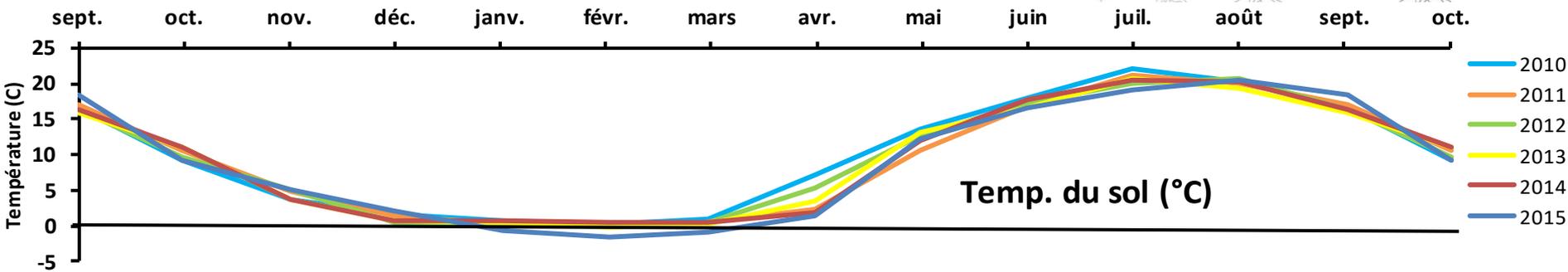
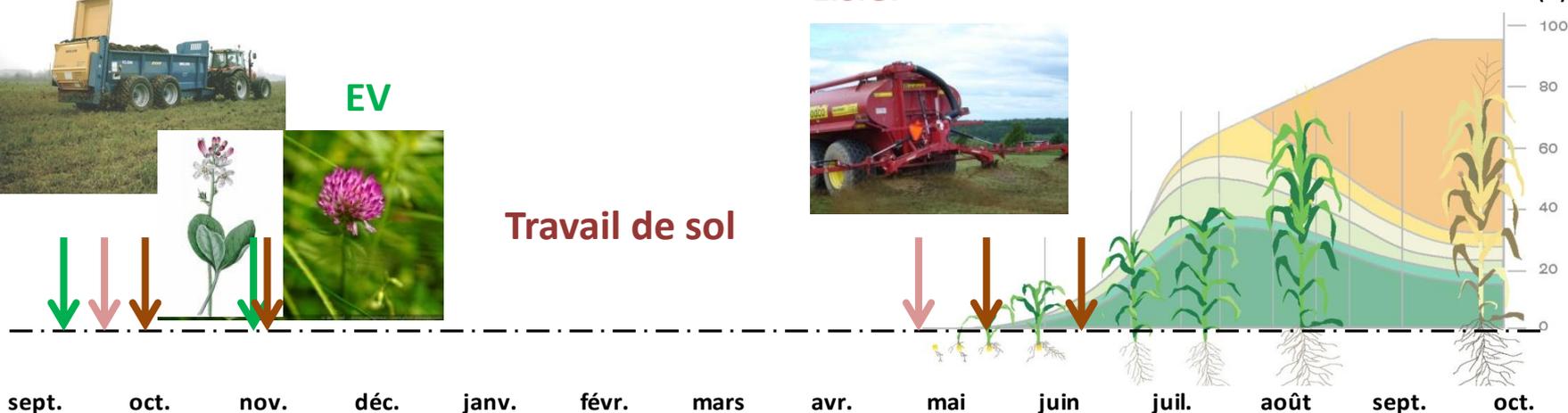


Lisier

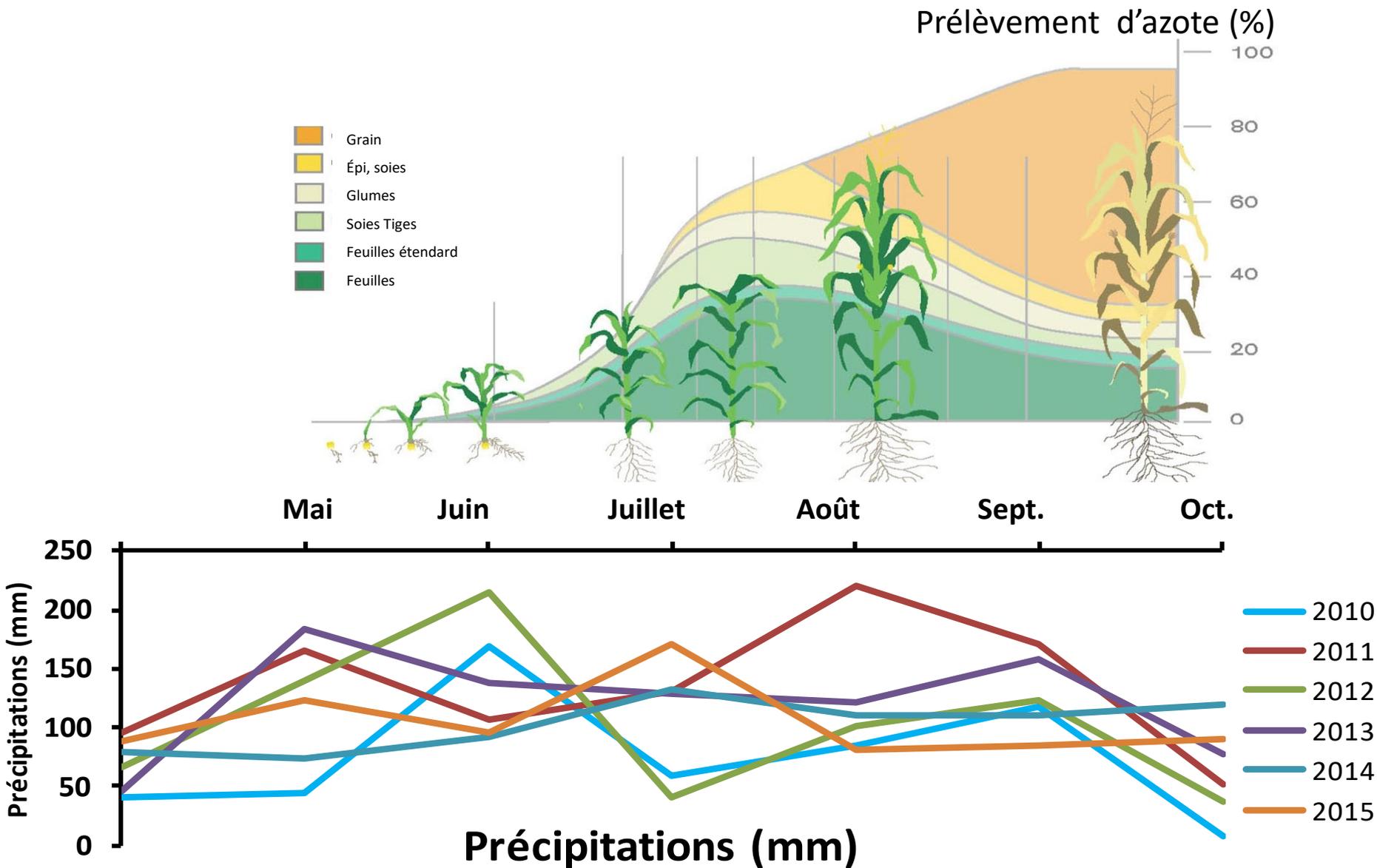


Prélèvement d'azote (%)

Travail de sol



Optimiser l'apport en azote du sol et des engrais avec les besoins de la plante



Incertitude sur la disponibilité de l'azote des effluents d'élevage

TYPE D'ENGRAIS DE FERME	TYPE D'AZOTE	RAPPORT C/N	EFFICACITÉ RELATIVE	MISE EN DISPONIBILITÉ	DÉLAI DE RÉPONSE
Purin	Ammoniacal	3	100 %	Rapide	Nul
Lisier porcs					
Lisier volailles					
Lisier bovins					
Fumier volailles					
Fumier bovins					
Fumier bovins					
Fumier bovins pailleux					

Source : Optimiser les engrais de ferme en situation de travail minimum du sol par Louis Robert, agronome, M.Sc. (M.A.P.A.Q.)

Incertitude sur la disponibilité de l'azote des engrais verts
 Incertitude sur les effets climatiques

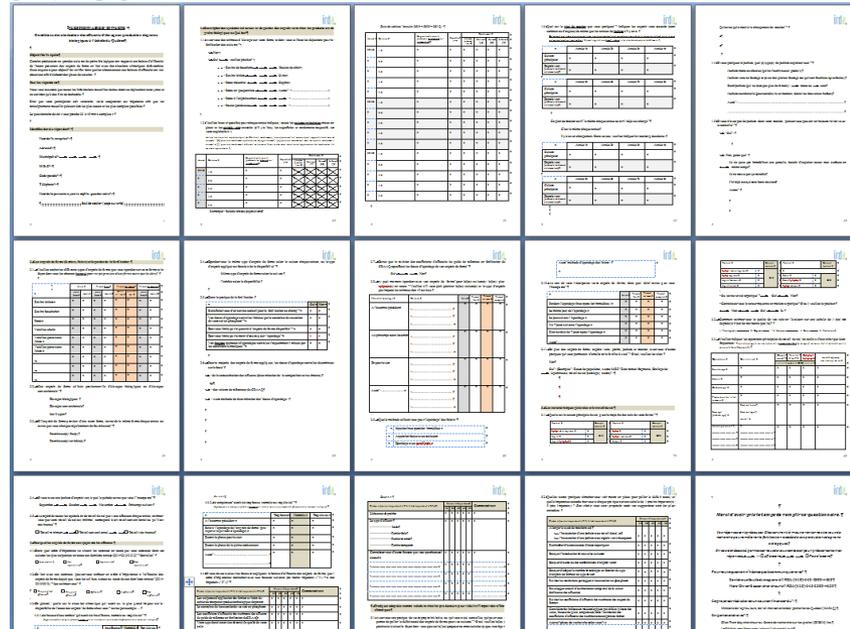
Changements saisonniers des températures et des précipitations pour le sud du Québec (Ouranos, 2015. Rapport synthèse)

Saison	Paramètres	2020	2050	2080
Hiver (DJF)	Températures	1,2 à 2,7 °C	1,8 à 4,3 °C	2,3 à 5,5 °C
	Précipitations	0 à 15 %	2 à 22 %	5 à 24 %
Printemps (MAM)	Températures	0,7 à 2,3 °C	1,4 à 3,5 °C	1,8 à 4,2 °C
	Précipitations	0 à 11 %	3 à 17 %	1 à 18 %
Été (JJA)	Températures	1 à 1,8 °C	1,6 à 3,3 °C	1,9 à 4,2 °C
	Précipitations	-2 à 10 %	-1 à 9 %	-4 à 12 %
Automne (SON)	Températures	0,8 à 2,1 °C	1,7 à 3,4 °C	2,1 à 4,3 °C
	Précipitations	-3 à 10 %	-2 à 13 %	-2 à 13 %

- Hausse des températures moyennes et du nombre de degrés-jours disponibles, favorisant un allongement de la saison de végétation
 - Augmentation du nombre de jours où la température sera supérieure à 30°C en été
- Augmentation de l'intensité des précipitations, notamment durant la période hivernale sous forme de pluie, favorisant les risques d'érosion des sols
- Devancement de la fonte du couvert de neige en climat futur

Influence du climat sur la disponibilité de l'azote en production de grains biologiques

- **Enquête auprès des producteurs de grains biologiques;**
 - Décrire les systèmes de production
 - Connaitre l'ampleur des problèmes liés au manque de N
 - Entendre les solutions proposées ou réalisables
- Élaboration, administration et analyse : mai 2015 à janvier 2016
- *Zonlehoua Coulibali , stagiaire à la Maîtrise avec Lotfi Khiari, Gilles Tremblay*
- *Administrateurs SPGBQ*
- 16 répondants / 75
- 15 pages: > 100 questions



Rapport publié en octobre 2016

www.irda.qc.ca



Résultats de la consultation

Coulibali et al. 2016

Tableau 1 - Répartition des répondants selon les régions administratives

Région administrative	Nombre de répondants
Bas-Saint-Laurent	1
Saguenay-Lac-Saint-Jean	1
Mauricie	1
Lanaudière	1
Laurentides	2
Montérégie	6
Centre-du-Québec	4
TOTAL	16

Résultats de la consultation

Coulibali et al. 2016

Tableau 2 - Proportion des répondants pratiquant un élevage

Espèce animale	Nombre et proportion des répondants		Localisation
Bovins laitiers	4	25,00 %	Laurentides
			Saguenay-Lac-Saint-Jean
			Montérégie (2)
Bovins de boucherie	2	12,50 %	Centre-du-Québec
			Bas-Saint-Laurent
Porcs	1	6,25 %	Montérégie
Poules pondeuses et poulettes	2	12,50 %	Lanaudière, Montérégie
TOTAL	9	56,25 %	

Résultats de la consultation

Coulibali et al. 2016

Tableau 3 - Cultures et superficies déclarées pour l'année 2015

Cultures	Nombre de répondants	Superficies cultivées (ha)
Maïs -grain	10	385
Soya	10	530
Blé (printemps et automne)	5	232
Épeautre de printemps	4	277
Avoine	4	148
Sarrasin	3	79
Chanvre	1	97
Brocoli/Chou -fleur	1	20
Céréale d'automne (non précisée)	1	25
Grains mélangés (avoine + blé + pois)	5	203
Orge	3	36
Seigle (automne et hiver)	4	106
Engrais vert (non spécifié)	1	33

Résultats de la consultation

Coulibali et al. 2016

Tableau 4 - Rotations types pratiquées en culture de grains biologiques

Durée	Succession de cultures	Observation
3 ans	Mais – Soya – Céréales	Sans élevage de bovins
4 ans	Maïs – Soya – Soya – Céréales	Sans élevage de bovins
5 ans et +	Maïs – Soya – Soya – Céréales (sous ensemencées ou non) suivie de la prairie (3 ans et plus)	Avec élevage de bovins

Résultats de la consultation

Coulibali et al. 2016

Lépinard et al. 2016

Tableau 5 - Les engrais verts utilisés

Engrais verts	Nombre de répondants
Raygrass	3
Pois	1
Avoine + Pois	2
Radis fourrager + moutarde	1
Trèfle rouge ou blanc	9
Seigle	1
Avoine + Radis huileux	1
Mélange prairie (Trèfle + Mil + Luzerne)	2

16 répondants

Plus utilisés	Intérêt
Pois	Pois
Avoine	
	Trèfles
Seigle	
	Luzerne
Sarazin	Vesce

69 répondants

Résultats de la consultation

Coulibali et al. 2016

Tableau 6 - Utilisation des prairies et jachères

	Nombre de répondants
Prairie	4
Jachère annuelle de trèfle	1
Demi-jachère morte	1
Demi-jachère vive (ou verte)	8
Jachère occasionnelle	2

Tableau 6B Période d'enfouissement

	Nombre de répondants
à l'automne (octobre ou novembre)	15
au printemps suivant dont 1 enfoui aussi à l'automne	3

Résultats de la consultation

Coulibali et al. 2016

Tableau 7 – Types d’engrais de ferme utilisés

	Nombre de producteurs par catégorie			
	Bovins	Porcs	Volailles à chair et poulettes	Poules pondeuses
Toute forme confondue	8	4	7	10
Qui en importent	2	4	6	8
Lisier	4	5		
Fumier frais	4		7	
Fumier composté	3			
Fientes fraîches				5
Fientes séchées				5
Entreposé en amas	1		4	4

Tableau 8 – Appréciation des carences en azote et de l'efficacité des engrais de ferme

	pas de carences	peu importantes	importantes
Carences en azote	1	8	7

	toujours efficaces	efficaces	moins en moins efficaces
Les engrais de ferme	6	7	3

Résultats de la consultation

Coulibali et al. 2016

Tableau 9 – Appréciation des variations climatiques

	Pluviométrie			Température		
	Trop basse	Normale	Très élevée	Trop basse	Normale	Trop élevée
À l'automne précédent la saison	-	12	1	2	10	-
Pendant ou à la suite des épandages d'engrais de ferme	-	11	1	3	8	-
Après la levée de la culture	1	8	5	5	8	1
Durant la croissance des cultures	1	8	3	2	9	2

Tableau 10a - Facteurs influençant l'efficacité de la fertilisation azotée

	Niveau d'importance				
	5 (très)	4	3	2	1 (pas)
Les exigences du cahier de charge en agriculture biologique pour l'application des fumiers et lisiers	1	3	2	2	6
La contrainte de la saturation des sols en phosphore	5	1	3	3	4
Les coefficients d'efficacité des nutriments révisés du CRAAQ (2013)	2	3	3	3	4
Le type de sol et son état de santé, compaction	5	3	4	2	1
Les conditions du sol (de terrain) défavorables pour les travaux	6	3	3	3	0
Les conditions climatiques défavorables (trop ou très peu d'eau, température trop basse ou élevée)	6	6	2	0	1
La pression des mauvaises herbes	6	5	3	1	0

Tableau 10b - Facteurs influençant l'efficacité de la fertilisation azotée

	Niveau d'importance				
	5 (très)	4	3	2	1 (pas)
Le type d'engrais verts	3	3	5	1	3
Le type de rotation (longueur du cycle et cultures)	4	5	1	4	1
L'absence de jachère	2	2	1	1	8
L'absence de prairie	3	2	5	2	4
Le type d'effluent : - Lisier	2	2	3	1	2
- Fumier frais	2	3	2	2	2
- Fumier en amas	1	1	1	1	5
- Fumier composté	1	1	2	1	5

Tableau 11 - Pratiques suggérées pour optimiser la fertilisation azotée

Pratiques suggérées	Nombre
Utilisation accrue de fumier de volailles et de lisier de porcs	1
Drainage souterrain et nivellement de surface dans les endroits problématiques	1
Fumier de poulet après le battage de céréales, semis d'avoine + pois à enfouir à l'automne	1
Combinaison fumier en amas + fientes de poules granulées (8 + 1 t/ha respect.)	1
Ne pas appliquer de fumier quand la température du sol est inférieure à 10°C	2
De longues périodes de prairies (jachères vertes)	3
La culture sur billons	4
Fientes de poules déshydratées et granulées en bande le long des rangs	5
Ne pas appliquer de fumier à l'automne s'il n'y a pas de culture vivante	6

Tableau 12 - Pratiques proposées pour optimiser la fertilisation azotée

Axes de recherche	Plus important	Moins important
Allonger le cycle de rotation avec :		
- l'instauration d'une jachère morte travail du sol, ou	5	8
- l'instauration d'une jachère avec engrais vert à incorporer	11	4
Essayer nouvelles combinaisons d'engrais verts	15	1
Rechercher nouvelles sources d'azote organique	14	2
Introduire nouvelles cultures	14	2
Réviser les restrictions des quantités à épandre par rapport à la saturation du sol en phosphore	11	5
Réviser les coefficients d'efficacité des nutriments des effluents d'élevage	11	5
Développer un outil d'estimation en temps réel de la valeur fertilisante des effluents d'élevage	10	6
Considérer les indicateurs météorologiques dans l'estimation des coefficients d'efficacité des nutriments des engrais de ferme	9	7
Adapter le nombre de sarclages en fonction du type d'engrais de ferme et du type de sol	7	5

Tableau 13 – Autres pratiques suggérées par les répondants

Axes de recherche

Systèmes de culture gagnants

- faire le point au niveau de la recherche
- les plus résilients face aux effets climatiques

Essayer d'autres ou des **combinaisons d'engrais verts plus performants, légumineuses**

Faire une **foire à succès** en tenant compte de la région, du sol et des cultures.

Évaluer l'**activité microbienne** du sol qui conditionne la disponibilité des éléments nutritifs

Recherche de **meilleurs inocula** pour les différentes céréales

Efficacité de la **culture sur billons** en conditions de températures plus fraîches au printemps

Réduire les problèmes de **compaction** ou augmenter la teneur en **matière organique** des sols

Conclusions

Pressions

Carences en N sont modérées

Les effets climatiques sont modérés

Les contraintes liées à l'utilisation des fumiers sont bipolaires

Le manque de prairie ou de rotation longue

Conclusions

Solutions à mettre de l'avant

Ne pas appliquer de fumier à l'automne s'il n'y a pas de culture vivante

Fientes de poules déshydratées et granulées en bande le long des rangs

Développer les engrais verts et les jachères (vesce, pois fourrager, luzerne, trèfles)

Développer la culture sur billons

Améliorer la condition du sol et une meilleure activité microbienne

Projet Innov'Action Volet 1: 2106-2018 (Saint-Bruno)

Comparaison de cultures annuelles et de fin de saison d'engrais vert de légumineuses pour augmenter la résilience du sol et fournir un apport suffisant de N dans un contexte climatique défavorable

Comparaison d'engrais verts de légumineuses :

- 1. Témoin (sans engrais vert)
- *pleine saison (jachère annuelle)*
 2. prairie de trèfles-luzerne
 3. vesce velue avec céréale
- *fin de saison (demi-jachère)*
 4. trèfles intercalaire enfouis à l'automne
 5. trèfles intercalaire enfouis au printemps
 6. Pois fourrager 4010 à la dérobée

Simulation d'excès d'eau (conditions anoxiques) avec système de drainage contrôlé

Capacité du sol à mieux supporter ces excès et fournir N à la culture de maïs

Comparaison de cultures annuelles et de fin de saison d'engrais vert de légumineuses pour augmenter la résilience du sol et fournir un apport suffisant de N dans un contexte climatique défavorable

2016 : maïs-grain avec ray-grass

2. ou mélange trèfle rouge, ladino et luzerne en intercalaire

2017 : blé avec implantation des autres engrais verts

3. vesce velue avec seigle
4. trèfles intercalaires enfouis à l'automne
5. trèfles intercalaires enfouis au printemps
6. pois fourrager 4010 à la dérobée (aucune croissance à l'aut. 2017)
1. témoin (sans EV)

2018 : maïs-grain

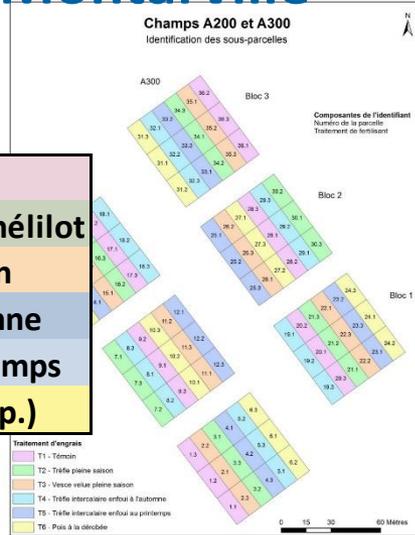
Doses variables de fumier de poules pondeuses (Acti-sol) (0, 75, 150 kg N dispo/ha)

Simulation d'excès d'eau (conditions anoxiques) avec système de drainage contrôlé

Capacité du sol à mieux supporter ces excès et fournir N à la culture de maïs

Dispositif expérimental Saint-Bruno-de-Montarville

- T1** Témoïn sans EV
- T2** Prairie luzerne, trèfles, mélilot
- T3** Vesce velue pleine saison
- T4** Trèfles interc. enf. automne
- T5** Trèfles interc. enf. printemps
- T6** Témoïn (Pois non développ.)



Biomasse de blé et d'engrais verts en 2017

	13 sept 2017				13 oct 2017	Σ biomasses vertes	Σ biomasses avec pailles
	Grain de blé	Paille de blé	Biomasse verte avec paille	Biomasse verte	Biomasse verte		
Rendement (base sèche) (tm/ha)							
T1 Témoin sans EV	2.4	3.8					3.8
T2 Prairie luzerne, trèfles, mélilot				2.6	0.8	3.4	3.4
T3 Vesce velue pleine saison					2.3	2.3	2.3
T4 Trèfles interc. enf. automne	2.4	2.5	2.6		0.9	3.5	6.0
T5 Trèfles interc. enf. printemps	2.4	2.3	2.6		1.3	3.9	6.2
T6 Témoin (Pois non développ.)	2.2	3.4					3.4
N biomasse (kg/ha)							
T1 Témoin sans EV	43	27					27
T2 Prairie luzerne, trèfles, mélilot				76	29	105	105
T3 Vesce velue pleine saison					81	81	81
T4 Trèfles interc. enf. automne	41	18	51		20	70	89
T5 Trèfles interc. enf. printemps	41	18	50		26	76	94
T6 Témoin (Pois non développ.)	39	24					24
C/N							
T1 Témoin sans EV	24	58					58
T2 Prairie luzerne, trèfles, mélilot				15	12	13	13
T3 Vesce velue pleine saison					13	13	13
T4 Trèfles interc. enf. automne	25	56	22		21	21	33
T5 Trèfles interc. enf. printemps	26	52	23		22	23	32
T6 Témoin (Pois non développ.)	24	56					56

Évolution du nitrate à 4 dates en 2018

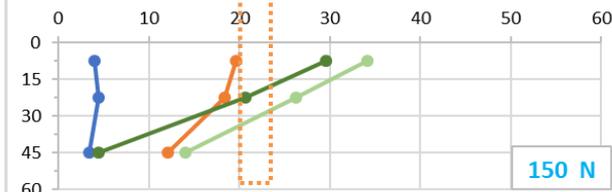
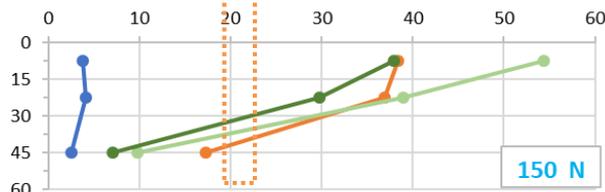
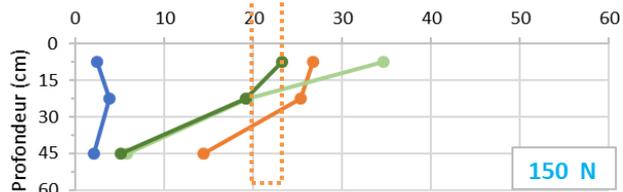
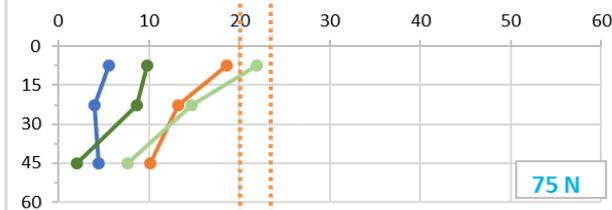
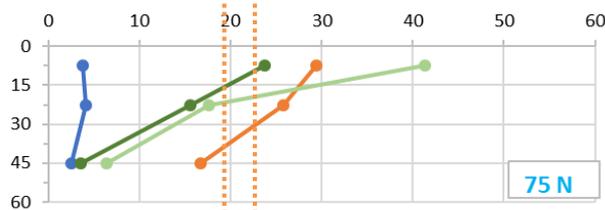
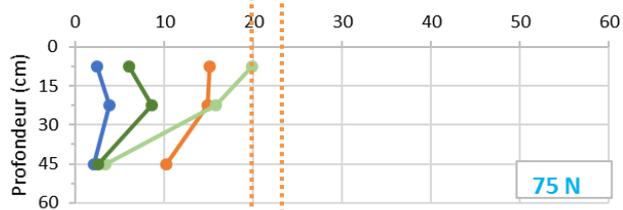
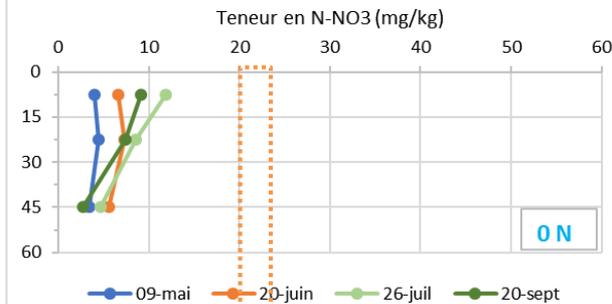
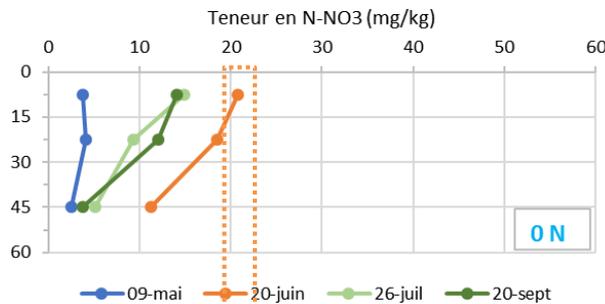
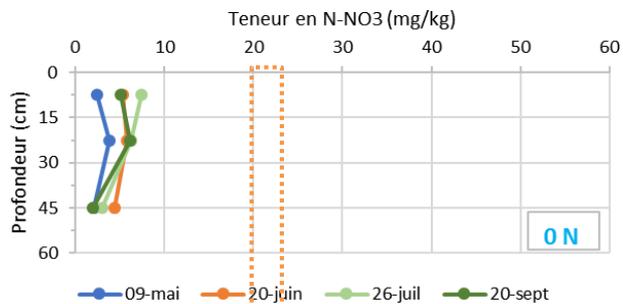
● 09-mai ● 20-juin ● 26-juil ● 20-sept

et 3 profondeurs sous le maïs-grain
fertilisé à 3 doses de N (Acti-sol)

T1 – témoin
sans EV

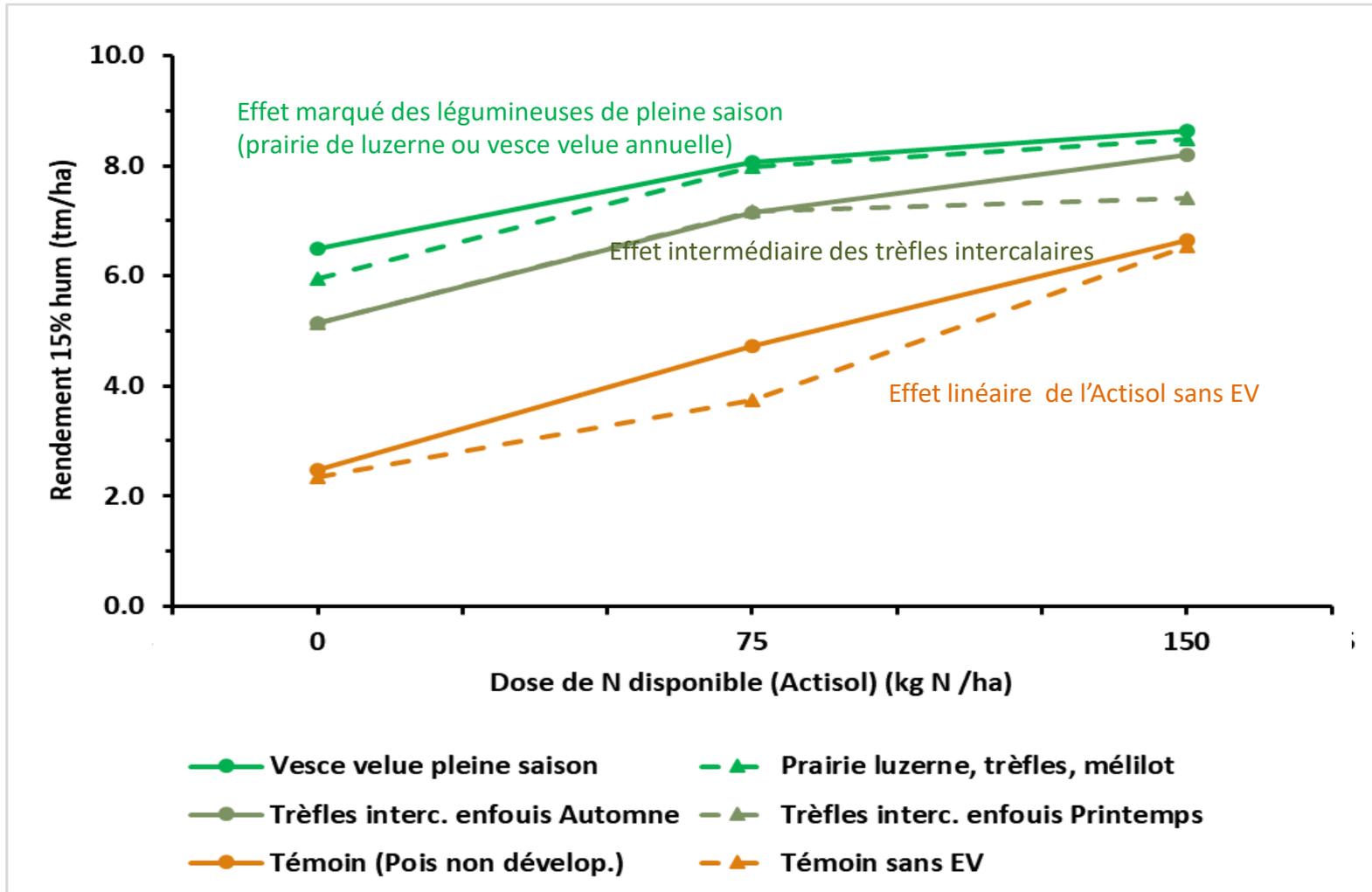
T2 – prairie
luzerne, trèfles

T4 - trèfles intercalaires
enfouis à l'automne

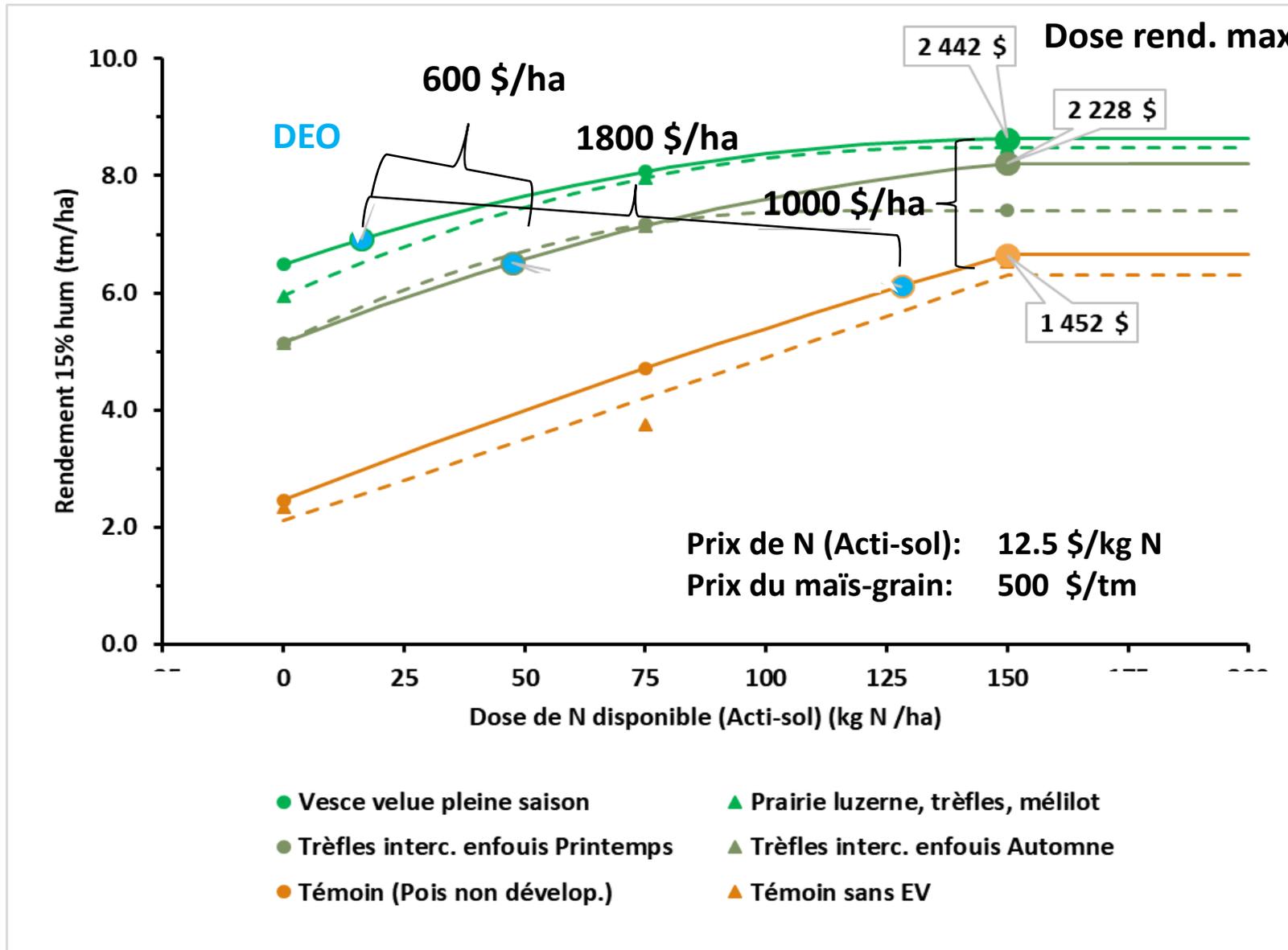


- 20-25 mg/kg de N-NO₃ : Seuil de non réponse aux engrais en post-levée dans le maïs (stade 6 feuilles)
- Seuil presque atteint sans engrais N sous T2 - prairie de légumineuses

Courbes de réponse à N (Acti-sol) selon engrais verts



Profitabilité des engrais verts selon courbes de réponse à N



- Conclusion sur l'essai en cours

Jachère pleine saison de légumineuses
(vesce velue ou prairie de luzerne-trèfles)

VS

Cultures intercalaires de trèfles dans le blé

- Apport plus important N des pleines saisons
- À la limite aussi rentable que l'intercalaire
 - 500 \$ tm d'Actisol = 12,5 \$ kg de N disponible vs 500 \$ tm de maïs
 - Gain de revenu en maïs-grain et en réduction d'Acti-sol =
Faible revenu du blé (2,4 tm/ha) à 400 \$/tm



- **Conclusion sur l'essai en cours**
 - Encore beaucoup de résultats à traiter:
 - Effets de l'eau dans le profil et des teneurs en N minéral sur les réponses du maïs à l'engrais
 - Effets des engrais verts sur la physique du sol et les réponses du maïs à l'engrais
 - Influence du climat sur la disponibilité de l'azote en production de grains biologiques



• Merci

A. Michaud

IRDA

M-E Tremblay, W. Huertas, A. Blais-Gagnon, D. Dugré, F. Allard

G. Tremblay S.P. Guertin

MAPAQ

Z. Coulibali, L. Khiari

U. Laval

P. Labonté É. Bergeron Piette

SPGB

A. Weill

CETAB

T. Dewavrin

producteur

C. Landry C. Côté

IRDA

S. Zoghلامي

PGQ

Programme Innov'Action MAPAQ-AAC

Laboratoire sur la qualité
des sols et de l'eau

