



Maîtriser la Carie[@]

Prophylaxie et moyens de contrôle



Agir avant qu'il ne soit trop tard

La carie commune du blé (*Tilletia caries* ou *Tilletia foetida*) était une maladie courante jusqu'aux années cinquante. La pratique de désinfection des semences par lutte chimique l'a réduite à un état de bruit de fond. Aujourd'hui la maladie est en nette recrudescence, particulièrement en agriculture biologique, sans doute en lien, d'une part, avec l'obligation d'utilisation de semences biologiques donc non traitées chimiquement et, d'autre part, avec le fait que les agriculteurs ne connaissent plus cette maladie et ne prennent pas à temps les précautions qui s'imposent. Le pouvoir de propagation de la maladie est extrêmement important, ce qui en fait un risque majeur en agriculture biologique. Le blé tendre est concerné, mais également ses apparentés, à des degrés divers : épeautre, engrain, blé dur, triticale. La vigilance à l'égard de la culture des céréales biologiques s'impose. L'objet de ce document est de faire le point sur les connaissances actuelles sur la carie, sur les précautions à prendre pour éviter sa propagation et sur les pistes de recherche actuellement explorées pour la maîtriser.



Grain carié.



Grains boursés (grains sains contaminés par des spores de carie à la surface).



Épi de blé présentant une atteinte de carie.

UN PEU D'HISTOIRE...

Les Anciens avaient remarqué que certains organes végétaux pouvaient souffrir d'altérations profondes et putrides. Sous le nom de « caries », le naturaliste latin Pline l'Ancien (23-79) décrit à la fois les cavités qui se forment dans le tronc des arbres et la pourriture qui détruit les semences des céréales. Vers le milieu du XVIII^e siècle, le naturaliste Du Roi étudia la redoutable carie du blé en Picardie ; il préconise le lavage et le « chaulage » des

grains (enrobage au lait de chaux) pour lutter contre le mal ; le traitement a une efficacité très limitée... Au début du XIX^e siècle, Bénédicte Prévost conseille

le « sulfatage » de la semence (immersion dans une solution diluée de sulfate de cuivre), pour protéger le blé de la carie : il a observé que les spores issues des grains cariés ne germent pas bien dans de l'eau distillée provenant d'un récipient en cuivre, et que des paysans connus pour leurs champs sans carie chaient leurs semences dans des paniers en cuivre. A l'époque, observer des parcelles cariées à 50% était, semble-t-il, courant et, jusqu'aux années cinquante, la carie était considérée comme la principale maladie du blé.

BIOLOGIE, SYMPTOMES, PROPAGATION DE LA CARIE

● Présentation

Les caries sont des maladies largement répandues, provoquées par des champignons basidiomycètes de la famille des Tilletiacées appartenant au genre *Tilletia*. Dans nos régions, les espèces de cette famille n'attaquent que des graminées et la carie est connue depuis l'antiquité comme altération ou maladie du blé. Les autres cultures de céréales (épeautre, engrain – ou petit épeautre –, orge,

www.itab.asso.fr

A close-up photograph of several green wheat spikes in a field. The spikes are in various stages of growth, with some showing more developed grains. The background is a soft-focus field of similar wheat, creating a sense of depth. The lighting is bright, highlighting the texture of the wheat heads.

**Utilisez des
semences saines**

Privilégier des conditions
de levée rapide



observez
à la montaison
à l'épiaison





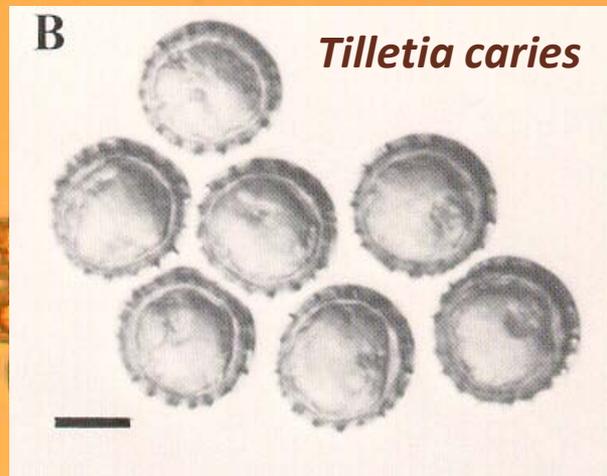
Si parcelles environnantes
contaminées !

...moissonnez la
parcelle en dernier

En cas de doute...

Faites faire
une analyse...

Photo SNES



Symptomes !
si carie
avérée...



Photo F. Mercier

Privilégiez d'autres
cultures que les céréales



A close-up photograph of several wheat spikes. The spikes are green and have long, thin awns extending from them. The background is a soft-focus field of wheat under a clear sky.

si pas d'autres choix
que des céréales

Rechercher des conditions d'une levée rapide
Choisir des variétés moins sensibles
Utiliser des semences traitées (ex. Cerall®)



Tolérant

Sensibilité carie

Sensible

Quebon

Florence aurore
Quality

Renan

PR22R58

Orge
Avoine

Triticale
Seigle

Blé dur
Epautre

Des céréales résistantes, des
variétés de blé plus ou moins
sensibles Philippe du Cheyron,
Arvalis





Sensibilités et résistances : choisir la céréale et la variété

Philippe du Cheyron : ARVALIS – Institut du végétal – Orsay

Patrice Côte : Chambre d'Agriculture de l'Yonne

Patrice Morand : Chambre d'Agriculture de la Drôme

Méthode



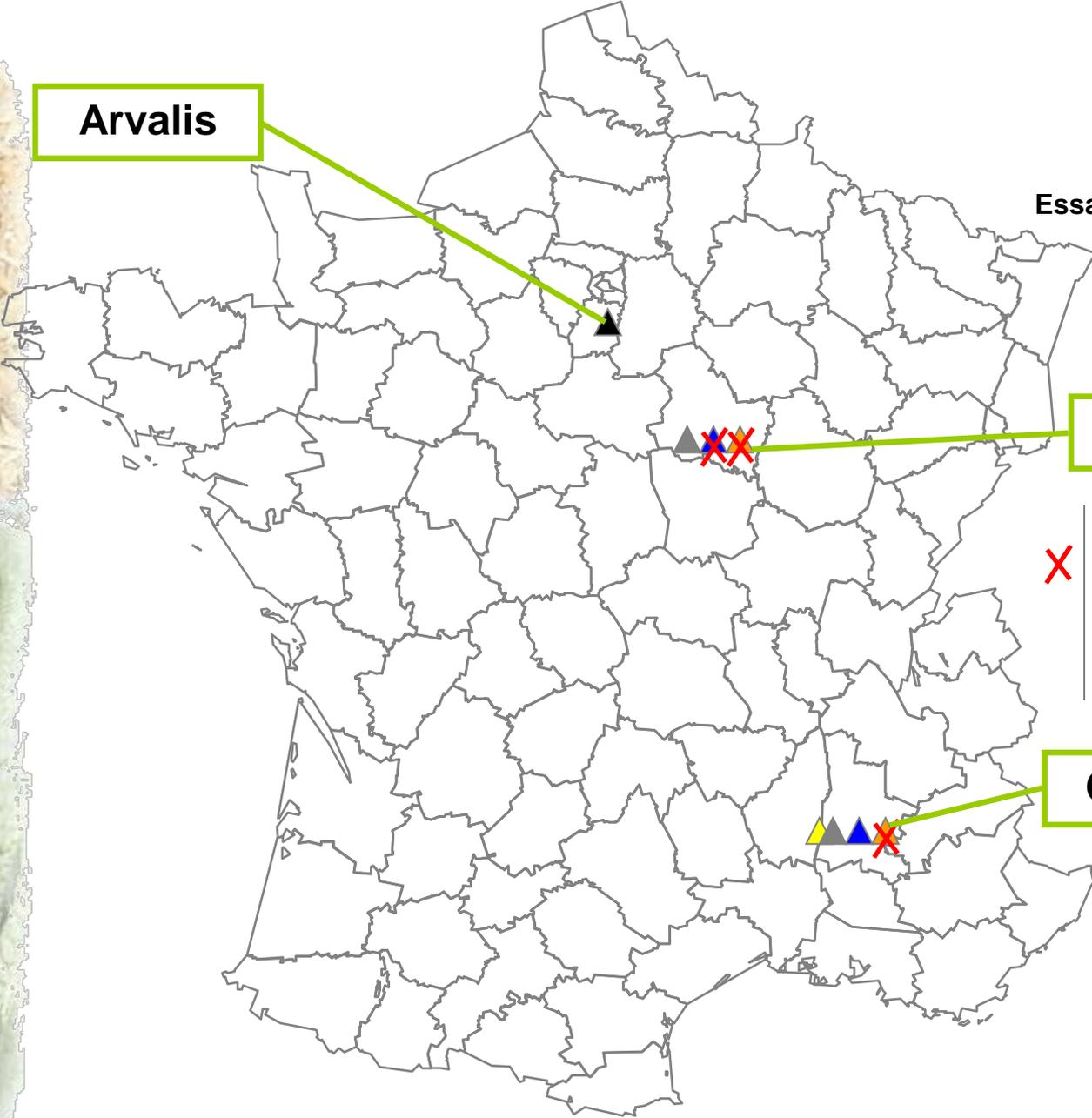
Essai carie - Villiers 2011

- Essais multilocaux (91; 26; 89) semés en lignes de 1,5 m et randomisés en 3 blocs
 - Contamination artificielle avec des échantillons de carie issus d'une culture locale de blé (20 000 spores/grain)
 - 109 Variétés de blé tendre qui peuvent avoir un intérêt en AB + quelques variétés des principales espèces de céréales à paille
- ⇒ % d'épis cariés, Analyse statistique du regroupement, transformation de la variable, modèle linéaire mixte





Arvalis



Essais variétés

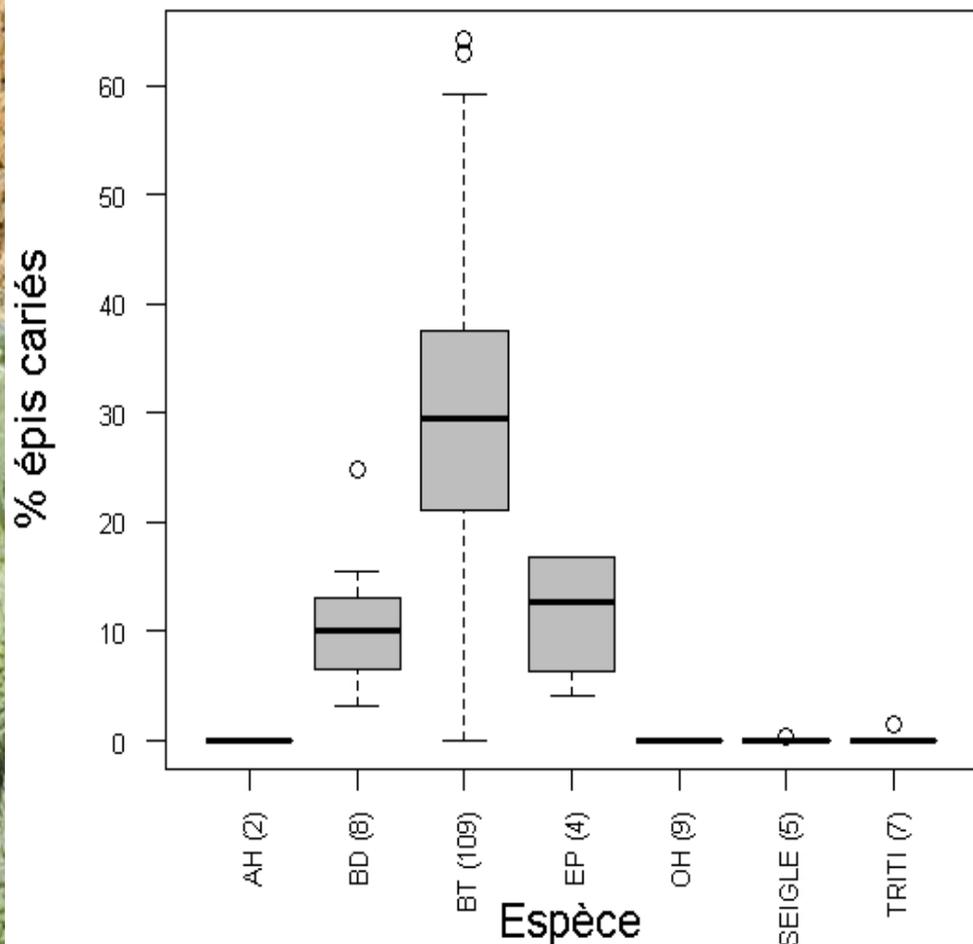
- ▲ 2001 à 2011
- ▲ 2008
- ▲ 2009
- ▲ 2010
- ▲ 2011

CA 89

- Échec de la contamination,
- dégâts de gibier (CA89 2010),
- mauvaises conditions de semis (CA26 2011)

CA 26

Sensibilités des espèces de céréales à paille à la carie commune du blé tendre



- 3 sites d'essais (91; 26; 89)
- Inoculum : souches locales issues d'épis de blé tendre contaminés
- 2 à 9 variétés par espèce (hors blé tendre)

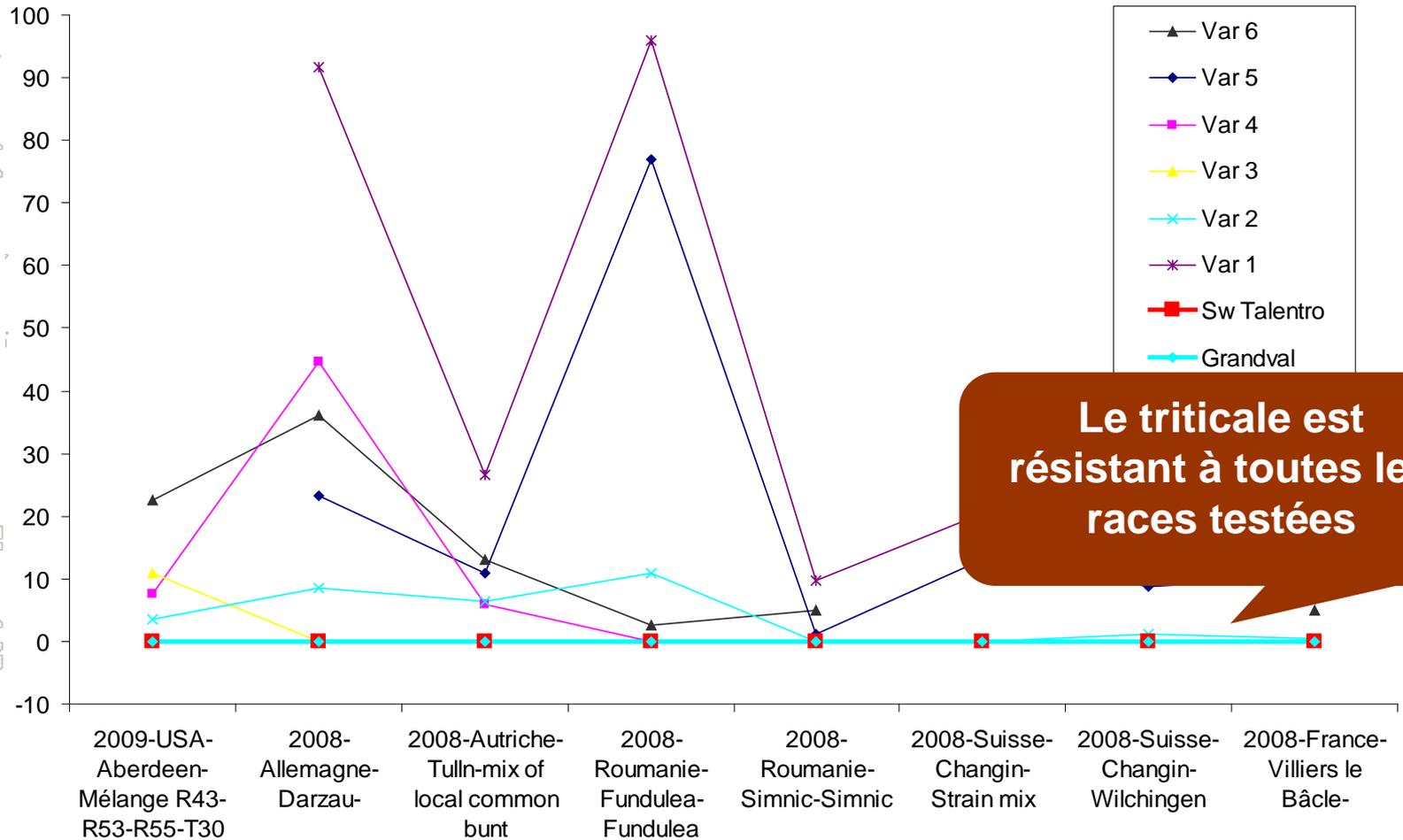
⇒ **Le blé dur et l'épeautre sont sensibles aux races de carie commune du blé tendre**

⇒ **Les races de carie commune du blé tendre ne semblent pas capables d'attaquer le triticales, le seigle, l'orge et l'avoine.**

Résistance du triticales à la carie commune du blé tendre : Ring test



% épis cariés



Le triticales est résistant à toutes les races testées

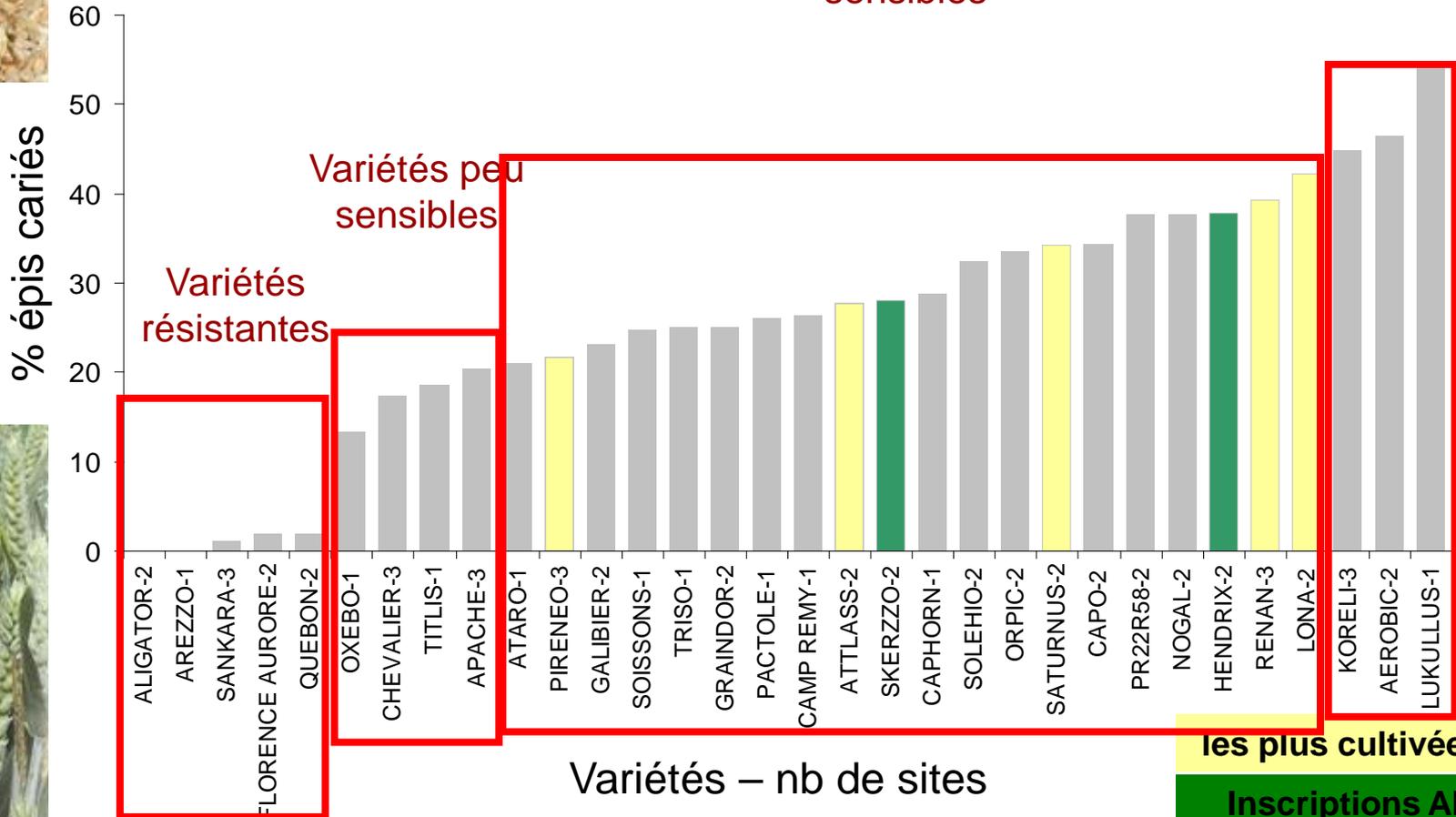
Sensibilité des variétés de blé tendre à la carie

Variétés très sensibles

Variétés assez sensibles

Variétés peu sensibles

Variétés résistantes



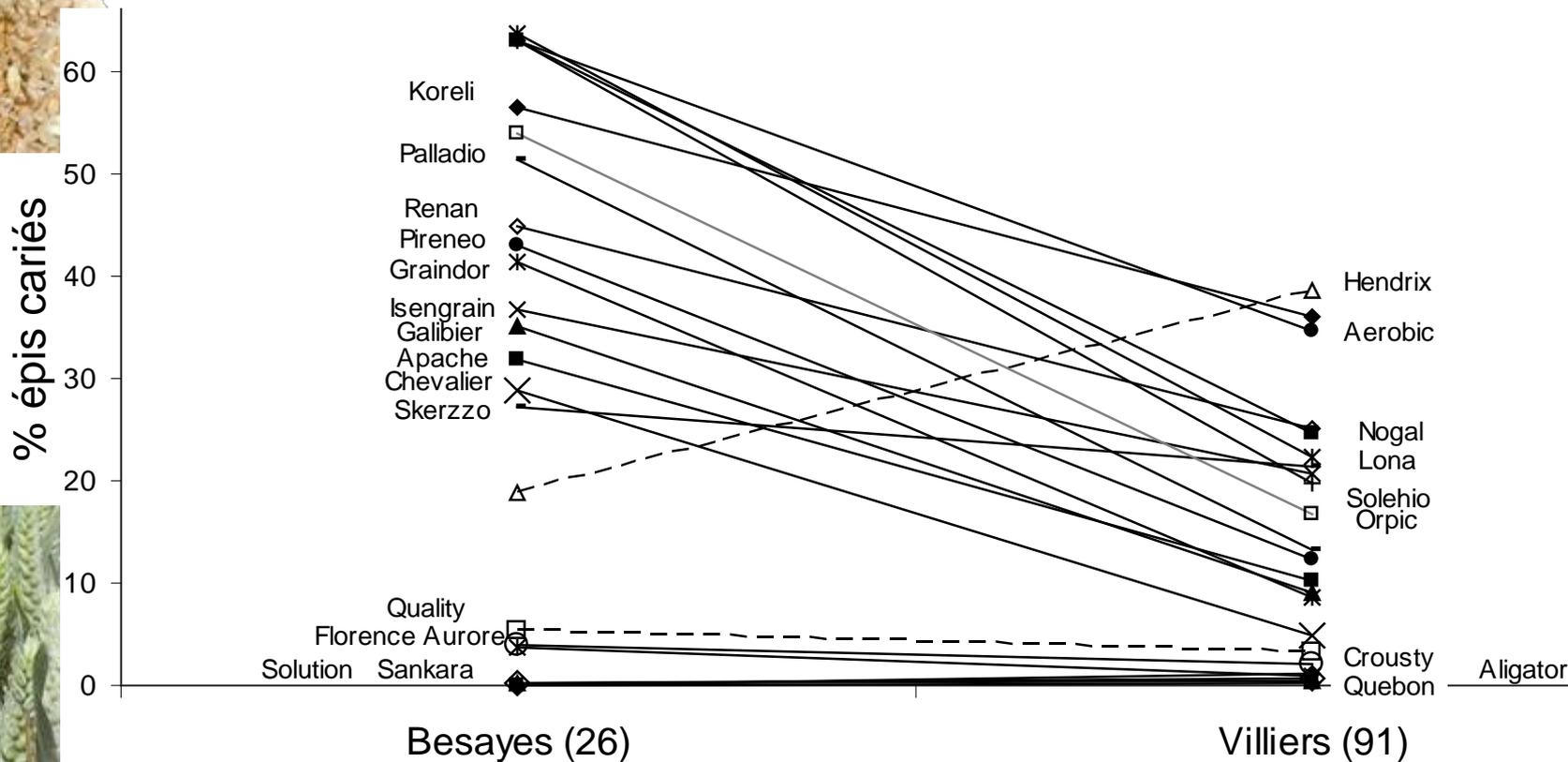
les plus cultivées en AB

Inscriptions AB 2012

Effet variété très significatif

→ des précautions à prendre vis-à-vis de l'effet souche

Interaction Variétés X Races



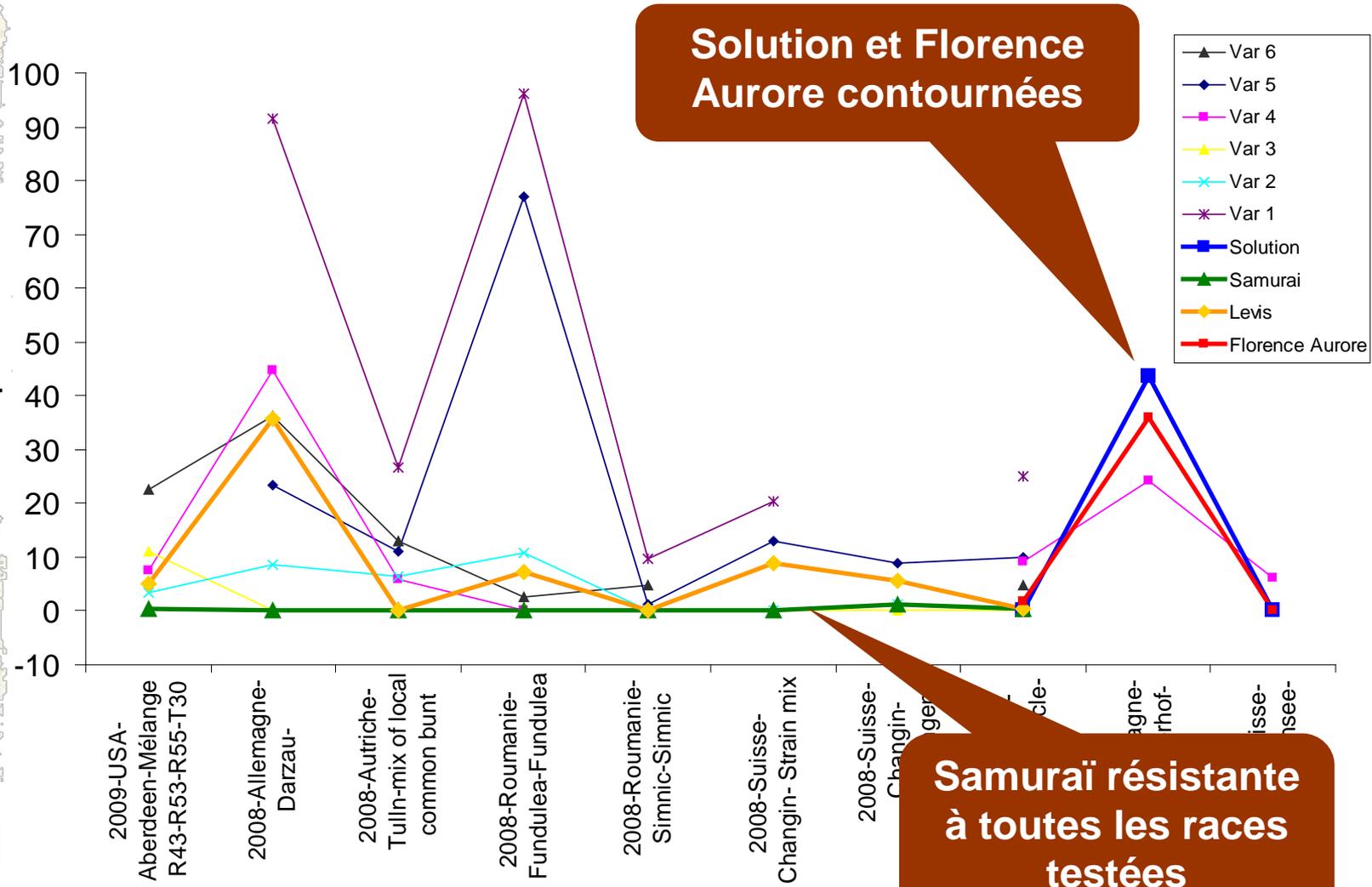
Interaction Variété X Lieu significative

⇒ **Différences de pathotypes**

Résistance des variétés de blé au travers du Ring Test européen



% épis cariés



Solution et Florence Aurore contournées

Samurai résistante à toutes les races testées



Conclusions et perspectives

Conclusions

- L'orge, l'avoine, le seigle et le triticale sont des alternatives, ⚠ pas le blé dur ni l'épeautre
- Il existe une forte variabilité génétique sur la résistance à la carie commune
- Quelques variétés de blé **totale**ment résistantes, mais contournement possible
- Les variétés les plus cultivées en AB sont toutes assez sensibles
- ⚠ interaction Variétés X Races de carie : accompagner la diffusion des résultats d'une mention précisant leur limite de validité

Perspectives :

- Meilleure connaissance des races de carie ⇨ consolider les essais variétaux



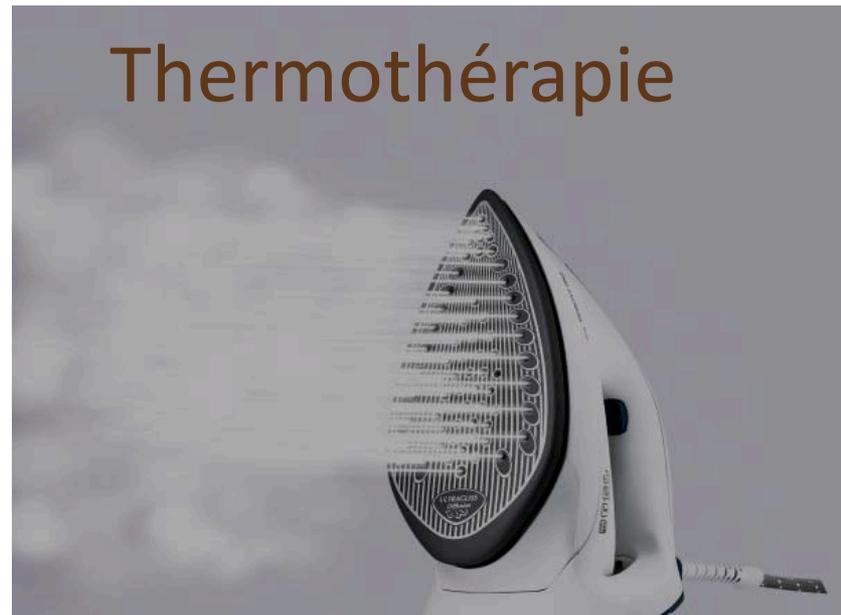
Traitements de semences Potentiellement utilisables en AB

Nathalie Robin, Julien Bruyère, Frédéric Rey

Brossage



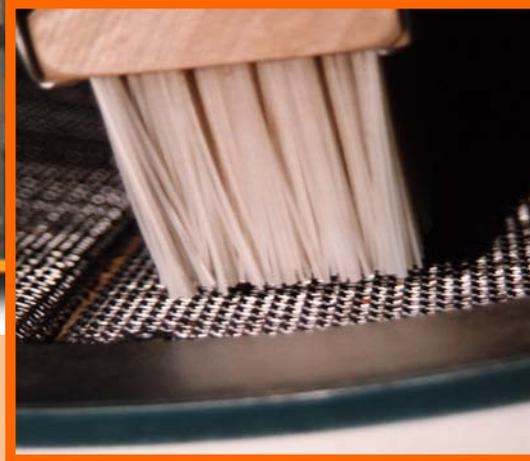
Thermothérapie



...des méthodes physiques
de désinfection de
semences

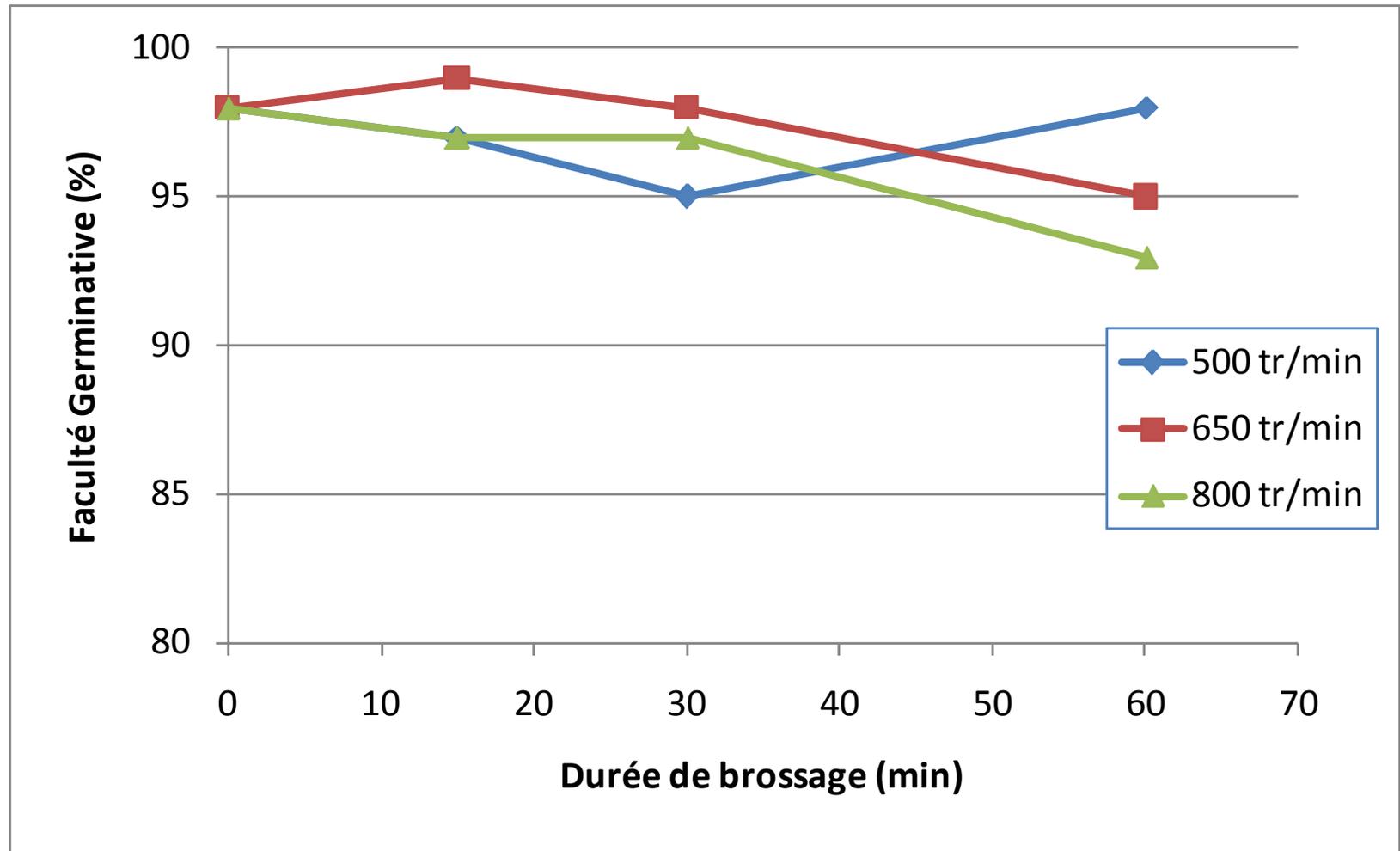


Carie : Essais de brossage des lots de semences



Julie Gombert & JA Fougereux

2008 : Test de la Sélectivité

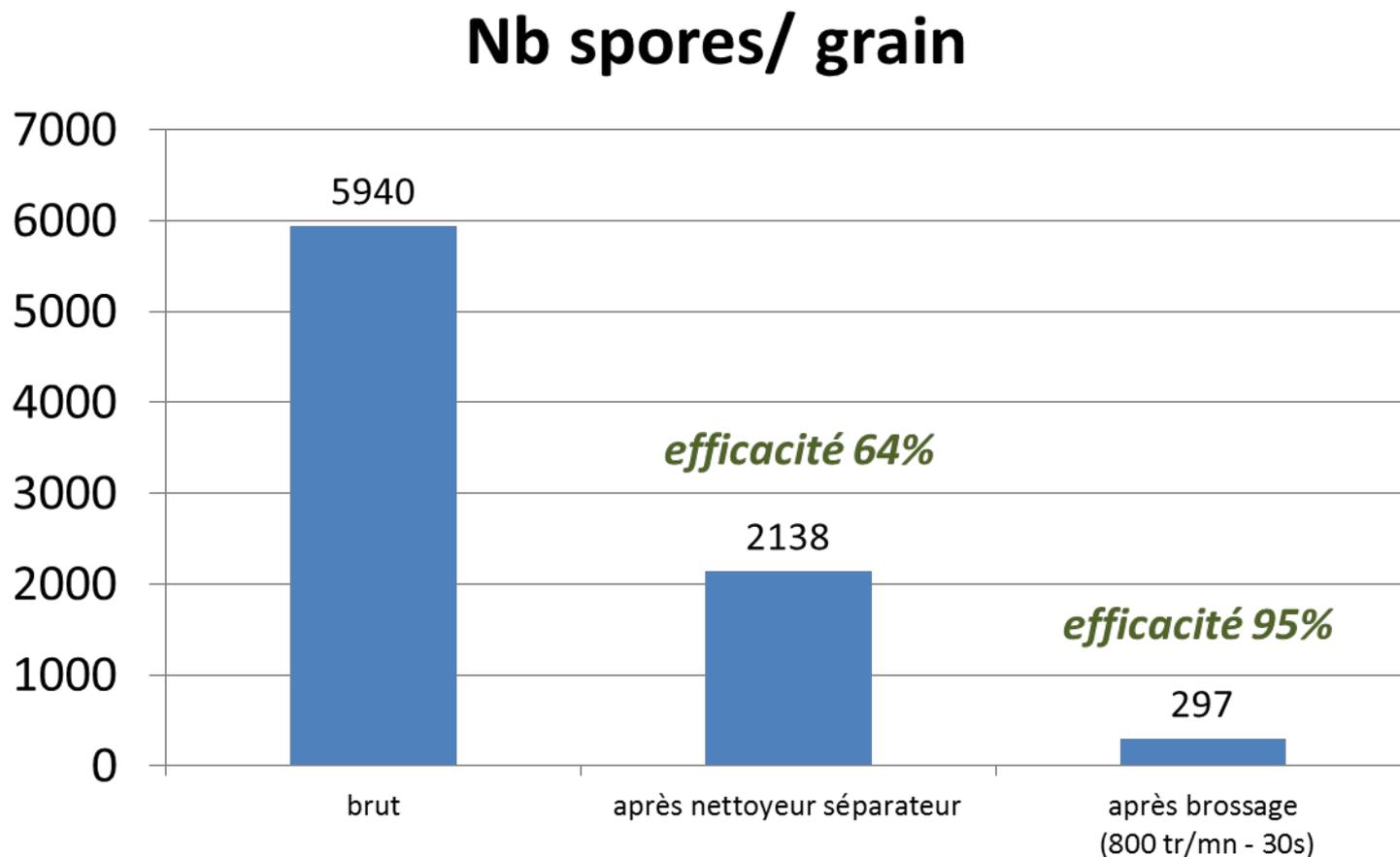


Résultats 2008 et 2009

Efficacité

- 4 lots
 - 1 très contaminé
 - 3 faiblement contaminés
- Méthode de brossage
 - Nettoyeur-Séparateur
 - Puis brossage 800 tr/min pendant 30 secondes

Efficacité sur lot très contaminé



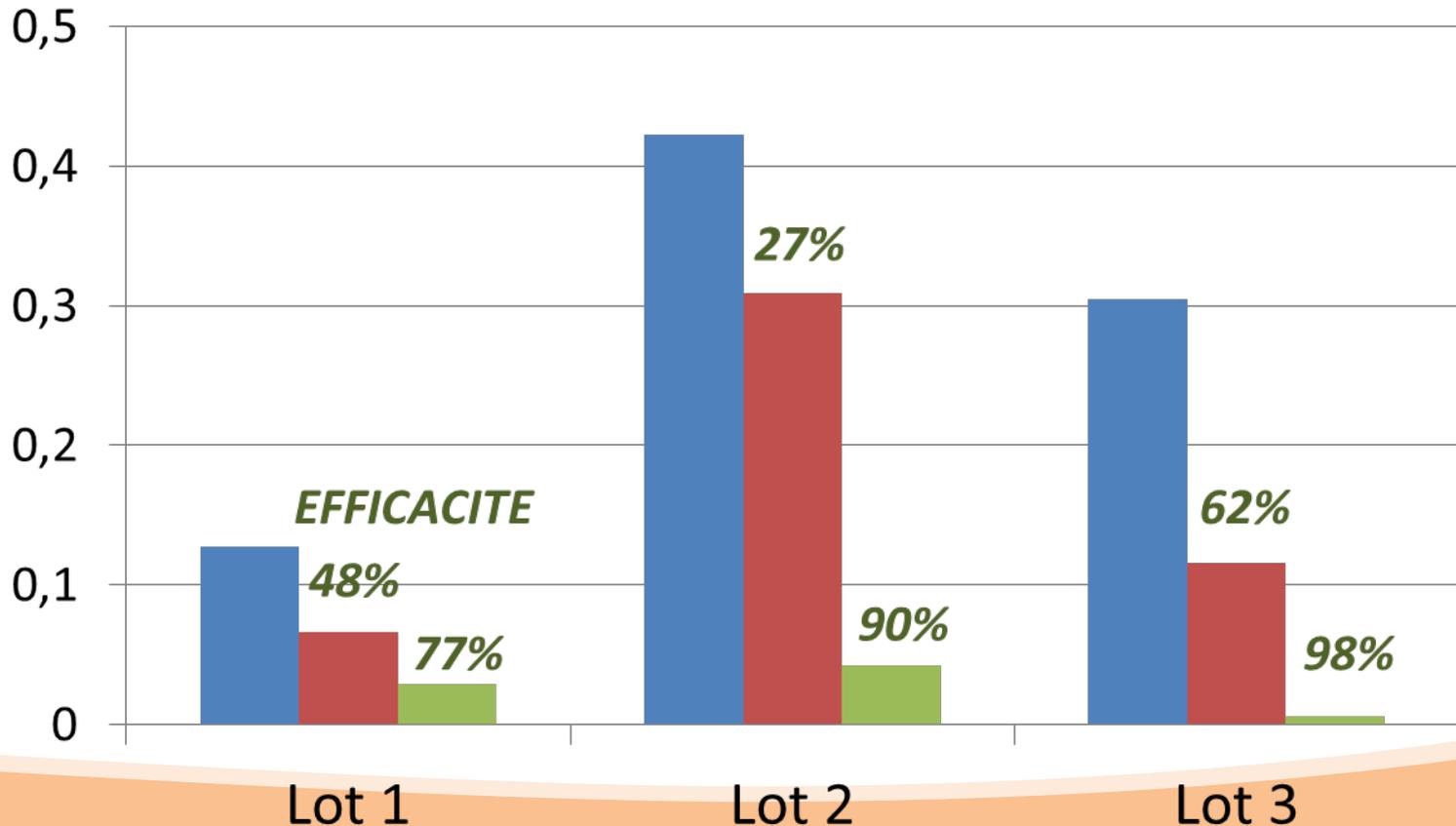
Effacité sur lots peu contaminés

■ brut

■ après nettoyeur séparateur

■ après brossage
(800 tr/mn - 30s)

Nb spores /
grain



Conclusions sur l'effet du brossage

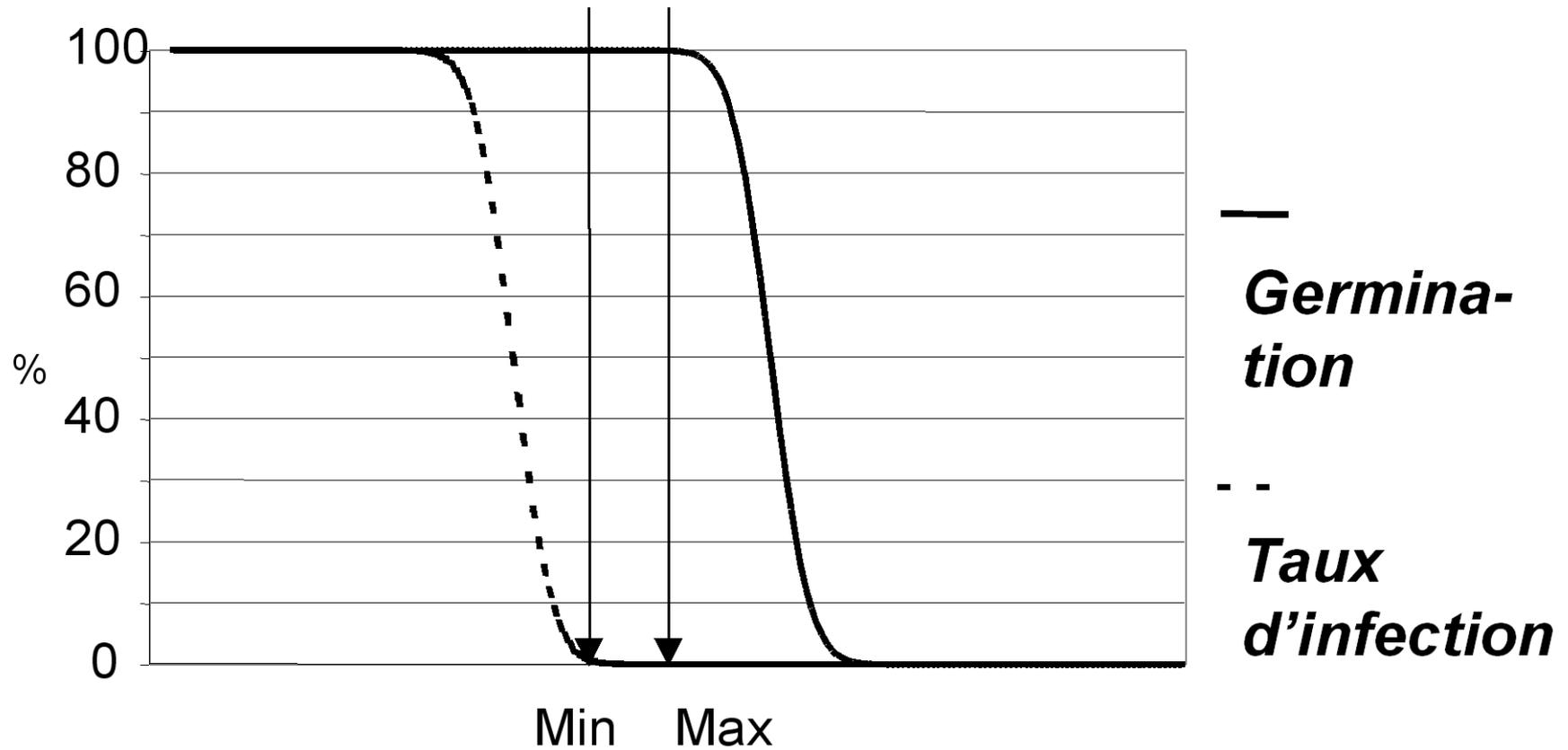
- Une sélectivité acceptable
- Une efficacité élevée, mais insuffisante pour obtenir des lots indemnes de carie
- Méthode utilisable en AB pour limiter le niveau de contamination avant application de TS dont l'efficacité est limitée



Thermoseed

Désinfection thermique air chaud et humide

Intervalle efficace



Intensité

Usine de Lantmännen, *Suède*

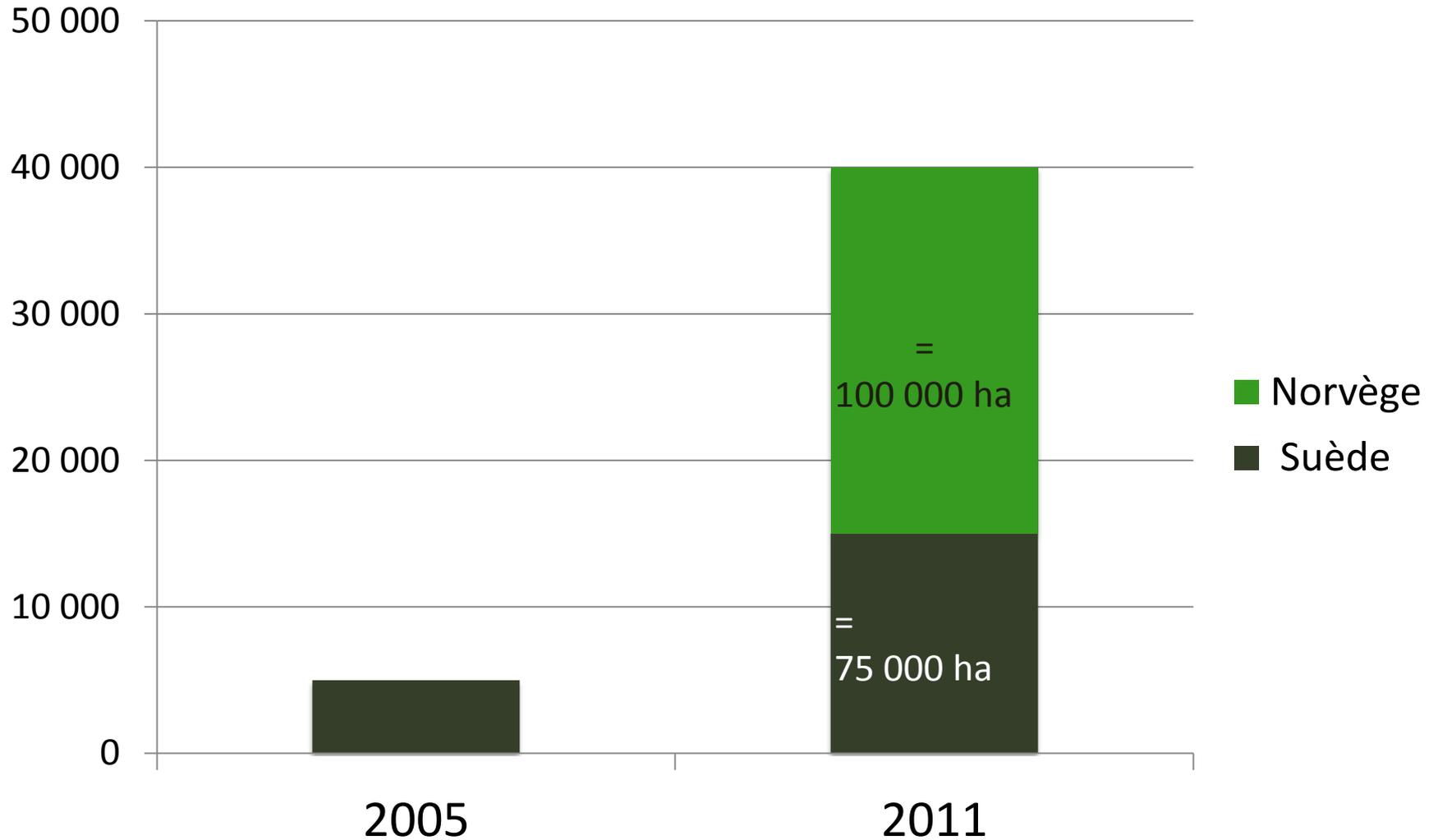
nänen,



Production annuelle 32 000 tons



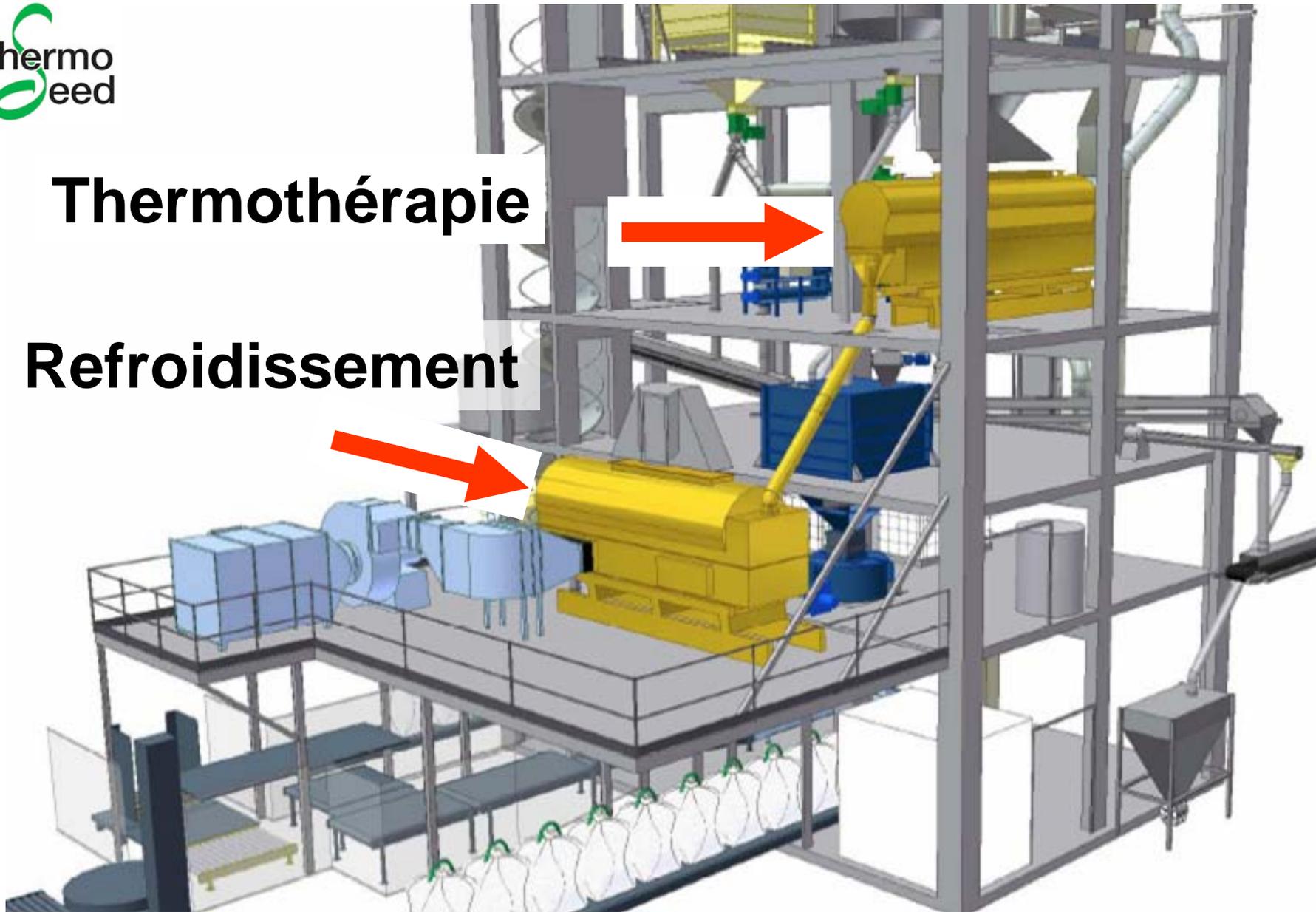
En tonnes traitées Thermosteed





Thermothérapie

Refroidissement



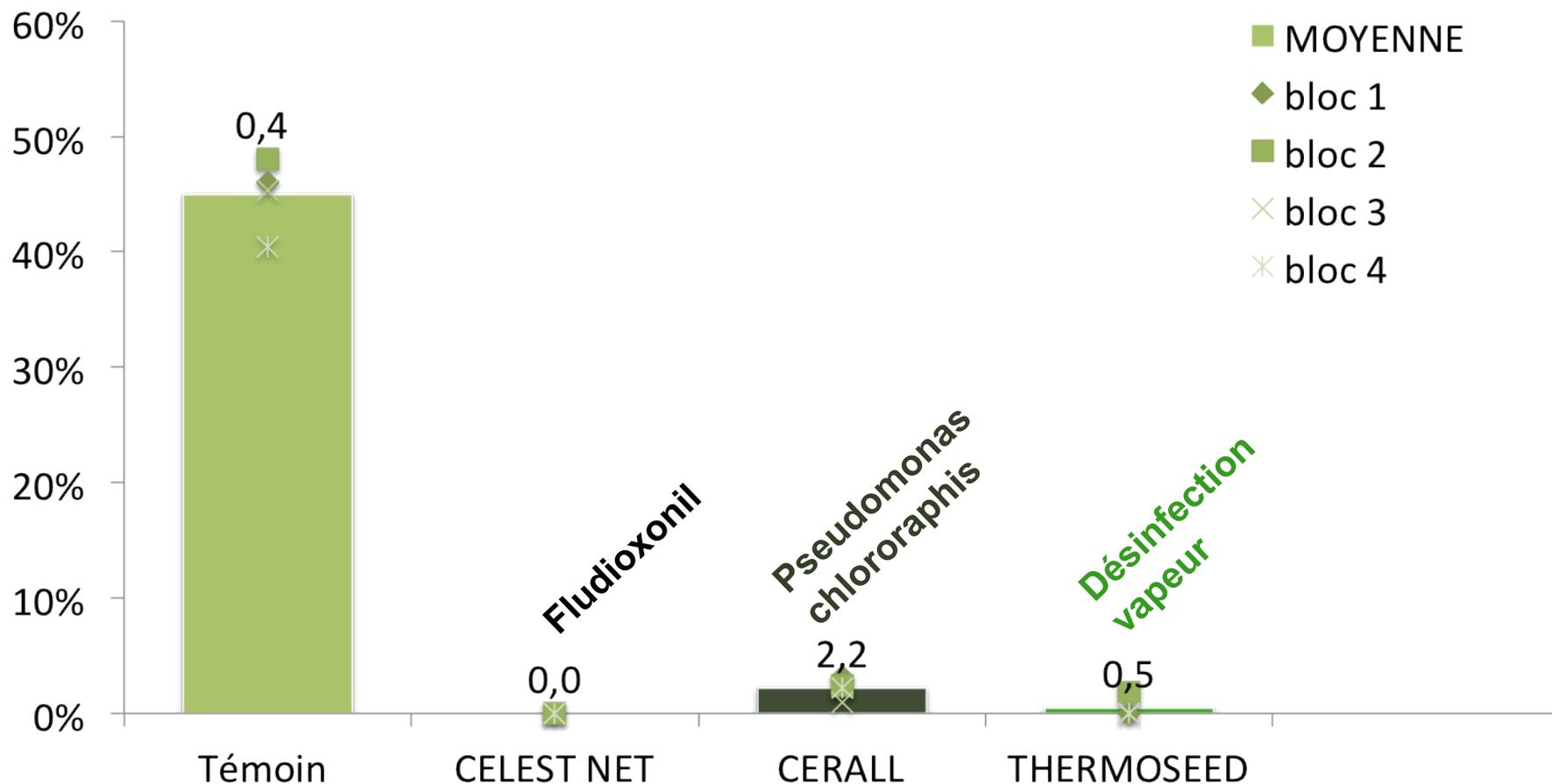
Test efficacité du procédé Thermoseed / carie commune (1 essai)

Contamination artificielle élevée : 10 000 spores *Tilletia caries* /semence
Semis : 05/11/2010 (32)



THERMOSEED, de premiers résultats prometteurs

% épis cariés

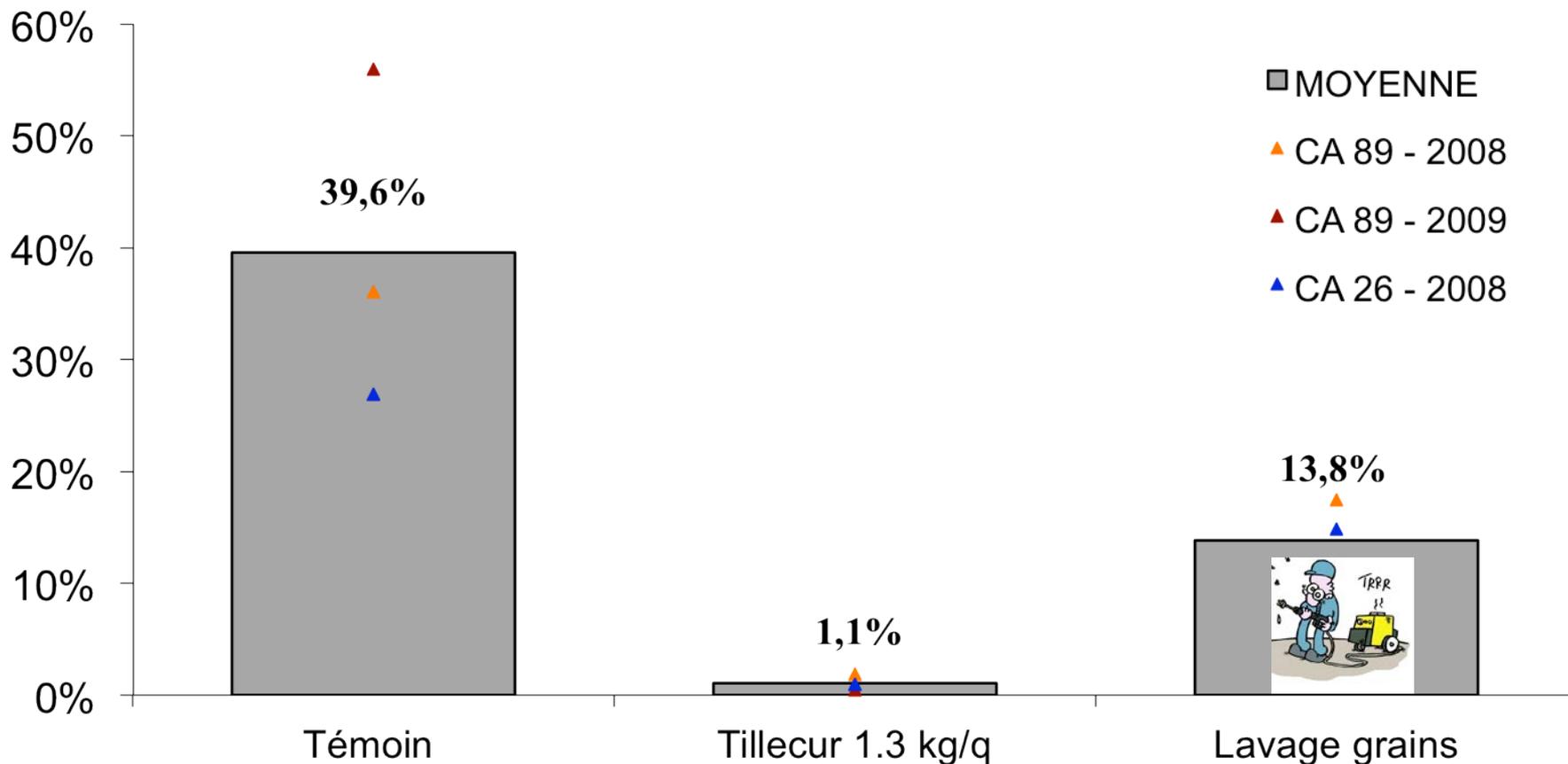


Test de lavage de grains contaminés



Lavage des semences contaminées : une efficacité insuffisante

% épis cariés



3 essais avec contamination naturelle et/ou artificielle élevée

gestion difficile : imbibition graines, eaux de lavage...



Traitements de semences (produits) Potentiellement utilisables en AB

Nathalie Robin, Julien Bruyère, Frédéric Rey

JOURNÉE « CARIE » - 9 février 2012, Paris. Atelier Prophylaxie

Traitement fongicide des semences

pour protéger la culture
et éviter de nouvelles contaminations

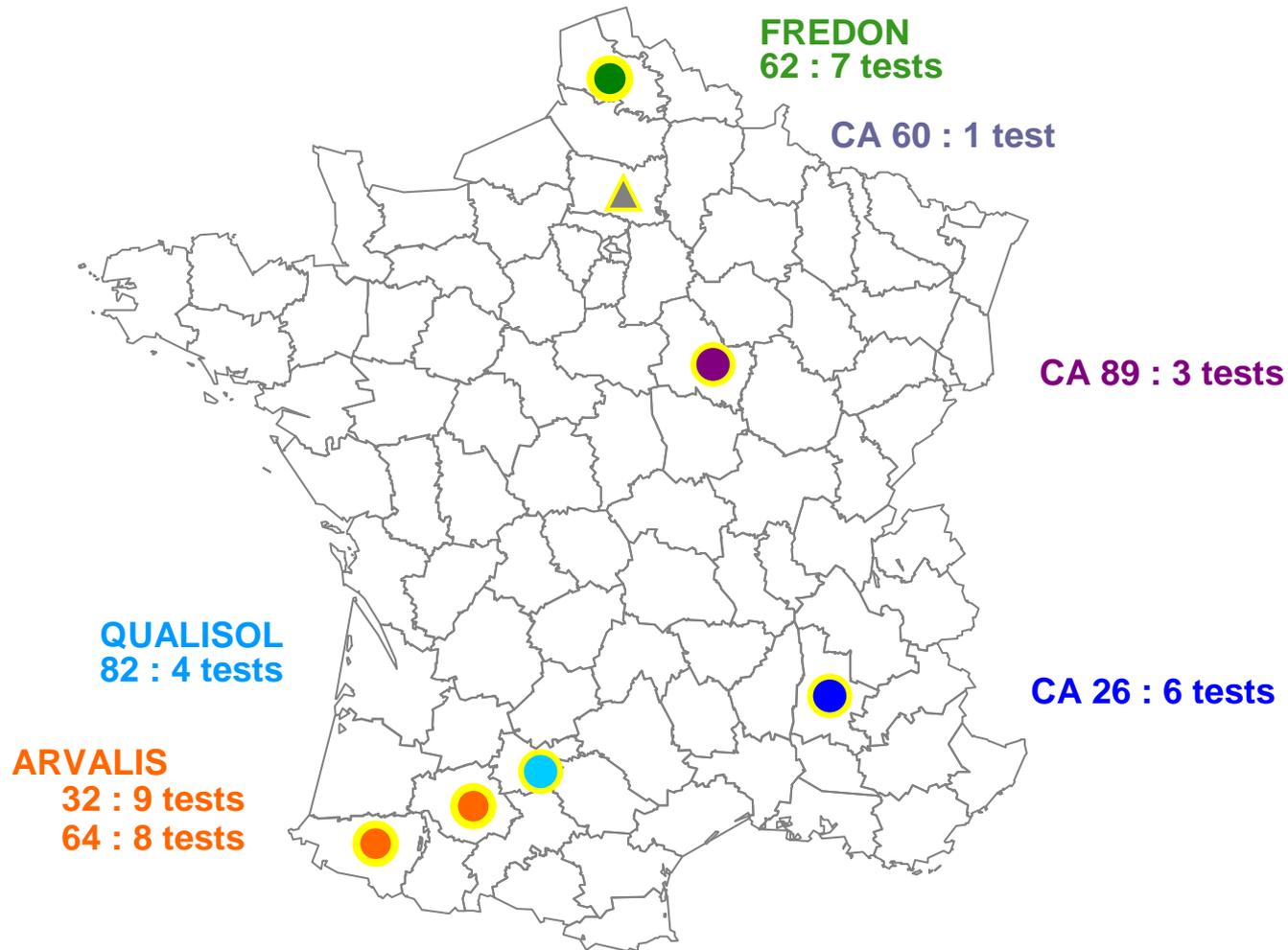
1 seule spécialité
homologuée en 2012
en Agriculture Biologique



Évaluer l'efficacité d'autres
produits potentiellement
utilisables en AB



Nombreux essais mis en place par les partenaires



JOURNEE « CARIE » - 9 février 2012, Paris. Atelier Prophylaxie  de 2008 à 2011 : 38 tests

Essais avec une contamination artificielle

CEB : 2 g spores/kg semences soit **20 000** spores/grain
ou apports inférieurs => 100, 1 000 , 10 000 spores/grain

ou une contamination naturelle

soit **40 000, 60 000 ou 110 000** spores/grain

Produits appliqués sur semences

- CERALL 1 l/q

Belchim Crop Protection

Protection fongicide des semences
autorisée en AB

Pseudomonas chlororaphis
souche MA342

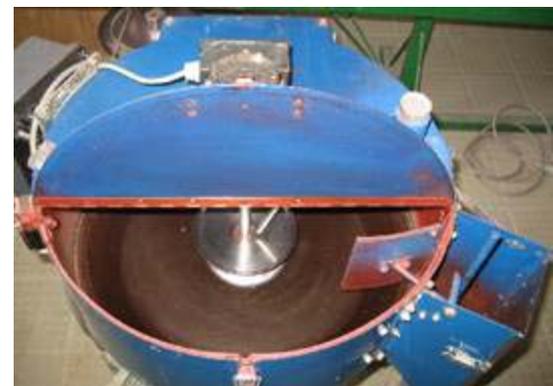
*Produit biologique vivant :
respecter les consignes
de transport et de stockage*

- TILLECUR 1,3 kg/q
poudre de moutarde jaune 84,8 %

- Composés du cuivre : divers composés
et doses 20 -300 g Cu /q

- Acide acétique : vinaigre blanc

- Autres modalités : huiles essentielles, farine + lait ...



Dispositif expérimental

Tous les essais « traitement de semences » ont été mis en place en plein champ.

Selon les partenaires et les sites d'expérimentation :



- 3 à 4 blocs = 3 à 4 répétitions par modalité
- 1 modalité = 1 ligne de 4m (semis manuel) jusqu'à une micro-parcelle de 15 à 20 m² (semoir expérimental)



Observations et notations

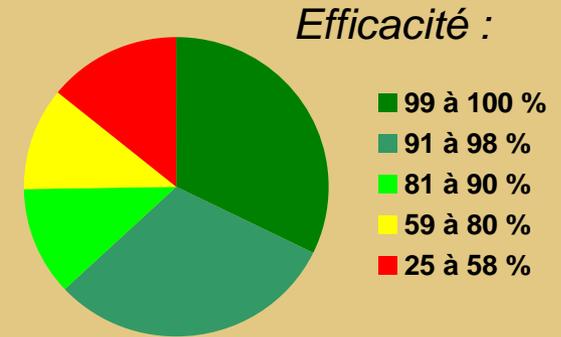
- **Pourcentage d'épis cariés** (maturité du grain) : prélèvement de 200 épis par parcelle élémentaire, observation visuelle sur chaque épi : *évaluation de l'efficacité fongicide des produits appliqués sur semences.*
- *Sur certains essais : **Peuplement** au stade 2 à 3 F (nombre de plantes / m² à la fin janvier – début février)*



Analyse des résultats

- Tests avec expression de la maladie **29 tests valides**

- Plusieurs modalités des efficacités diverses (**190 résultats**)

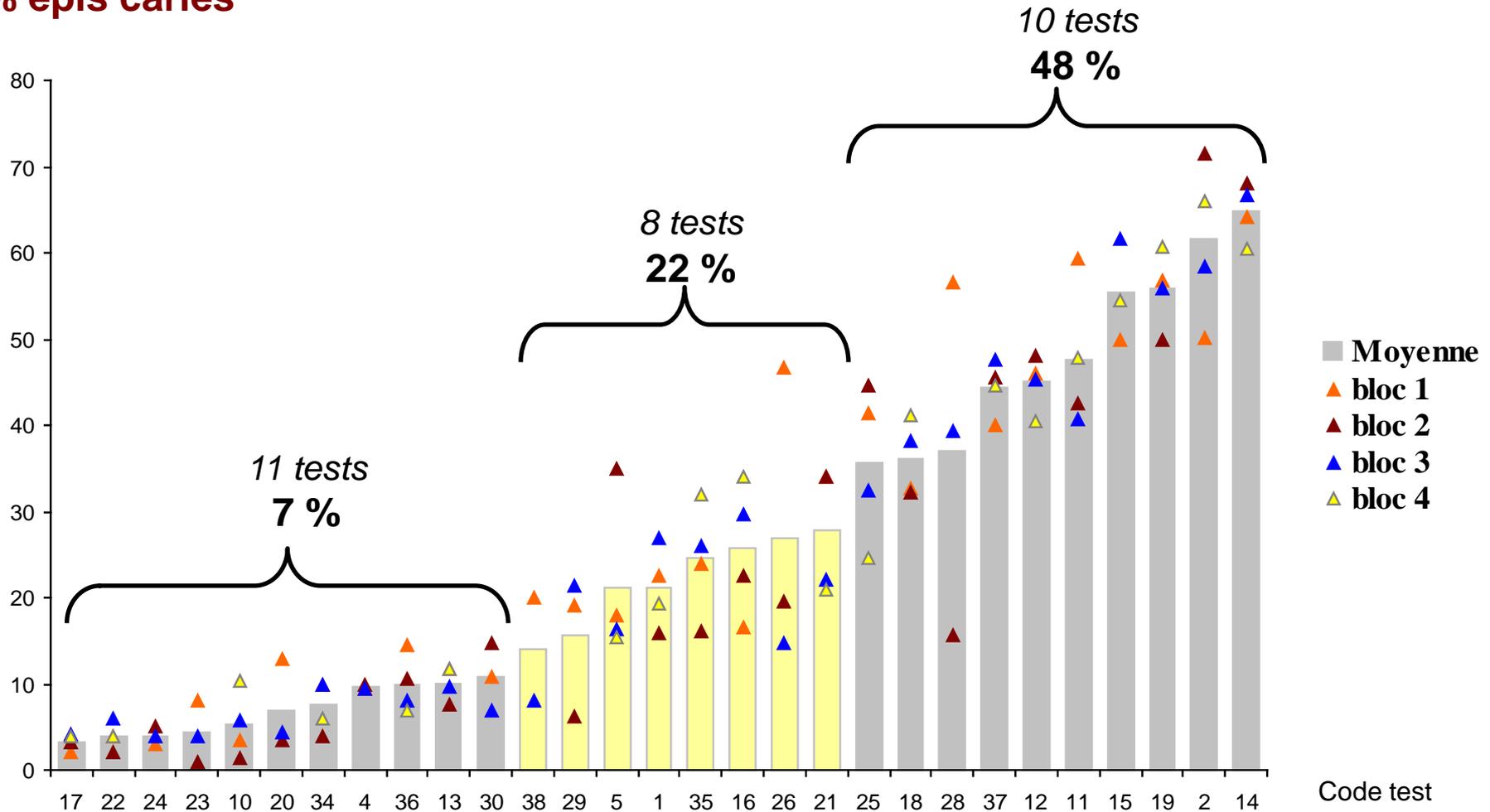


- Modalités présentent sur plusieurs essais
 - **Analyse descriptive** par modalité
 - **Analyse statistique** du regroupement transformation de la variable, modèle linéaire mixte
- Modalités avec peu de tests → analyse individuelle

Expression maladie : % épis cariés TEMOIN

29 tests

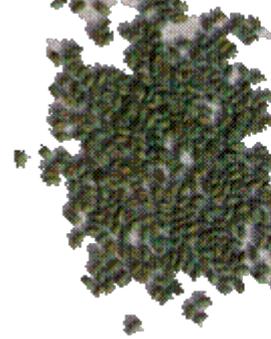
% épis cariés



Une expression de la maladie très variable (3 à 65 % épis cariés)

→ des précautions à prendre vis-à-vis de la notion d'efficacité

Résultats traitement CERALL (1 l/q)



- Suspension concentrée pour traitement de semences
- A base de *Pseudomonas chlororaphis* : bactérie naturellement présente dans le sol
- organismes **vivants** : nécessitant des précautions de stockage (4 à 8°C)
- plusieurs hypothèses de mode d'action :
antagonisme vis-à-vis du pathogène (concurrence spatiale et nutritive),
induction phénomène résistance dans la plante ...
- **Dose = de 1 l / quintal de semences**

Blé
Carie (semences)
Fusarioses
Septoriose (*S.nodorum*)

Triticale
Fusarioses
Septoriose

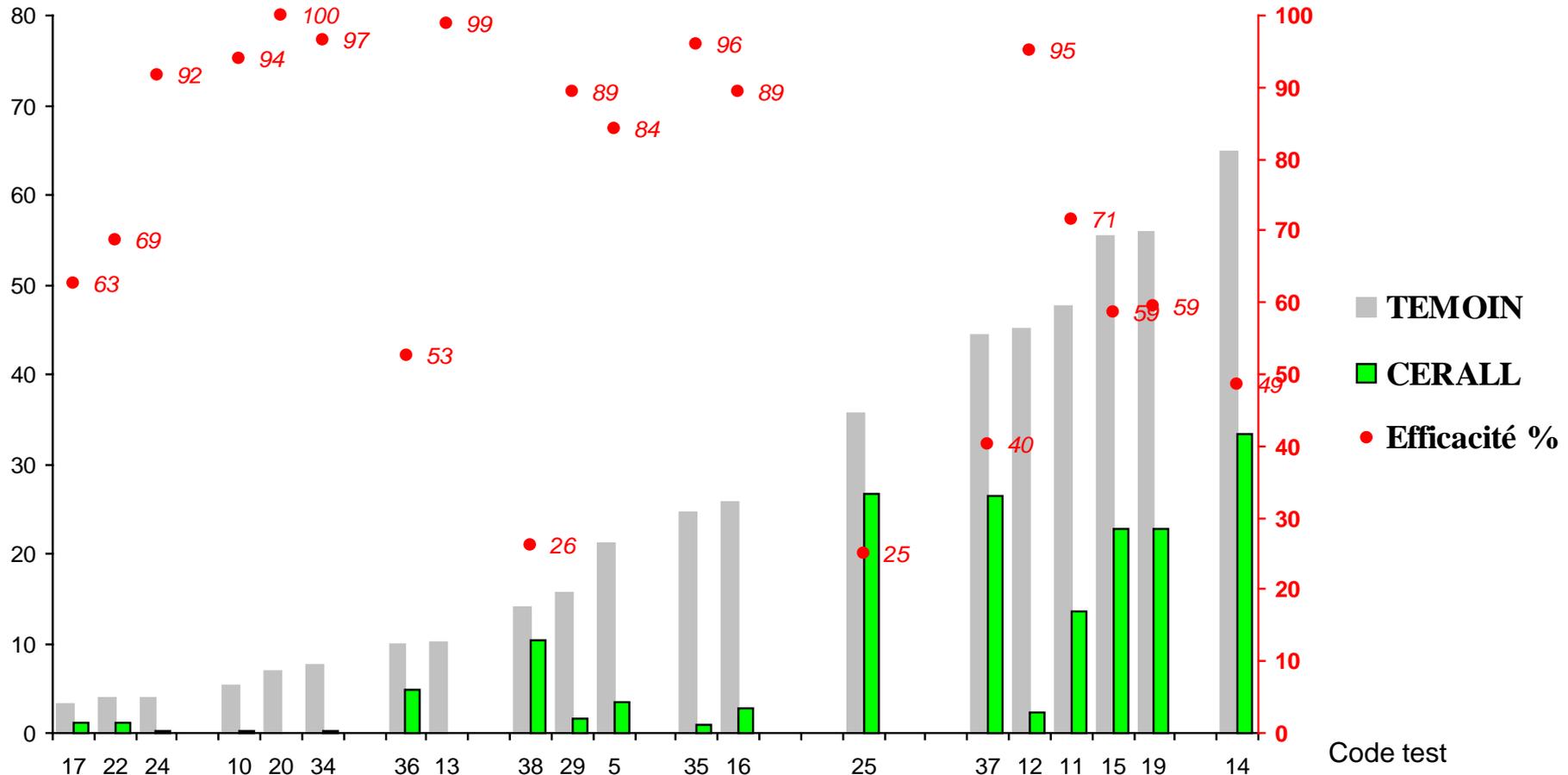
Seigle
Fusarioses

Résultats traitement CERALL (1 I/q)

20 tests

% épis cariés

% efficacité



➔ une protection variable, notamment face à une forte expression de la maladie

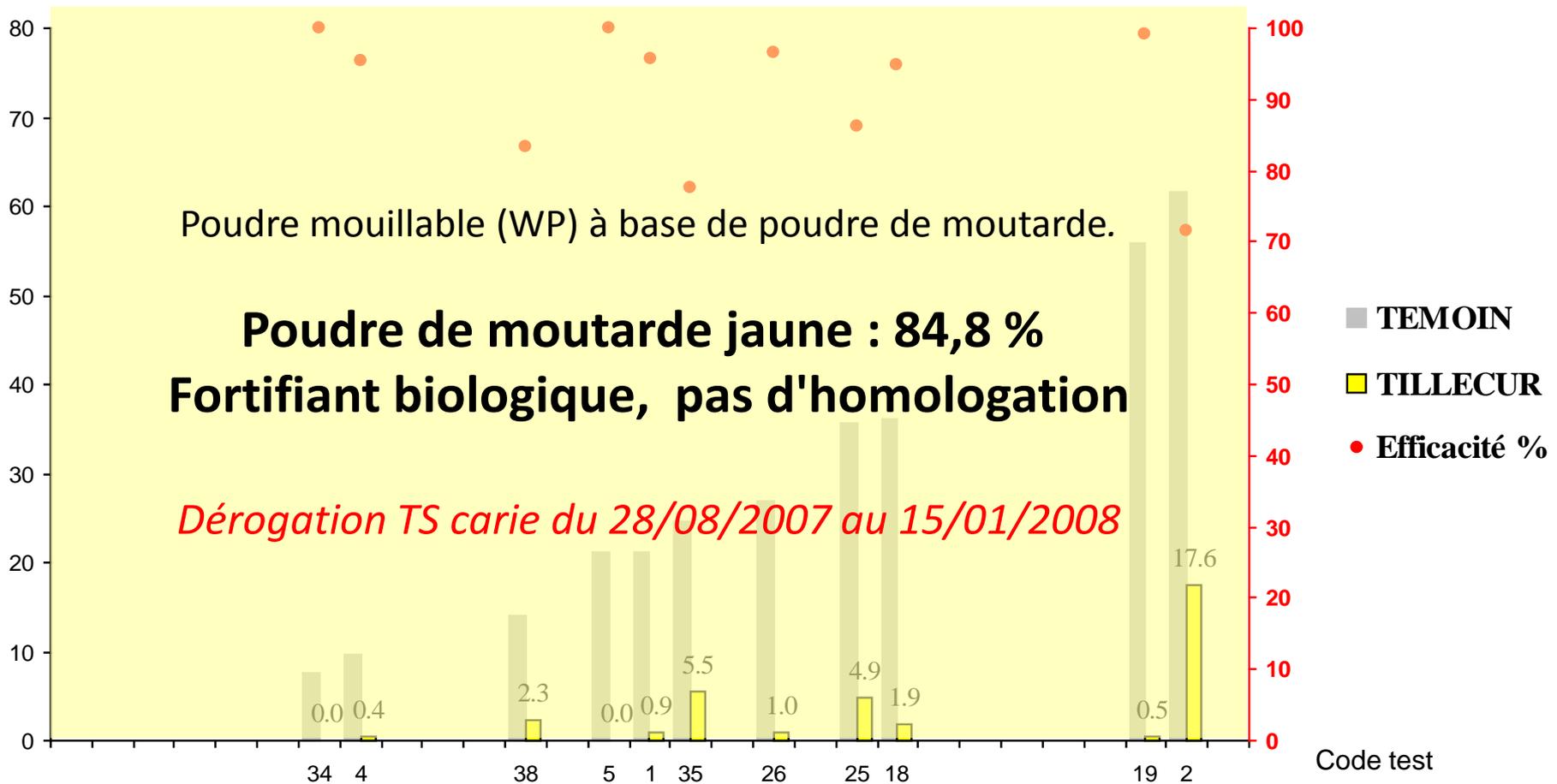
➔ efficacité de 25 à 100 %

Résultats TILLECUR (1,3 kg/q)

11 tests

% épis cariés

% efficacité



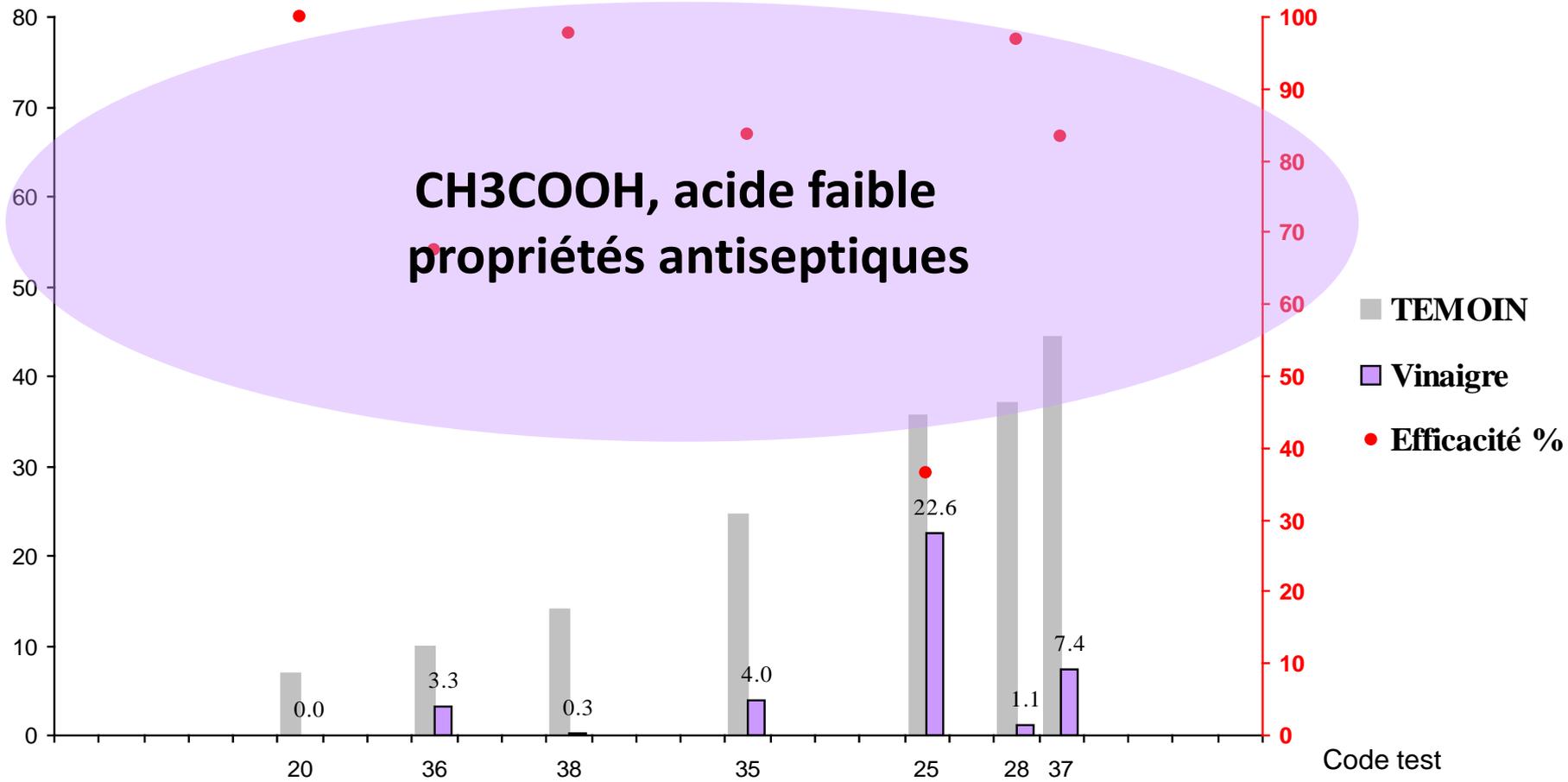
→ une protection également variable (moins d'essais)
efficacité de 70 à 100 %

Résultats acide acétique (Vinaigre blanc 1,8 à 2,5 l/q)

7 tests

% épis cariés

% efficacité



→ une piste intéressante, efficacité de 35 à 100 %

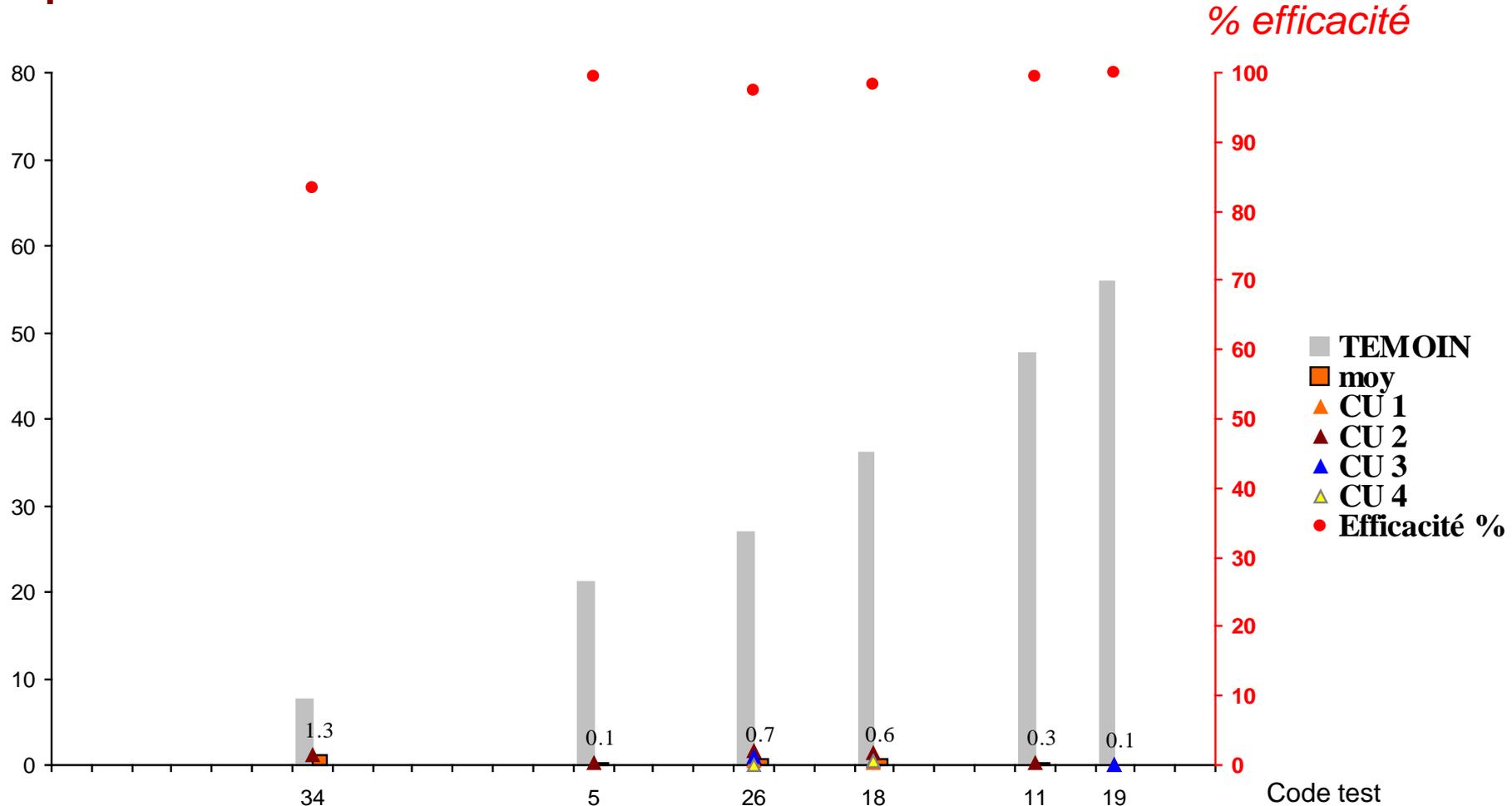
Différents apports de Cuivre à partir de différents composés

SUBSTANCE ACTIVE	Teneur Cu	Dose par quintal	Apport Cu g /q
Sulfate de cuivre neutralisé à la chaux éteinte Bouillie bordelaise	20%	de 150 g à 1000 g	30 - 200
Sulfate de cuivre neutralisé à la chaux éteinte + oligoéléments	18%	de 125 g à 1111 g	20 - 200
Sulfate de cuivre tribasique brochantite	190 g/l	100 ml 200 ml	20 - 40
Hydroxyde de cuivre	400 g/l	de 125 ml à 750 ml	50 - 300
Oxychlorure de cuivre	50%	de 100 g à 400 g	50 - 200

Résultats apports de Cuivre : 200 g Cu / q

6 tests, avec différents composés Cu

% épis cariés



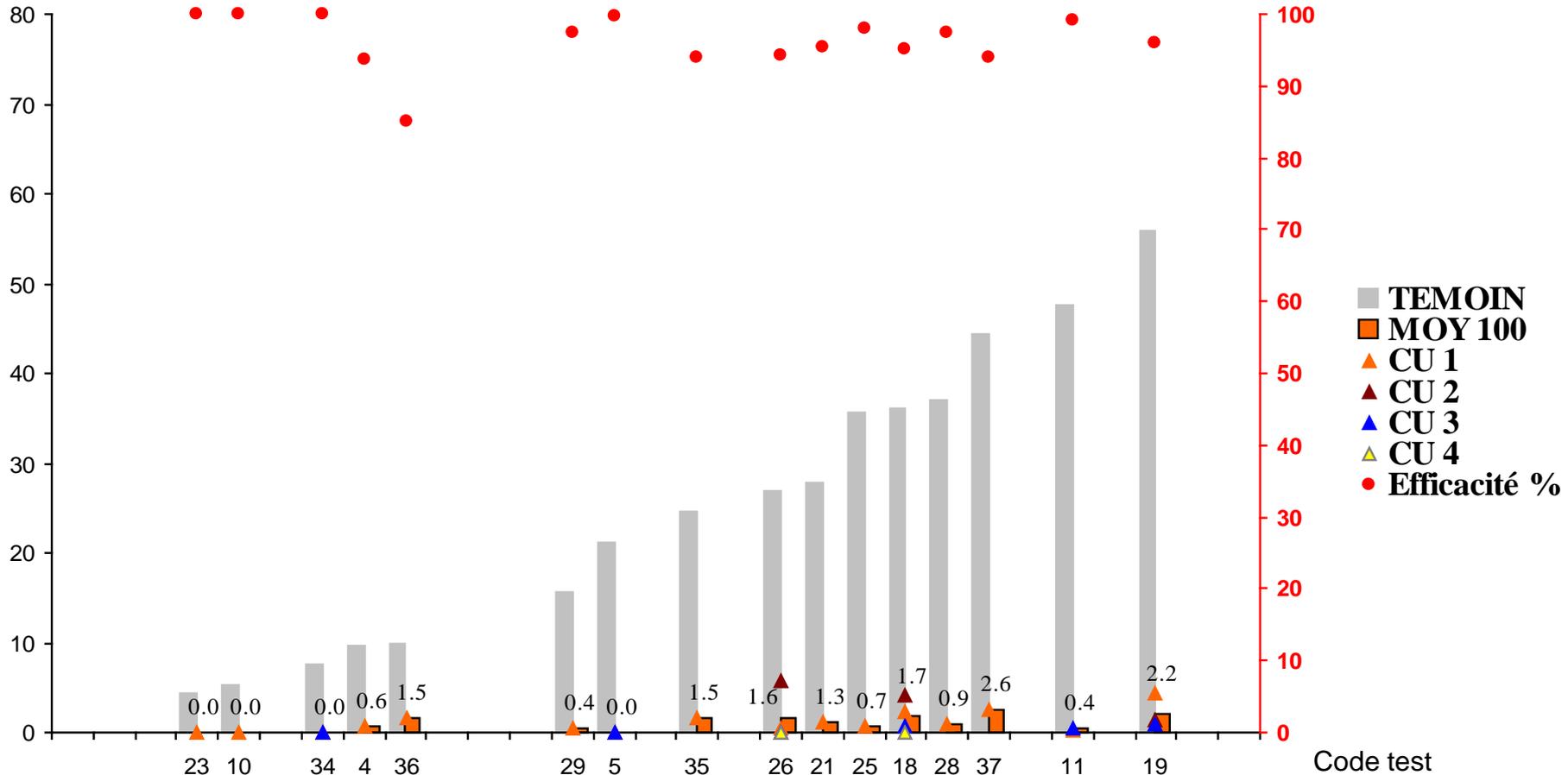
➔ une forte protection, relativement constante (indépendamment composé Cu)
efficacité de 80 à 99 %

Résultats apports de Cuivre : 100 g Cu / q

16 tests, différents composés Cu

% épis cariés

% efficacité



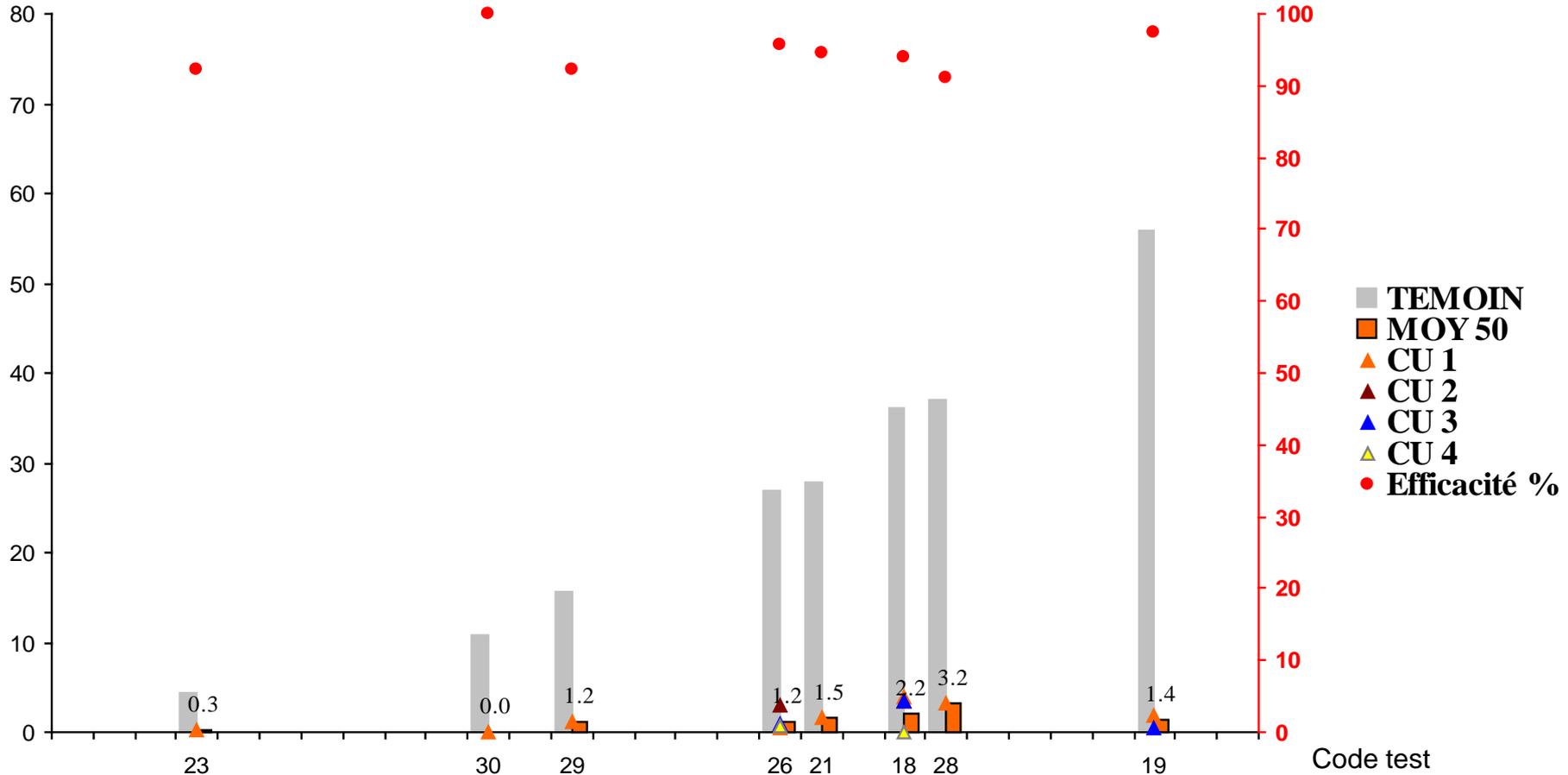
→ une protection élevée, quelques d'écarts
efficacité de 85 à 100 %

Résultats apports de Cuivre : 50 g Cu / q

8 tests, différents composés Cu

% épis cariés

% efficacité

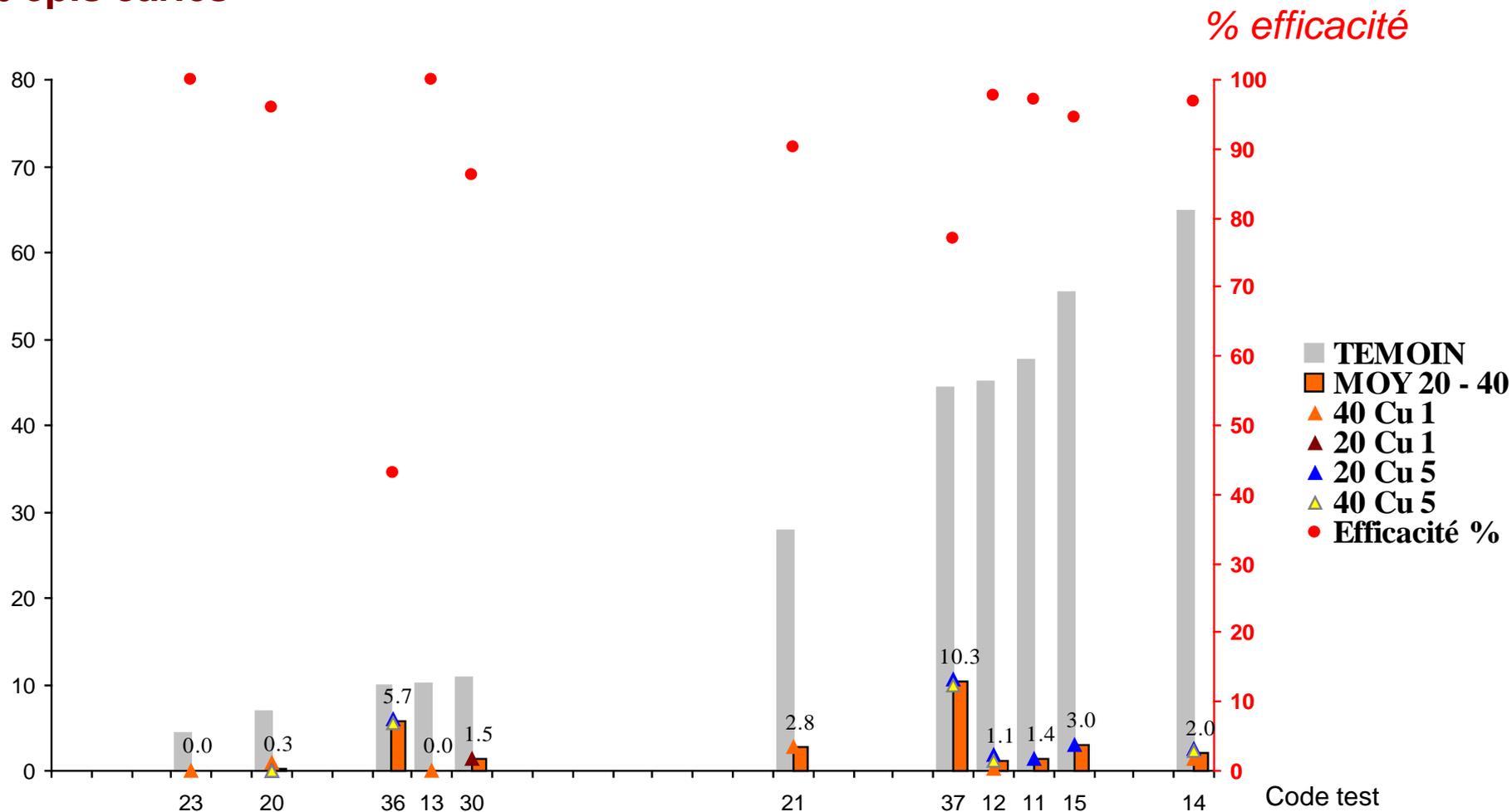


→ une protection encore bien présente
efficacité de 90 à 100 %

Résultats apports de Cuivre : 20 – 40 g Cu / q

11 tests, deux formes d'apport

% épis cariés

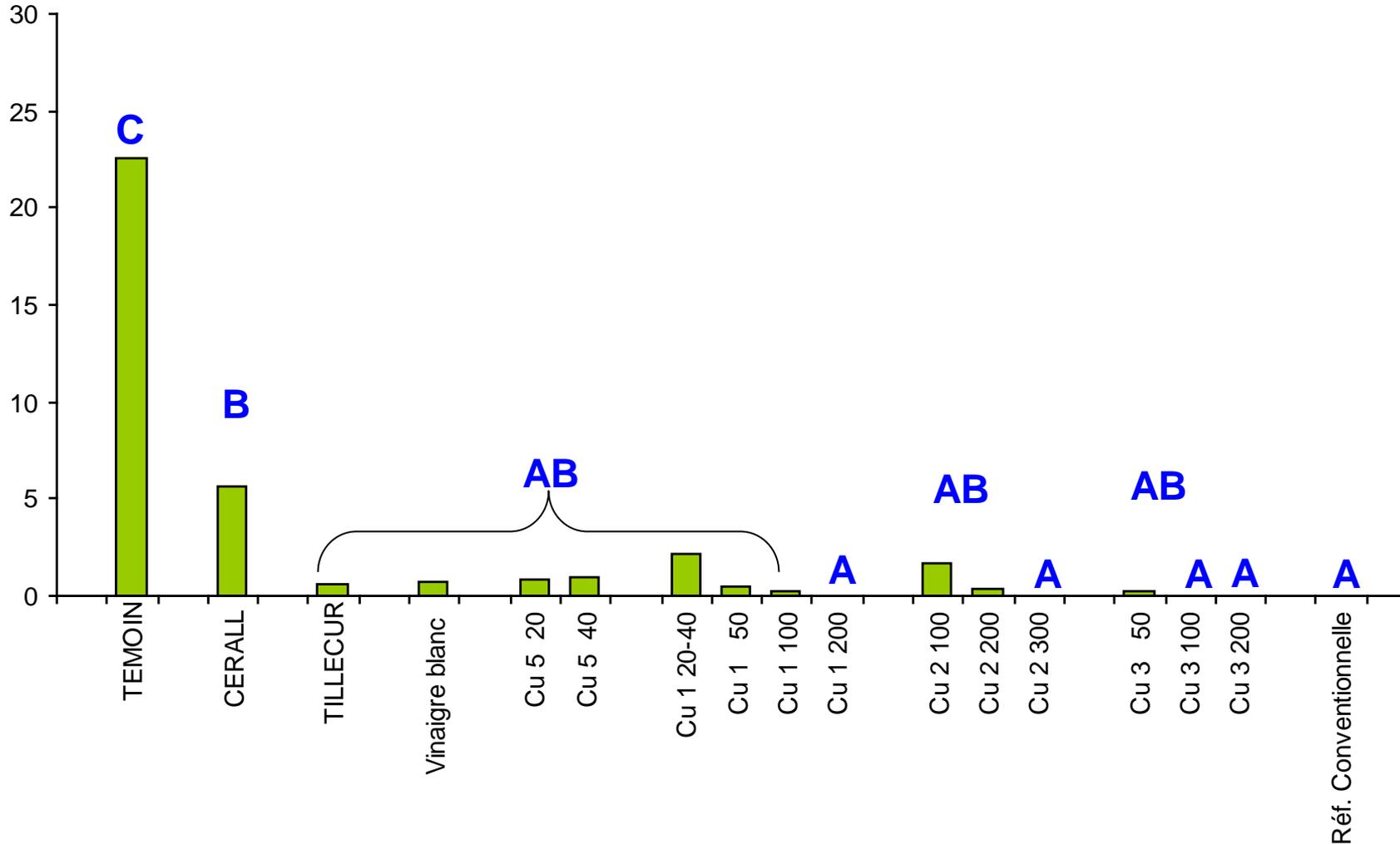


➔ protection plus hétérogène mais un intérêt indéniable
efficacité de 40 à 100 %

Analyse du regroupement d'essais

Comparaison moyennes ajustées (test Tukey)

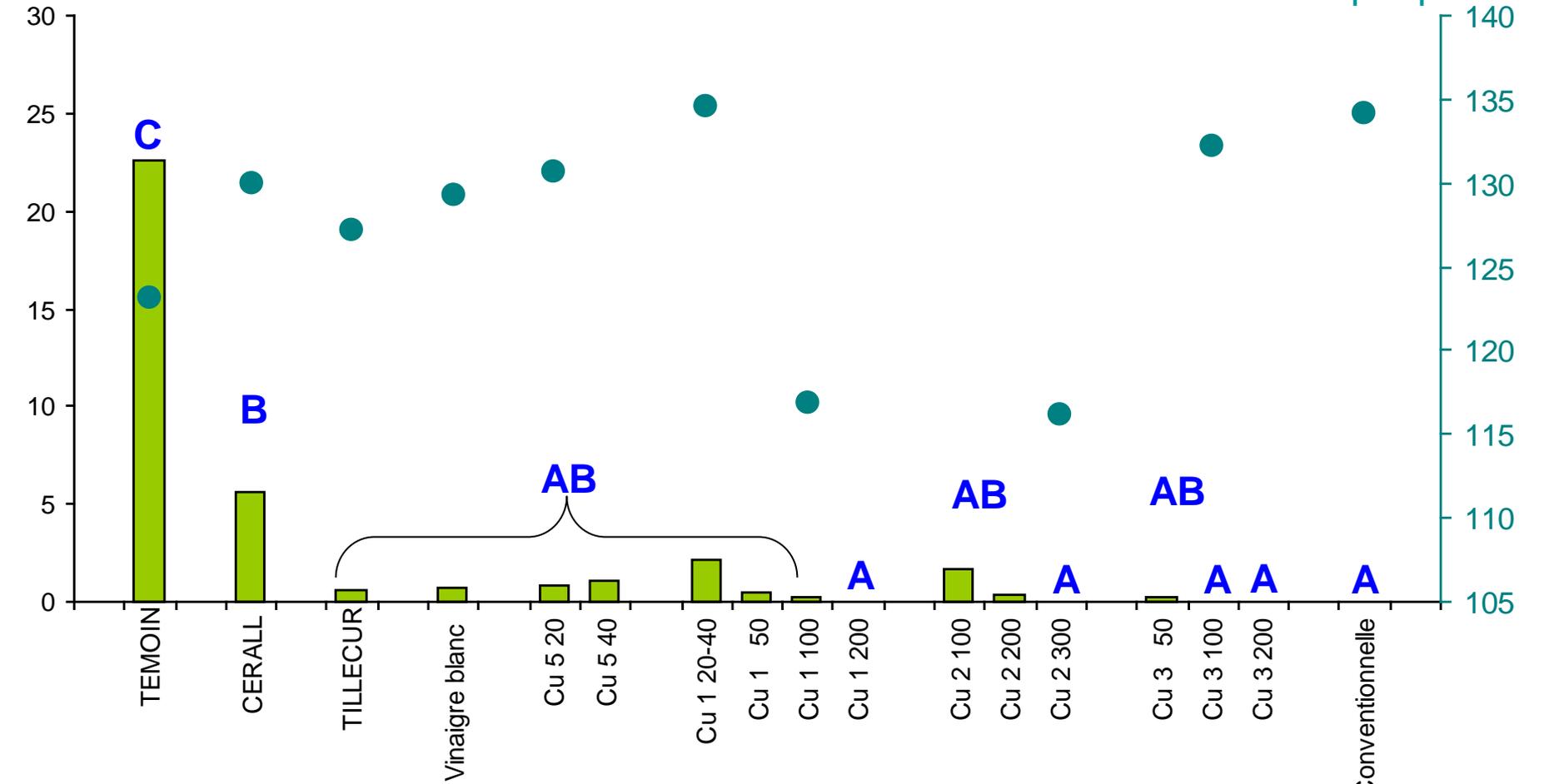
% épis cariés



→ des écarts significatifs entre les deux références
des pistes de progrès

Analyse du regroupement d'essais Comparaison moyennes ajustées (test Tukey)

% épis cariés



→ des écarts significatifs entre les deux références
des pistes de progrès
des incidences sur le peuplement à étudier (cinétique)

Autres pistes explorées...

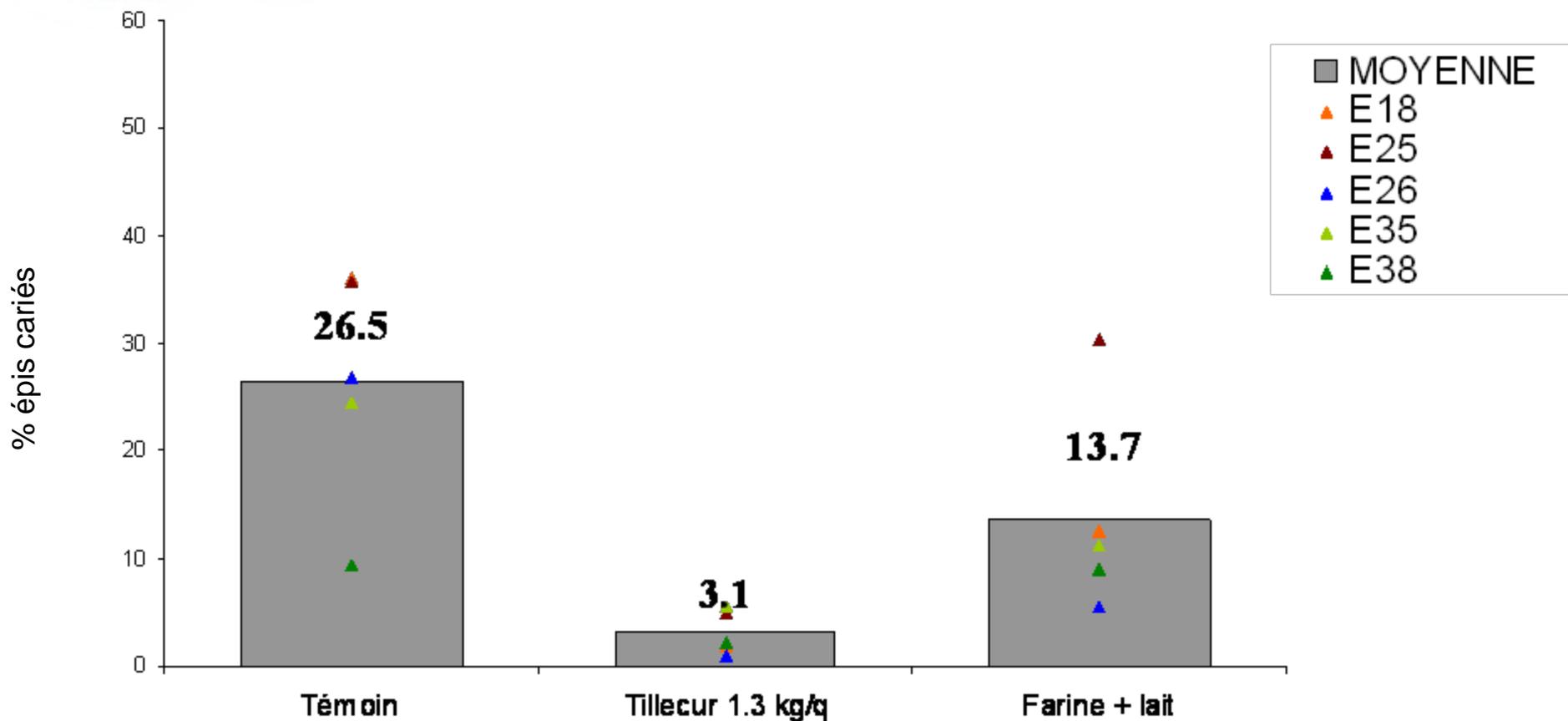
- **Mélange [Farine + Lait]**
- **Huile(s) essentielles(s)**
- **Extraits végétaux, engrais foliaires, microorganismes...**





Autres pistes explorées...

Mélange [Farine + Lait]



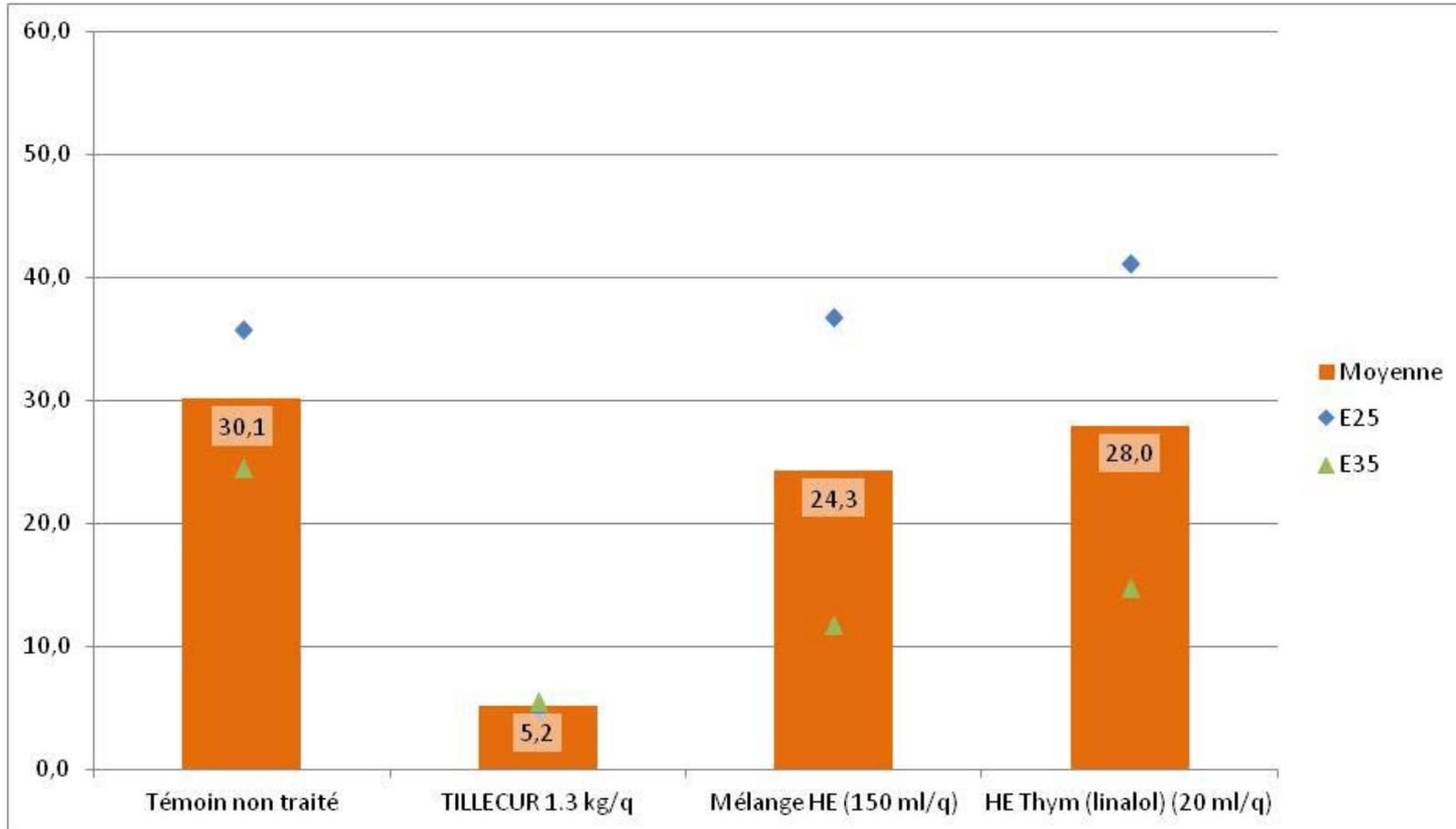
→ une efficacité variable et insuffisante sur ces 5 essais
(de 3 à 80 %, en moyenne : 40 %)

Autres pistes explorées...

Huile(s) essentielle(s)



% épis cariés

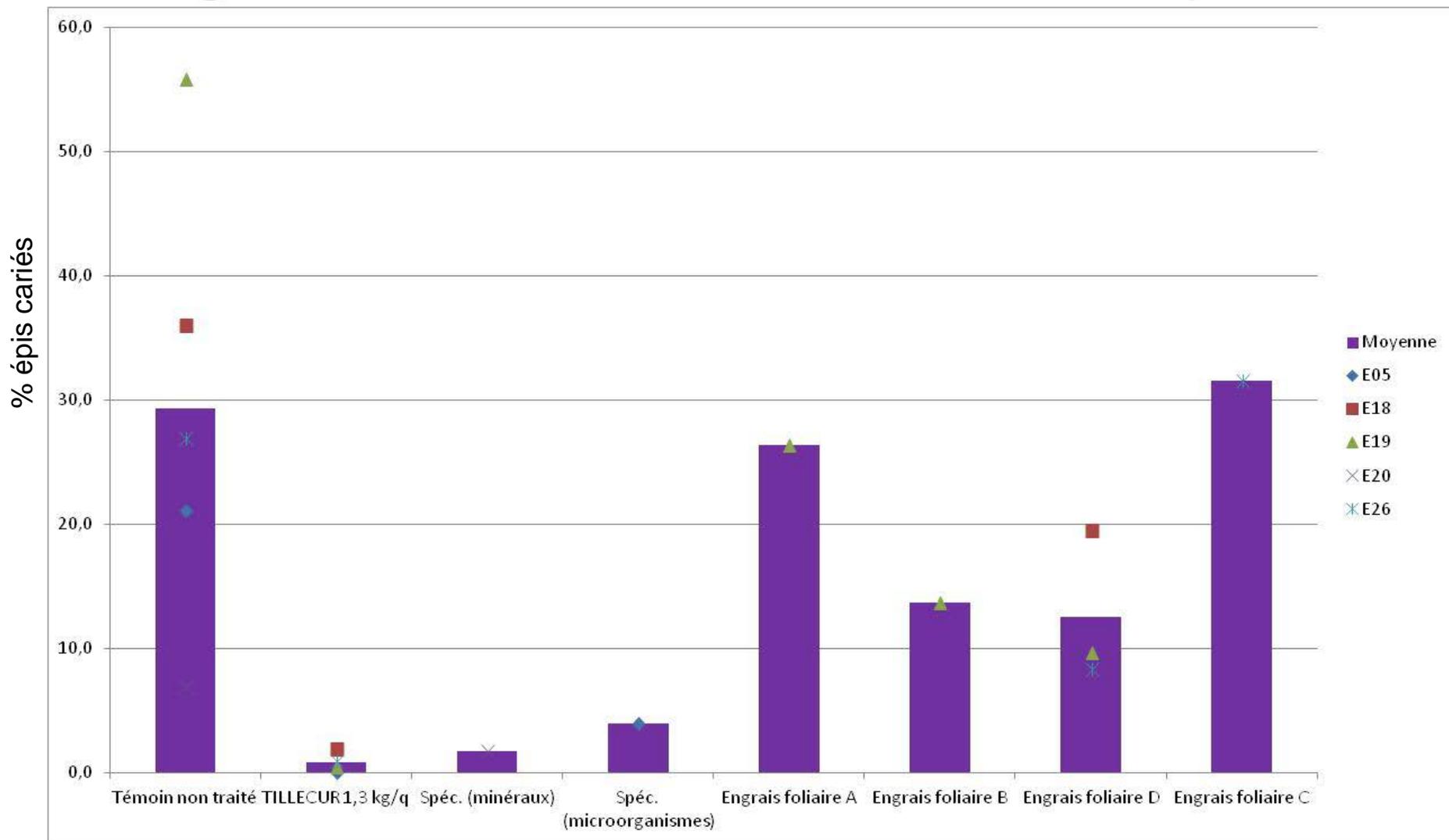


➔ une efficacité insuffisante aux doses testées et pour ces types d'HE sur ces 2 essais



Autres pistes explorées...

Extraits végétaux, engrais foliaires, microorganismes...



Conclusions partie TS



Conclusions

- Un seul produit homologué à ce jour (*Pseudomonas chlororaphis* Ma342 - **Cerall**) :
Des résultats significatifs mais irréguliers
Importance du contexte pédoclimatique : bactérie / *Tilletia caries* ?
- Un fortifiant des semences (**Tillecur**),
une efficacité intéressante, parfois insuffisante
- Acide acétique (**Vinaigre blanc**),
une efficacité à améliorer : dose, associations...
- Cuivre (divers **composés de cuivre**)
une efficacité indéniable avec des apports de 200 g Cu / quintal semences
qui reste significative avec des apports moindres (20 g Cu)
travaux à poursuivre : formulation composé / dose et sélectivité

Conclusion

- **L'huile essentielle de thym** à linalol ou la spécialité commerciale à base d'un mélange d'huiles essentielles et **mélange farine + lait** : résultats décevants aux doses utilisées.
- La **thermothérapie** est très efficace mais mise en œuvre en station de semences
- Le **brossage** ne présente qu'une efficacité partielle / moyen de désinfection complémentaire



Maîtriser la Carie[@]

Conclusion



Stades et leviers, pour maîtriser la carie

Choix des espèces et des variétés

Utiliser des semences saines (faire analyse)

Conditions de semis

Rotations

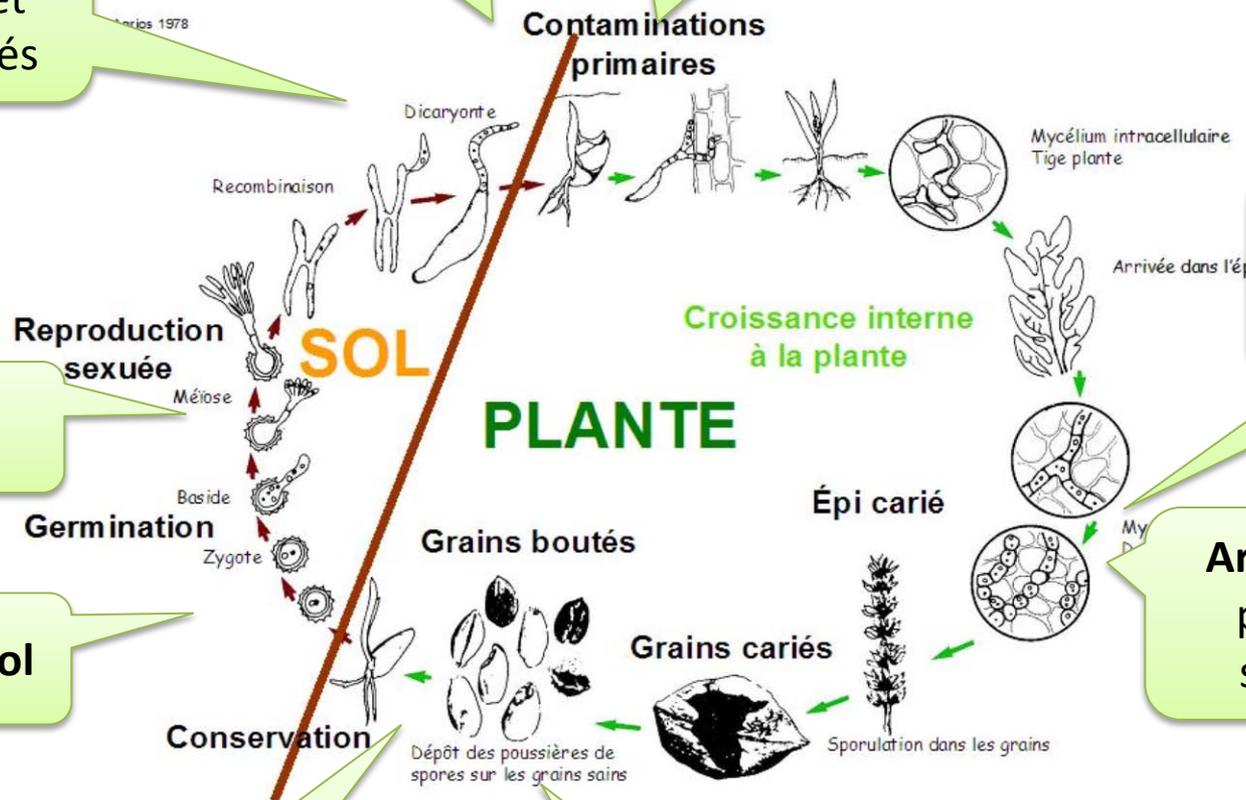
Travail du sol

Traitements des semences

Analyses des grains récoltés

Observations au champ

Arracher les pieds présentant des signes de carie



Cycle d'après G.N. Agrios (1978)

Règles de bonne conduite, pour contenir la carie commune

Utiliser des semences certifiées ou saines (analyse)

Favoriser une levée rapide

Observer attentivement la culture pour déceler le plus tôt possible les signes de carie

Éliminer les pieds cariés (le cas échéant)

Faire une analyse de la récolte (en cas de doute)

Faire des rotations

Doute !
Ma parcelle
pourrait être
contaminée
*(par une parcelle
voisine, le matériel de
récolte...)*



J'observe
des **grains**
cariés dans
mon **champ**.

J'ai observé des
grains cariés lors
de la **récolte**.

Mesures possibles, si présence de carie...

Faire une analyse

pour s'assurer qu'il s'agit bien de carie et pour quantifier le taux de contamination des grains.

Que faire **au moment de la récolte** ?

Détruire la culture sur pied
par brûlage (*demander autorisation préfectorale*)

Récolter la parcelle cariée en dernier

Faire tourner le cylindre batteur à basse vitesse en ouvrant le contre-batteur ; faire fonctionner les ventilateurs.

Après la récolte, **nettoyer** soigneusement tout le matériel

Que faire **des grains récoltés** ?

Incinérer les récoltes contaminées

Valoriser la récolte à la ferme en **consommation animale** (*risque de dissémination non connue à ce jour*)

La **semence fermière** est possible à condition de :

- **traiter** au *Cerall* (ou au *Tillecur*)
- **surveiller** attentivement la culture

Que faire **sur la parcelle contaminée** ?

Allonger la rotation et cultiver des espèces non sensibles pendant 5 ans : avoine, orge, seigle, *triticale* et bien sûr les légumineuses, les crucifères...

Labour profond puis travail superficiel

Choisir des variétés de blé peu sensibles pendant 5 ans et favoriser une levée rapide
+ Vigilance accrue

Prise de risque