

Maîtriser la Carie@

Prophylaxie et moyens de contrôle

ITAB
Institut Technique de l'Agriculture Biologique

CAHIER TECHNIQUE
Carie du Blé

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.


ARVALIS Institut du Végétal

Grain carié.


ARVALIS Institut du Végétal

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


Fourchard - INRA

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 Tillet étudie 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, Bénédict 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 chaulent 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


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





si pas d'autres choix que des céréales

Rechercher des conditions d'une levée rapi

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

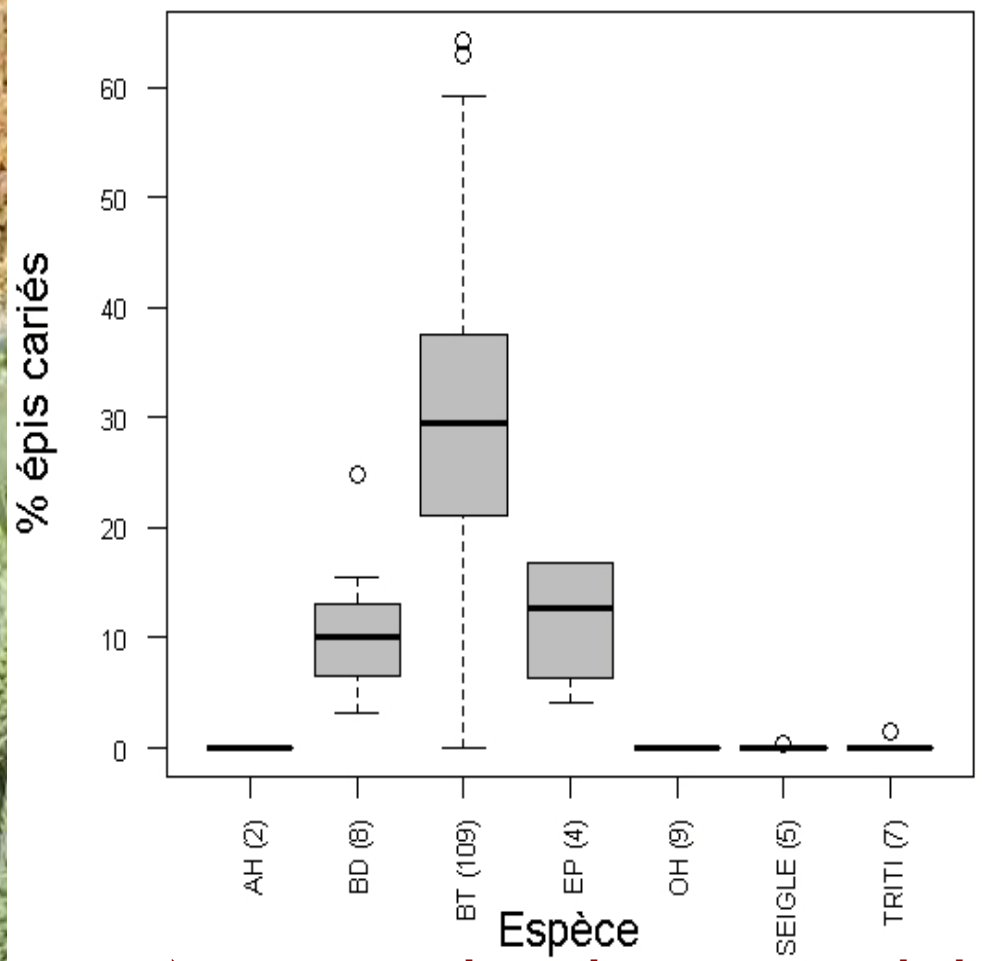
X - Échec de la contamination,

- 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



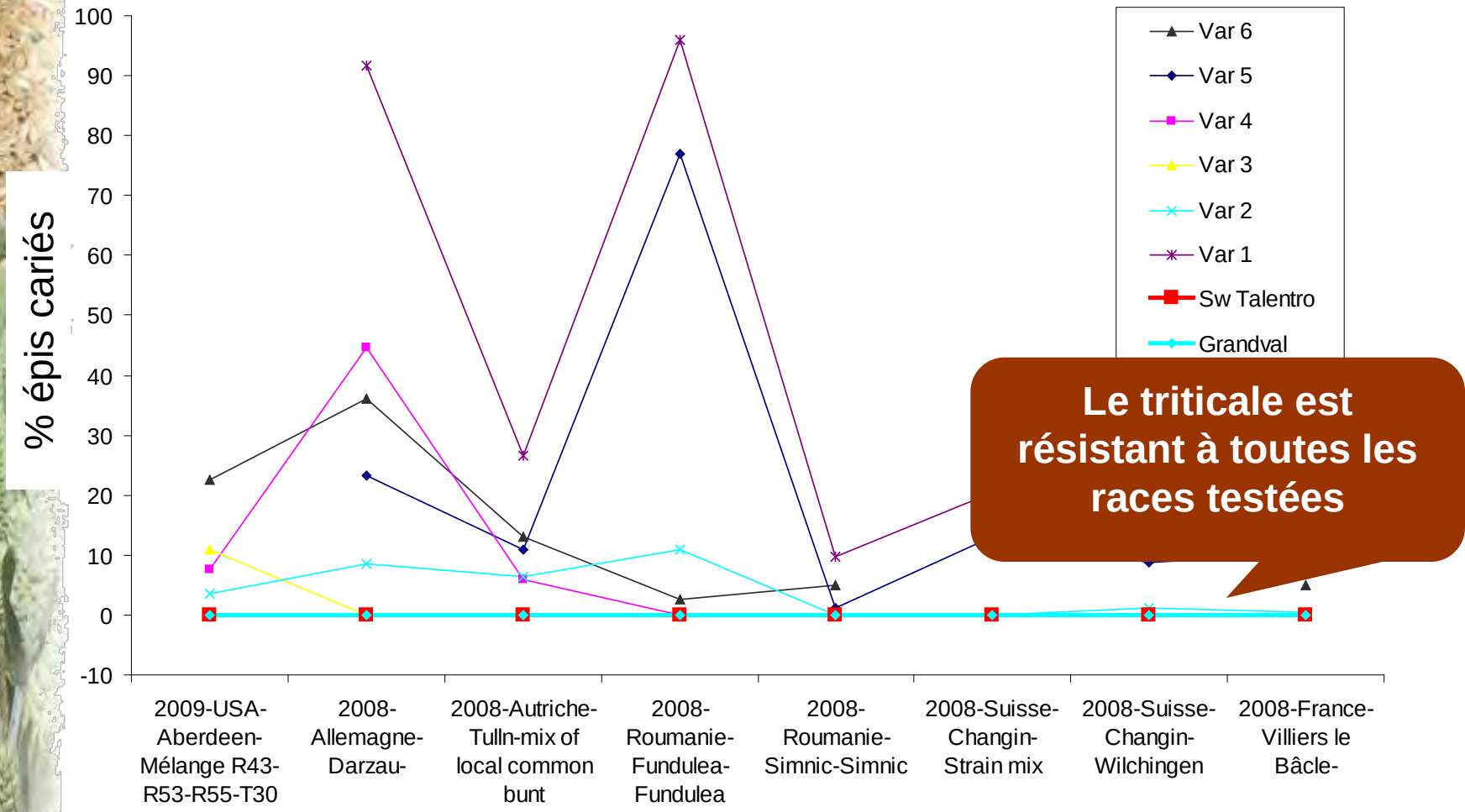
- 3 sites d'essais (91; 26; 89)
- Inoculum : souches locales issues d'épis de blé tendre contaminés
- 2 à 9 variétés par espèce (hors blé tendre)

➪ **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 triticale, le seigle, l'orge et l'avoine**.

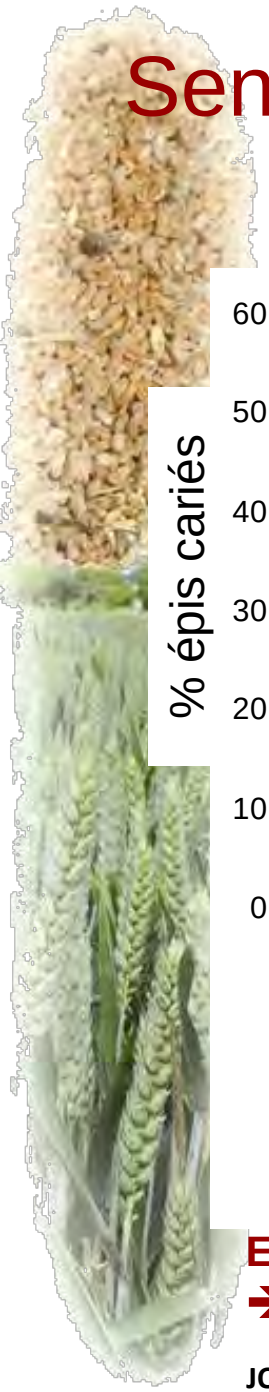
Résistance du triticale à la carie commune du blé tendre : Ring test

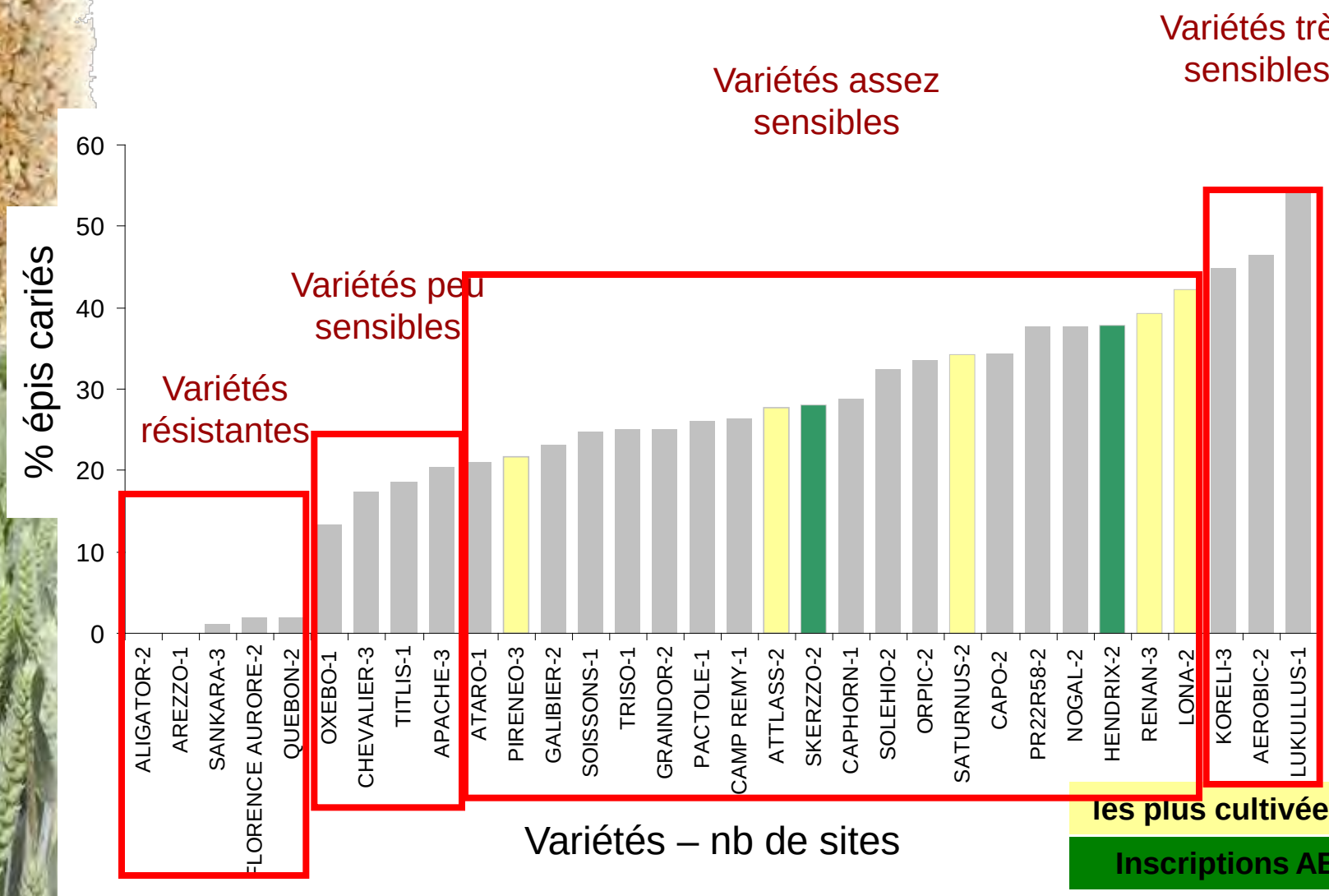




Le triticale est résistant à toutes les races testées

Sensibilité des variétés de blé tendre à la carie

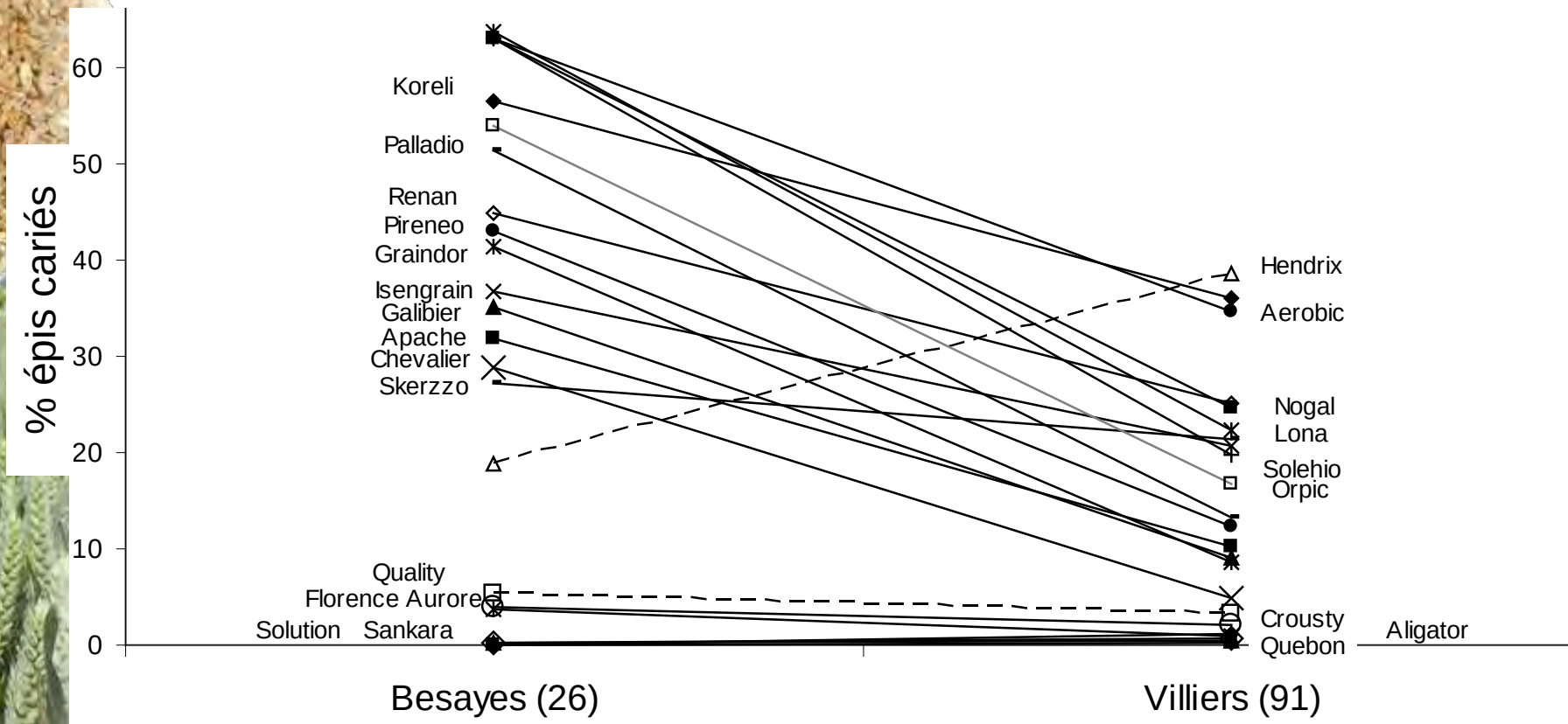




Effet variété très significatif

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

Interaction Variétés X Races

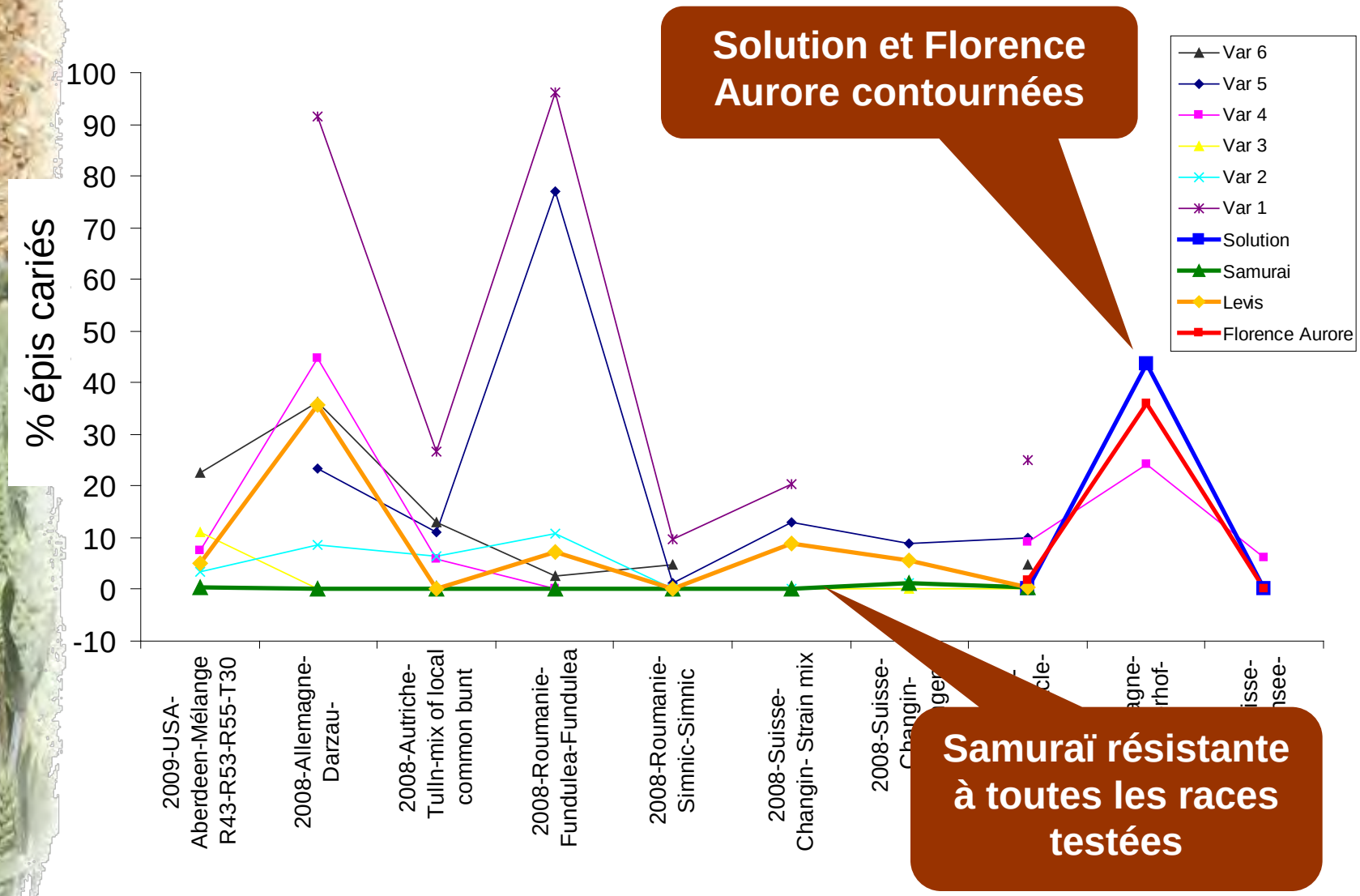


Interaction Variété X Lieu significative

➪ **Différences de pathotypes**

Résistance des variétés de blé au travers du Ring Test européen







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 totalement 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

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

Brossage







…des méthodes physiques de désinfection de semences

FNAMS

Carie : Essais de brossage des lots de semences



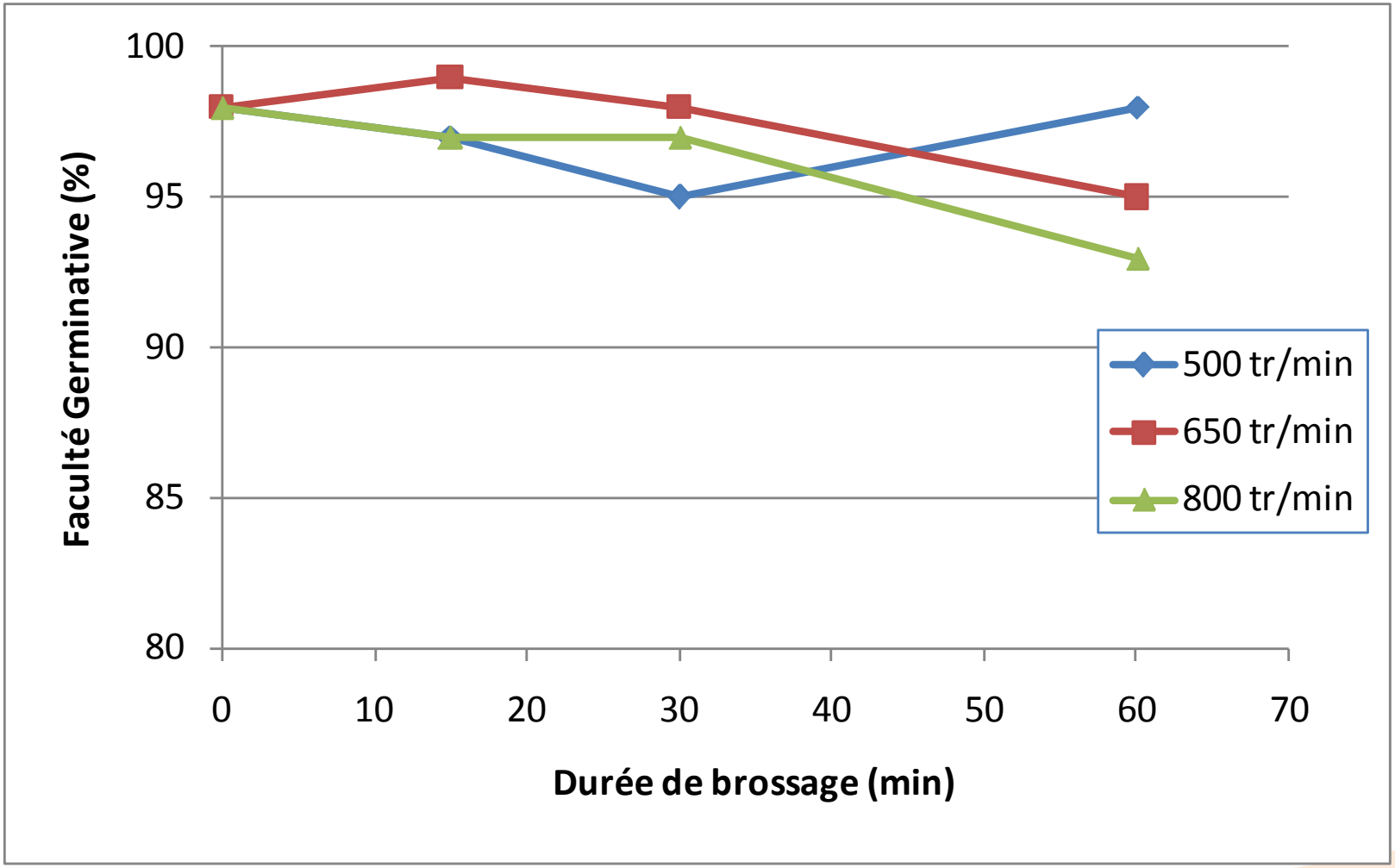




Julie Gombert & JA Fougereux

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

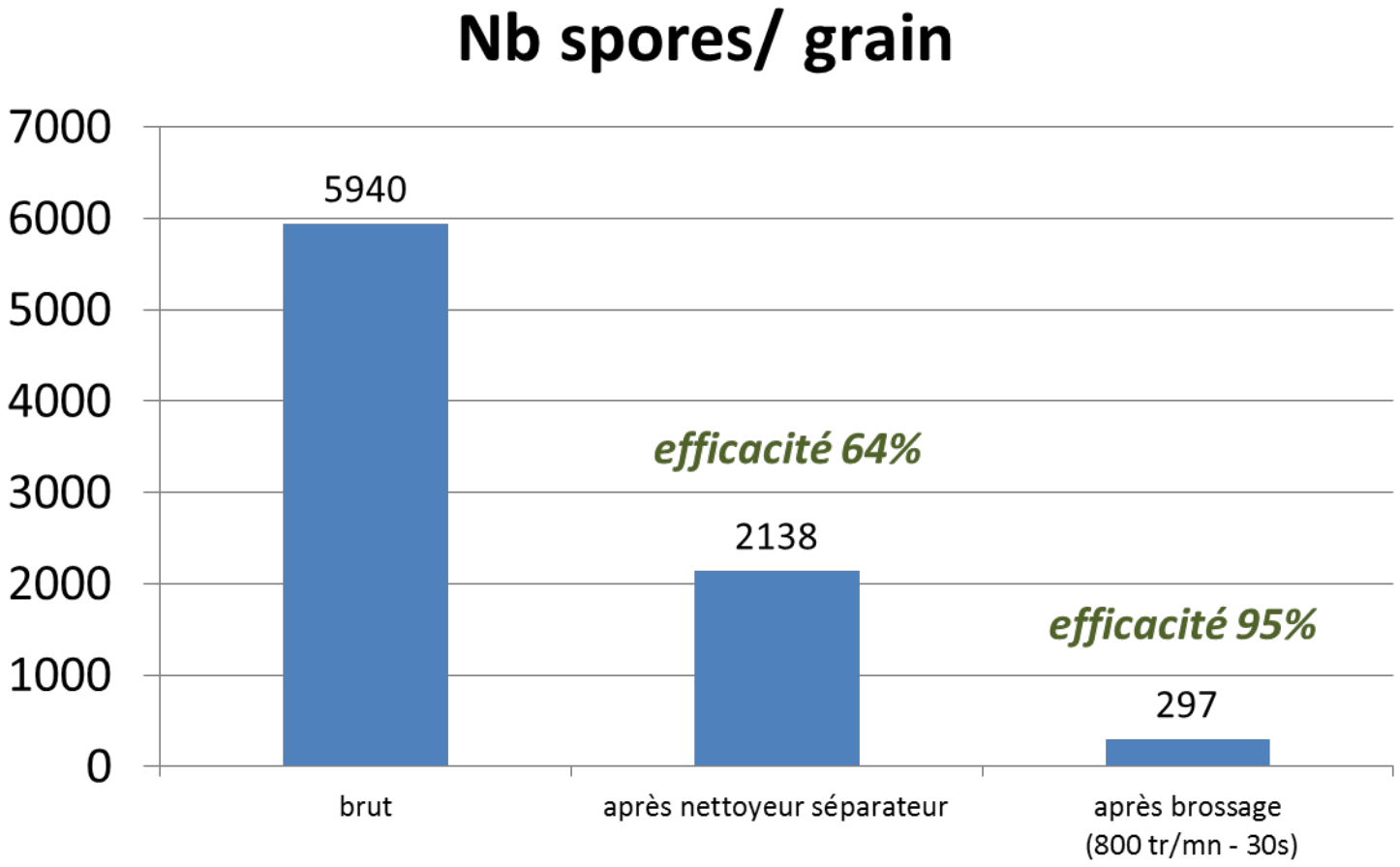
2008 : Test de la Sélectivité



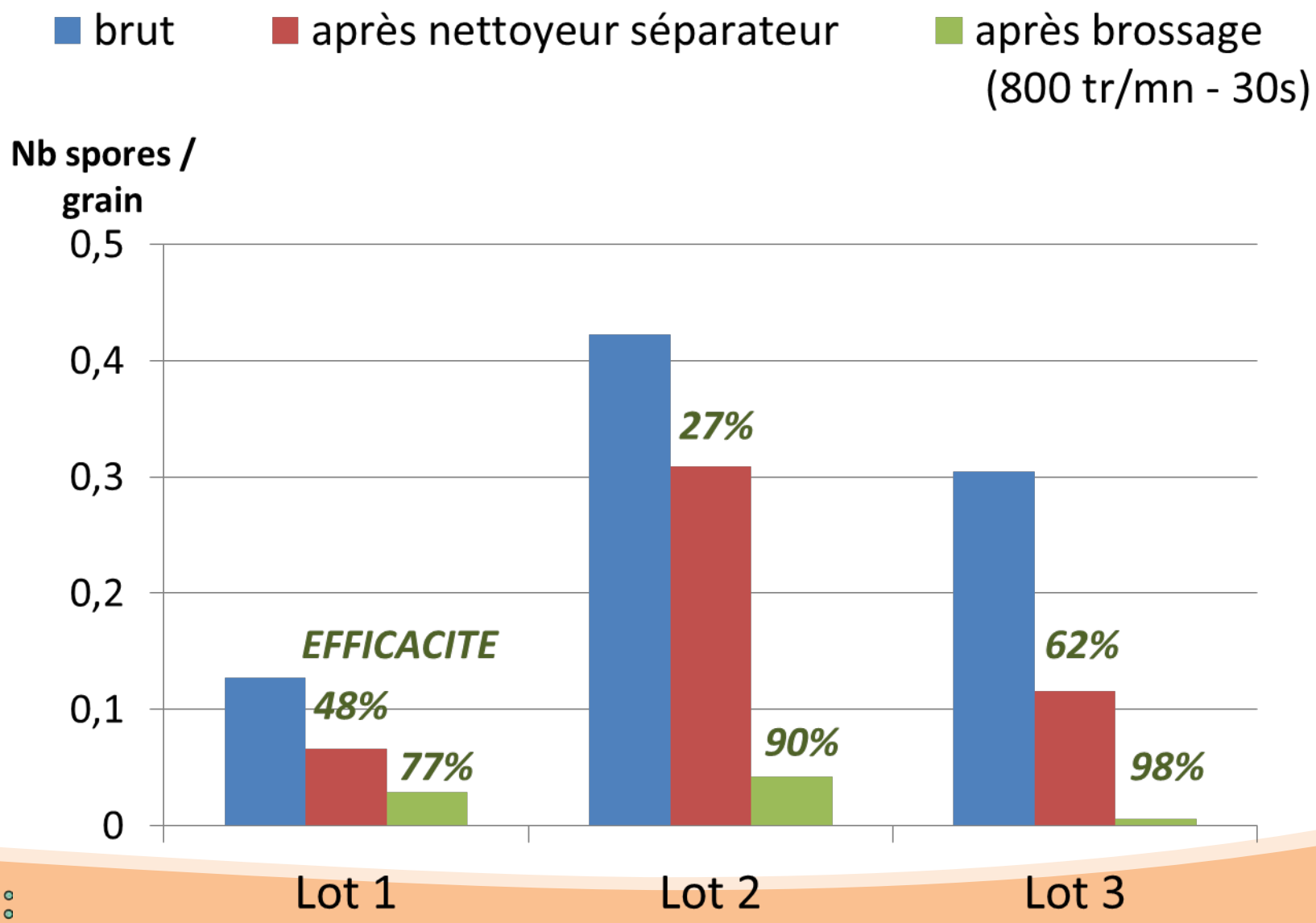
Résultats 2008 et 2009
Efficacité

- **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



Efficacité sur lots peu contaminés



Conclusions sur l'effet du brossage

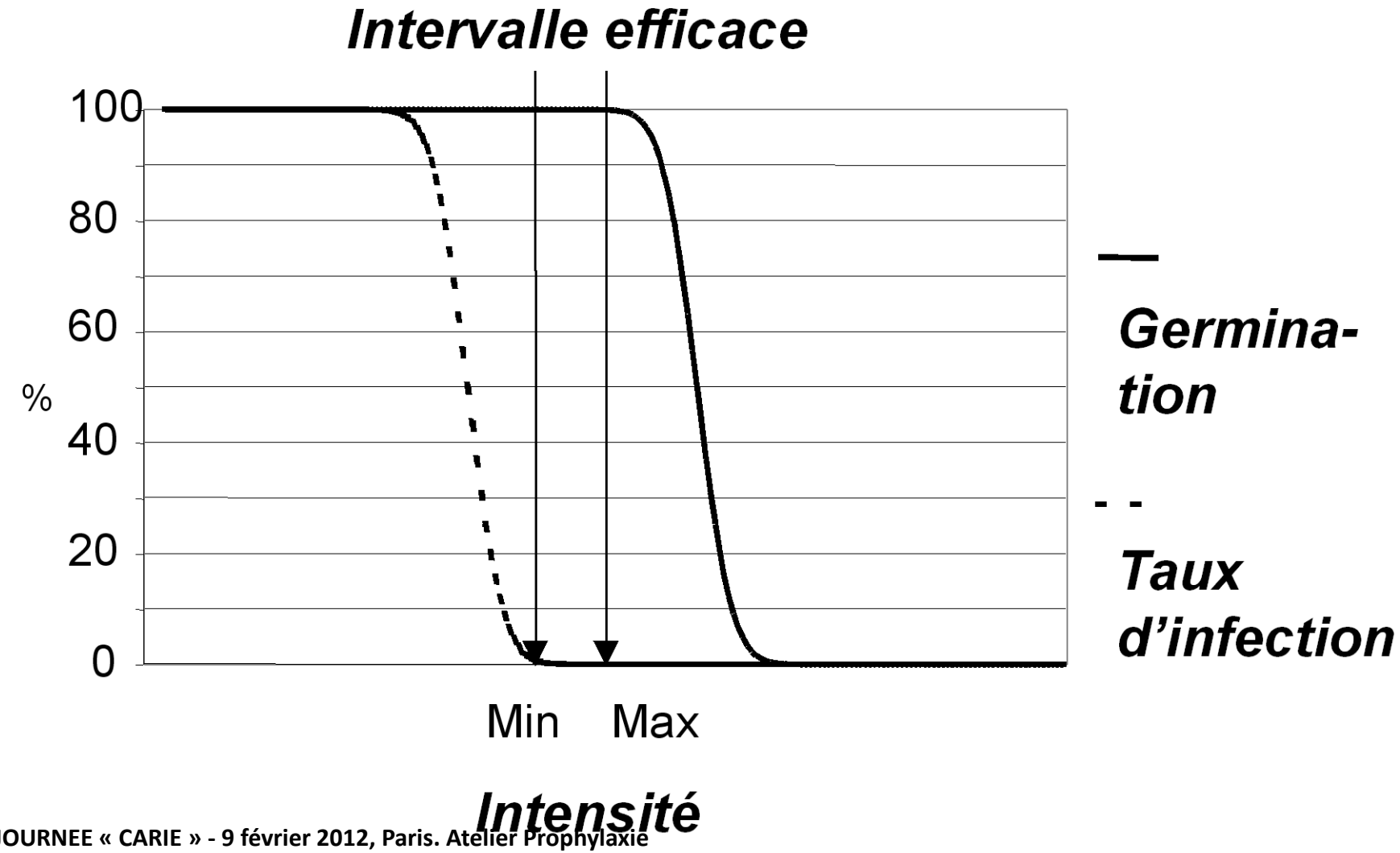
- **Une sélectivité acceptable**
- **Une efficacité élevée, mais insuffisante pour obtenir des lots indemnes de carie**
- **Méthode utilisable en AB pour limiter le niveau de contamination avant application de TS dont l'efficacité est limitée**





Thermoseed

Désinfection thermique air chaud et humide

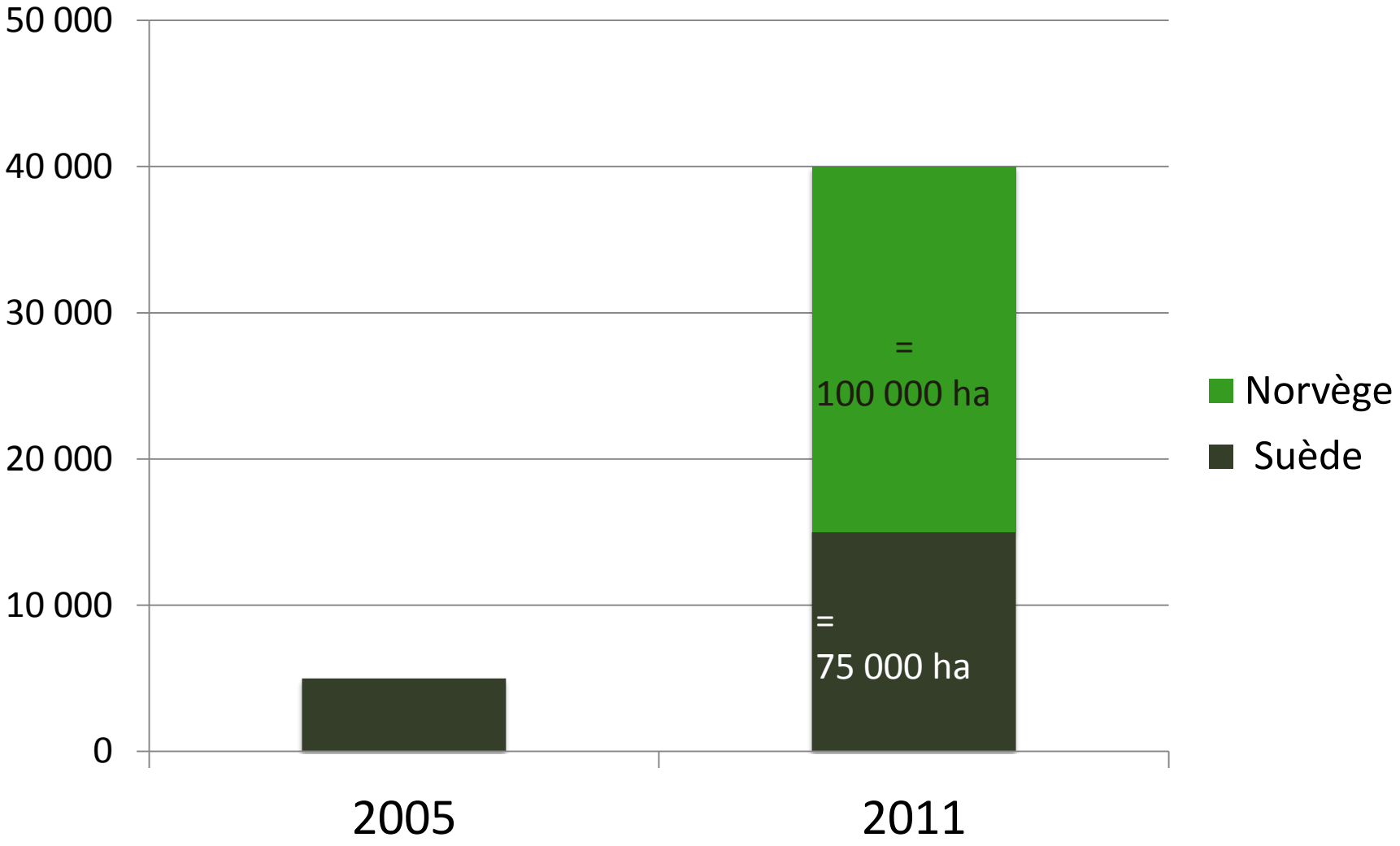

Intervalle efficace
100
80
60
40
20
0
%
Min
Max
Intensité
Germina-tion
Taux d'infection

Usine de Lantmännen, *Suède*

Production annuelle 32 000 tons



En tonnes traitées Thermoseed



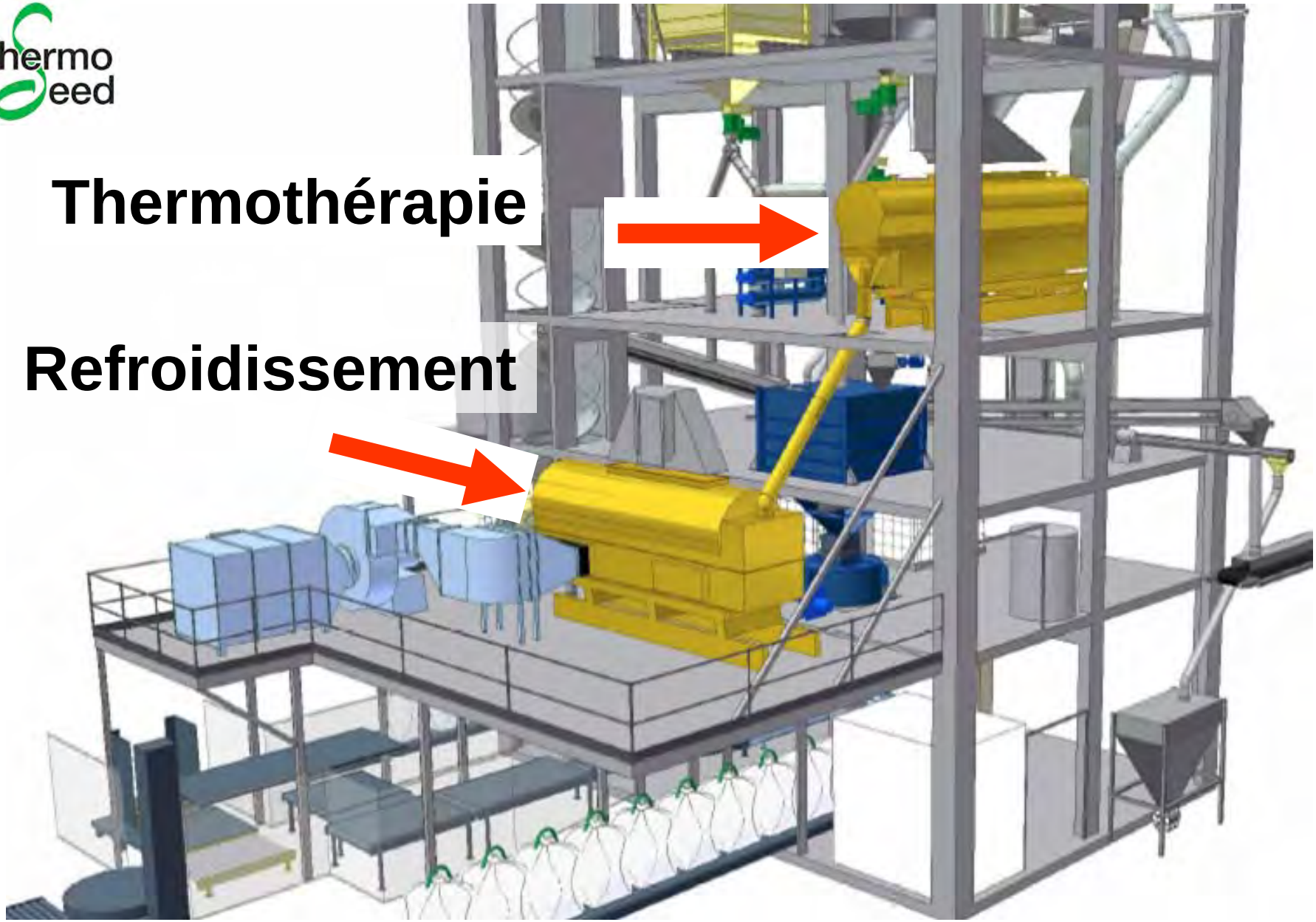




Thermo Seed

Thermothérapie

Refroidissement



Incotec

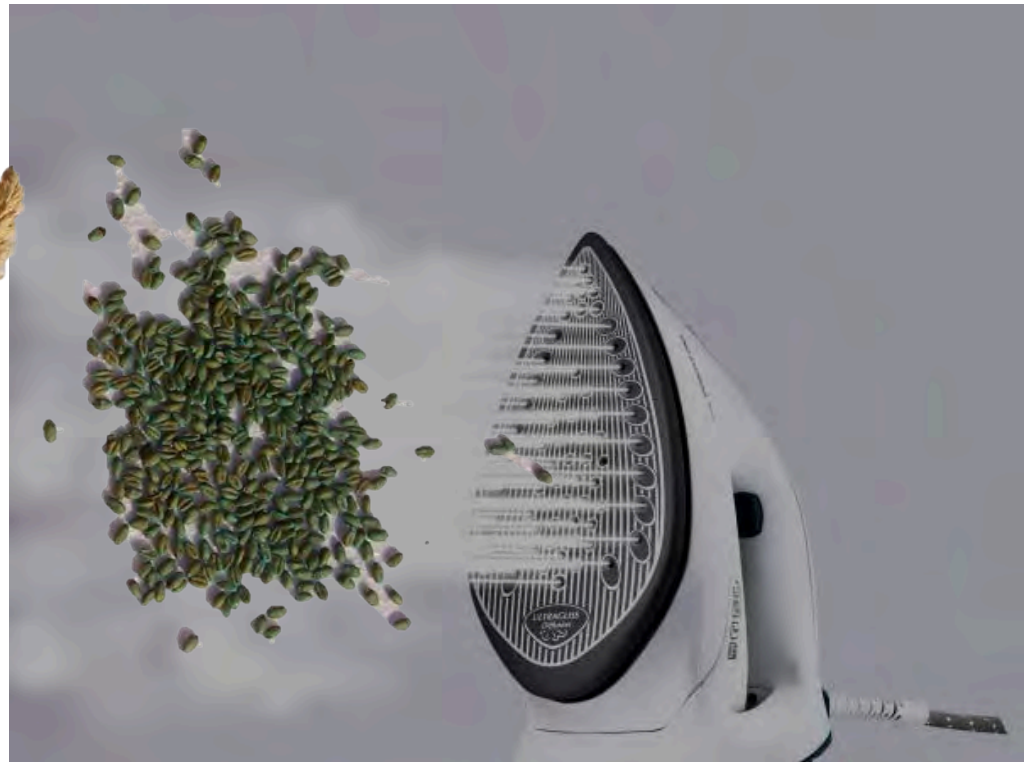
Test efficacité du procédé Thermoseed

/ carie commune (1 essai)

Contamination artificielle élevée : 10 000 spores *Tilletia caries* /semence

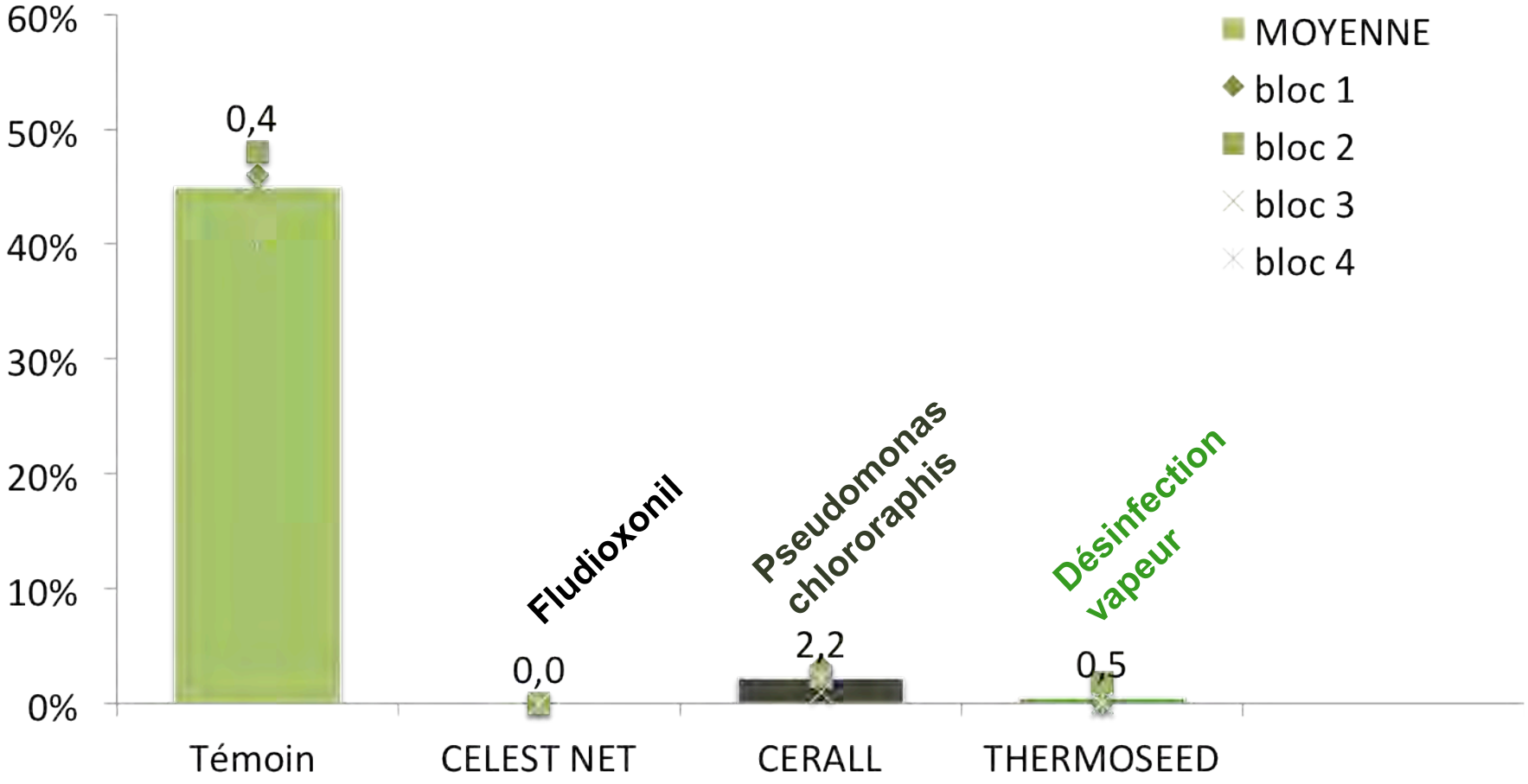
Semis : 05/11/2010 (32)





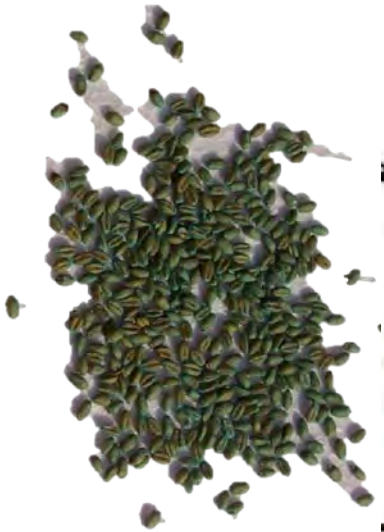
THERMOSEED,
de premiers résultats prometteurs

% épis cariés



Test de lavage
de grains contaminés

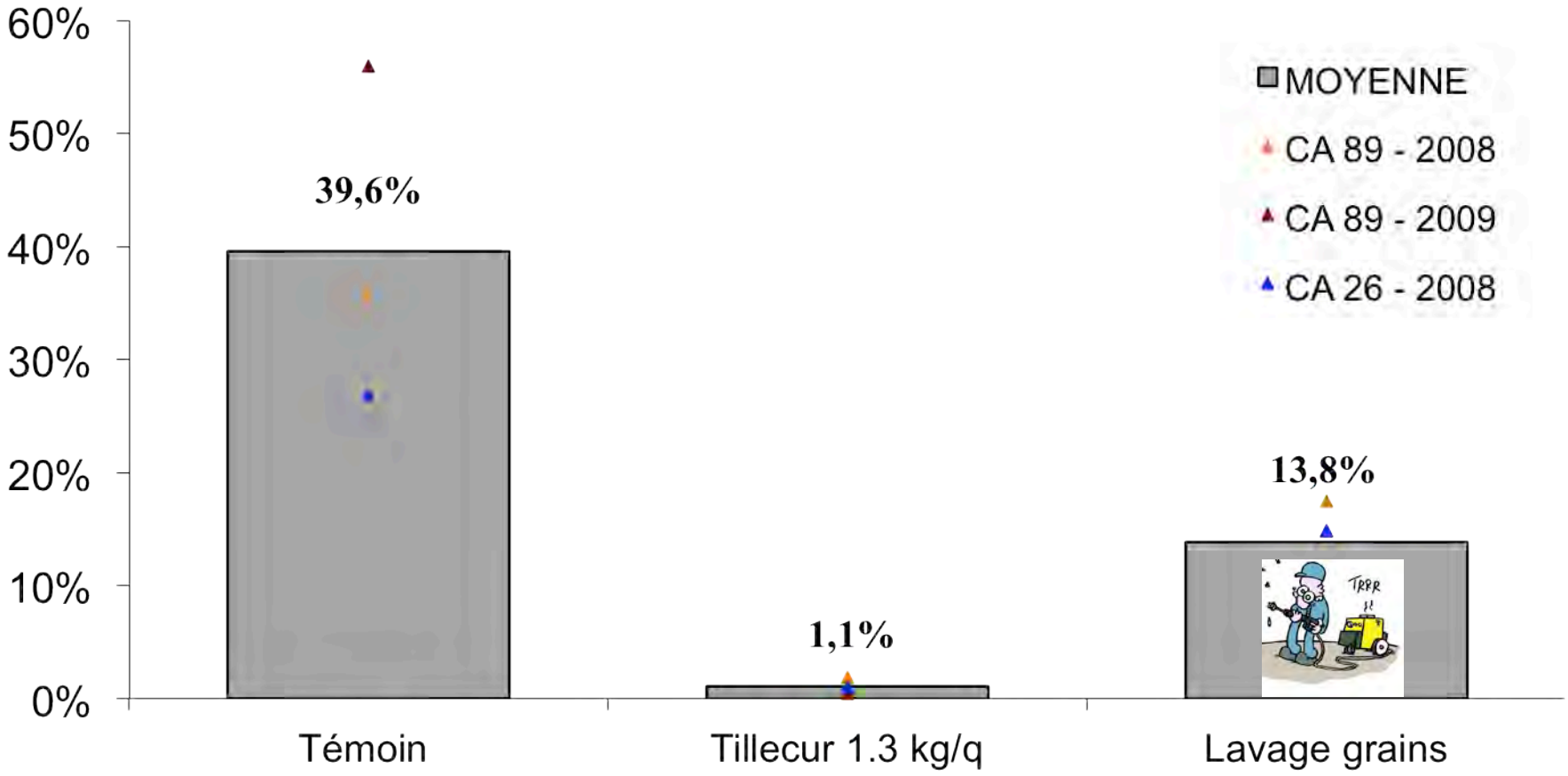






Lavage des semences contaminées : une efficacité insuffisante

% 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

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

Traitement fongicide des semences

pour protéger la culture
et éviter de nouvelles contaminations

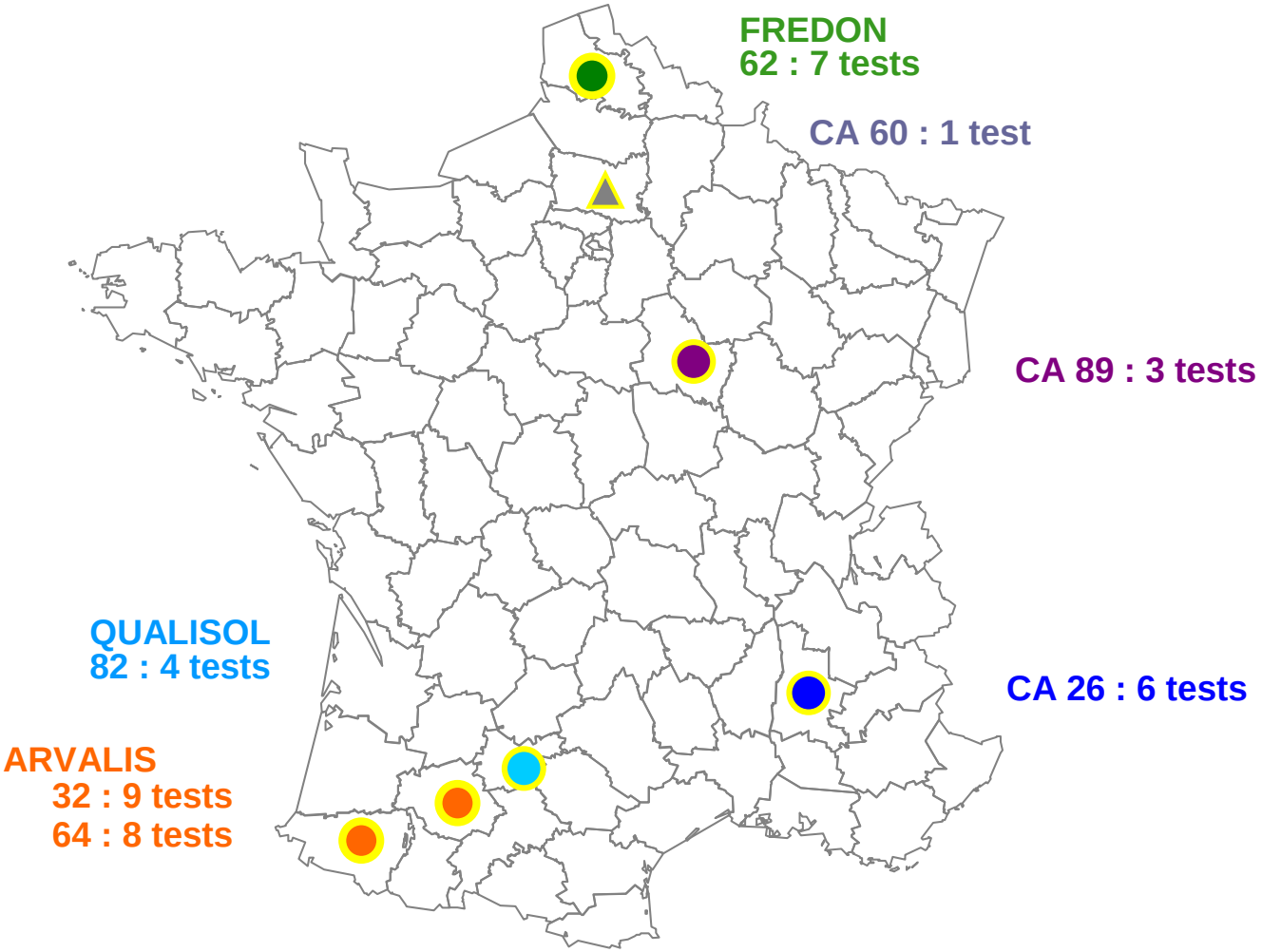
1 seule spécialité
homologuée en 2012
en Agriculture Biologique

erall®



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

Nombreux essais mis en place par les partenaires



=> 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**

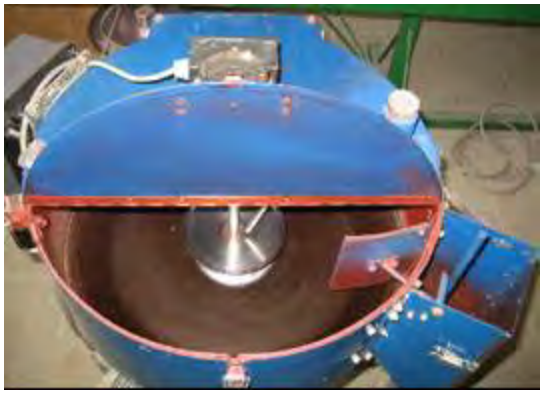
Protection fongicide des semences autorisée en AB

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.*

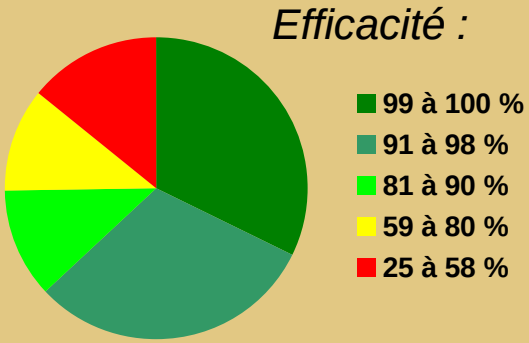
  - *Sur certains essais : **Peuplement** au stade 2 à 3 F (nombre de plantes / m² à la fin janvier – début février)*



Analyse des résultats

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

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

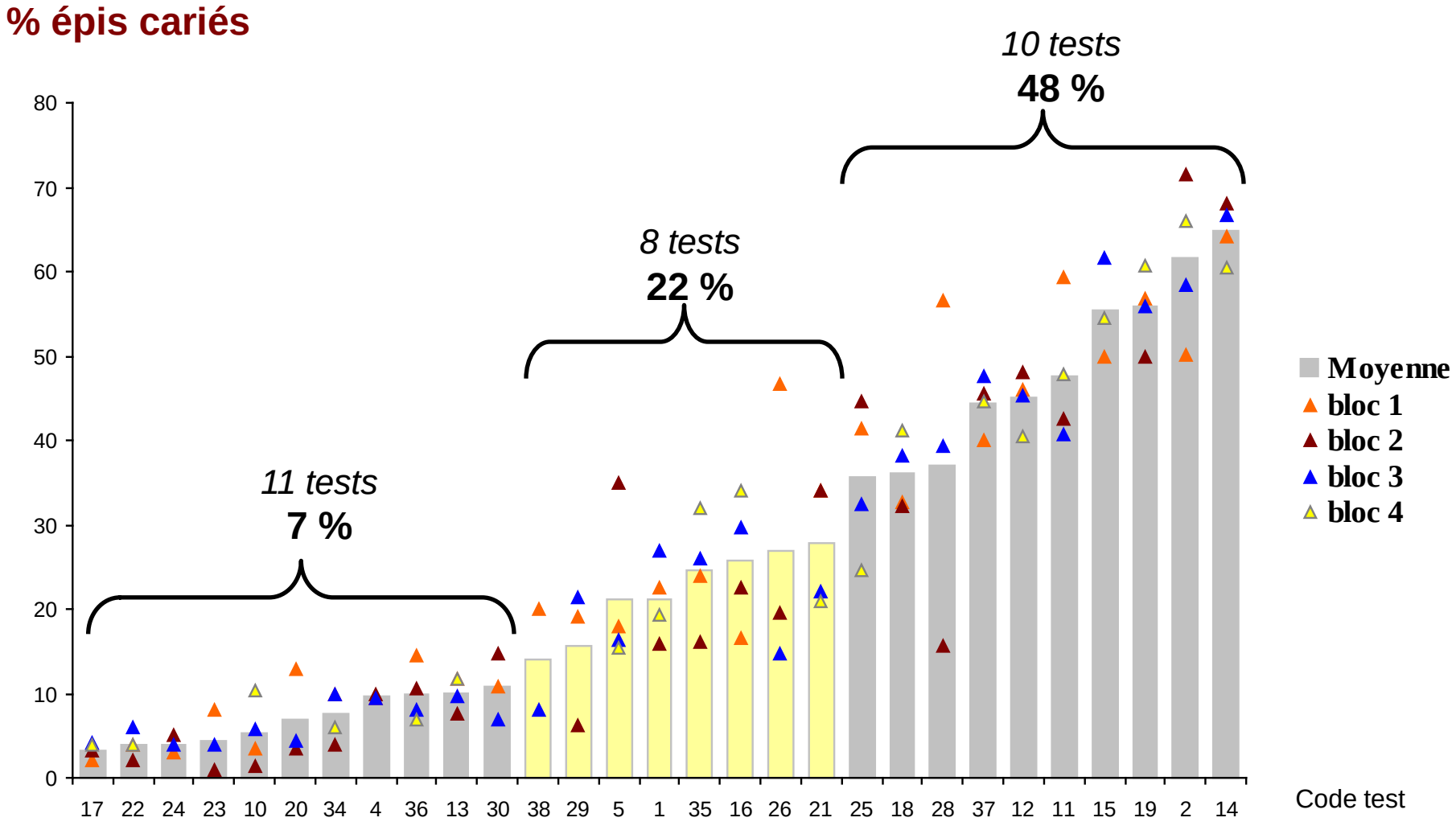


- Modalités présentent sur plusieurs essais
  - ➔ **Analyse descriptive** par modalité
  - ➔ **Analyse statistique** du regroupement
    transformation de la variable, modèle linéaire mixte

- Modalités avec peu de tests ➔ analyse individuelle

Expression maladie : % épis cariés TEMOIN

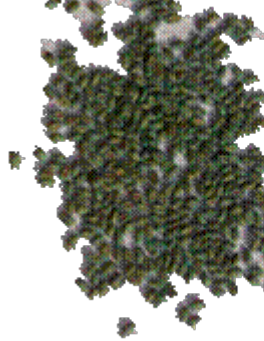
29 tests



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)

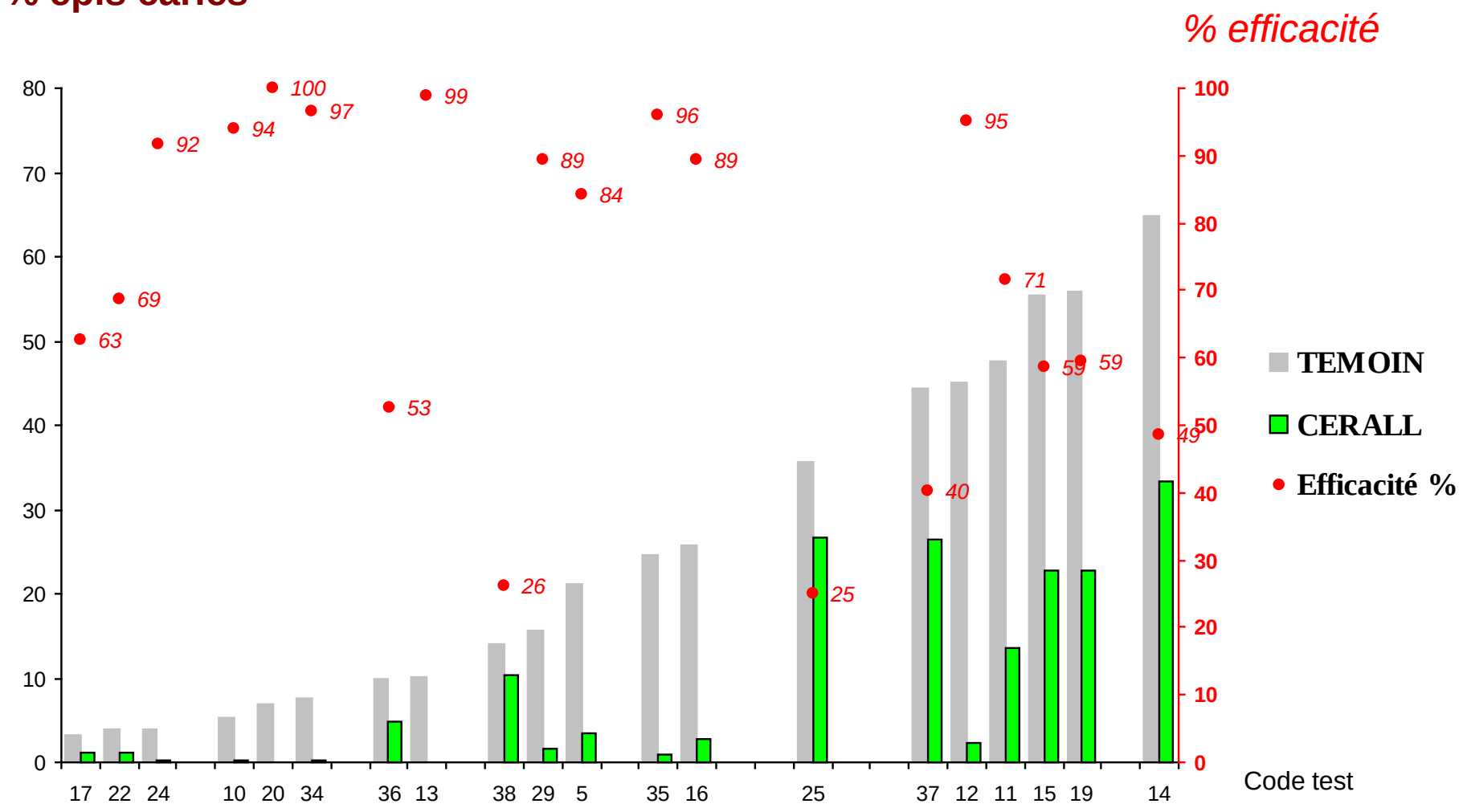
- plusieurs hypothèses de mode d'action :
antagonisme vis-à-vis du pathogène (concurrence spatiale et nutritive), induction phénomène résistance dans la plante …

- **Dose = de 1 l / quintal de semences**

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

Résultats traitement CERALL (1 l/q)

20 tests

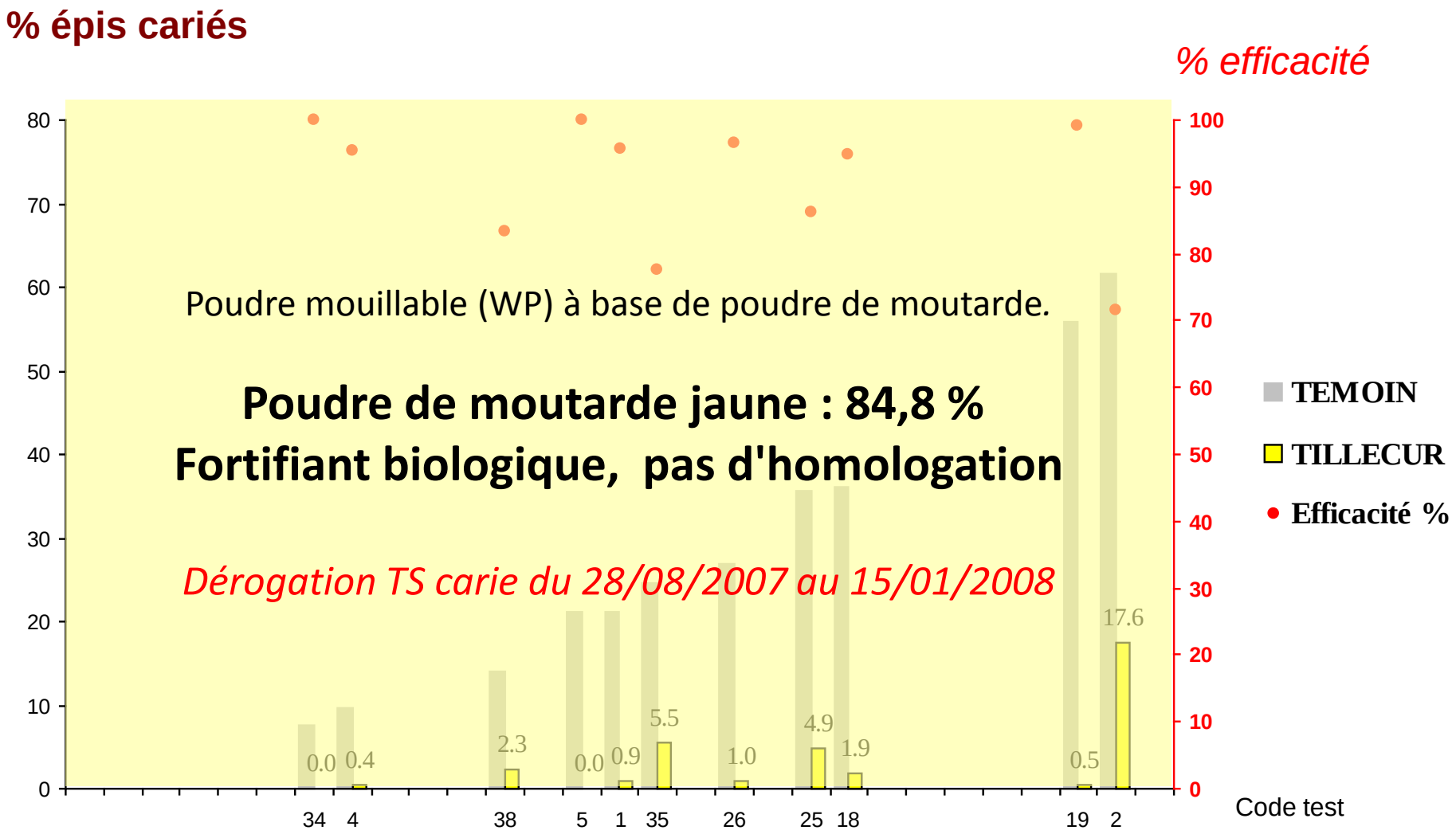


➔ **une protection variable, notamment face à une forte expression de la maladie**

➔ **efficacité de 25 à 100 %**

Résultats TILLECUR (1,3 kg/q)

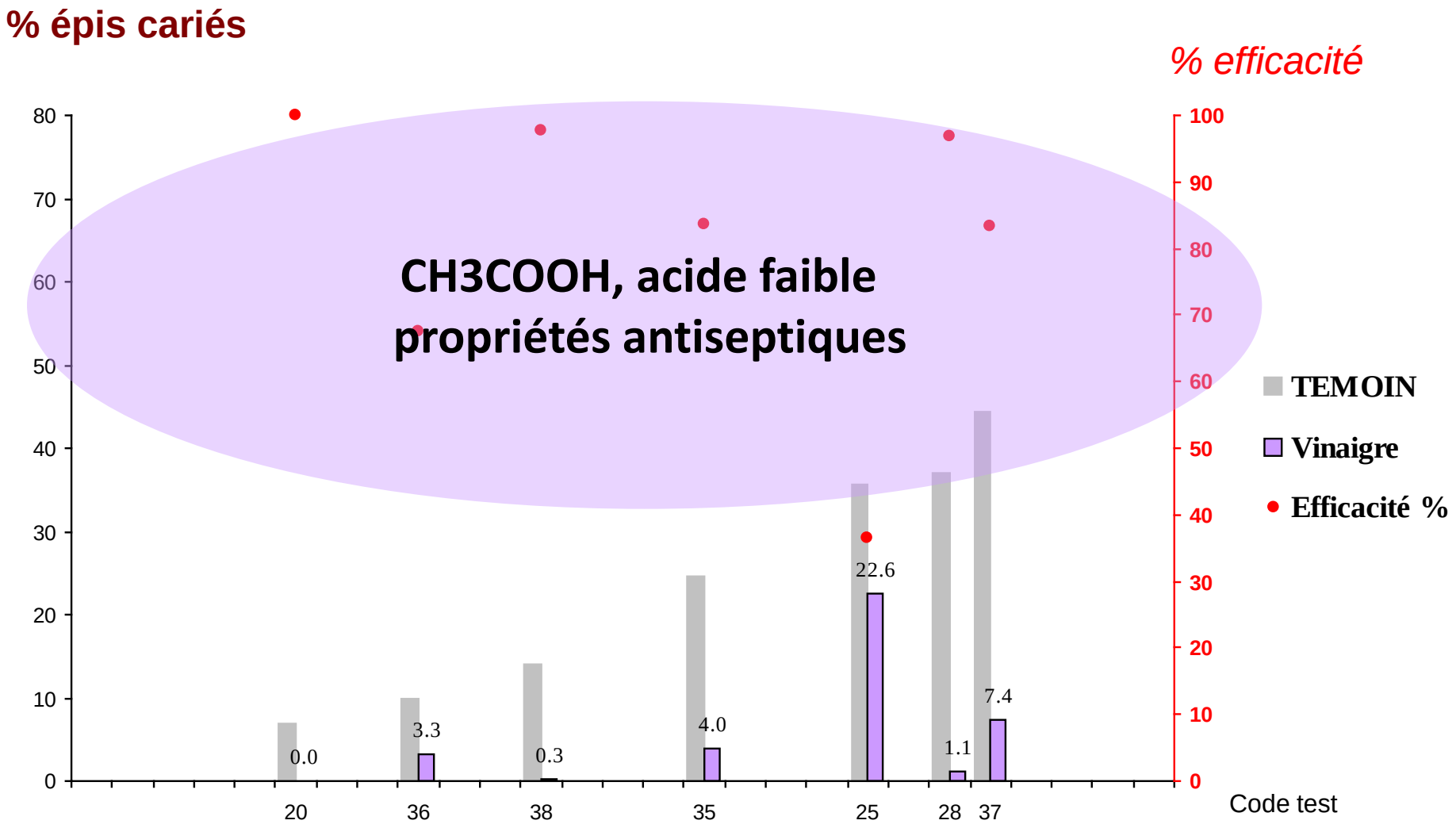
11 tests



➔ **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



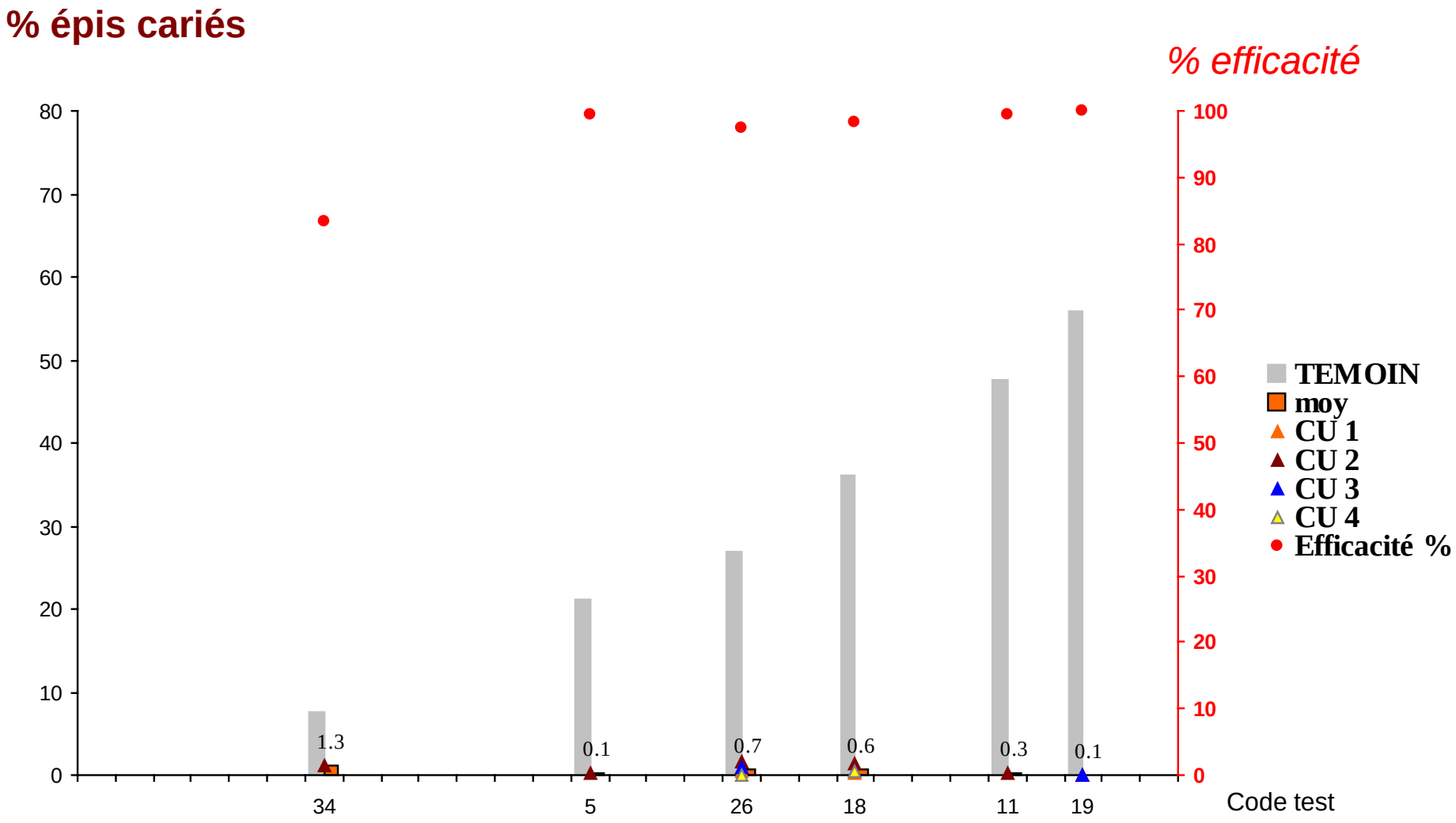
➔ **une piste intéressante, efficacité de 35 à 100 %**

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

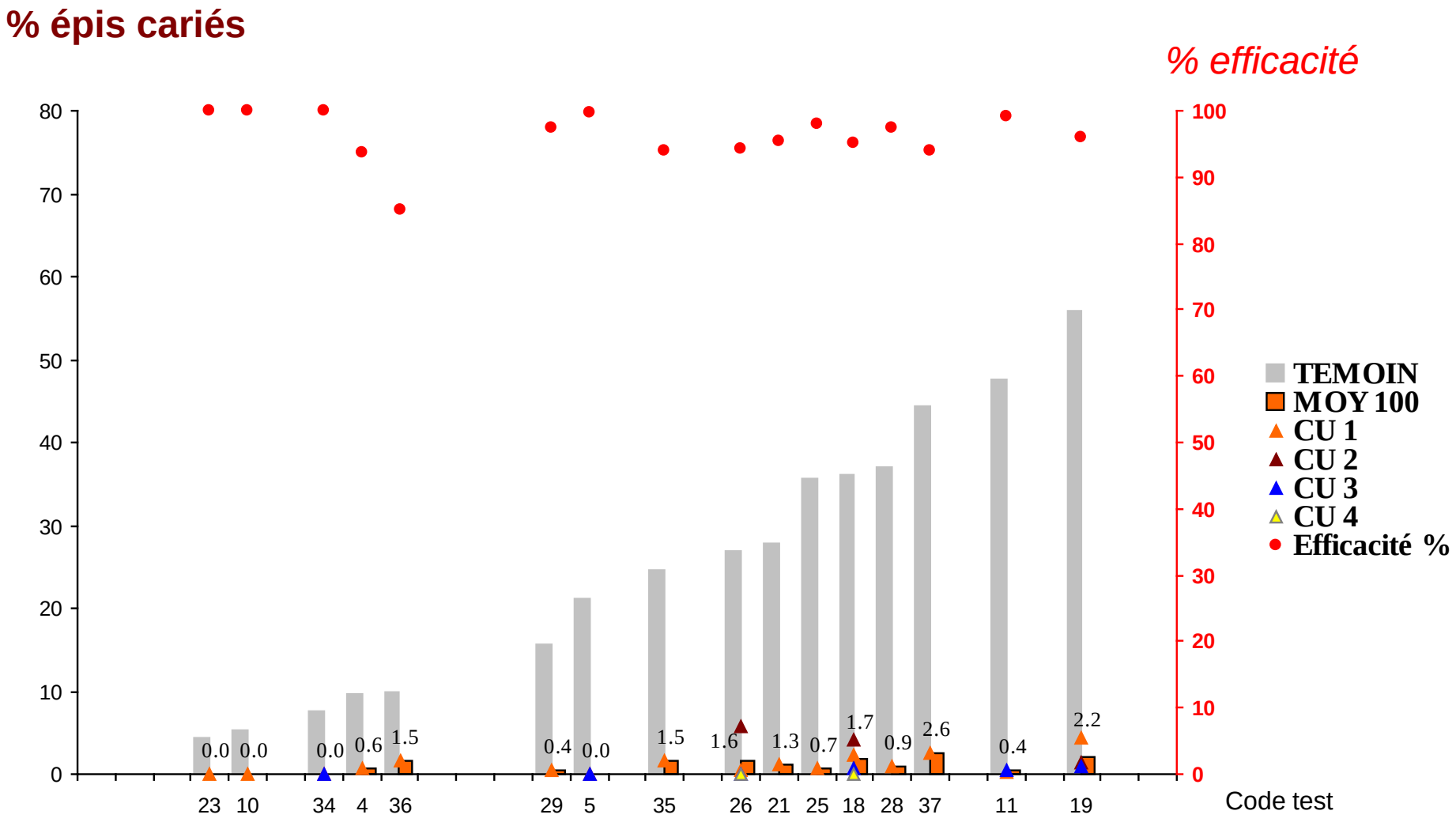
6 tests, avec différents composés Cu



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

Résultats apports de Cuivre : 100 g Cu / q

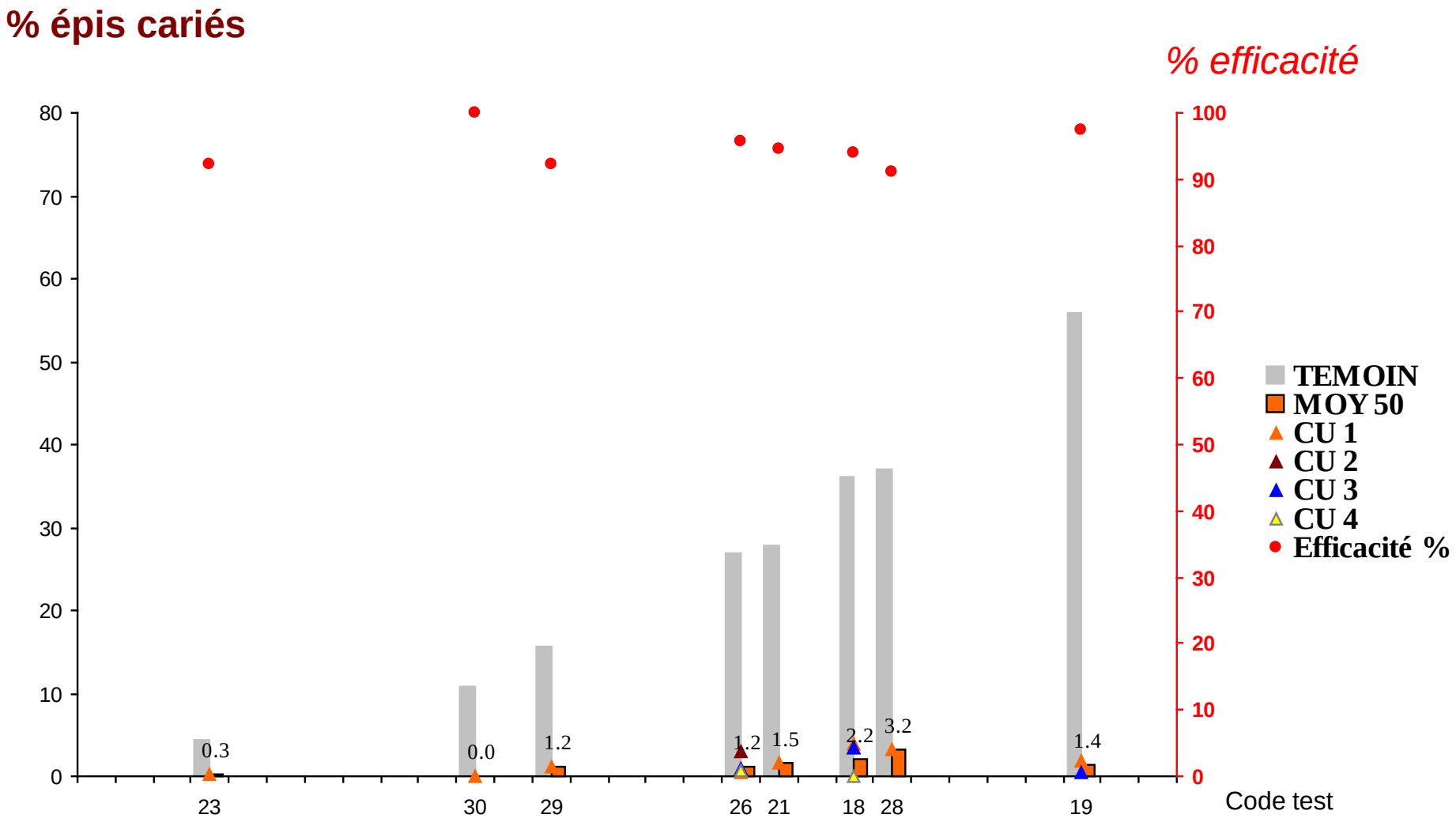
16 tests, différents composés Cu



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

Résultats apports de Cuivre : 50 g Cu / q

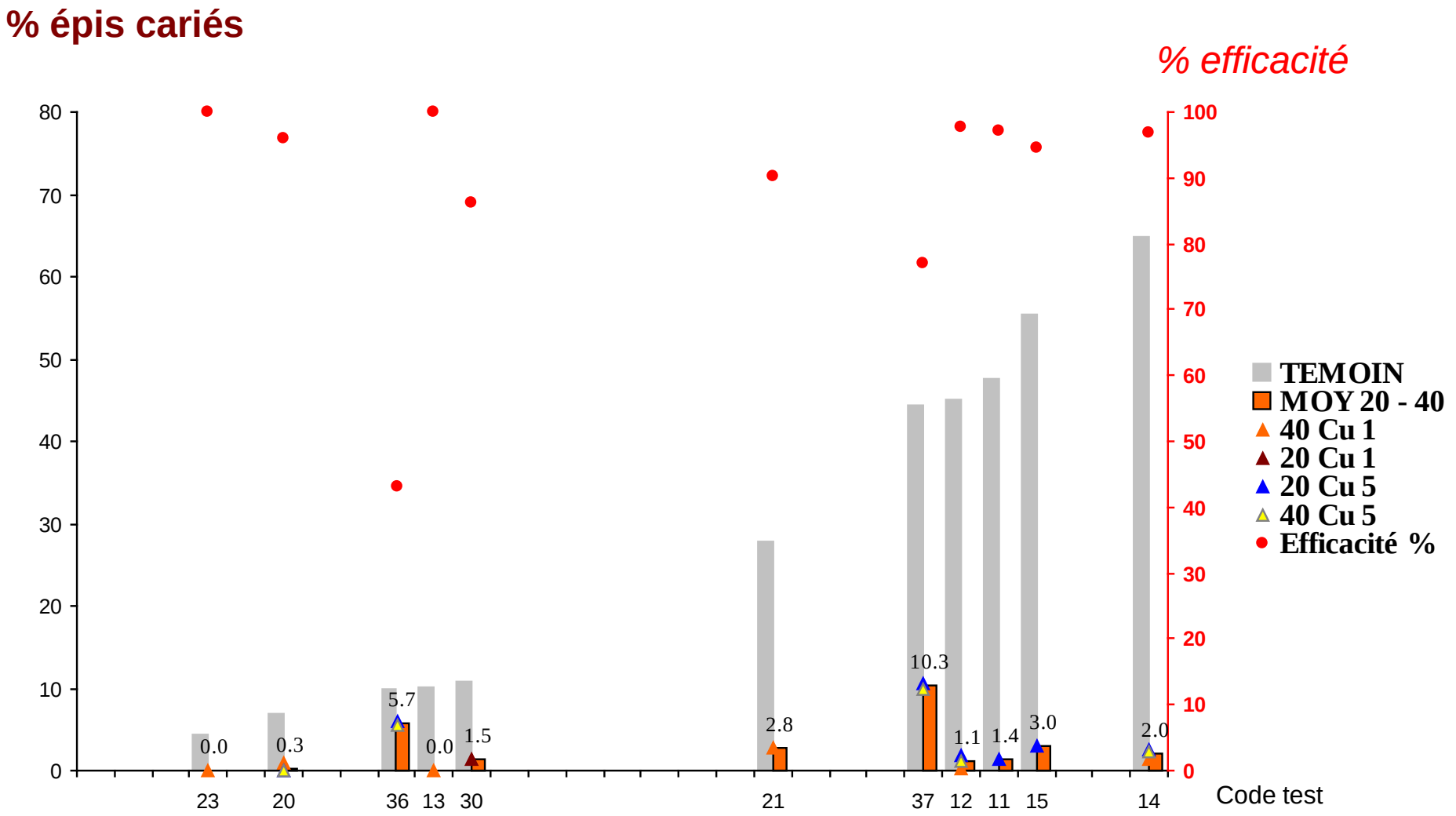
8 tests, différents composés Cu



➔ **une protection encore bien présente**
efficacité de 90 à 100 %

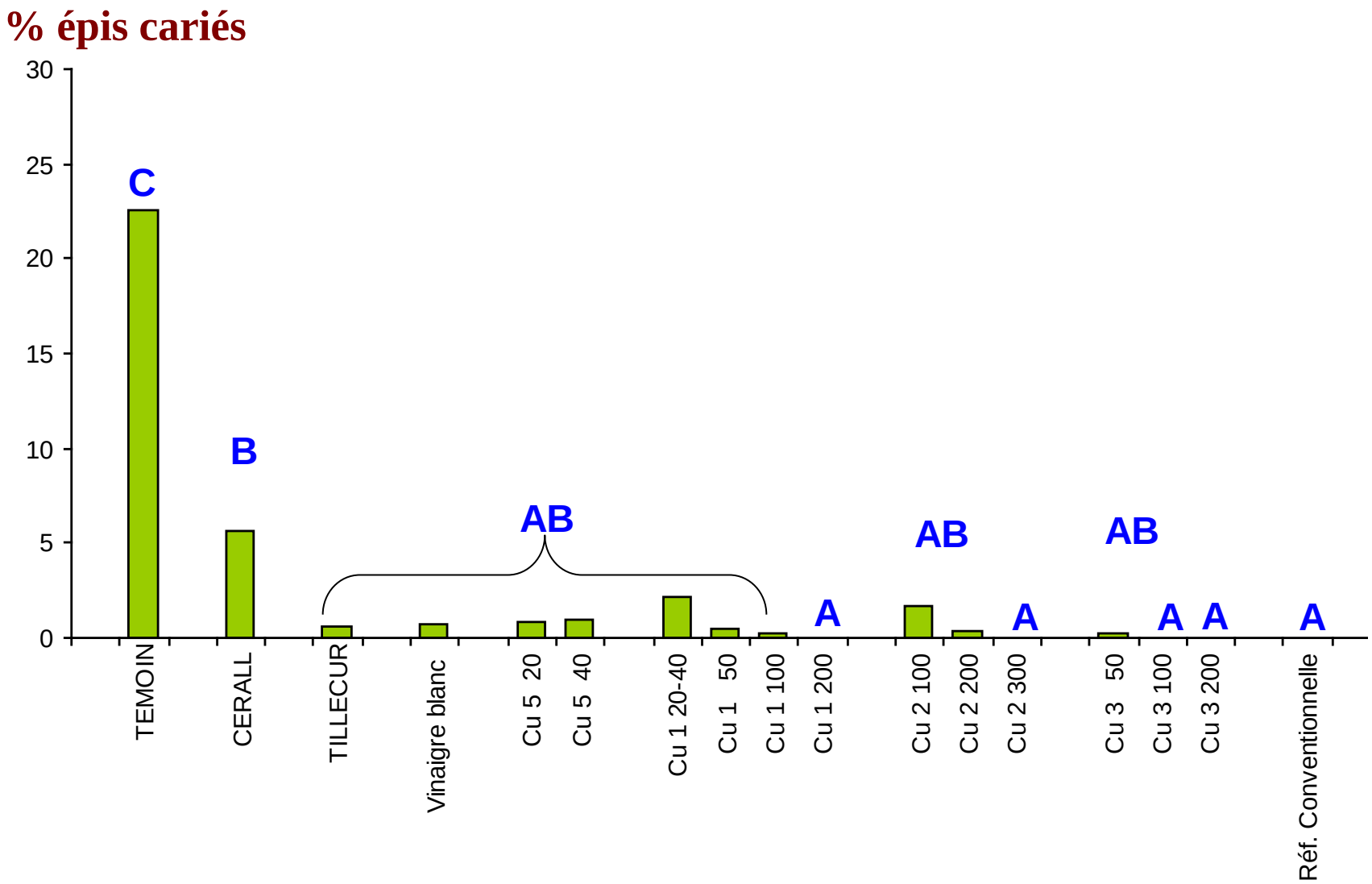
Résultats apports de Cuivre : 20 – 40 g Cu / q

11 tests, deux formes d'apport



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

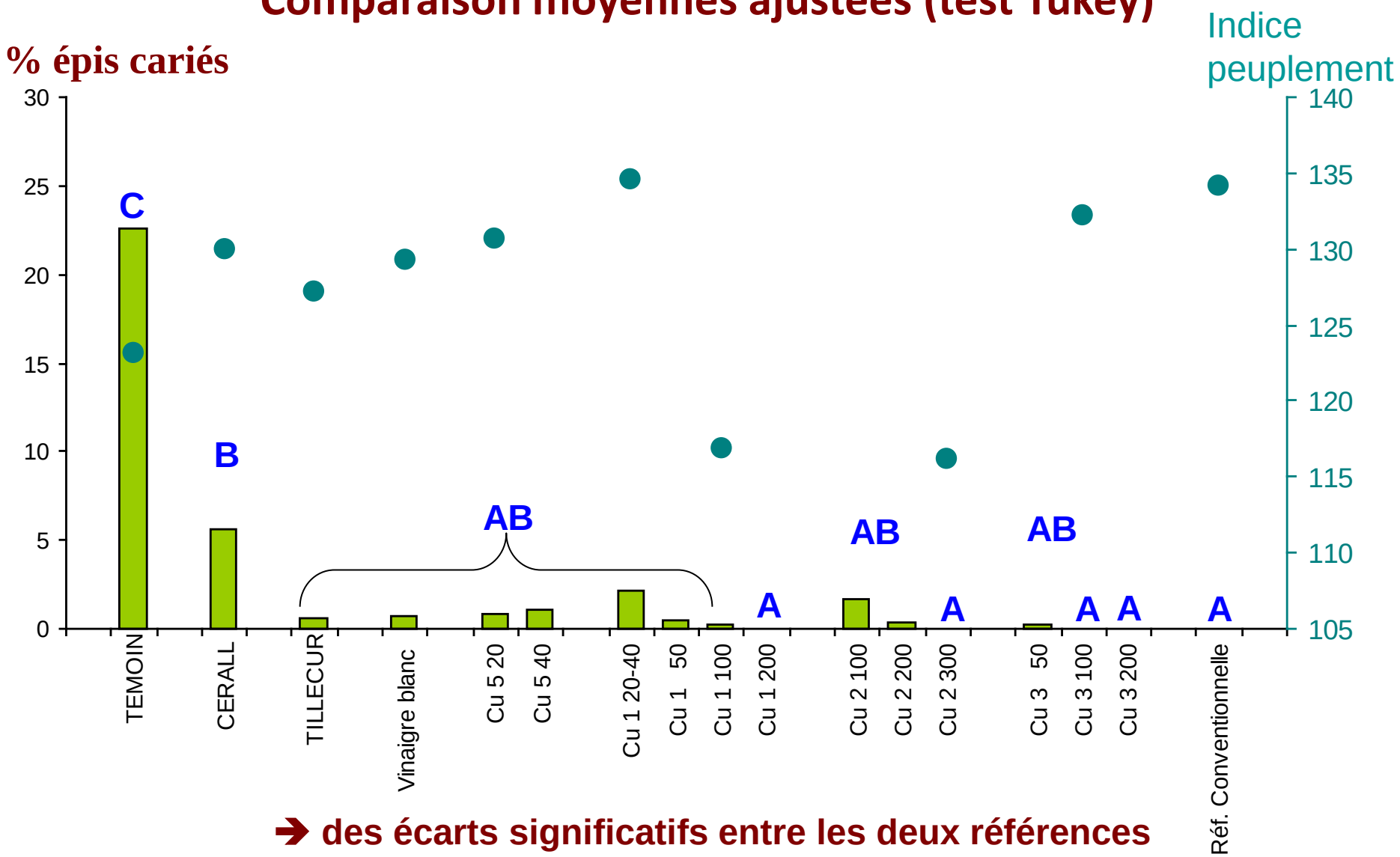
Analyse du regroupement d'essais
Comparaison moyennes ajustées (test Tukey)



➔ des écarts significatifs entre les deux références

des pistes de progrès

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



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

Autres pistes explorées…

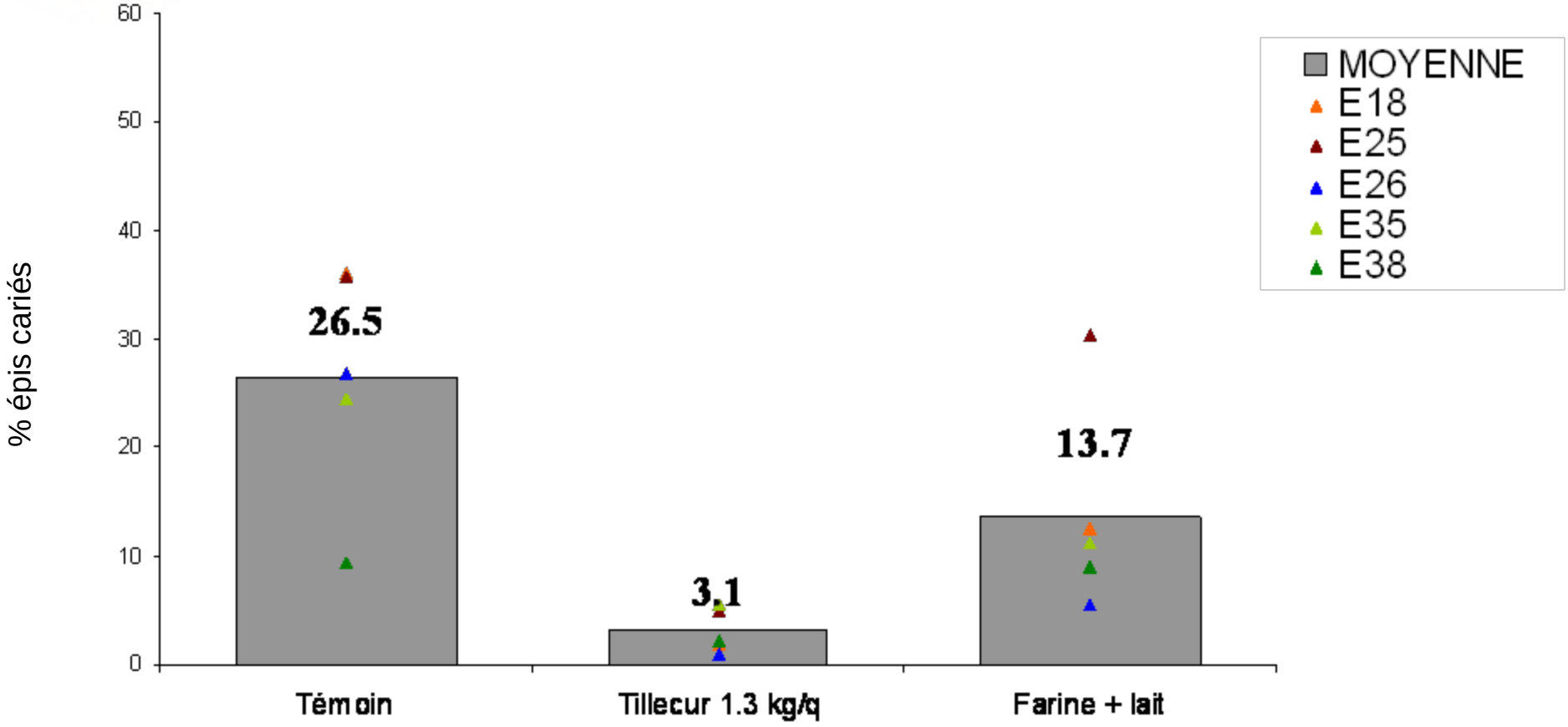


- **Mélange [Farine + Lait]**
- **Huile(s) essentielles(s)**
- **Extraits végétaux, engrais foliaires, microorganismes...**



Autres pistes explorées...

Mélange [Farine + Lait]



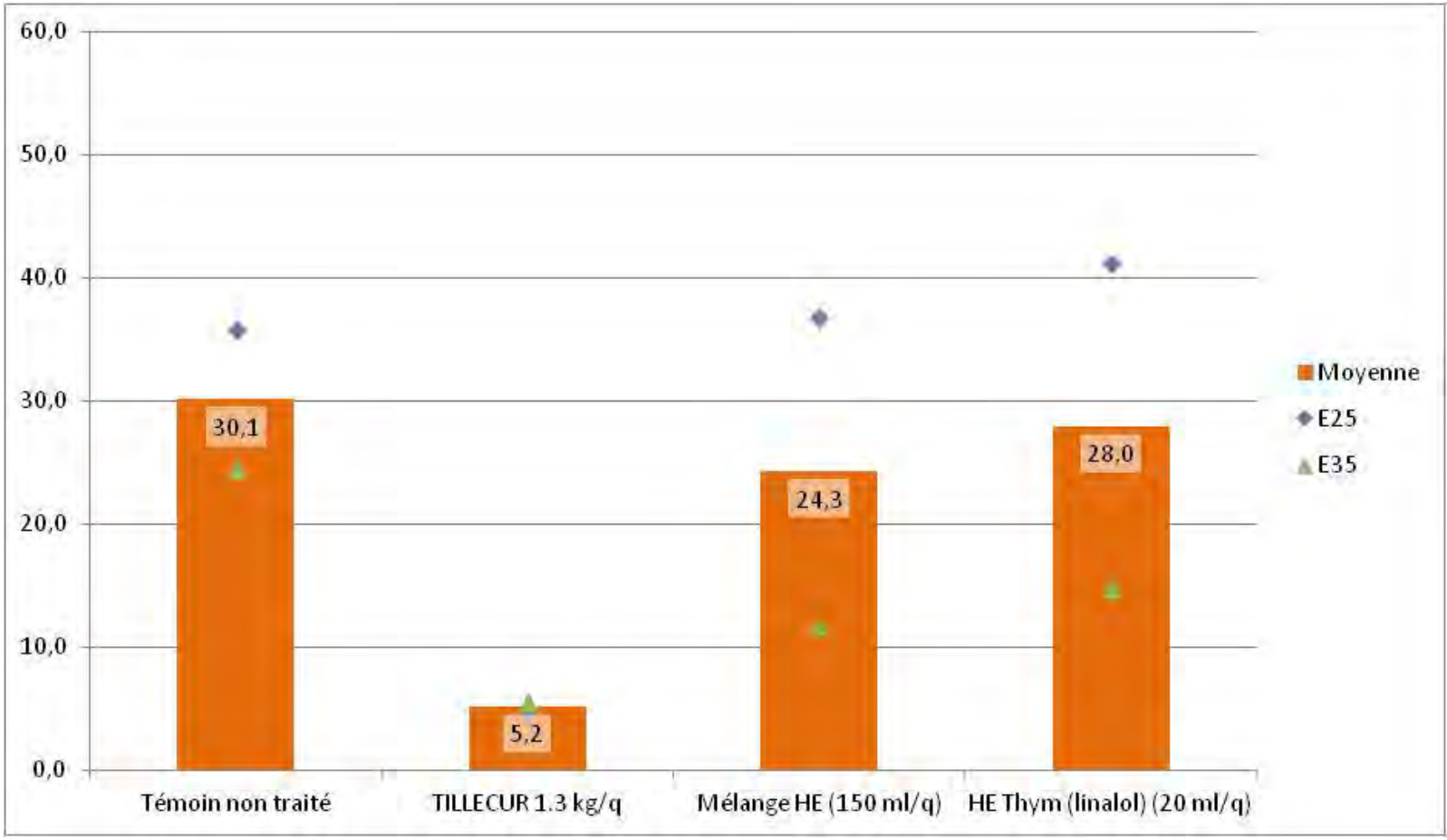
➔ **une efficacité variable et insuffisante sur ces 5 essais**

(de 3 à 80 %, en moyenne : 40 %)

Autres pistes explorées...



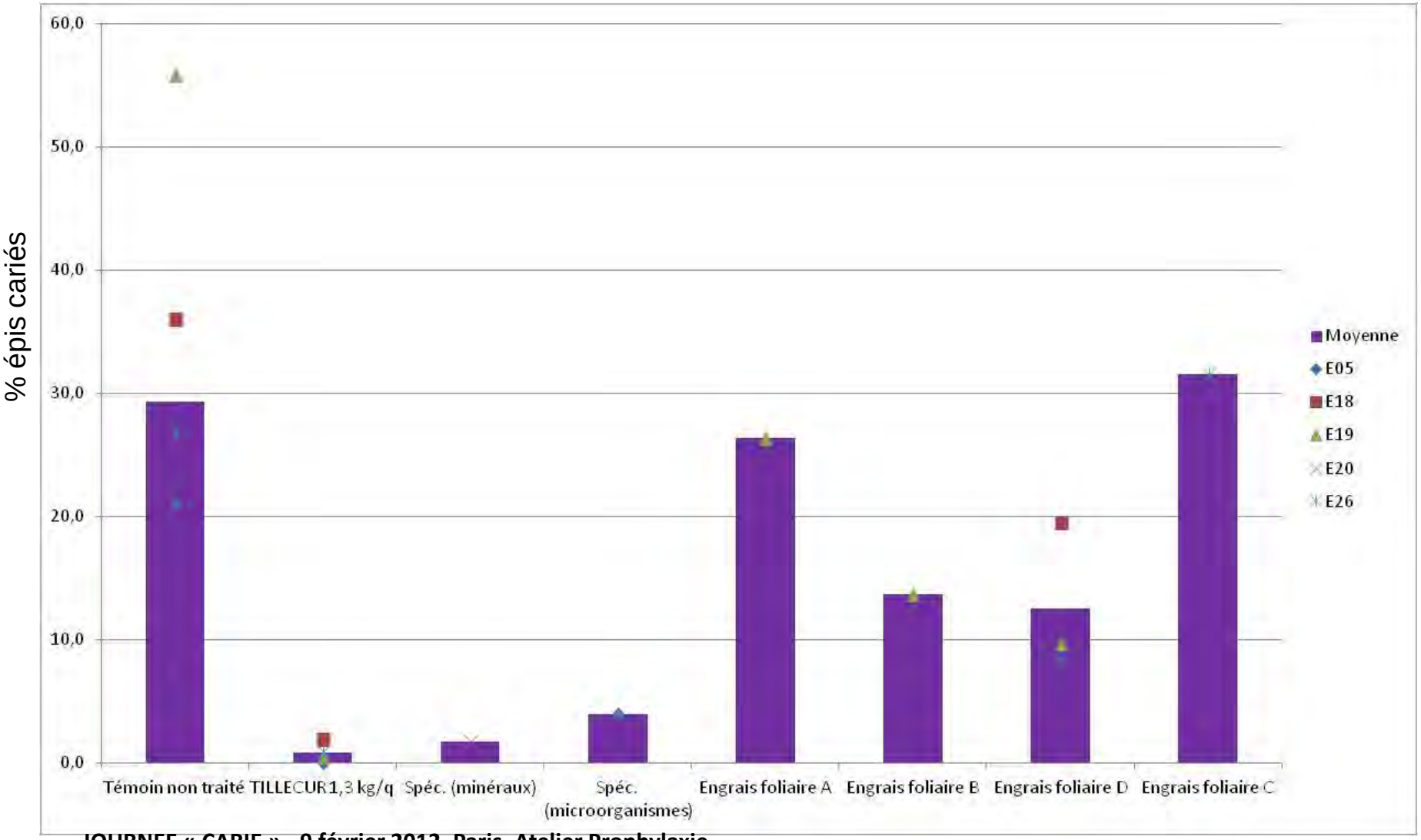
Huile(s) essentielle(s)



➔ **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@

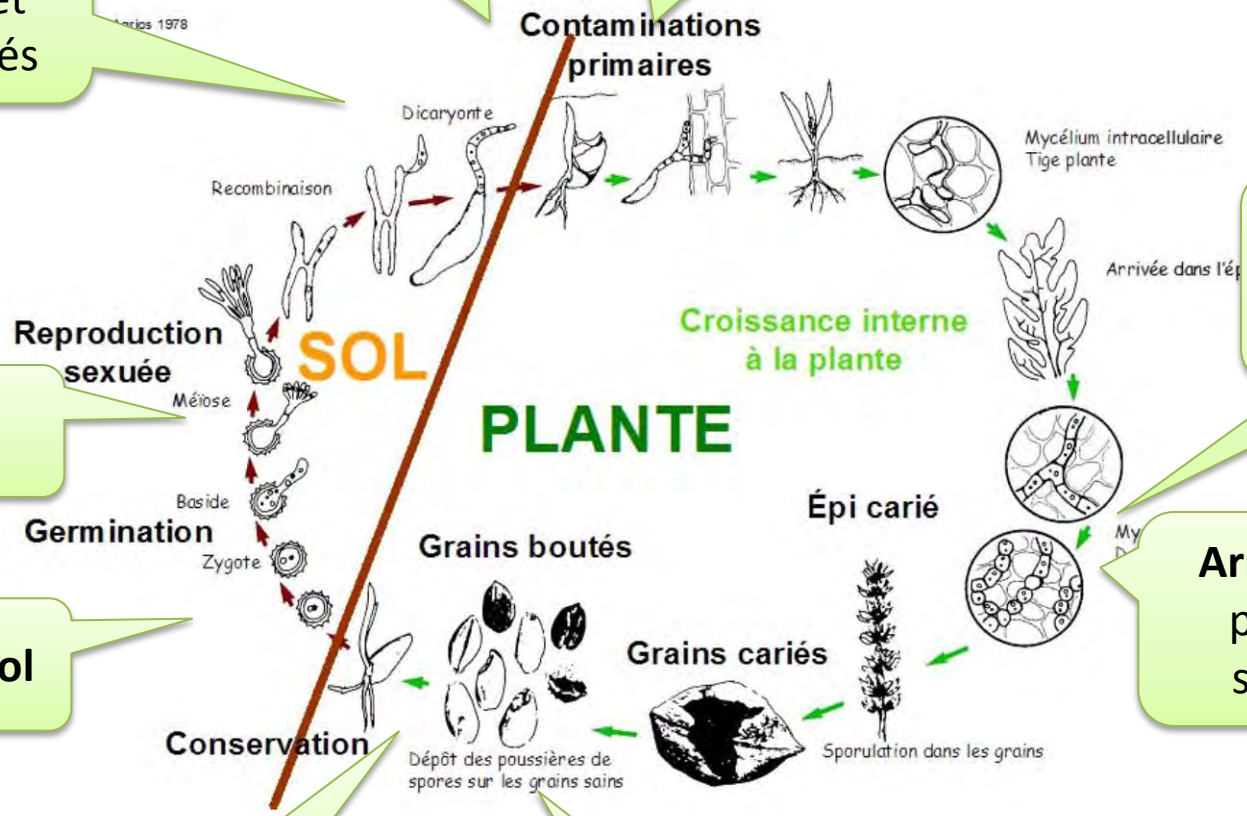
Conclusion

Stades et leviers,
pour maitriser la carie

Utiliser des **semences saines** (faire analyse)

Conditions de **semis**

Choix des espèces et des variétés



Observations au champ

Rotations

Arracher les pieds présentant des signes de carie

Travail du sol

Traitements des semences

Analyses des grains récoltés

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

Eliminer 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.

Prise de risque

Que faire **au moment de la récolte** ?	Que faire **des grains récoltés** ?	Que faire **sur la parcelle contaminée** ?
Détruire la culture sur pied par brûlage *(demander autorisation préfectorale)*	**Incinérer les récoltes** contaminées	**Allonger la rotation et cultiver des espèces non sensibles** pendant 5 ans : avoine, orge, seigle, *triticale* et bien sûr les légumineuses, les crucifères…
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	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*) - **surveille**r attentivement la culture	**Labour profond puis travail superficiel** **Choisir des variétés de blé peu sensibles** pendant 5 ans et favoriser une levée rapide **+ Vigilance accrue**