

Etude de l'interaction

génotype x azote

chez l'endive

(*Cichorium intybus L.*)

Laurent CASSAN (APEF)

Anis LIMAMI (Univ. Angers), Annick BELLAMI (Valinov)

LA CULTURE DE L'ENDIVE

1^{ère} phase : cycle végétatif au champ

Semis en avril-mai, arrachage fin août-début décembre

soit 120 à 200j selon les variétés (hybrides) pour accumuler dans la racine tubérisée les réserves, notamment carbonées (inuline) et azotées (75% sous forme aminée) mobilisées au forçage pour la croissance du chicon.

Le rapport de masse fraîche entre feuilles et racine (MFF/R), le calibre des racines, les teneurs et masses de MS racinaires, la teneur en sucres réducteurs, en N total et nitrique sont des critères de qualité de la racine pris en compte pour la décision d'arrachage.



2^{ème} phase : Conservation et forçage

La conservation des racines (+ base des feuilles protégeant le bourgeon apical) se fait en frigos à 0/-2°C pendant 10j à 9 mois selon les variétés (parfois à l'extérieur durant l'hiver).

Le forçage dure 21 jours en salle climatisée (95% de la production) et environ 1 mois en couche (5% de la production)

Après récolte (cassage), les chicons sont triés par catégorie selon des critères morphologiques





EVALUATION DE LA QUALITE DE L'ENDIVE

Morphologique au cassage



Extra

Cat.1

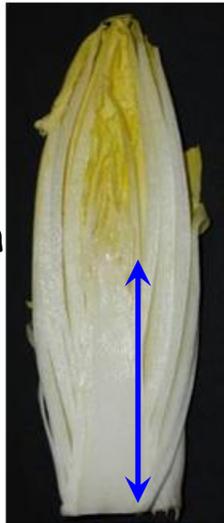
Chicons fermés



Cat.2

Ouverts

Longueur
Axe / chicon
(maxi 75%)



Au cassage



Bactériose



Axe brun

Sensibilité aux dégradations

en conservation post-récolte



Bordurage



Bactériose



Croissance Axe

Rougisement



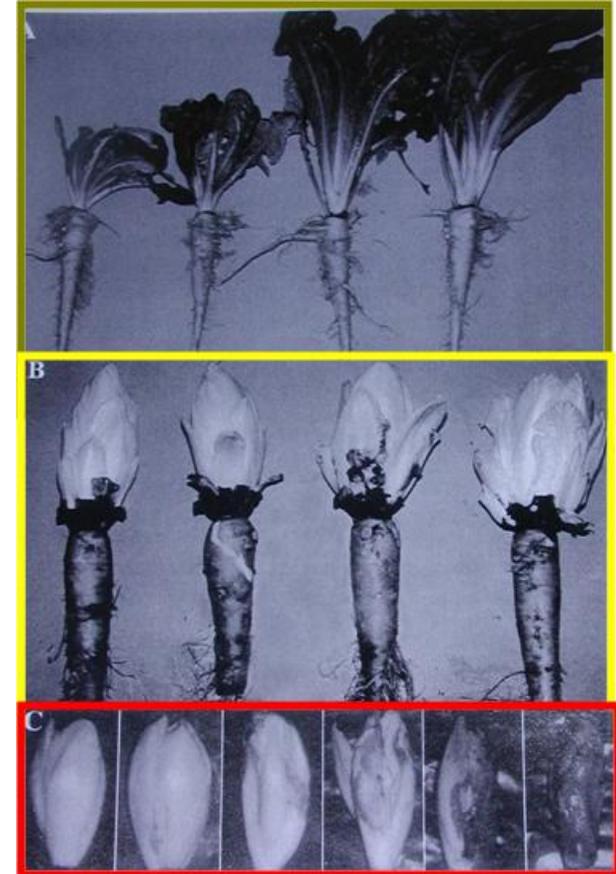
CONTEXTE DE L'ETUDE

Au niveau agronomique, la nutrition azotée est un facteur clé de la croissance et du développement de l'endive...

...mais la réponse à l'N dépend du génotype

Raisonnement de la fertilisation N au champ

- Optimiser la Qualité et le revenu financier
- Protéger l'environnement
- Répondre aux contraintes réglementaires (ex : plan prévisionnel de fumure azotée)



>>>> Nutrition azotée croissante au champ>>>>

LA QUALITE DE L'ENDIVE



Chicons fermés



ouverts

est dépendante d'une interaction

Génotype x Nutrition N au champ

Mise en évidence sur des lignées F6
génétiquement distinctes par
marqueurs DAF

2 groupes de génotypes

« Sensibles » et « Tolérants »

à l'azote au champ

(Thèse C. Richard-Molard, 1999)



Bactériose



Caractères agronomiques

Lignées Sensibles



L'optimum de
qualité est obtenu
selon le génotype
sous nutrition
azotée
faible
ou forte

Sous nutrition N
faible

Lignées Tolérantes



ouverts



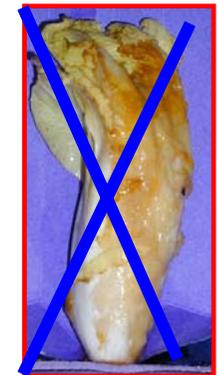
ouverts

Sensibilité
Bactériose

Sous nutrition N
forte



Chicons fermés



Tolérance
Bactériose

Caractères Physiologiques

Les critères d'évaluation du **métabolisme N** permettent, contrairement à ceux du métabolisme C, de distinguer les lignées **Sensibles** et **Tolérantes**.

L'efficacité d'utilisation de l'azote (**NUE**) dépend des génotypes

1. Les « **Sensibles** » accumulent moins d'N (acides aminés dont glutamine, nitrate) dans la racine au champ que les « **Tolérantes** ».
2. **mais** en mobilisent une plus forte proportion pendant le forçage
3. En fin de forçage, les teneurs en composés N sont également moindres dans les racines des « **Sensibles** » et **l'N du chicon est majoritairement d'origine racinaire**.
4. Les « **Tolérantes** » expriment une faible sensibilité à la bactériose du chicon liée à l'accumulation d'une protéine VSP
5. Ces **différences** s'observent de façon **indépendante des conditions de culture**

CLASSEMENT DES HYBRIDES « COMMERCIAUX »

Objectifs

- **Conseils aux producteurs** pour le raisonnement
 - du choix variétal en fonction du bilan azoté de la parcelle (Azobil, Azofert)
 - de la fertilisation N si nécessaire

Méthode

- **Evaluation de la NUE des nouvelles variétés hybrides** par comparaison à des références adaptées aux différents créneaux de production (précoce à tardif)
- **Classement** pour préciser les besoins en N au champ des variétés et simplifier l'évaluation de la VAT (valeur agronomique et technologique)

1. Relation Qualité - NUE chez les hybrides de référence

- Les différences de NUE des lignées s'observent aussi chez les hybrides
- 3 types principaux de génotypes identifiés

Sensible Tolérant et Préférant avec

- >> une accumulation croissante des réserves N au champ (N total, acides aminés totaux, nitrate, glutamine) entre 0.5% et 1.5% de la MS en moyenne
- >> un taux de mobilisation décroissant des réserves N pendant le forçage entre 80% et 40% en moyenne
- >> une utilisation croissante du nitrate exogène (solution nutritive) apporté pendant le forçage
- >> une part croissante de l'azote exogène dans le chicon en fin de forçage

entre les types S, T et P

- Les conditions de culture n'affectent pas le classement

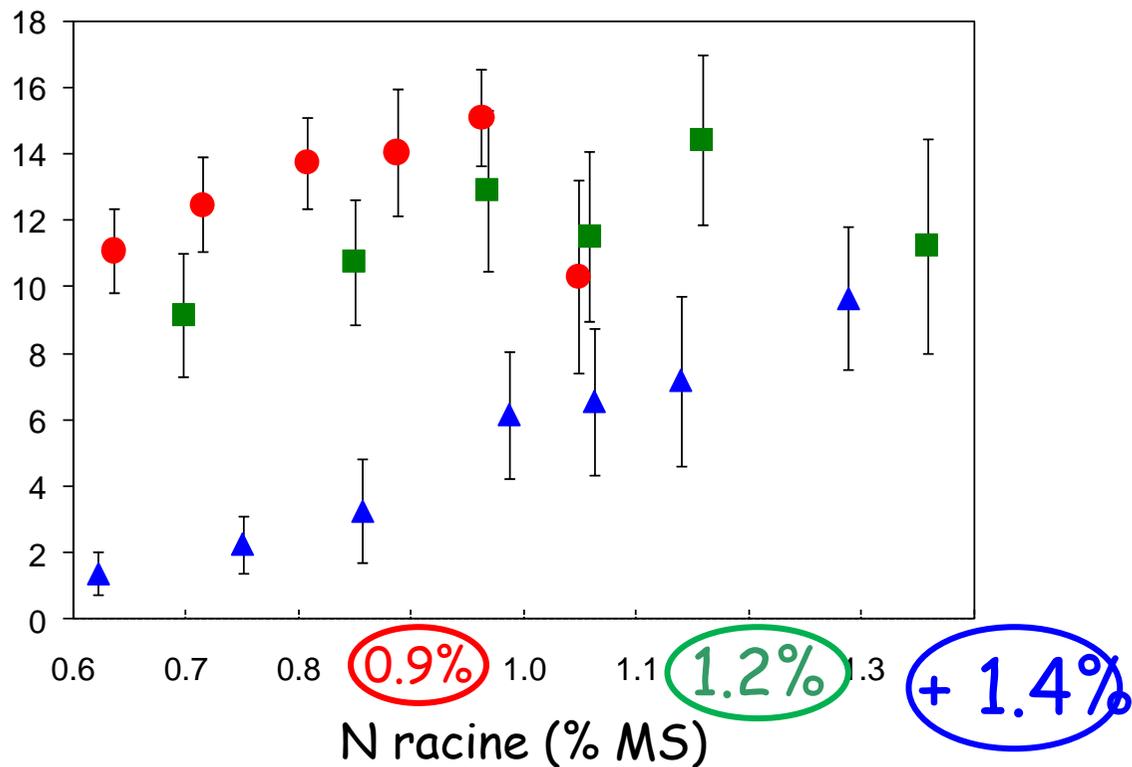
Relation Qualité - NUE chez 3 hybrides de référence

Sensible **Tolérante** **Préférant**

Qualité Extra + 1
(kg/100 chicons)

La teneur en N optimale des racines dépend de la NUE de l'hybride

Elle permet de définir le besoin en N au champ en fonction du peuplement et de la biomasse à l'hectare



Besoin N (kg / ha)	130	160	200
-------------------------------	------------	------------	------------

2. Evaluation de la NUE des nouveaux hybrides

Objectifs et moyens

Comparaison des Nouveaux Hybrides (5 à 7 par an) aux 3 Hybrides de référence

Sensible

Tolérant

Préférant

Culture multi-sites avec répétition (2 années d'essais)

Analyses biochimiques sur les racines avant et après le forçage : N total, acides aminés totaux, nitrate, glutamate, glutamine

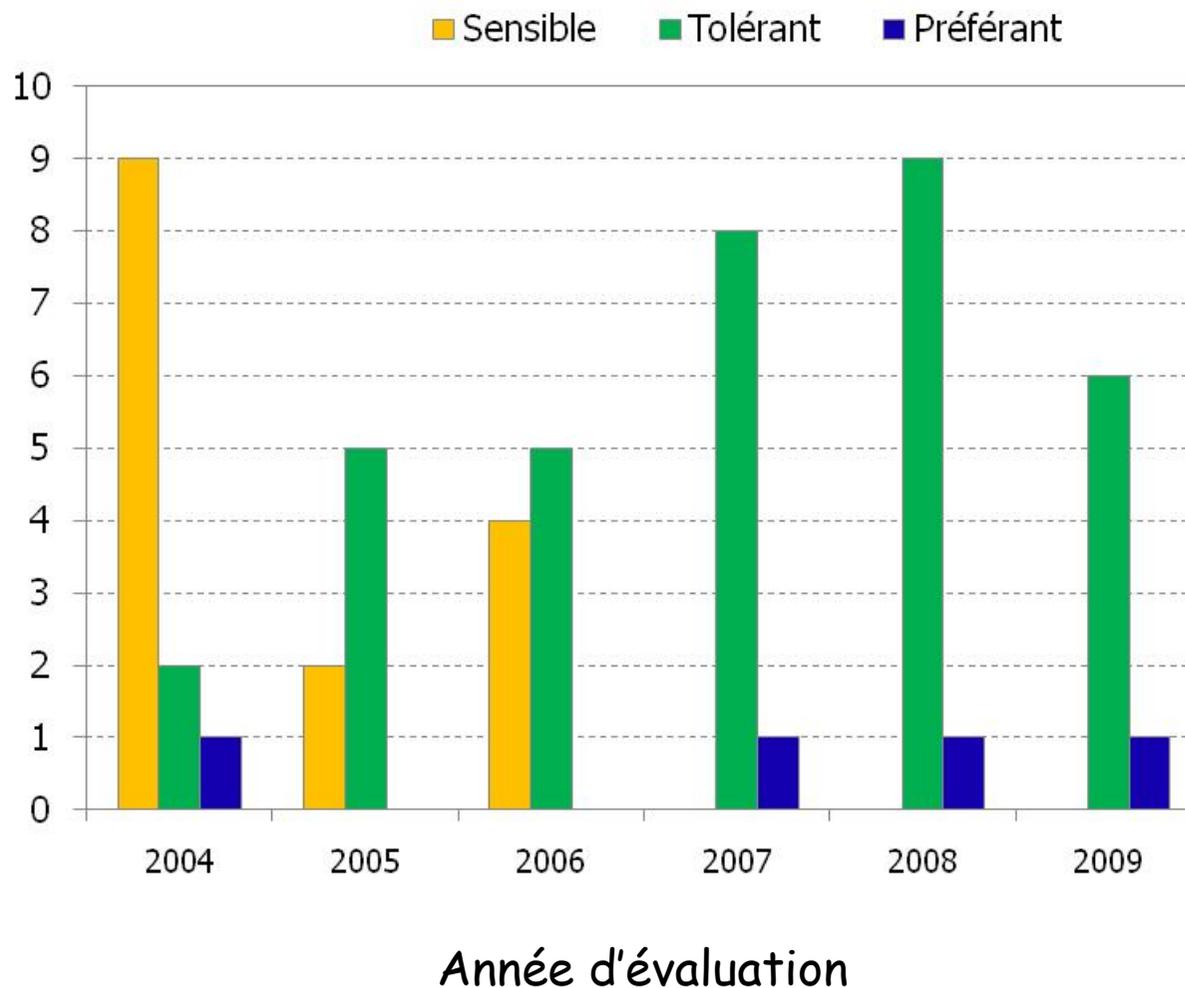
Analyses statistiques des résultats

1. Comparaison des 3 références pour identifier les critères de la NUE permettant en fonction des conditions de l'année de les distinguer en 3 groupes statistiques distincts (S, T, P)
2. Comparaison des nouveaux hybrides à chaque référence (test de Dunnett) à partir des critères précédemment identifiés et exprimés en % de la moyenne des 3 témoins
3. Classement des nouveaux hybrides en Sensible - Tolérant - Préférant

CLASSEMENT NOUVEAUX HYBRIDES

Nombre de
variétés

Les variétés de
type Sensible à
l'azote ont
progressivement
été remplacées
par des variétés
de type Tolérant



CONSEIL AUX PRODUCTEURS

Classement des variétés actuelles

Obtenteurs	Hybrides	Sensible	Tolérante	Préférante
INRA/Ctifl	Béa	Référence		
Vilmorin	Platine		Référence	
Nunhems	Vintor			Référence
Enza	Métafora			
	Hipora			
	Yellora			
Hoquet	Désir			
	Harmonie			
	Hermes			
	Jadore			
	Symphonie			
Momont	Mona			
	MH xxx			
Vilmorin	Crénoline			
	Ecrine			
	Omblin			
	Takine			
	TopScore			

EXPLORATION DE LA DIVERSITE DES

Cichorium intybus

Evaluation de la **NUE** d'autres culti-groupes de chicorées à forcer issues du croisement entre l'endive et des chicorées,

- **Rouges**, Vérone et Chioggia
- **A feuilles découpées**, Barba di capuccino (BC)



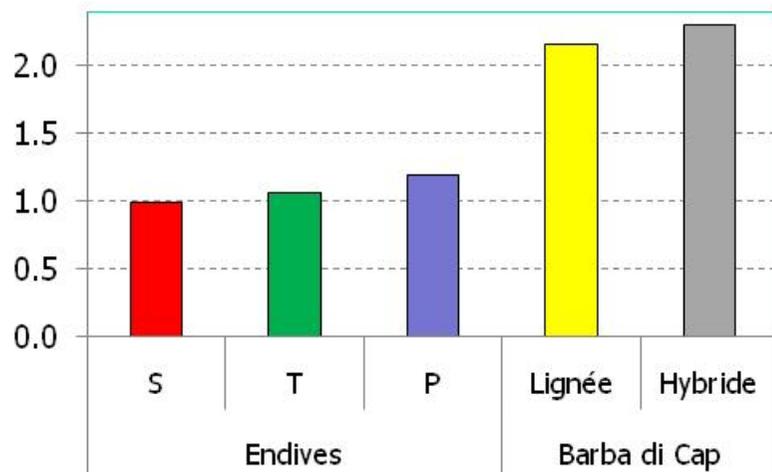
Hybride
« Endigia »



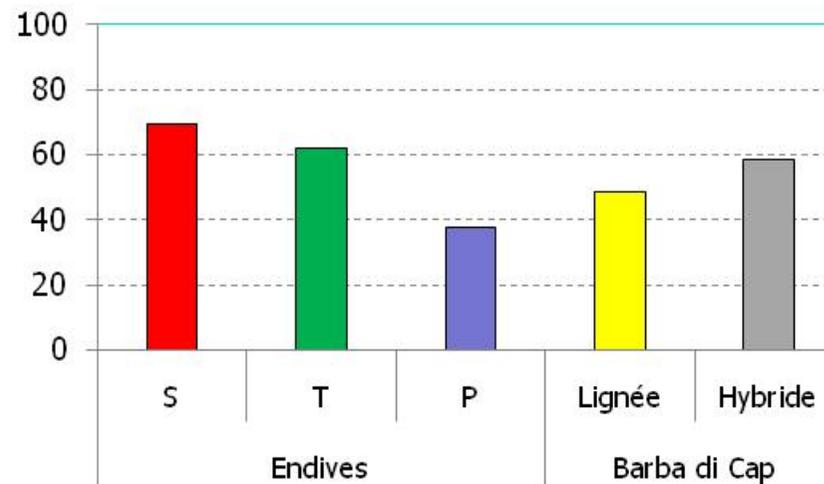
Hybride
« BC »

EXEMPLE DES GENOTYPES « BC »

Accumulation N au champ (%MS racine)

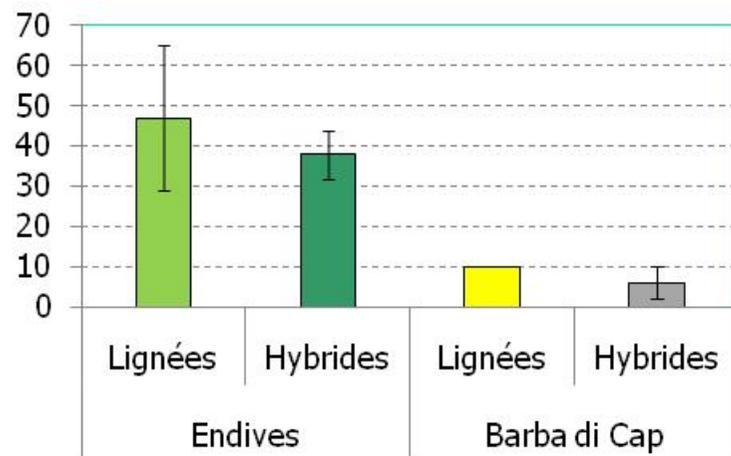


Mobilisation N racine au forçage (%)



Les géotypes BC, lignée et hybride avec l'endive, se caractérisent par une NUE au champ très supérieure à l'endive et une NUE au forçage semblable aux types T et P

Indice d'infestation par *Pemphigus*



Ces géotypes BC s'avèrent par ailleurs peu appétants pour le puceron des racines (*Pemphigus bursarius*), un ravageur préoccupant en culture d'endive.

Le lien avec le métabolisme azoté de ces chicorées mérite d'être étudié.

CONTRÔLE GENETIQUE DES CARACTERES

Programme de génétique quantitative en collaboration avec Ctifl Lanxade, INRA Versailles, Le Moulon, Univ. Angers et Paris 6



Cartographie de QTLs agronomiques et physiologiques

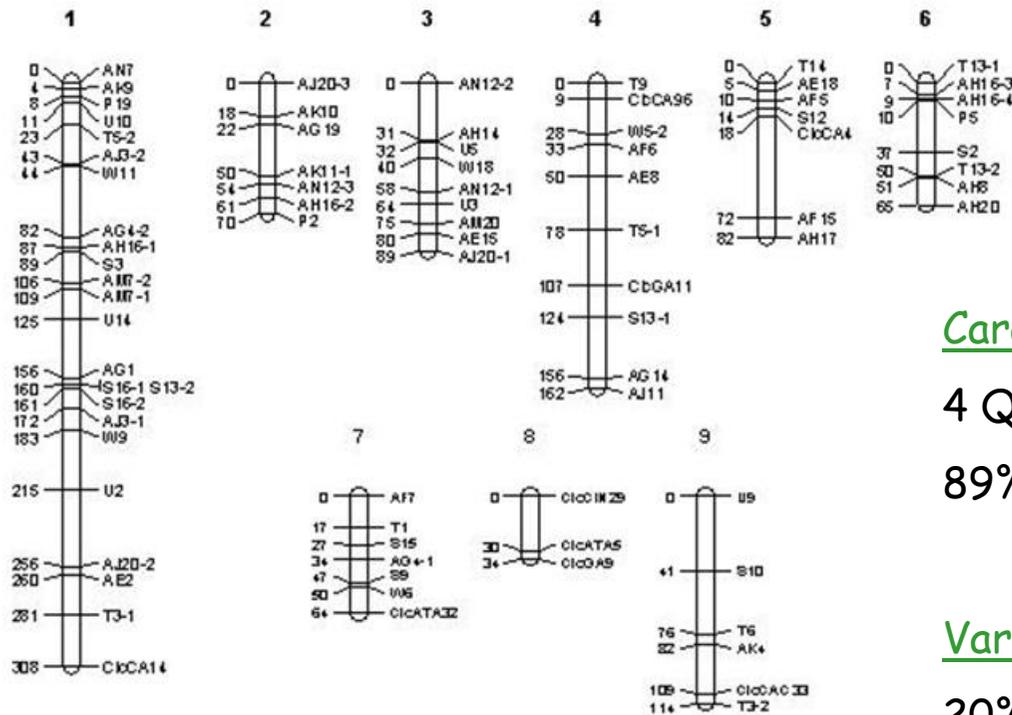
Production et **Génotypage** de 300 lignées recombinantes (RiLs) descendantes des lignées **S** et **T** (82 marqueurs polymorphes)

Phénotypage des hybrides [RiLs x Testeur] tel que pratiqué pour les variétés commerciales : critères de la NUE, tous critères de qualité du chicon





CONTRÔLE GENETIQUE DES CARACTERES



Carte génétique à 9 groupes de liaison

Caractères multi-géniques

4 QTLs par caractère en moyenne

89% QTLs à effet faible (<10 %)

Variabilité phénotype faiblement expliquée

20% pour caractères Agro (25% Vg)

17% NUE (44% Vg)

Les co-localisations entre QTLs confirment les relations entre :

- Accumulation d'N au champ et mobilisation au forçage (relation négative)
- Qualité des chicons et NUE (relation positive avec l'accumulation et négative avec la mobilisation)

CONCLUSION

➤ Relations physiologiques

1. entre les composantes de NUE

2. entre Qualité et NUE

s'expliquent par un **contrôle génétique commun** (co-localisations de QTLs)

➤ A permis la mise au point d'un **test d'évaluation** du besoin en N au champ des hybrides. Caractérisation de leur **NUE et classement en S, T, P**

➤ **Simplification** du dispositif **d'évaluation** de la **VAT**

PERSPECTIVES

➤ **Utiliser le test « NUE »** comme outil de

1. **Pré-sélection** des lignées d'endives

2. **Exploration** de la diversité des chicorées

➤ **Exploiter** la diversité des chicorées pour élargir le fond génétique de l'endive (meilleure NUE, tolérance aux ravageurs, maladies...)