

Détermination des besoins unitaires du maïs popcorn

Groupe de travail Azote Soufre
28/06/2024 - Paris

Avec la participation de Natais, d'Agro d'Oc et GR Ceta Landes



La culture du maïs popcorn



Nataïs produit du maïs popcorn en France depuis 30 ans (Occitanie et Nouvelle Aquitaine).

-> **7 600 ha en 2024**



Le maïs popcorn présente des variétés demi-précoces à demi-tardives (indice 310 à 480), il **se sème tôt** (avant le 20/04) pour permettre un séchage lent du grain sur pied. L'objectif est ainsi **de récolter le grain à 20% d'humidité maximum** ce qui garantit un bon volume d'éclatement.

- **Grain du maïs popcorn :**

- Grain corné
- Principalement albumen vitreux et très peu d'albumen farineux
- Vigueur de départ plus faible
- Système racinaire moins développé

- **Pour qu'un popcorn éclate bien, il faut**

- Robustesse de l'endosperme (contient les glutelines et gluteines)
- Bonne répartition amidon amylose-amylopectine
- Semble que densité, taille et composition protéines influence l'éclatement

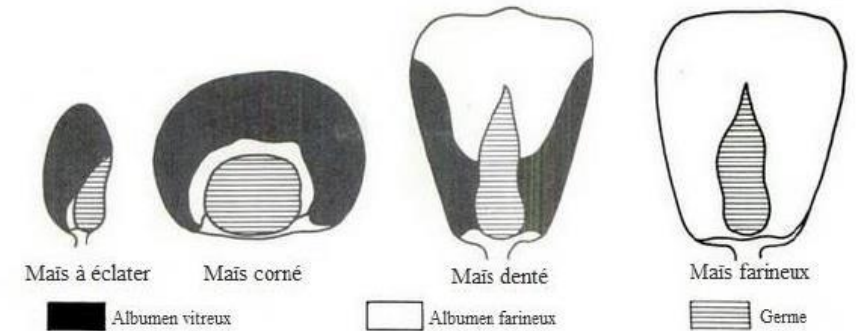
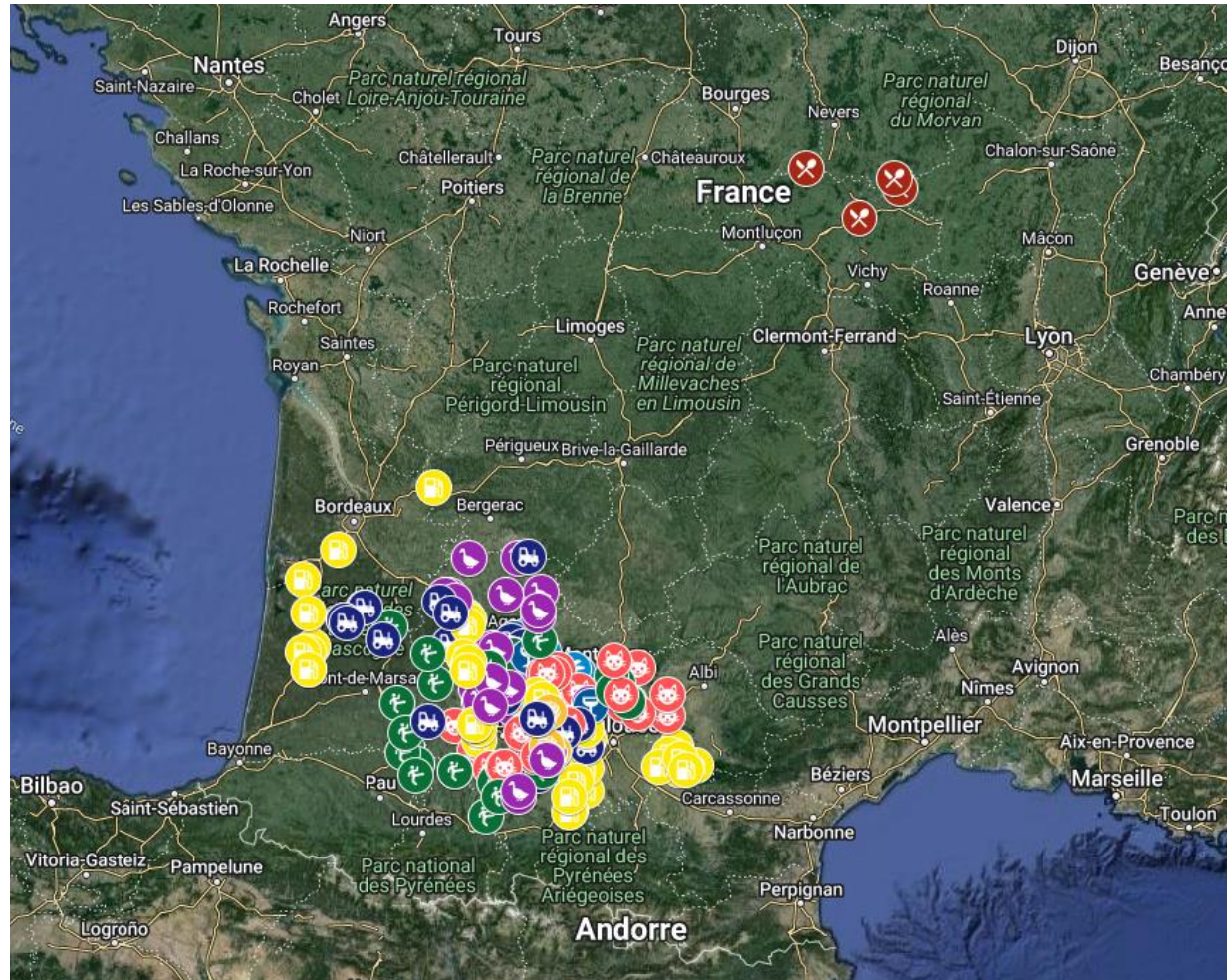


Figure 5 : Constitution des grains des quatre principaux types de maïs (Source: BRUNSON et RICHARDSON, 1958)



Zones de production

- Grand sud-ouest
- Allier



Rendements historiques (t/ha) par zone (2020 - 2023)

conv	rdt éq. 1,8 24
ADOUR	5,2
BEZERIL-GIMONT	5,4
CENTRE	6,7
GARONNE	6,6
LANDES	7,4
LOMAGNE TENAREZE	5,7
QUERCY-PERIGORD	6,2
SUD TOULOUSE	6,7
TARN	5,3
TARN VALLEE	7



Pratiques de fertilisation sur maïs popcorn

- Engrais starter fortement recommandé pour améliorer la vigueur (14-48 ou 18-46)
- Entre 150 et 250 kgN/ha, fractionné en 2 apports (2-3 feuilles et 5-6 feuilles)
- Une grande partie de notre réseau se situe en zone vulnérable et doit produire un plan de fumure. Or pour le maïs popcorn, il existe un flou qui ne permet pas la transparence d'une réalité technique avec un cadre réglementaire clair
- Par ailleurs, un travail est mené chez Nataïs depuis 2 ans sur un réseau de parcelles qui ont reçu des couverts de légumineuses depuis plusieurs années afin de prendre en compte un « fond de roulement » d'azote qui permettrait de baisser les apports. Ce travail prend en compte le reliquat sortie hiver, l'azote restitué par le couvert et la minéralisation en cours de culture. Nous serons amenés à préconiser une méthode afin d'adapter les doses dans ces contextes.
Le réseau compte 75% de couverts avant maïs popcorn dont une majorité à dominante féverole, l'enjeu est donc important.



Contexte réglementaire

$Pf = (b * y)$ avec :

b = besoins par unité de production

y = Objectif de rendement

Rf = Quantité d'azote minéral dans le sol à la fermeture du bilan

Pour le maïs semence, le tableau 2 indique en fonction de l'objectif de rendement le t regroupe les termes b et y (cf. tableau 2).

1.1 Besoins par unité de production (b)

Tableau 1: Besoins en azote des cultures pour produire 1 quintal de grain

Type	Rendements	Besoins N (kg/q) : b
Maïs Grain et Maïs Pop corn*	< 100 q/ha	2,3
	100 à ≤120 q/ha	2,2
	>120q/ha	2.1
Maïs fourrage	< 14t MS/ha	14
	14 à 18t MS/ha	13
	>18t M/ha	12
Maïs doux	Epis sans Spathes	10
	Epis avec Spathes	12
Sorgho Grain	< 50q/ha	2.9
	50 à 80	2.5
	80 à 100	2.3
	> 100	2.1
Sorgho fourrage	0 à 10t MS/ha	16
	10 à 15t MS/ha	14
	> 15t MS/ha	12.5

* Pour l'ensemble du document, le maïs popcorn est considéré comme du maïs grain

- En Occitanie, arrêté du 27 Juillet 2022
- Le maïs popcorn = maïs grain



Acquisition de références sur les besoins unitaires

- Lors de la mise en place du 5^{ème} programme d'action de la DN, le maïs popcorn est considéré comme le maïs conso -> **doses prévisionnelles calculées très/trop faibles**
- Nataïs décide donc d'établir un référentiel de besoins unitaires pour le maïs popcorn -> **mise en place d'un réseau expérimental, basé sur des courbes de réponse à l'azote**
- Depuis 2015, 30 essais ont été réalisés avec protocole COMIFER, en collaboration avec Arvalis (protocole et analyse de résultats)
- **Agro d'Oc réalise pour Nataïs :**
 - 2015 : **3 essais** (3 sites, 7 variétés)
 - 2016 : **3 essais** (3 sites, 6 variétés)
 - 2017 : **2 essais** (1 site, 2 variétés)
 - 2023 : **2 essais** (2 sites, 1 variété)
- **Environ 10 essais exploitables et exploités par Arvalis**
- Récemment :
 - 2022 : forts reliquats (Alem couverts légumineuses depuis plusieurs années, Thirouin présence importante d'azote dans l'eau d'irrigation) → p-value forte, résultats non-retenus
 - 2023 : faibles rendements sur le précédent, automne et hiver sec, forts reliquats azotés → résultats retenus mais coefficient b calculé relativement faible comparé aux années précédentes

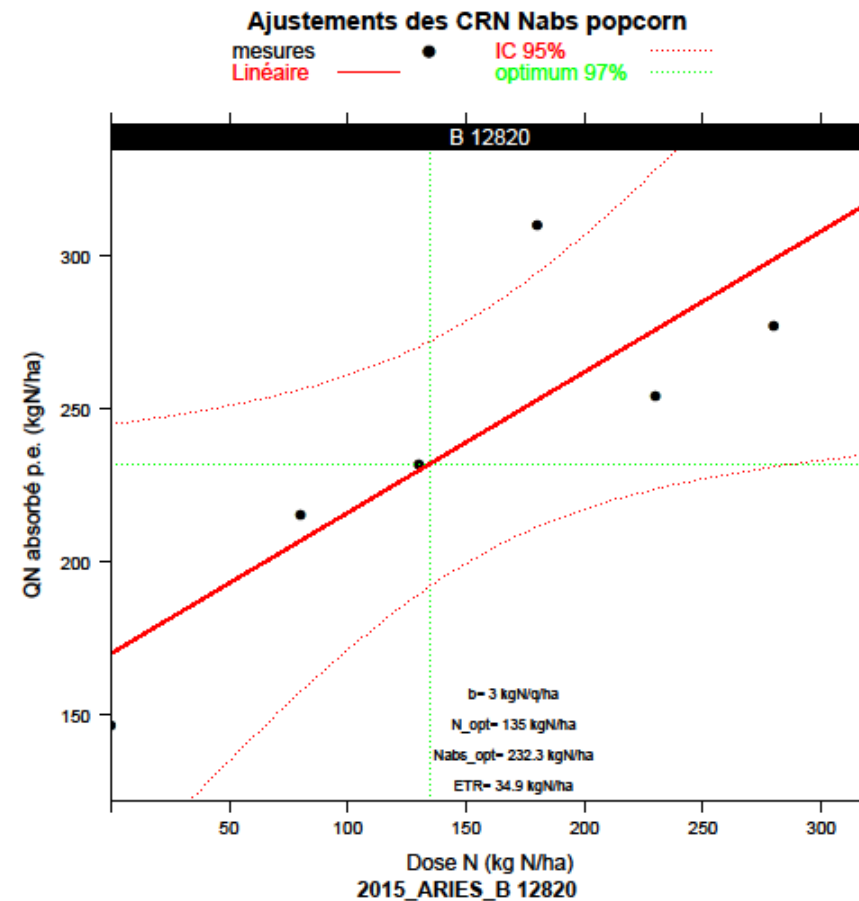
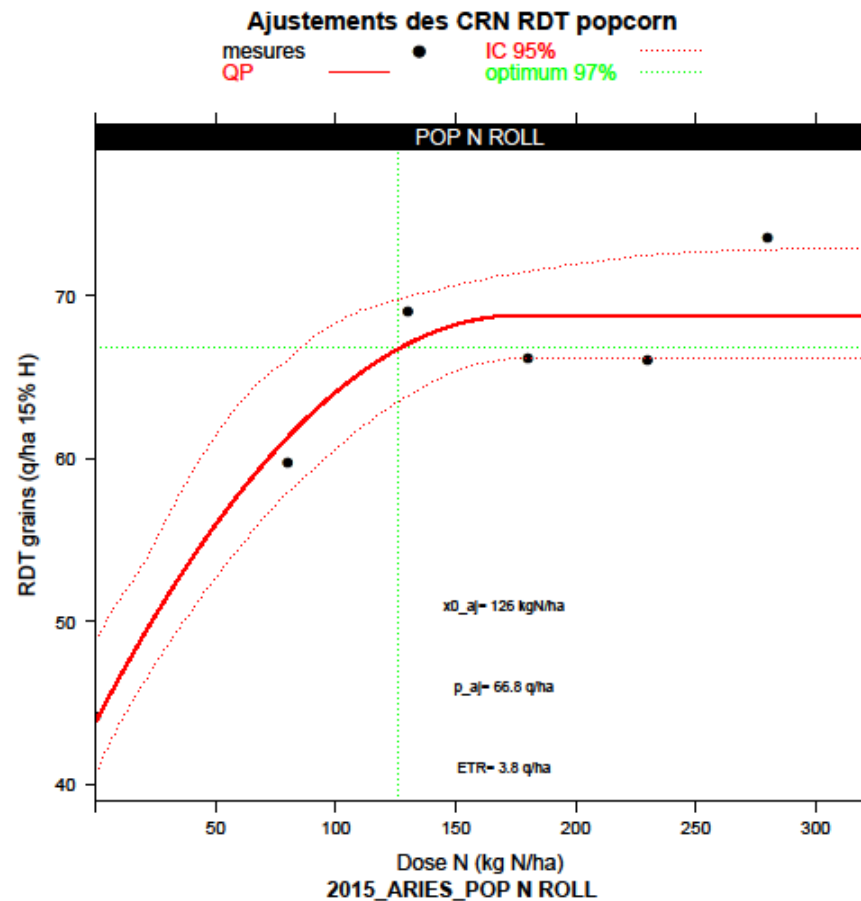


Exploitation des courbes de réponse

Essais 2015

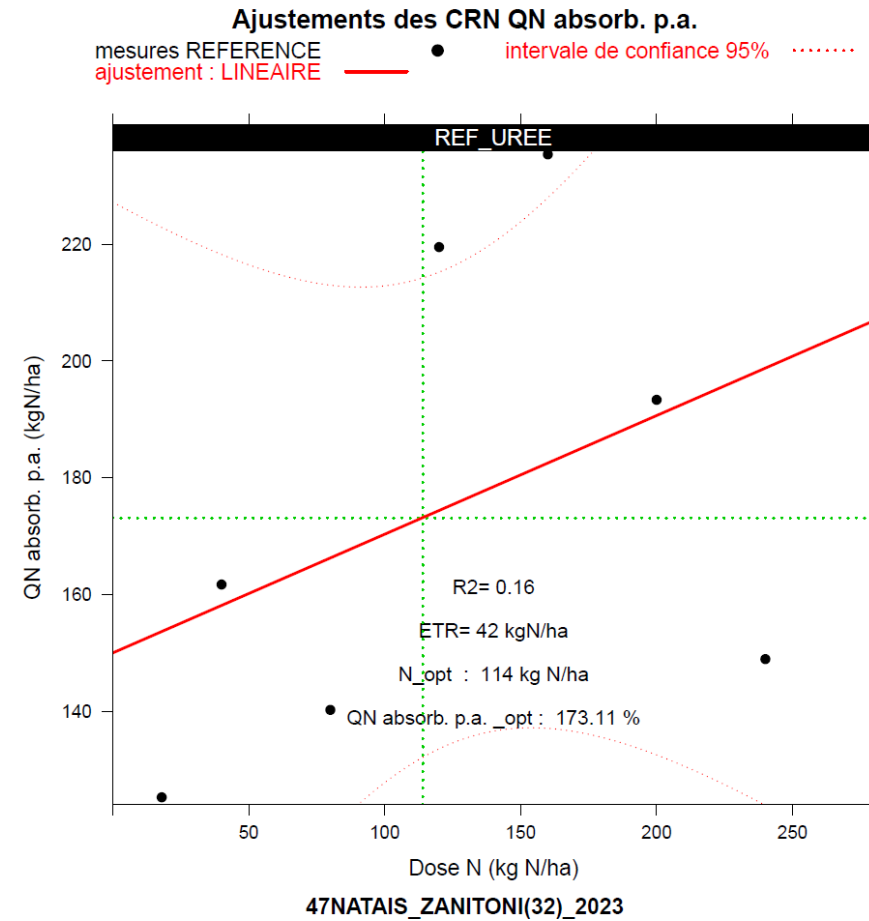
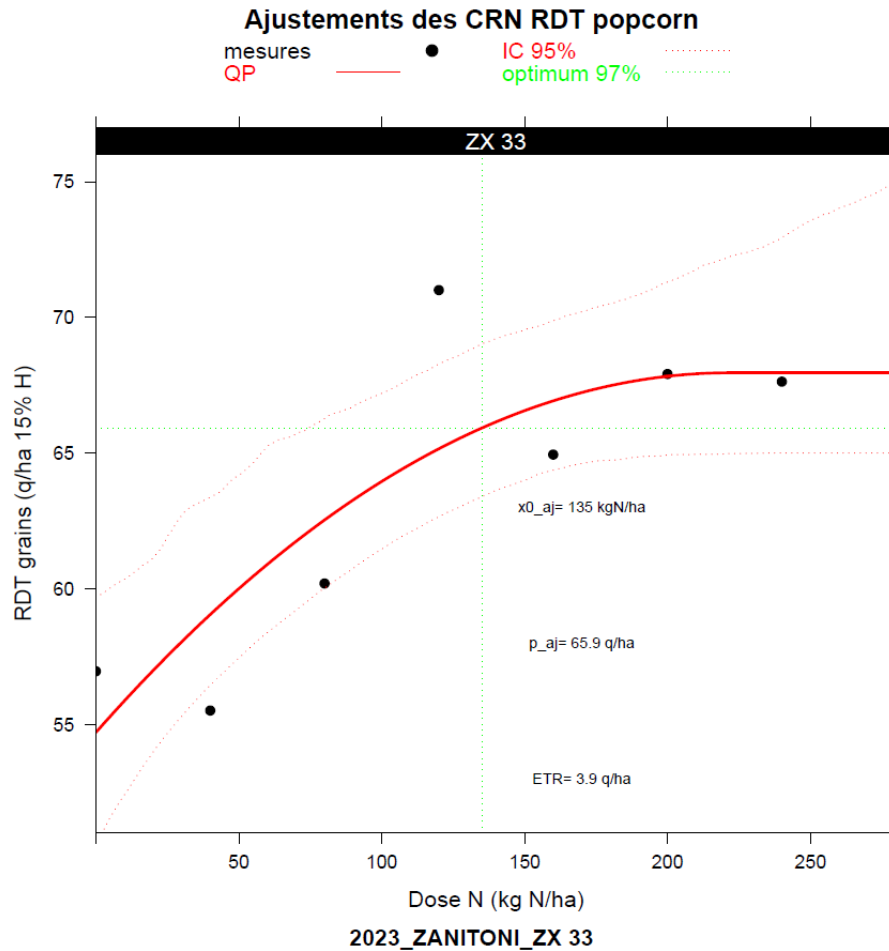
Ajustement des courbes de réponse rdt (QP) -> utilisation du seuil de 97% du rendement plateau

Ajustement des courbes de réponse Nabs (L) -> calcul du Nabs plante entière à la dose optimale pour 97% du rendement plateau



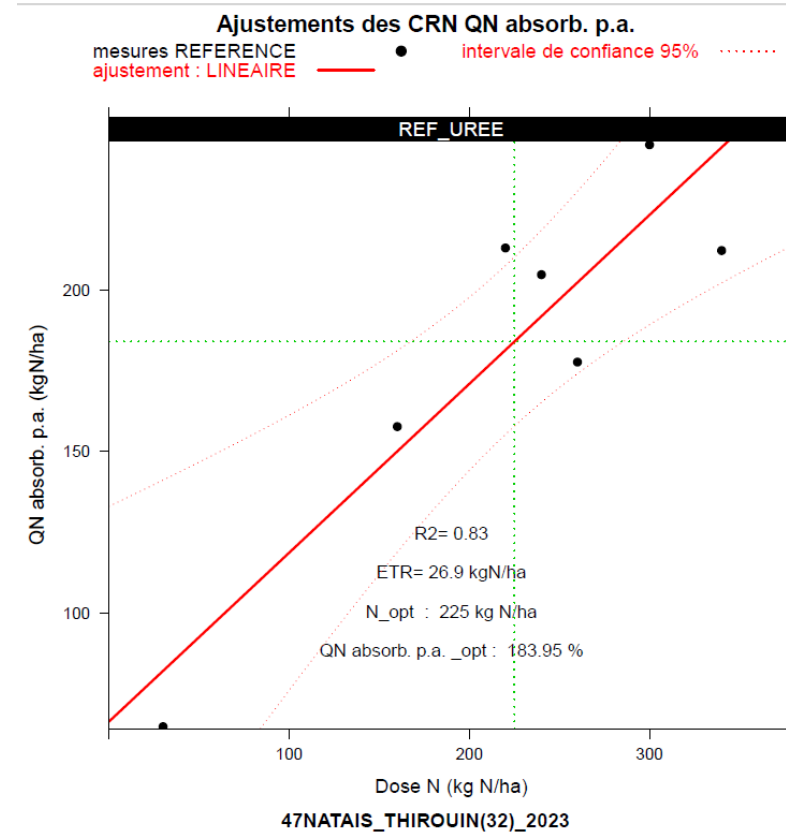
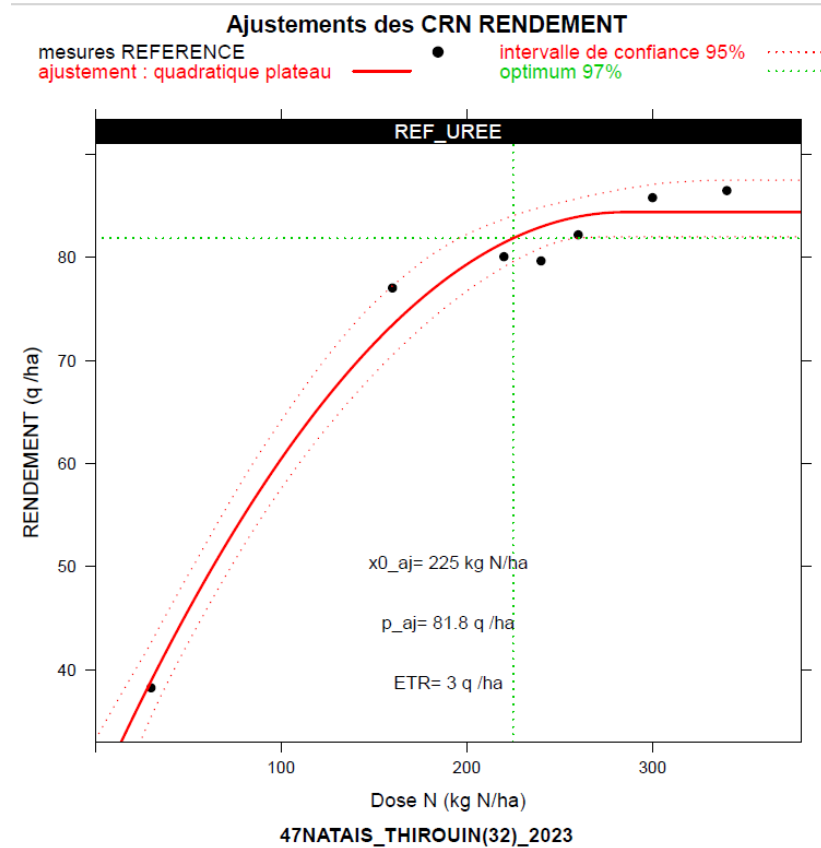
Exploitation des courbes de réponse

Essais 2023



Exploitation des courbes de réponse

Essais 2023

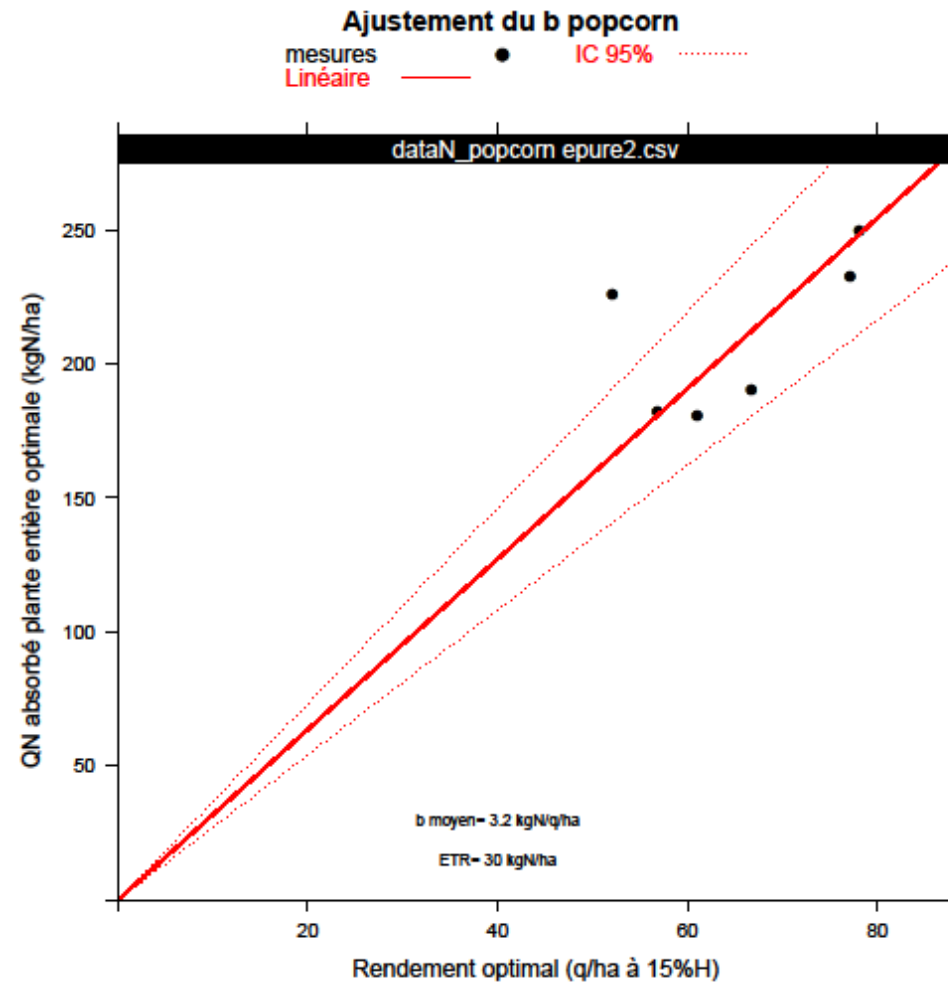


Exploitation des courbes de réponse – jusqu'à en 2021

Ajustement de la relations Nabs plante entière – rendement optimal (LparOrig)

NB : pondération des points par la précision du modèle Nabs

-> **b popcorn = 3.2**



Exploitation des courbes de réponse

Synthèse des essais pris en compte et valeur de b par essai:

ID_CRN	VARIETE	Nabs_opt	Rdt_opt	b
2015_ARIES_B 12820	B 12820	232.317003	77.0910144	3.01354192
2015_ARIES_POP N ROLL	POP N ROLL	190.145027	66.7544627	2.84842419
2015_MENARA_M 1249	M 1249	181.982984	56.8289808	3.20229189
2015_ARIES_POBIBALL	POBIBALL	226.040822	52.0875701	4.33963076
2015_ARIES_M 1249	M 1249	249.543366	78.1010158	3.19513598
2015_MENARA_B 121 H	B 121 H	180.331826	60.9952357	2.95649036
2017_JONZAC_W11	W11	156.989797	67.3594562	2.33062744
2017_JONZAC_SY224	SY224	157.131044	56.4480846	2.78363819
2023_ZANITONI_ZX 33	ZX 33	177.993192	65.9216648	2.70007126
2023_THIROUIN_ZX 33	ZX 33	183.948076	81.8419597	2.24760106



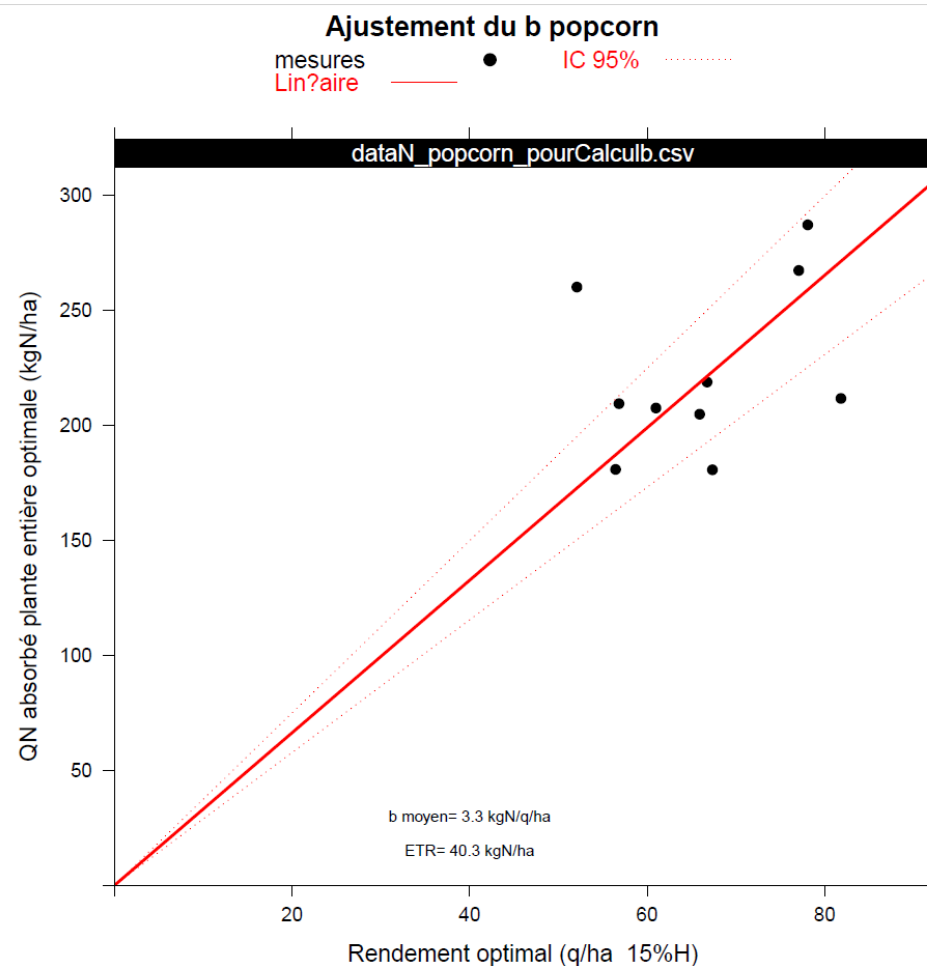
Exploitation des courbes de réponse - en 2024

Ajustement de la relations Nabs plante entière – rendement optimal (LparOrig)

NB : pondération des points par la précision du modèle Nabs

Calcul $b = \text{Nabs optimal} / \text{rendement optimal}$

-> **b popcorn = 3.3**



Cas types (représentatifs de 2/3 du réseau)

Producteur	Type sol	Rdt prévisionnel 24	Commune	Précédent	Date de semis	Reliquats	Couverts	Amendements orga
Alem	Argilo-calcaire superficiel	6,1 t/ha	32270 Aubiet	Blé	15/04/2024	40u (30+60cm au 20/03)	3,1 tMS/ha, dominante fèverole hiver	Non
Richard	Boulbène profonde	7,3 t/ha	32260 Labarthe	Popcorn	18/04/2024	26u (30+60cm au 20/03)	4,1 tMS/ha, dominante fèverole hiver	?



Simulation cas-type 1

Producteur	Type sol	Rdt prévisionnel 24
Alem	Argilo-calcaire superficiel	6,1 t/ha

Bilan azoté prévisionnel

Technic

	Poste	kg N/ha
Besoin en azote final de la culture ($b = 3,2 \text{ kg N}$)	Pf	195
Reliquat d'azote minéral restant dans le sol à la récolte	Rf	15
Besoin total de la culture	Besoin	210
Effet azote dû au retournement de prairie	Mhp	0
Minéralisation de l'humus	Mh	20
Minéralisation de la Culture Intermédiaire détruite	MrCi	20
Minéralisation des résidus du précédent	Mr	0
Reliquat d'azote minéral à l'entrée du bilan	Ri	40
Total des fournitures du sol	Fournitures	80
Quantité d'azote apporté par l'eau d'irrigation	Nirr	45
Coefficient Apparent d'Utilisation	CAU	0,80
Dose conseil issue du calcul	Conseil	106
<i>Azote minéral efficace apporté</i>	Xpro	
<i>Azote organique minéralisé</i>	Mpro	
Effet direct des apports organiques	Xa	0
Dose conseil en azote minéral	Conseil	106

- “b” = 2.3 => Pf = 140 => X = 51
- “b” = 3.2 => Pf = 195 => X = 106
- “b” = 3.3 => Pf = 201 => X = 112



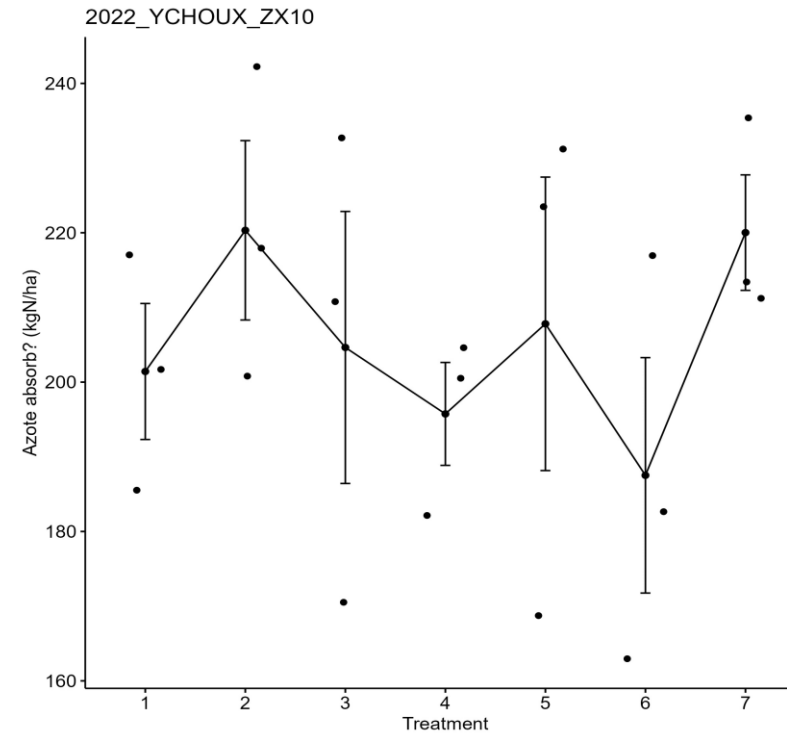
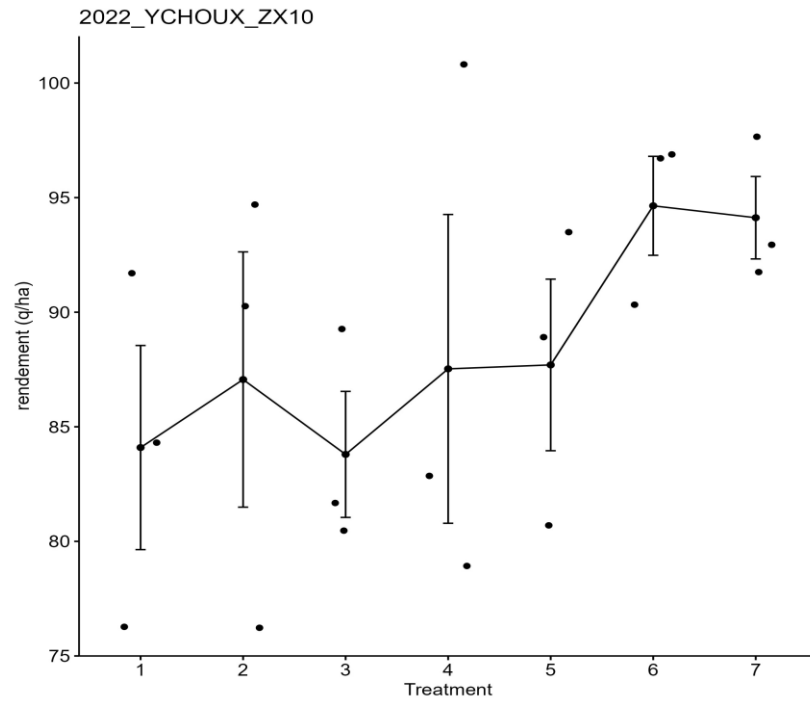
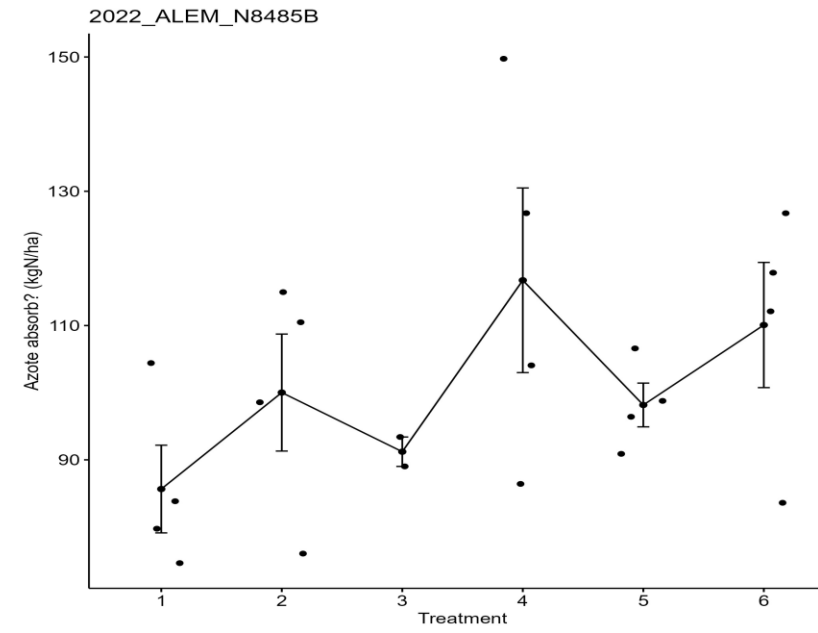
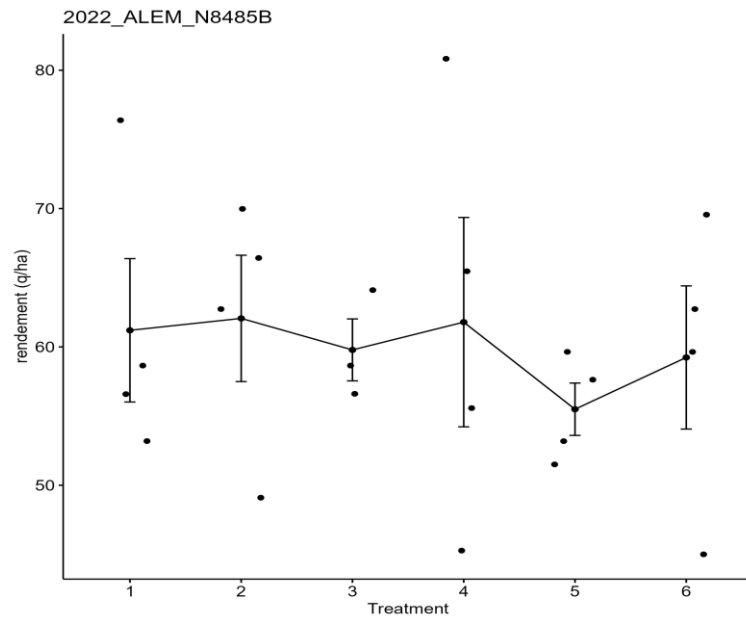
Simulation cas-type 2

Producteur	Type sol	Rdt prévisionnel 24
Richard	Boulbène profonde	7,3 t/ha

Bilan azoté prévisionnel	Technic	
	Poste	kg N/ha
Besoin en azote final de la culture ($b = 3,2 \text{ kg N}$)	Pf	234
Reliquat d'azote minéral restant dans le sol à la récolte	Rf	20
Besoin total de la culture	Besoin	254
Effet azote dû au retournement de prairie	Mhp	0
Minéralisation de l'humus	Mh	80
Minéralisation de la Culture Intermédiaire détruite	MrCi	20
Minéralisation des résidus du précédent	Mr	0
Reliquat d'azote minéral à l'entrée du bilan	Ri	26
Total des fournitures du sol	Fournitures	126
Quantité d'azote apporté par l'eau d'irrigation	Nirr	45
Coefficient Apparent d'Utilisation	CAU	0,80
Dose conseil issue du calcul	Conseil	103
<i>Azote minéral efficace apporté</i>	Xpro	
<i>Azote organique minéralisé</i>	Mpro	
Effet direct des apports organiques	Xa	0
Dose conseil en azote minéral	Conseil	103

- “b” = 2.3 => Pf = 168 => X = 37
- “b” = 3.2 => Pf = 234 => X = 103
- “b” = 3.3 => Pf = 241 => X = 110





Analyse Anova des essais

ESSAI	Variable	p.value Modalité	p.value Répétition
2022_ALEM_N8485B	RDT	0.932	0.528
2022_ALEM_N8485B	NABS	0.222	0.427
2022_YCHOUX_ZX10	RDT	0.226	0.032***
2022_YCHOUX_ZX10	NABS	0.645	0.679
2023_ZANITONI_ZX33	RDT	0.102	0.825
2023_ZANITONI_ZX33	NABS	0***	0.501
2023_THIROUIN_ZX33	RDT	0***	0.206
2023_THIROUIN_ZX33	NABS	0***	0.29



