

The logo for 'tech & bio' is displayed in white text on a dark green rounded rectangular background. The ampersand is stylized with a small orange and green leaf icon above it. The background of the slide features a large green leaf on the right and a faint grey outline of a plant stem with leaves on the left.

tech & bio

La carie, la craindre ou la connaître ?

Laurence Fontaine & Stephanie Klaedtke, ITAB
Geoffrey Orgeur, GEVES



itab

l'Institut de l'agriculture
et de l'alimentation biologiques



GEVES
Expertise & Performance



Connaître la carie

Symptômes

Les « grains cariés » (balles sporifères) provoquent un **nuage noir** et une **odeur de poisson pourri** lors de la moisson...



... mais avant cela ?

Symptômes sur l'épi



Dès l'épiaison

Coloration glauque, bleue-verdâtre

Précocité des épis atteints

Tiges plus courtes

Aspect « ébouriffé » dès floraison

Au stade laiteux

Grains sombres

Aspect « ébouriffé »



Biologie / Cycle

Champignons basidiomycètes

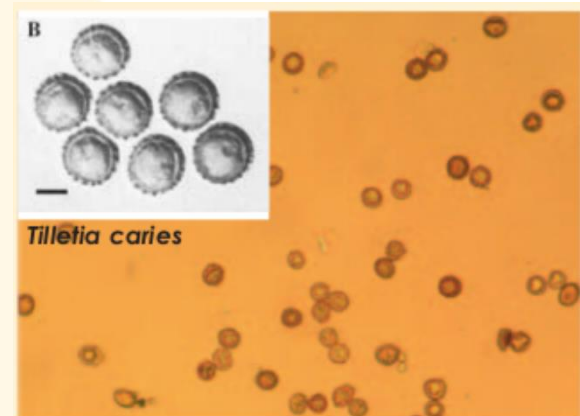
Tilletia caries

T. foetida

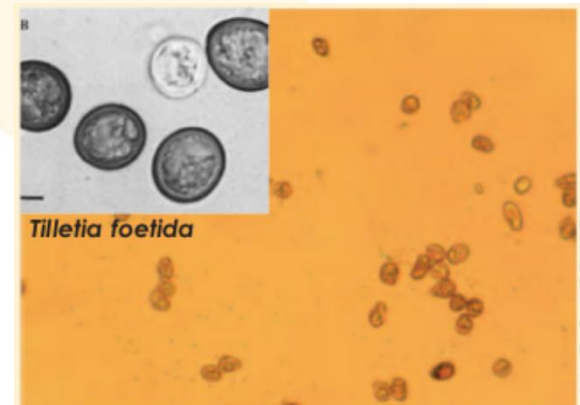
≠ Carie naine

Tilletia controversa

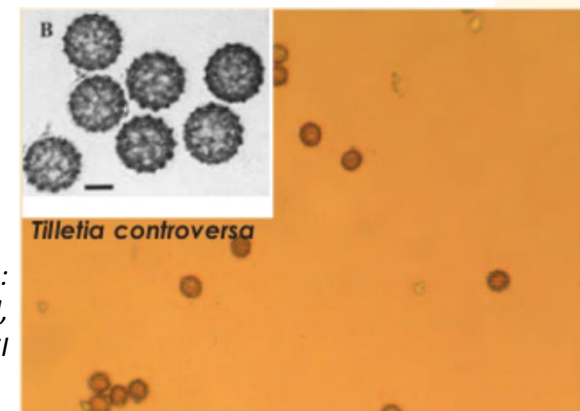
peu / pas présente en France



Tilletia caries



Tilletia foetida



Tilletia controversa

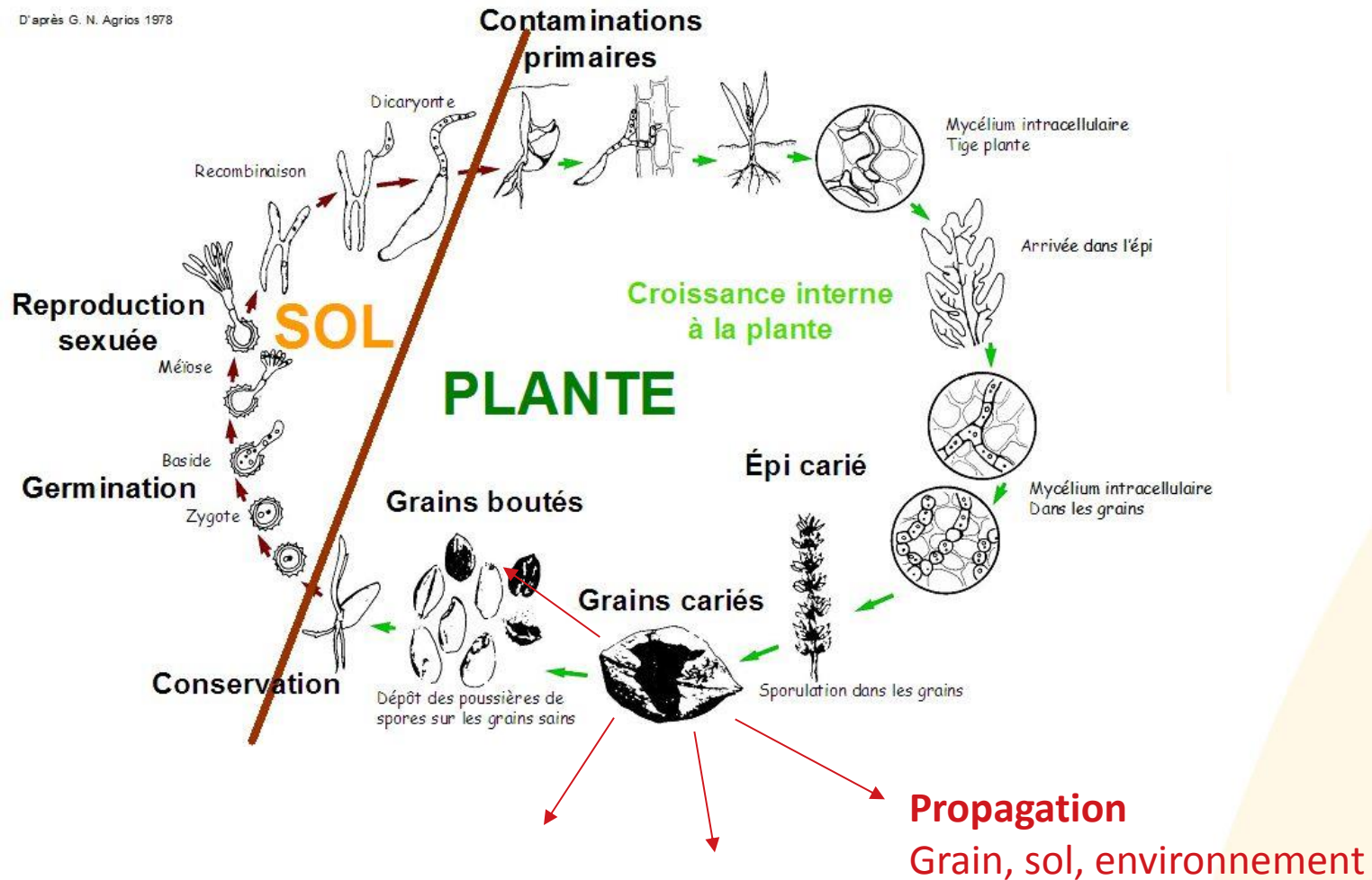
Source :

SNES et T. Matsumoto and T. Bell,
Laboratory Guide To SMUT FUNGI

Biologie / Cycle

D'après G.N. Agrios, 1978

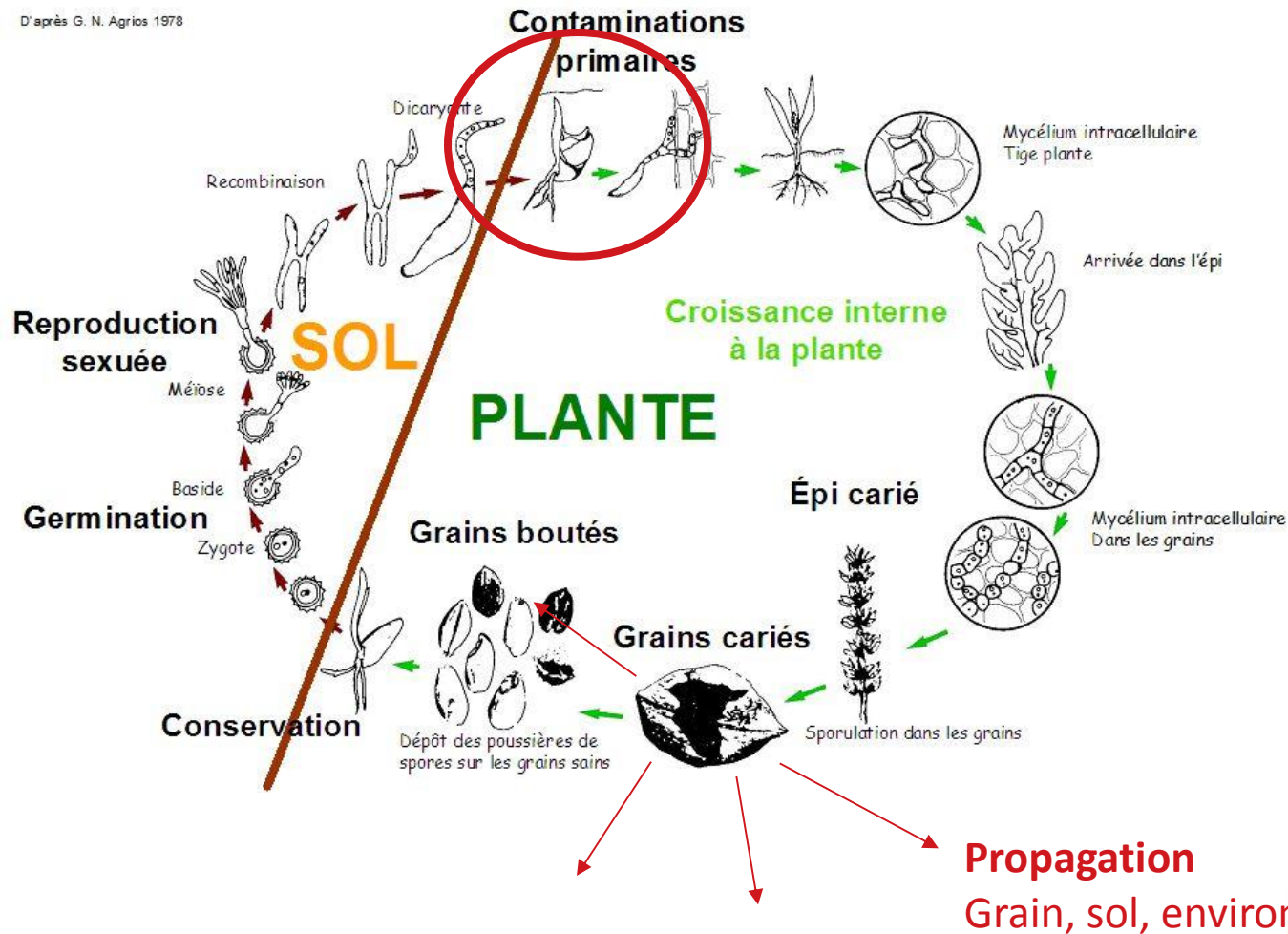
D'après G. N. Agrios 1978



Biologie / Cycle

D'après G.N. Agrios, 1978

D'après G. N. Agrios 1978

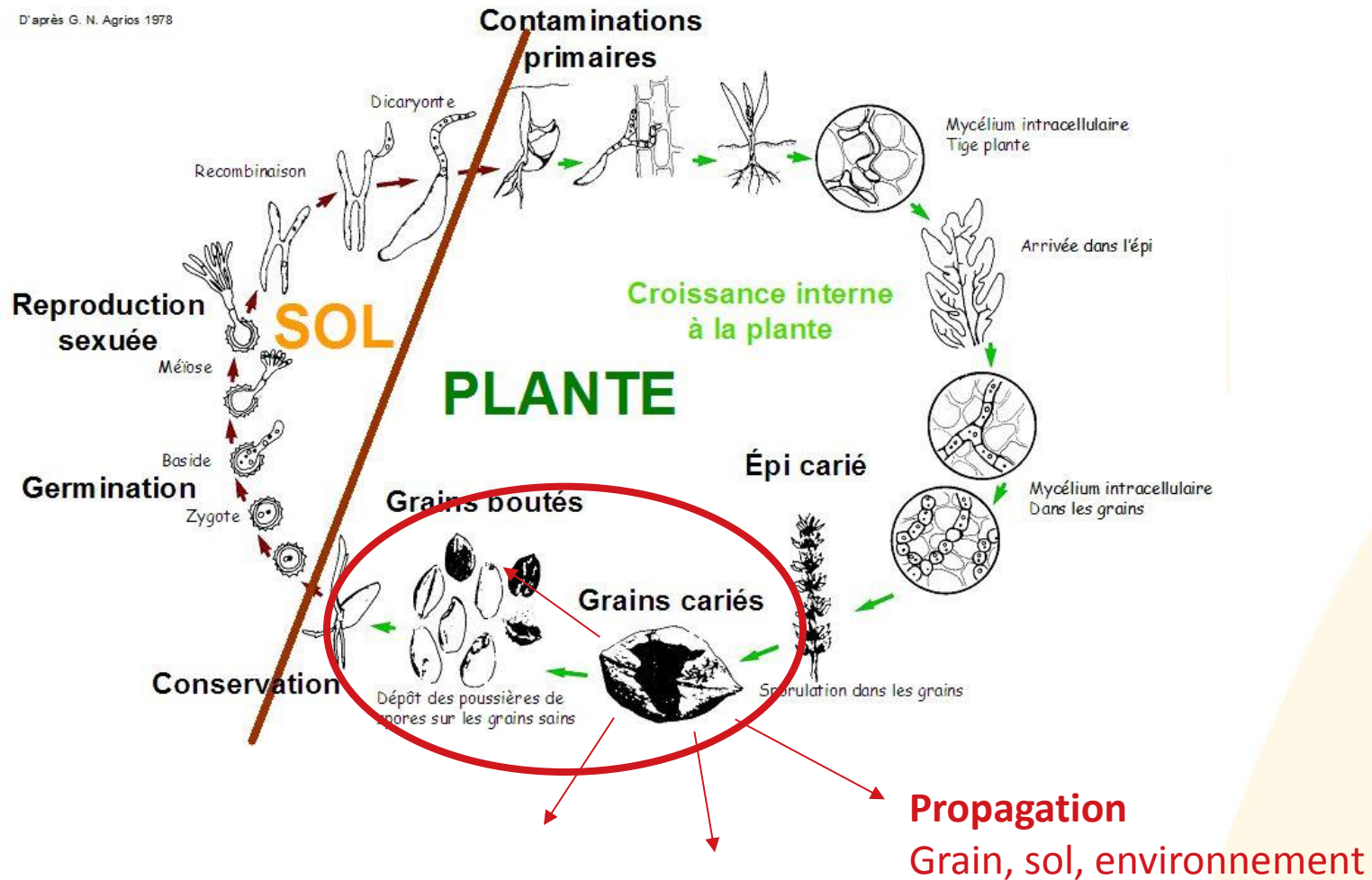


Pas de traitement en culture

Biologie / Cycle

D'après G.N. Agrios, 1978

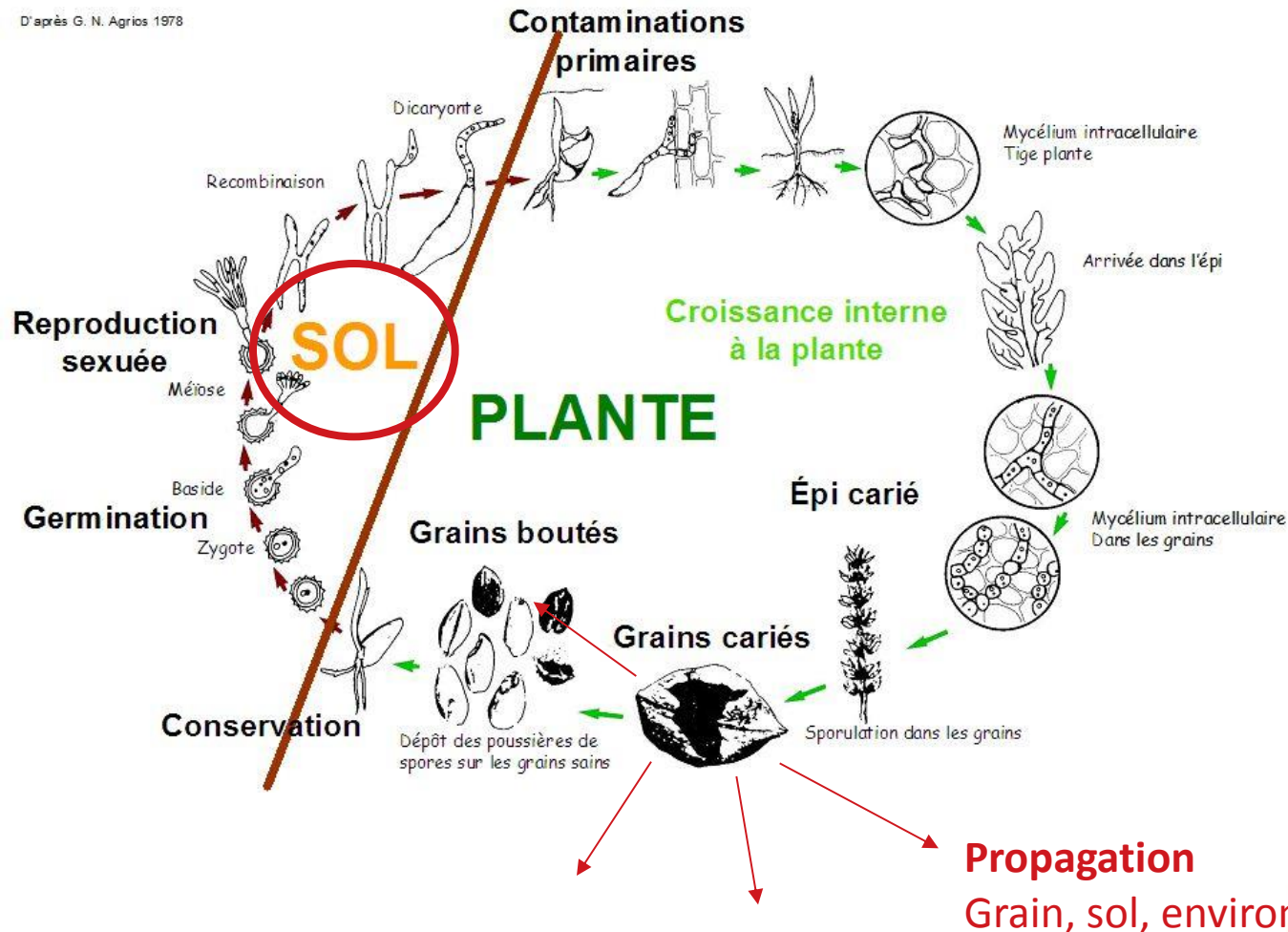
D'après G. N. Agrios 1978



Biologie / Cycle

D'après G.N. Agrios, 1978

D'après G. N. Agrios 1978



Pas de traitement en culture

Propagation
Grain, sol, environnement

Souches présentes en France

Collecte et Identification des espèces de carie

Campagne de prélèvements lancée en France en 2015.

26 échantillons
réceptionnés

15 départements
différents

13 variétés
blé tendre

4 mélanges
de variétés

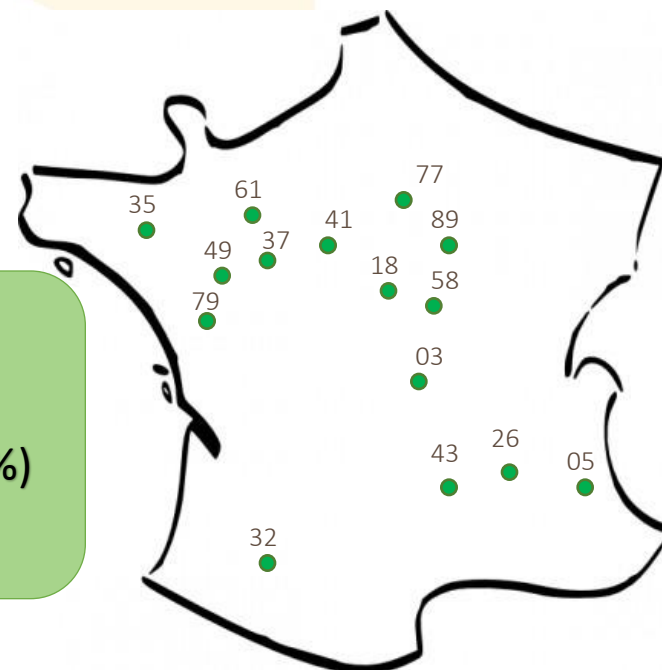
3 petit
épeautres

Carie commune :

Tilletia caries présente dans 100% des échantillons.

T. laevis(foetida) présente en mélange avec *T. caries* (15,4%)

Carie naine (*T. Controversa*) : non présente



Souches présentes en France

Multiplication & caractérisation des souches

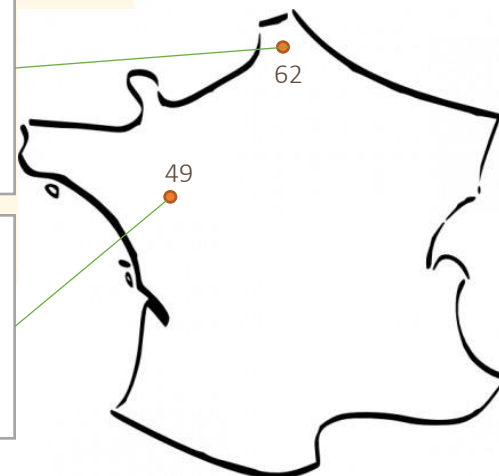
Sélection de 20 isolats.

- Identification des espèces de caries
- Taux de viabilité (Coloration)
- Département d'origine
- Variétés

Inoculation de chaque souche sur
15HD + 1 Témoin Résistant & 3
Témoins Sensibles

- Envoi à la FREDON 62
- Semis direct
 - 9 souches x 15 HD
 - 1 souche x 15 HD + 4 témoins
- 3 rep de 150 plantes

- Semis au GEVES
 - 10 souches x 15 HD
 - 1 souche x 15 HD + 4 témoins
- Transfert à la FNAMS
- 3 rep de 25 plantes



Semés en conditions
contrôlées (GEVES)



Repiqués et Multipliés aux
champs (FNAMS 18 et 49)

Souches présentes en France

Caractérisation des virulences prédominantes de carie en France.

20 isolats x 15 HD + 4 Témoins = 240H d'observation



HD	Hôtes différentiels	Gènes de résistance	Fréquence >=5% épisodes cariés
1	Heines VII	Bt-0	100%
2	Sel. 2092	Bt-1	10%
3	Sel. 1102	Bt-2	24%
4	Ridit	Bt-3	
5	CL 1558	Bt-4	
6	Hohenheimer	Bt-5	
7	Rio	Bt-6	5%
8	Sel. 50077	Bt-7	48%
9	PL 173438/Eg	Bt-8	
11	Eg/PL 178383	Bt-9	
12	Eg/PL 178383	Bt-10	
13	Eg/PL 166910	Bt-11	
14	PL 119333	Bt-12	
15	Thule III	Bt-13	
17	Carlton	Bt-15	19%



Virulences prédominante
→ Bt-2 / Bt-7 / Bt-15

Virulences à surveiller
→ Bt-1 / Bt-6



Maîtriser la carie



Leviers de gestion

Prévention

Rotation, observation

Santé des semences : Normes, analyses

Traitements des semences

Récolte et traitement d'un lot carié :
quand il est (presque) trop tard ?

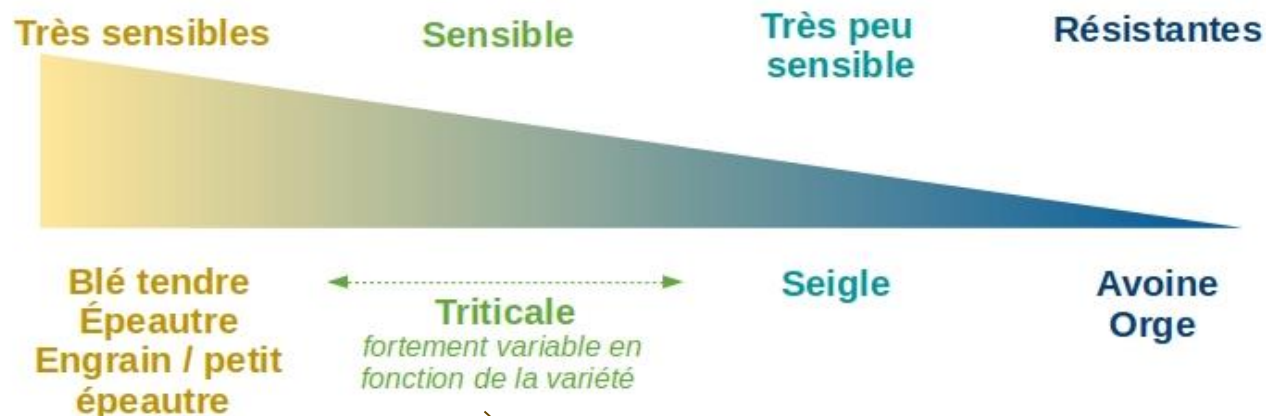
Prévention – le maître-mot !

ROTATION diversifiée

céréales sensibles rapprochées = risque de carie ++

OBSERVATION en culture

Pour ne pas se laisser surprendre à la moisson !



Pas de sensibilité observée dans des essais en France. Vos observations ?



Semences :

Normes pour semence certifiée non-traitée

En France

0 spores / gramme

Ailleurs dans l'UE

8 États : normes pour inspection au champ,
allant de 0 à 5 plantes par 100 / 150 m²

9 États : normes semencières (analyse)
allant de 0 à 20 sp./graine [400sp./gramme]

[étude de la CE en 2013, 10 états n'ayant pas répondu ;
Source : Liveseed]



Normes Semences :

Ailleurs dans l'UE

Danemark

0 spores / gramme semence de multiplication
10 spores / **gramme** semence certifiée

Autriche / Slovénie

10 spores / **grain** [200 sp./gramme] non-traitée
300 spores [6000 sp./gramme] pour **semence traitée**

Suède

22 sp./**gramme** pour semence non-traitée
1000 spores pour **semence traitée**

Allemagne

5 plants / 150m² au champ
Accord au sein du secteur : 20 sp./**grain** [400sp./gramme]

Thermo-
thérapie
répandue !

Semences de ferme



À la récolte

Odeur à partir d'un épi / 1000 –
mais pas systématique

Absence d'odeur et de grains cariés insuffisante

Matériel partagé :
moissonner semence après un lot sain

Grains « boutés » visibles qu'à partir de 6000 spores / grain !

Recommandations pour les semis

Analyse des semences
(SNES : 85€ ; échantillon de 50g)

Traitement préventif systématique

Favoriser une levée rapide...

Recommandation

« LIVESEED » :
50 spores / graine [1000
sp./gramme] acceptable avec
traitement,
si pas d'autre choix !



Traitements des semences

*Toujours après un nettoyage rigoureux !
Brossage efficace, lorsque disponible...*

COPSEED (sulfate de cuivre tribasique)

CERALL (antagoniste bactérien)

} Usage /
conditionnement
industriels

Vinaigre blanc (1,6 l à 4-5 % d'acide acétique pour 100kg)

Farine de moutarde (1,5kg + 4,5l d'eau ; peu de recul)

Thermothérapie (peu/pas pratiquée en France)



<http://itab.asso.fr/activites/gestiondelacarie.php>



Traitement d'un lot carié...

Récolte

Après lots sains de céréales sensibles
Purger machine avec culture résistante

*Si choix de ne pas récolter :
**broyer, ou
brûler (autorisation)***

Parcelle

Retarder labour pour favoriser épuisement du stock de spores
Pas de céréales sensibles pendant 5 labours

Grain

Nettoyage rigoureux au nettoyeur-séparateur
Brossage si disponible

*Peut être refusé en
collecte conso.
humaine /
par les animaux*

Nettoyage

rigoureux de matériel, silos ... (vinaigre)



Reconnaître la carie

Signaux d'alerte à la ferme

Observation au champ

Odeur / grains boutés à la récolte

Test du seau :

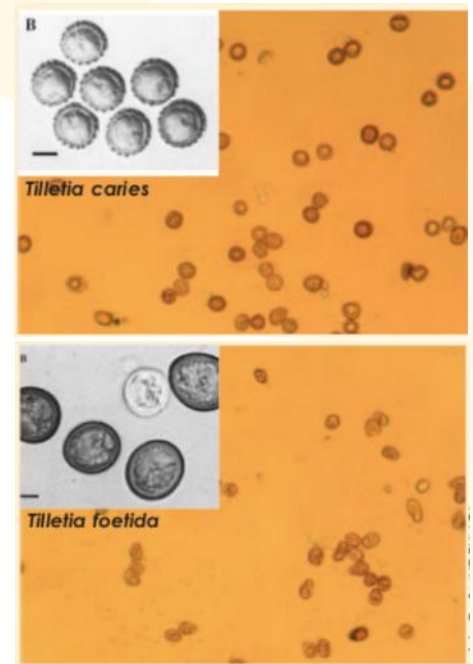
5kg de grain dans un seau d'eau

→ récupérer + observer grains qui surnagent

(ne rien voir ne veut pas dire absence !)

Semence :

Seule une analyse donne certitude



Analyse : méthode classique (binoculaire, dénombrement)

- 50 grammes (~1000 semences) dans 50 mL d'eau sous agitation
 - Filtration à 60 μm → Elimination des impuretés
 - Filtration à 20 ou 11 μm ← Récupération des spores
 - Rinçage du filtre contenant les spores
 - Prélèvements (x10) placés sur un hématimètre
 - Cellule de Mallassez
-
- Norme de certification à 0 spores
 - Méthode alternative de traitement



Détecter & Identifier
Dénombrer les spores

Méthode ne permettant pas de
connaître
la viabilité des spores

Intérêt de mesurer la viabilité et la nuisibilité ?

Étudier la transmission du pathogène de la semence à la
plantule et du sol à la plantule.
Détection précoce par PCR

Nouvelle méthode : détection précoce de la carie par PCR (Projet Abblé)

Transmission du pathogène de la semence à la plantule



Collecte de grains cariés



Broyage



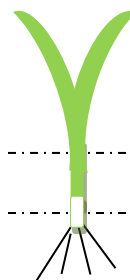
Contamination artificielle



Semis



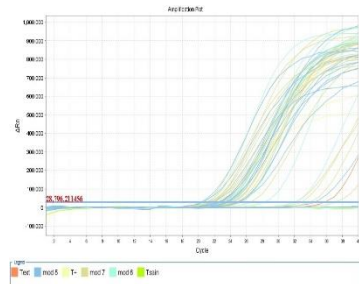
Culture en conditions contrôlées



Stade 2-3 feuilles



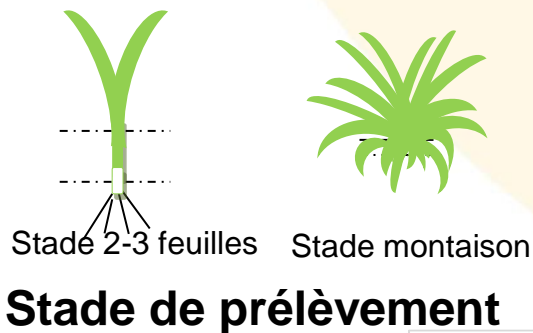
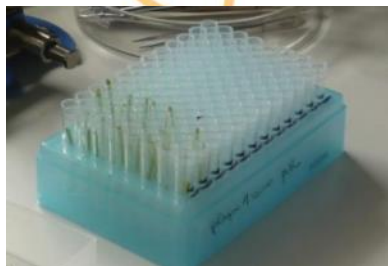
Extraction ADN



qPCR

Nouvelle méthode : détection précoce de la carie par PCR (Projet Abblé)

✓ Evaluation de la résistance des variétés : mise au point du test

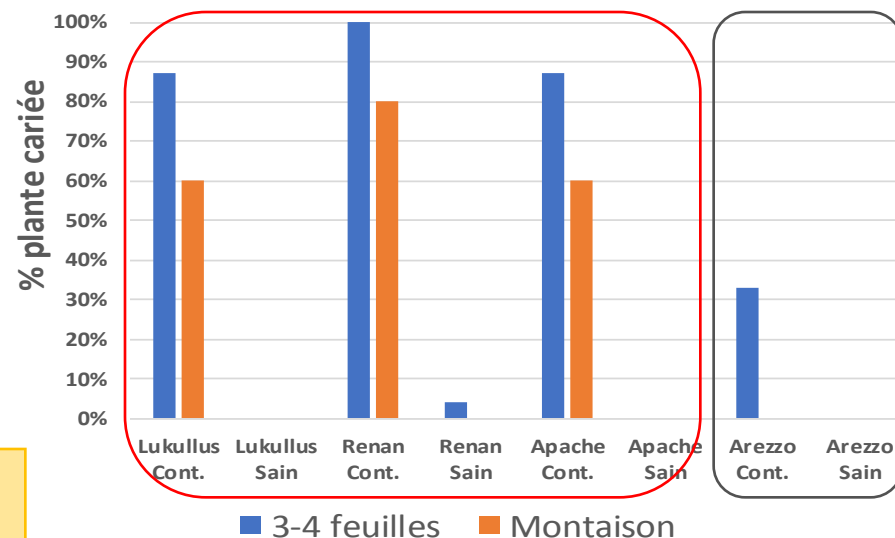


Variétés témoins

Lukullus	Renan	Apache	Arezzo
Très Sensible	Sensible	Moyennement Sensible	Résistant

Résultats

Méthode permet de distinguer
Plantules saines vs infectées
Variétés sensibles vs résistantes



Cont : variétés infectés / S : variétés saines

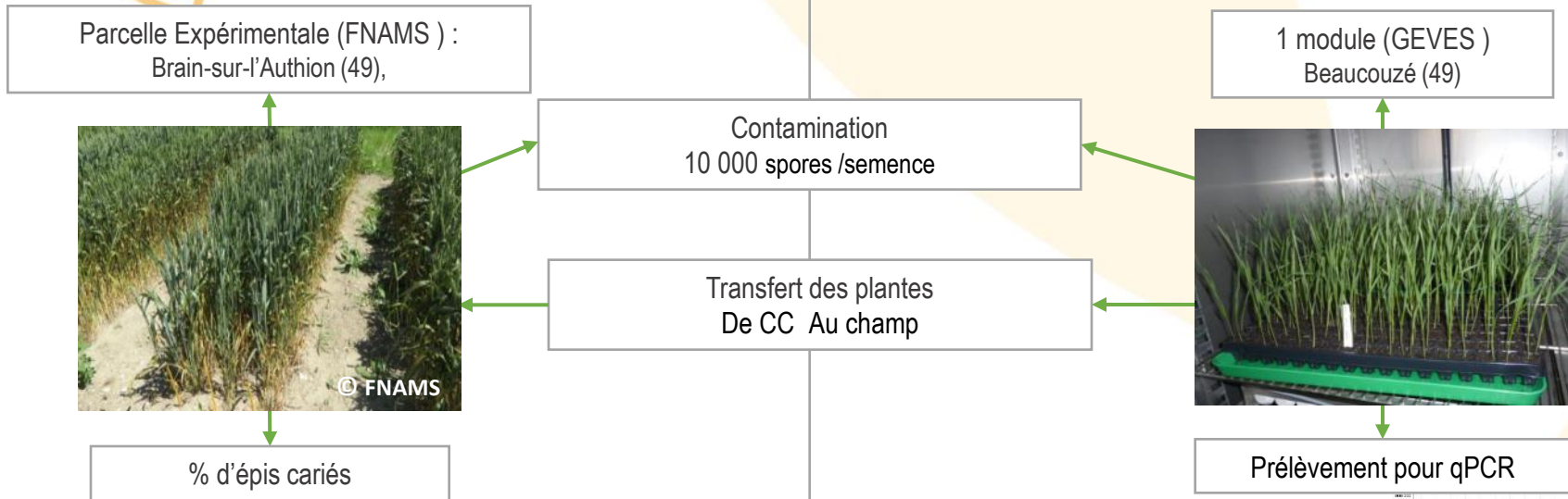
Méthode ne permet pas de distinguer les différents niveaux de sensibilité

Nouvelle méthode : détection précoce de la carie par PCR (Projet Abblé)

Évaluation de la résistance des variétés : comparaison champ vs CC

Au champ

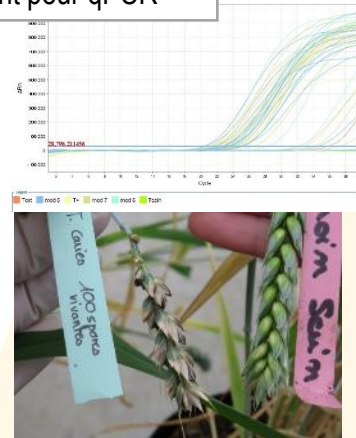
En Condition Contrôlées



Stade Adulte aux champs

Stade 3 Feuilles par PCR

	FNAMS 49 Semis en CC	FREDON 62 Semis directement	FNAMS 49 Semis en CC	FREDON 62 Semis directement
Lukullus	44%	1%	53%	7%
Renan	60%	37%	87%	53%
Apache	40%	28%	Non Testé	Non Testé
Arezzo	1%	1%	20%	20%



Validation de la méthode de détection par qPCR avec seuil de détection fixe
Prédiction des futures symptômes (résultats en 7 semaines vs 7 mois)

Nouvelle méthode : détection précoce de la carie par PCR (Projet Abblé)

Avantages

Outil permet :

- Évaluer directement la transmission du pathogène de la semence à la plantule
l'efficacité d'un traitement de semence contre la carie
- Distinguer les Plantules saines vs infectées
Variétés sensibles vs résistantes
- Prédire des futures symptômes (résultats en 7 semaines vs 7 mois)

En résumé :

Développement **d'un protocole fiable** pour évaluer la résistance à la carie commune **pour les variétés déposées au CTPS en AB.**

Possibilité d'exploiter ce test résistance variétal pour la filière et en **expérimentation spéciale** pour les **variétés conventionnelles** en demande d'inscription au CTPS

- ➔ **Effet booster sur la sélection de variétés résistantes, cumul et diversification des gènes de résistance efficaces pour une résistance durable**
- ➔ **Diminution des traitements de semences des variétés (plan Ecophyto)**



Apports récents & perspectives

Vers une meilleure mobilisation du levier variétal

Projet Carie-ABBLÉ



Efforts des sélectionneurs



Sélection

Inscription
de variétés
résistantes

Evaluation
variétale

Vers une meilleure mobilisation du levier variétal

➤ Evaluation variétale

Passé :

Peu sensibles
Arezzo, Crousty



Très sensibles
Renan, Lukulus,
Apache, Caphorne,
Cézanne, Orpic

Réseau de criblage
variétal multi-partenaire
animé par l'ITAB

A venir :

- évaluer les variétés les plus courantes
- intégrer des résistantes



<http://www.itab.asso.fr/activites/varietes-bles.php>

Vers une meilleure mobilisation du levier variétal

➤ Sélection

Des initiatives existent !

- Sélection en AB
- Europe



TILLIKO
TREBELIR
RODERIK
GRAZIARO
(...)



www.bioselecta.org

Vers une meilleure mobilisation du levier variétal

➤ Inscription



Protocole CTPS

- Inscription en AB
- Possible en conventionnel

Levier pour favoriser la sélection



www.geves.fr

Combiner les leviers pour contenir la carie

SEMENCES - SEMIS CHOIX VARIÉTAL



Semences saines

Choix variétal

Favoriser levée rapide

Traitements préventifs

SYSTÈMES DE CULTURE



Rotation diversifiée

Choix des espèces

Travail du sol

Observation de la culture

RÉCOLTE ET POST-RÉCOLTE (SI INFECTION)



Récolte en dernier des parcelles contaminées

Nettoyage matériel récolte

Destruction récolte

+ Acteurs du développement : COMMUNIQUER REGULIEREMENT



Recherche : perspectives

- Dynamique du sol : quelles interactions entre carie et vie microbologique du sol ?
- Des mécanismes physiologiques de résistance se mettent-ils en place au cours du cycle du blé ?

Remerciements & références :

Les apports et les partenaires du programme Carie ABBLE (financement CASDAR)



Les apports du programme LIVESEED (financement UE H2020) en particulier d'Anders Borgen



<https://www.liveseed.eu/>

<https://www.agrologica.dk/>



LIVESEED



En savoir plus :



<http://www.itab.asso.fr/activites/gestiondelacarie.php>