Terres Inovia
l'agronomie en mouvement

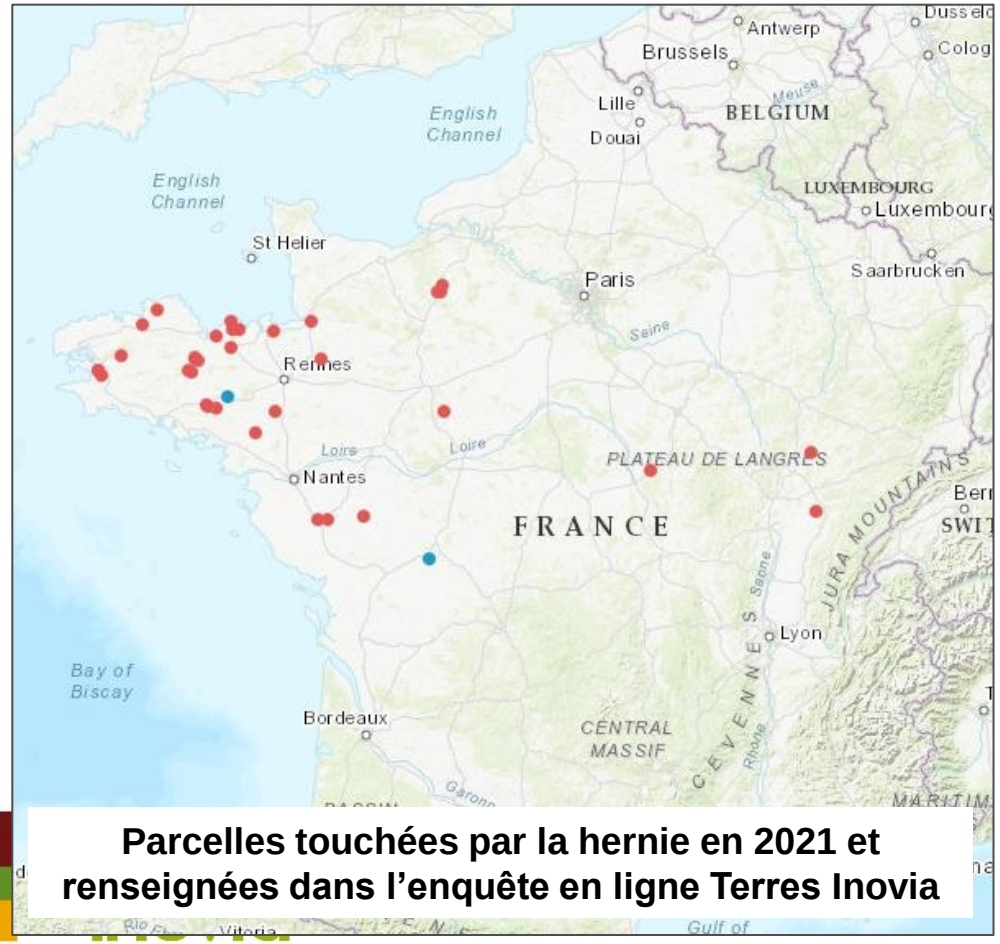
La hernie des crucifères

28 janvier 2022

Céline FOURNI, ingénieure régionale de développement
Christophe JESTIN, Chargé d'études Génétique et Protection des Cultures
Et l'équipe variété **Arnaud VAN BOXSOM**, **Céline MOTARD.**

Le contexte de la réunion

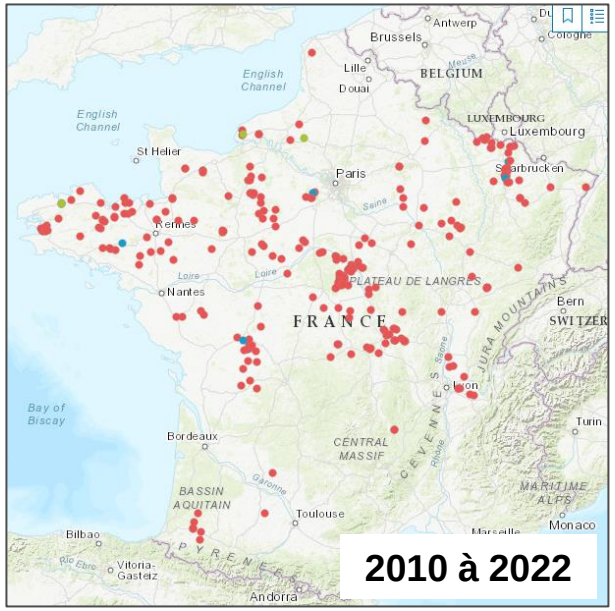
- De multiples remontées de cas de hernie en Bretagne, cette campagne.



Parcelles touchées par la hernie en 2021 et renseignées dans l'enquête en ligne Terres Inovia

- Enquête en ligne TERRES INOVIA

https://www.terresinovia.fr/-/enquete-hernie-des-cruciferes



2010 à 2022

l'agronomie en mouvement

Ordre du jour

- **Symptômes et biologie**
- **Caractérisation du risque hernie dans sa parcelle**
- **Moyens de lutte :**
  - Pratiques culturales défavorables à l'expression de la hernie et permettant de limiter le potentiel infectieux
  - La génétique, le levier de lutte le plus efficace

Terres Inovia
l'agronomie en mouvement

Symptômes et biologie

Terres Inovia
l'agronomie en mouvement

Symptômes générés par la hernie des crucifères

Plasmodiophora brassicae – Parasite obligatoire

Au niveau racinaire …

Boursouflures hypertrophiées sur les racines : galles.

Alimentation hydrique

… et aérien

Flétrissement des plantes.
Le plus souvent en foyer.

Jusqu'à 100 % de pertes de rendement !

Terres Inovia
l'agronomie en mouvement

Risque de confusion possible

HERNIE

Intérieur blanchâtre et plein.
Pas de pivot, ni racine.

CHARANÇON GALLICOLE

Galeries provoquées par les larves de l'insecte.
Pivot présent.

Terres Inovia
l'agronomie en mouvement

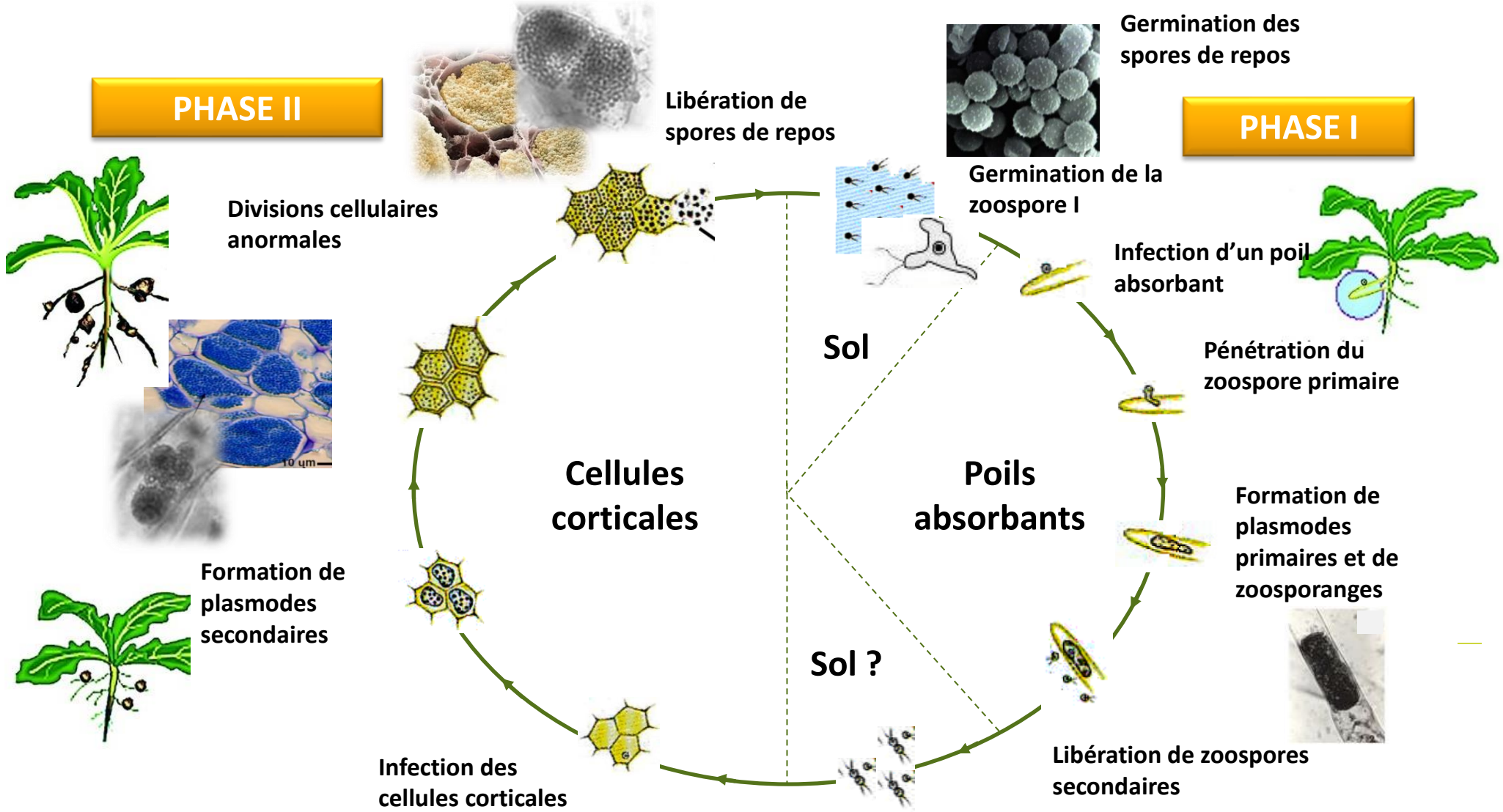
Cycle de développement de la hernie

Conservation

- Dans le sol, 10 à 17 ans.

Contamination et développement

- 20-25°C
- Teneur en eau du sol : 80% de la capacité de rétention.
- Sol hydromorphe
- Sol acide

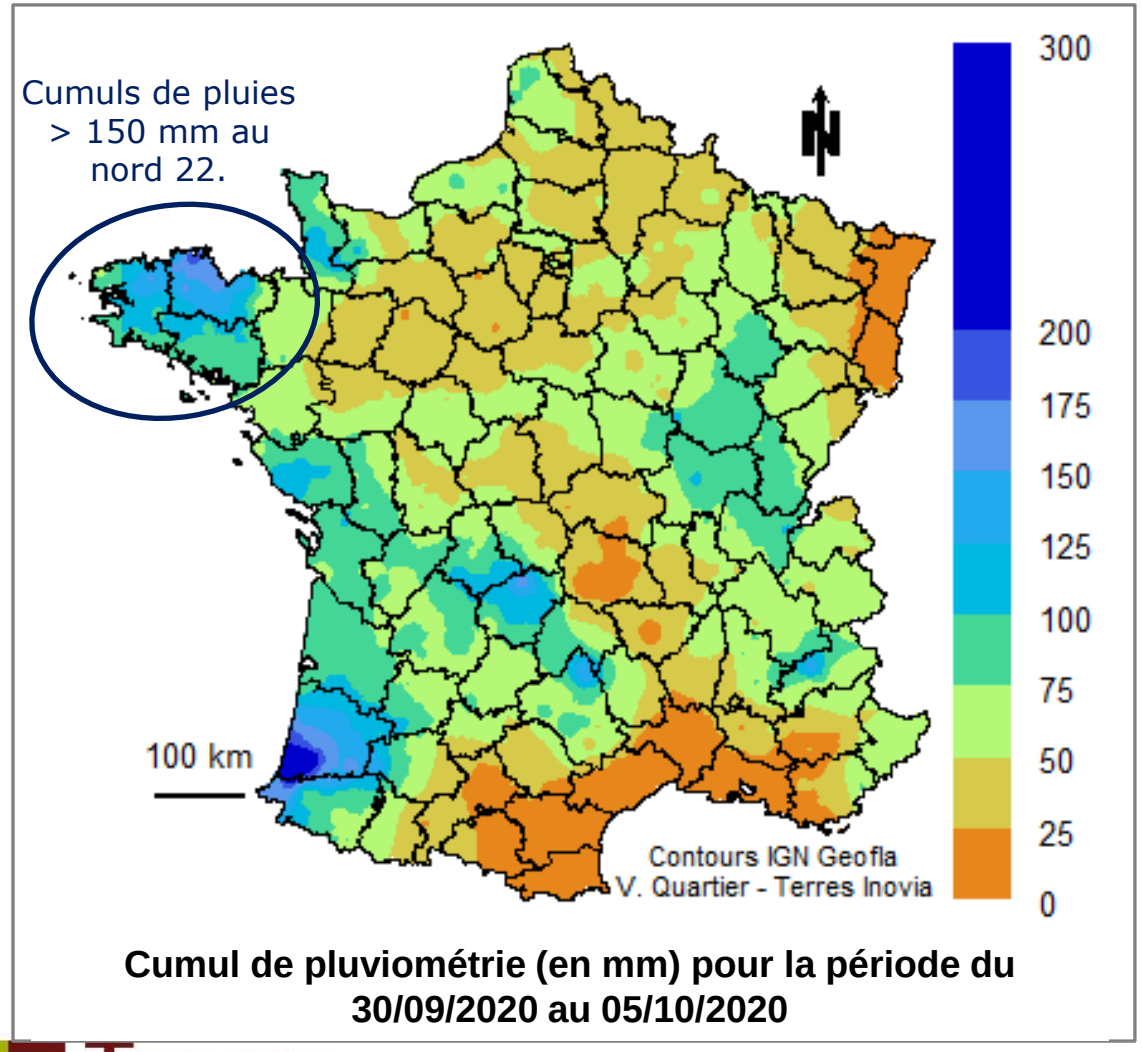


D'après Kageyama et Asano, 2009
Sharma et al. 2011, Wagner 2012

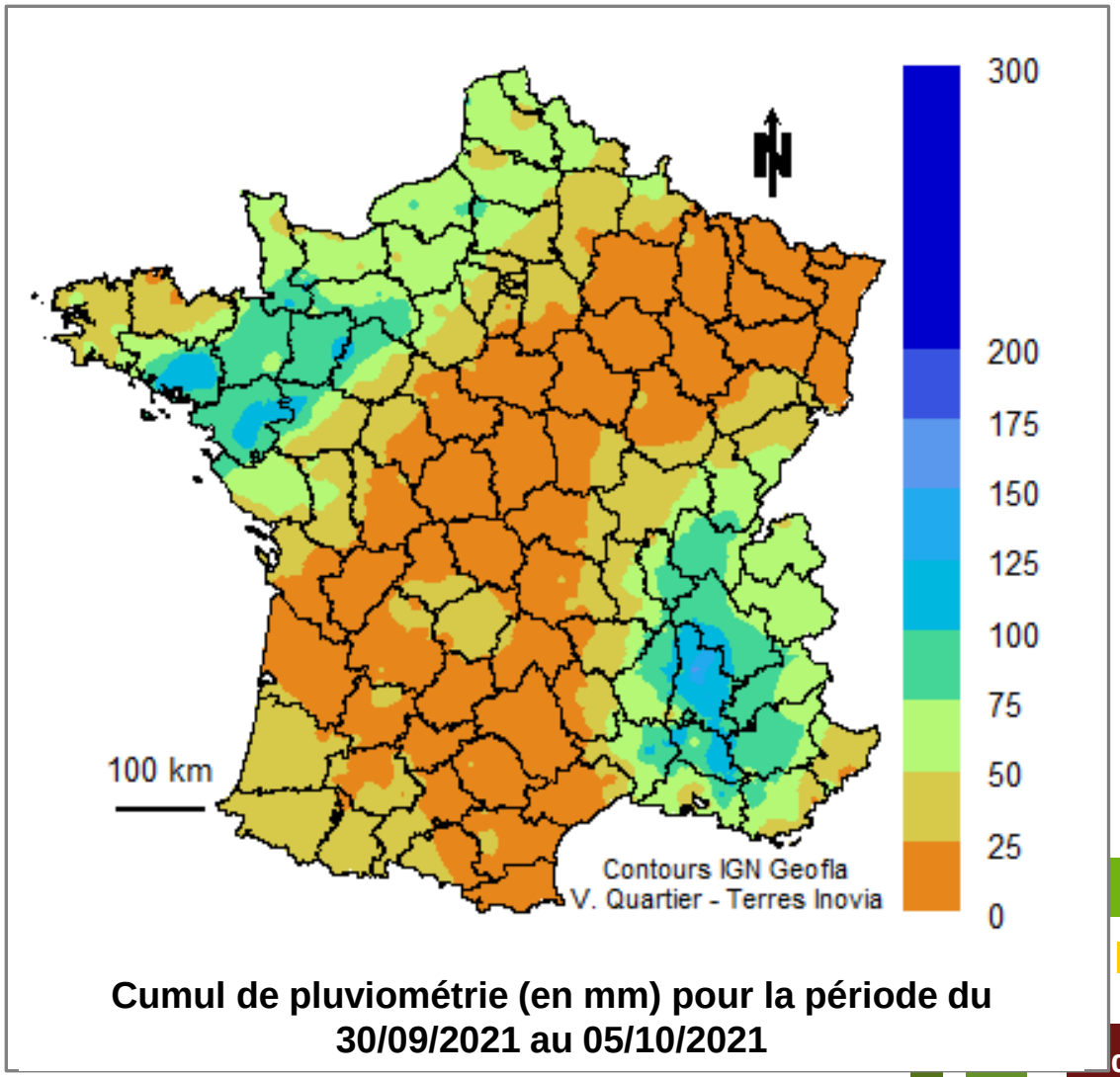
Terres Inovia
l'agronomie en mouvement

Des contaminations conditionnées par la présence d'eau libre …

… favorisées en cas de sol chaud



Cumul de pluviométrie (en mm) pour la période du 30/09/2020 au 05/10/2020



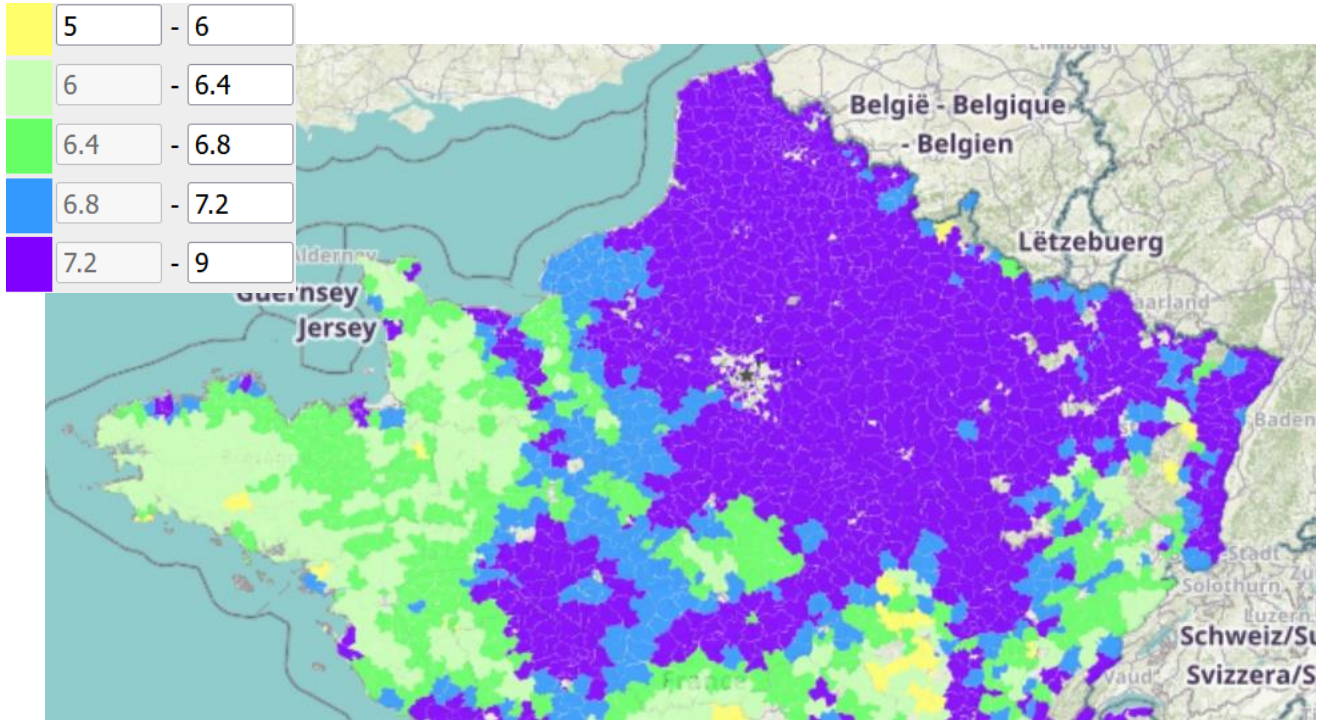
Cumul de pluviométrie (en mm) pour la période du 30/09/2021 au 05/10/2021

Début octobre : température de sol tempérée & colza à stade jeune.

Les pH acides favorisent la hernie

Maladie ralentie dans les sols à pH neutre ou alcalin.

Le relèvement du pH ne permet pas d'éradiquer la maladie.
Il créée seulement des conditions moins favorables à l'infection.



Médiane des pH eau de début 2010 à fin 2014, par canton
Source BDAT – Outil cartographique Geosol

Terres Inovia
l'agronomie en mouvement

De multiples hôtes

Colza

Chou

Chou chinois

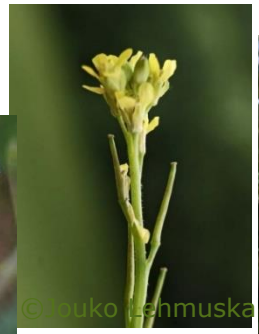
Navet,…

Moutarde

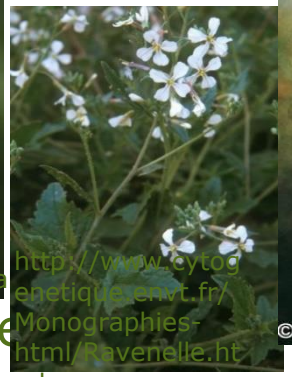
http://dico-cuisine.fr/news/radis

Radis

Capselle



Sisymbre officinal



Ravenelle

Passerage des champs

Sanve

Etc…

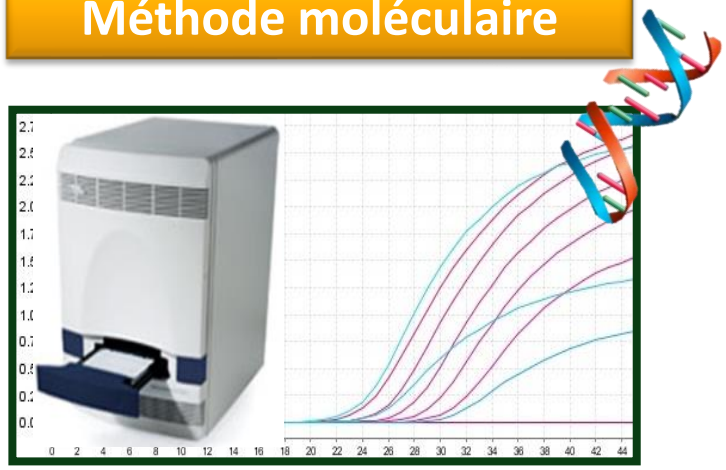
Caractérisation du risque hernie dans sa parcelle

Terres Inovia
l'agronomie en mouvement

Un doute ? … Dépistage !

Echantillons de sols

Méthode moléculaire



Méthode PCR

Test classique

Test chou chinois

Test chou chinois

- Prestation au GEVES
- Par vous même ! RDV sur https://www.terresinovia.fr/-/reussir-un-colza-sous-pression-de-hernie

Méthode moléculaire

- Prestation Terres Inovia (contacter j.carpezat@terresinovia.fr)

Terres Inovia
l'agronomie en mouvement

Moyens de lutte en préventif :

Pratiques culturales défavorables à l'expression de la hernie et permettant de limiter le potentiel infectieux

Terres Inovia
l'agronomie en mouvement

Pratiques culturales conseillées

- **Allonger la rotation**, éviter les cultures hôtes
  - *Enquête Hernie Terres Inovia : le colza revient tous les 2 ou 3 ans sur 61% des parcelles infestées.*

- **Eviter les intercultures à base d'espèces hôtes**, favorables à la multiplication du pathogène.
  - *Enquête Hernie Terres Inovia : des CIPAN à base de crucifères sont utilisés en interculture sur 53% des parcelles saisies.*

http://www.choix-des-couverts.arvalis-infos.fr/index.php

- **Soigner le désherbage** notamment les adventices de la **famille des crucifères**, et les repousses de colza qui peuvent servir de réservoir d'inoculum.

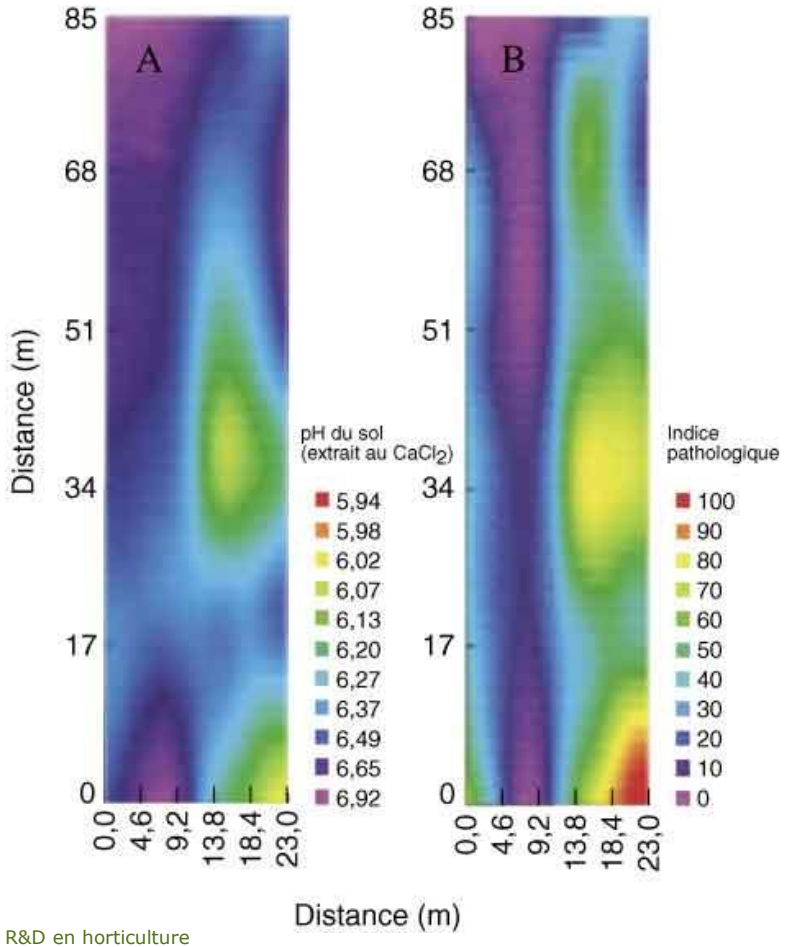
Terres Inovia
l'agronomie en mouvement

Pratiques culturales conseillées

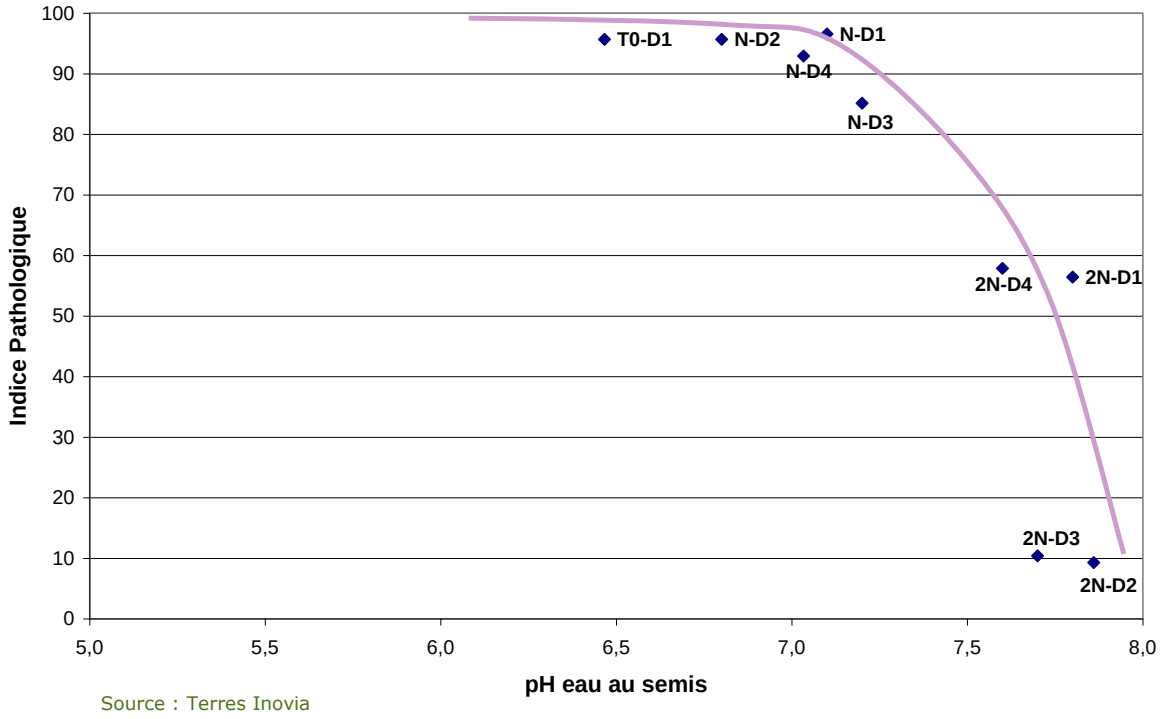
Attention : il ne s'agit pas d'une méthode curative, mais d'une gestion à la rotation

- **Chaulage** de la parcelle si le pH de la parcelle est <6

Un pH acide favorise les infections de hernie.



Source : Centre de R&D en horticulture d'agriculture et agroalimentaire Canada

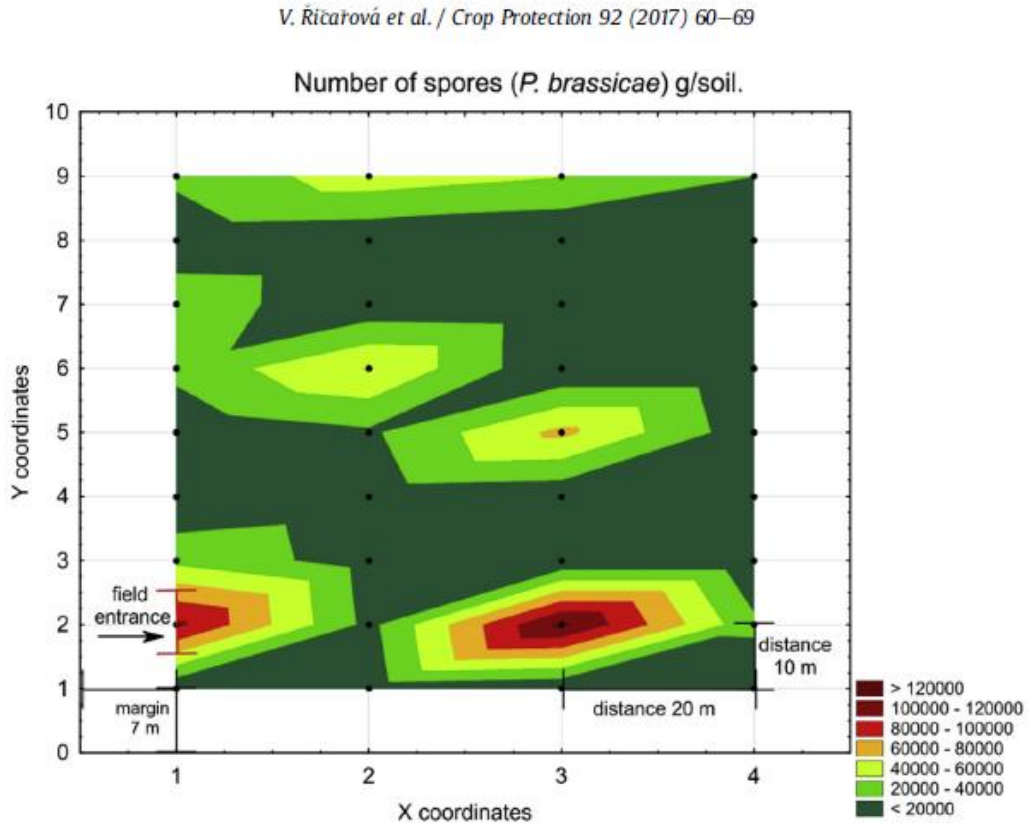


Source : Terres Inovia

Baisse de l'indice pathologique avec l'augmentation du pH eau un an après l'application de chaux (en serre)

Pratiques culturales conseillées

- **Nettoyer** les équipements contaminés



L'entrée des champs peut être un point d'entrée de l'infestation.

Prévention en cas de doute

- Eviter…
  - Transport de sol, équipements ou de végétaux
  - Eau d'irrigation
  - Fumiers

  …s'ils sont susceptibles d'être contaminés !

- Favoriser le drainage du sol pour éviter les excès d'eau.

L'eau véhicule les spores de hernie

Ne pas oublier de caractériser sa parcelle en cas de doute.

Terres Inovia
l'agronomie en mouvement

Moyens de lutte :

La génétique, le levier de lutte le plus efficace

Terres Inovia
l'agronomie en mouvement

Une interaction plante-pathogène déterminante

Plasmodiophora brassicae

Plusieurs pathotypes selon set d'hôtes différentiels (ex: Somé et al. 1996)

pathotype	ECD6	ECD10	Brutor	Mendel
P1	+	+	+	+/-
P2	+	-	+	+/-
P3	-	-	+	+/-
P4	-	-	-	+/-
P5	-	+	+	+/-
P6	+	-	-	+/-
P7	-	+	-	+/-
P8	+	+	-	+/-

\+ développement de galles
\- pas de symptôme

Colza

2 types de résistance :

→ **Résistances <u>qualitatives</u>**
+ déterminisme simple et efficace

attaque (S) ou pas attaque (R)

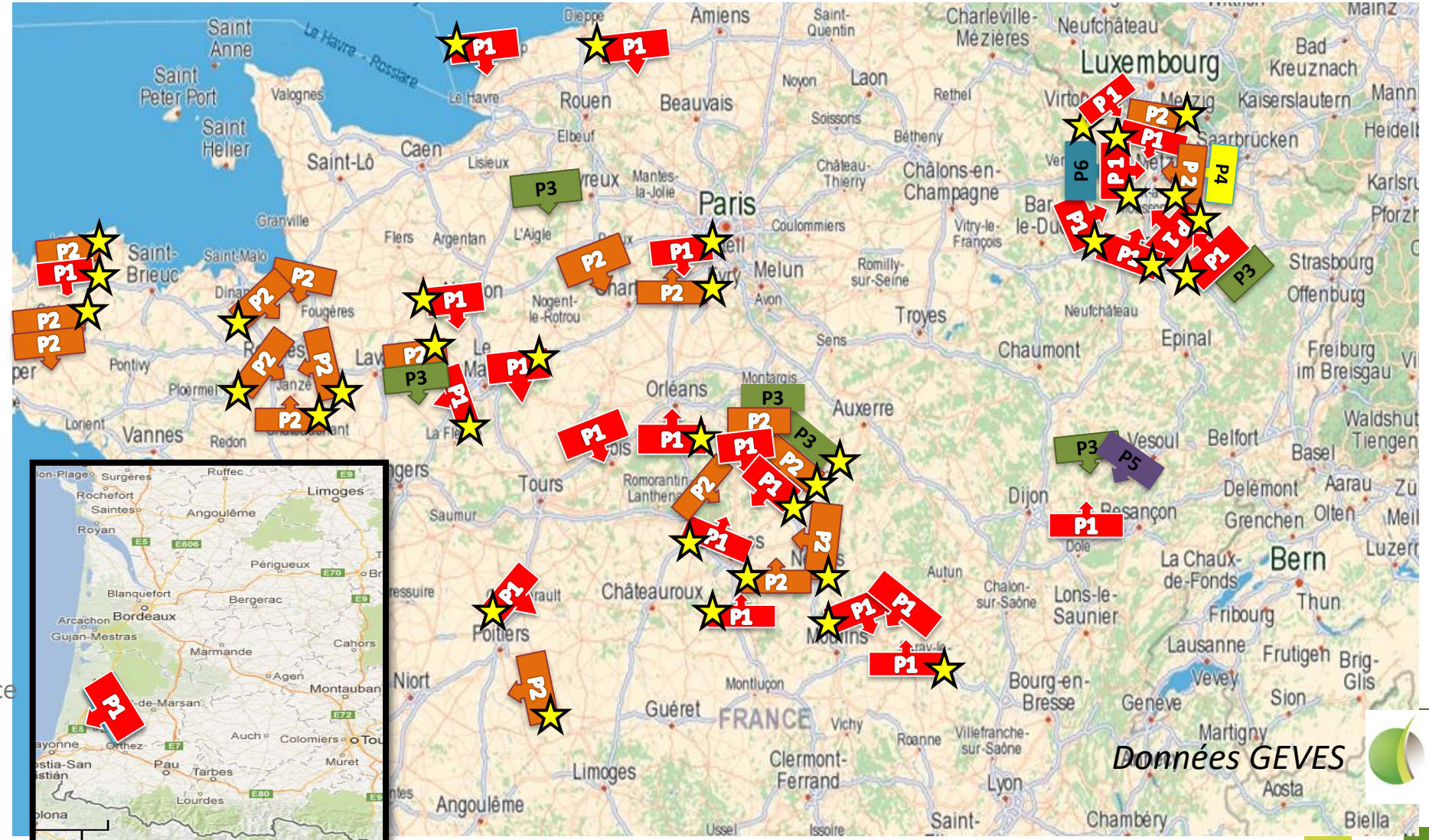
→ **Résistances <u>quantitatives</u>**
+ gènes multiples
+ effets partiels

Gravité des symptômes +/- importante

Résistance :
- Partielle, totale
- Gènes à effets majeurs/mineurs, dominant/récessif
- Spécifique ou non des pathotypes

Terres Inovia
l'agronomie en mouvement

Mieux connaitre son ennemi



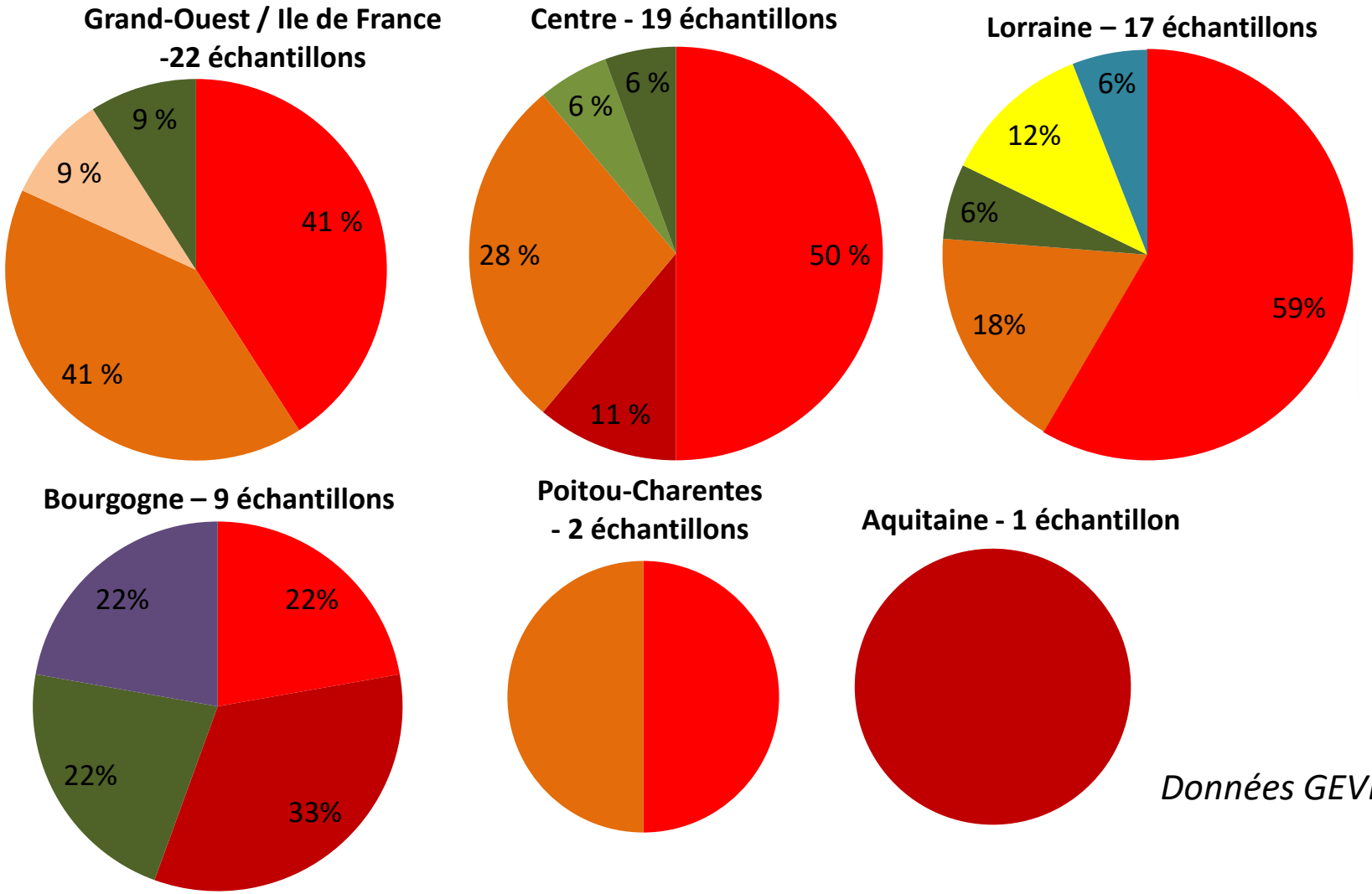
Selon le set différentiel de Somé et al. 1996+'Mendel'

Contourne la résistance de 'Mendel'

Données GEVES

Projet AMS hernie (2010-2013) – Orgeur et al. 2016

Mieux connaitre son ennemi



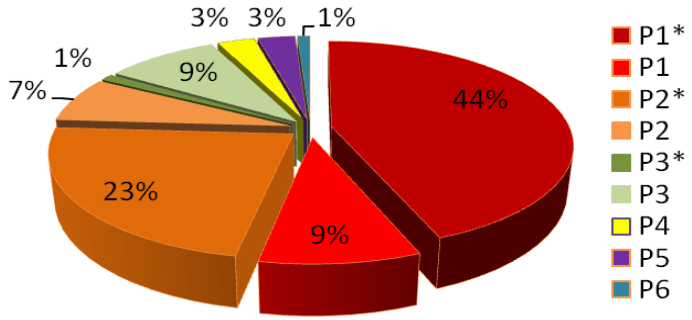
Données GEVES

GEVES
Expertise & Performance

Terres Inovia
l'agronomie en mouvement

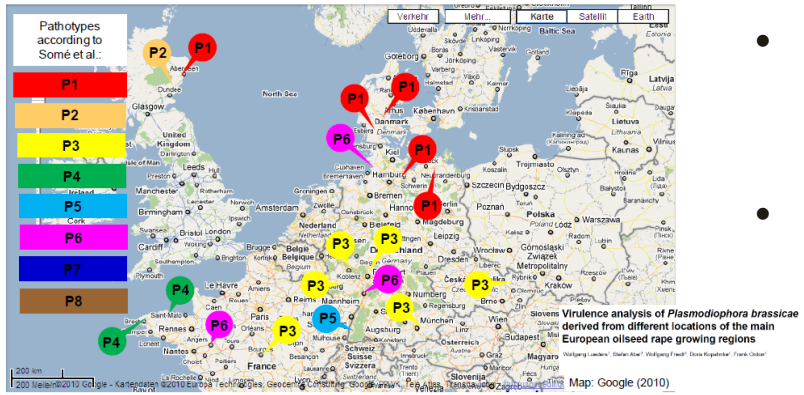
Projet AMS hernie (2010-2013) – Orgeur et al. 2016

Une diversité de pathotypes sur le territoire français



D'après Orgeur et al. 2016

- Pathotypes P1 à P6 identifiés
- **P1, P2 puis P3** représentent plus de 90% des échantillons
- P1, P2 et P3 susceptibles d'attaquer 'Mendel'
- Variabilité intra-parcellaire et inter-parcellaire
- Résultats à nuancer :certaines régions sont sous représentées ; certains échantillonnages ont été privilégiés
- D'autres études ont montré la présence de certains pathotypes dans des régions dépourvues de celles de Orgeur et al.



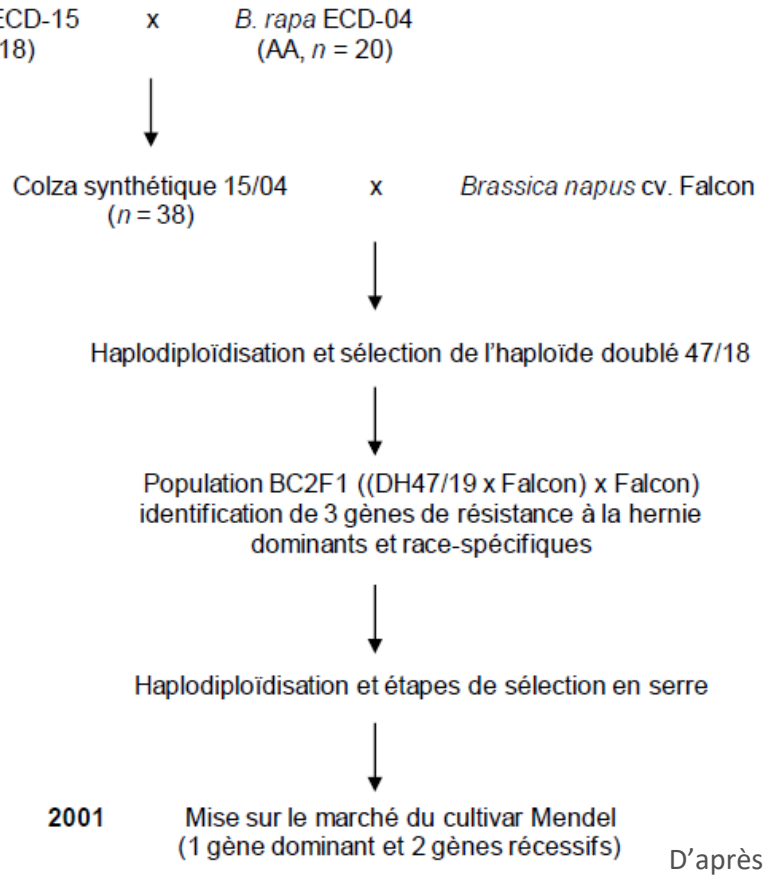
Conséquences au niveau variétal ?

Plus d'hétérogénéité entre parcelles qu'entre secteurs géographiques ➔ choix variétal à raisonner à la parcelle

Terres Inovia
l'agronomie en mouvement

Effort des sélectionneurs pour introgresser diverses sources de résistance dans le colza

‘Mendel’



D’après Diederichsen et al. 2009

Travaux en cours, exemple :

Le GIE colza, avec l’INRAE, et le soutien de la filière colza, travaille à explorer la diversité des progéniteurs du colza pour identifier de nouvelles sources de résistance adaptées aux conditions françaises.

→ **Variété résistante** aux pathotypes de Somé et al., **mais contournement de la résistance confirmée** en 2010-2012

→ Nécessité de **varier les sources de résistance** pour éviter les contournements

Terres Inovia
l’agronomie en mouvement

Vers de nouvelles inscriptions : valoriser le progrès génétique

* : contourne la résistance 'Mendel'

- **De plus en plus d'inscriptions** ces dernières années
- Volonté de valoriser le progrès génétique
- **Label**, à la demande du semencier ; **« résistance à la hernie »** à partir de tests officiels menés en conditions contrôlées lors de l'inscription des variétés au CTPS. Tests par le GEVES depuis 2014.
- **Set minimum de pathotypes**

Et les variétés sans label, mais à bon comportement ?

Terres Inovia et ses partenaires évaluent au champ les variétés déclarées résistantes/tolérantes

Terres Inovia
l'agronomie en mouvement

De plus en plus d'inscriptions…

Résistante à au moins un pathotype

Variétés	Type variétal	Année inscription	Pays inscription	Représentant France	Sensibilité phoma	Sensibilité cylindro.	Sensibilité verse	Elongation	Richesse huile	Richesse glucosinolates
MENDEL	HR	2000	Royaume-Uni	Semences de France	TPS	-	-	faible	moyenne	faible
CRACKER	HR	2010	Royaume-Uni	Semences de France	TPS	-	TPS*	moyenne	moyenne	faible
ANDROMEDA	HR	2012	Allemagne	LG Semences	TPS	-	TPS	moyenne	faible	faible
SY ALISTER	HR	2012	Royaume-Uni	Syngenta	PS	-	TPS	moyenne	faible	moyenne
PT242	HR	2014	Danemark	Pioneer Semences	TPS	PS	TPS	-	moyenne	faible
ARCHIMEDES	HR	2015	Danemark	LG Semences	PS	PS*	TPS	forte	moyenne	moyenne
CROQUET	HR	2016	France	RAGT Semences	TPS	S	TPS	moyenne	élevée	moyenne
DK PLATINIUM	HR	2016	Pologne	Dekalb	TPS	-	TPS	-	faible	élevée
SY ALIBABA	HR	2016	France	Syngenta	PS	AS	TPS	moyenne	moyenne	moyenne
ALASCO	HR	2017	Pologne	LG Semences	PS	PS	TPS	forte	moyenne	moyenne
DK PLATON	HR	2017	France	Dekalb	-	-	-	-	-	-
DK PLINY	HR	2017	Royaume-Uni	Dekalb	TPS	PS*	-	forte	faible	élevée
CROCODILE	HR	2018	France	D.S.V.	-	-	-	-	-	-
DK PLASTER	HR	2018	France	Dekalb	-	-	-	-	-	-
DK PLEASURE	HR	2018	France	Dekalb	-	-	-	-	-	-
PT284	HR	2018	Royaume-Uni	Pioneer Semences	-	-	-	-	-	-
SY ALIANA	HR	2018	France	Syngenta	-	-	-	-	-	-
DK PLEDGE	HR	2019	France	Dekalb	TPS	PS*	PS/TPS*	forte	faible	moyenne
LG ACOUSTIC	HR	2019	France	LG Semences	-	-	-	-	-	-
RGT KOCAZZ	HR	2019	Danemark	RAGT Semences	PS	AS	-	moyenne/forte*	élevée	moyenne
CROSSFIT	HR	2020	France	D.S.V.	TPS	AS	-	moyenne	élevée	élevée
DK PLACID	HR	2020	France	Dekalb	PS	PS	-	moyenne	élevée	moyenne
DK PLASTRON	HR	2020	France	Dekalb	-	-	-	-	-	-
DK PLETOR	HR	2021	France	Dekalb	-	-	-	-	-	-
HIGUANA	HR	2021	France	KWS Momont	-	-	-	-	-	-
KOUROS	HR	2021	France	-	-	-	-	-	-	-
LG SCORPION	HR	2021	Pologne	LG Semences	PS	PS	-	forte	élevée	moyenne

Arrêt ou pas de commercialisation France (à confirmer pour les semis 2022)

Mais toutes n'ont pas le label du CTPS « Hernie »

Evaluation au champ pour confirmer le comportement

Attention, si toutes les nouvelles inscriptions sont sur le modèle MENDEL : pas d'évolution à attendre !

Les variétés résistantes font-elles moins de rendement que les variétés sensibles ?

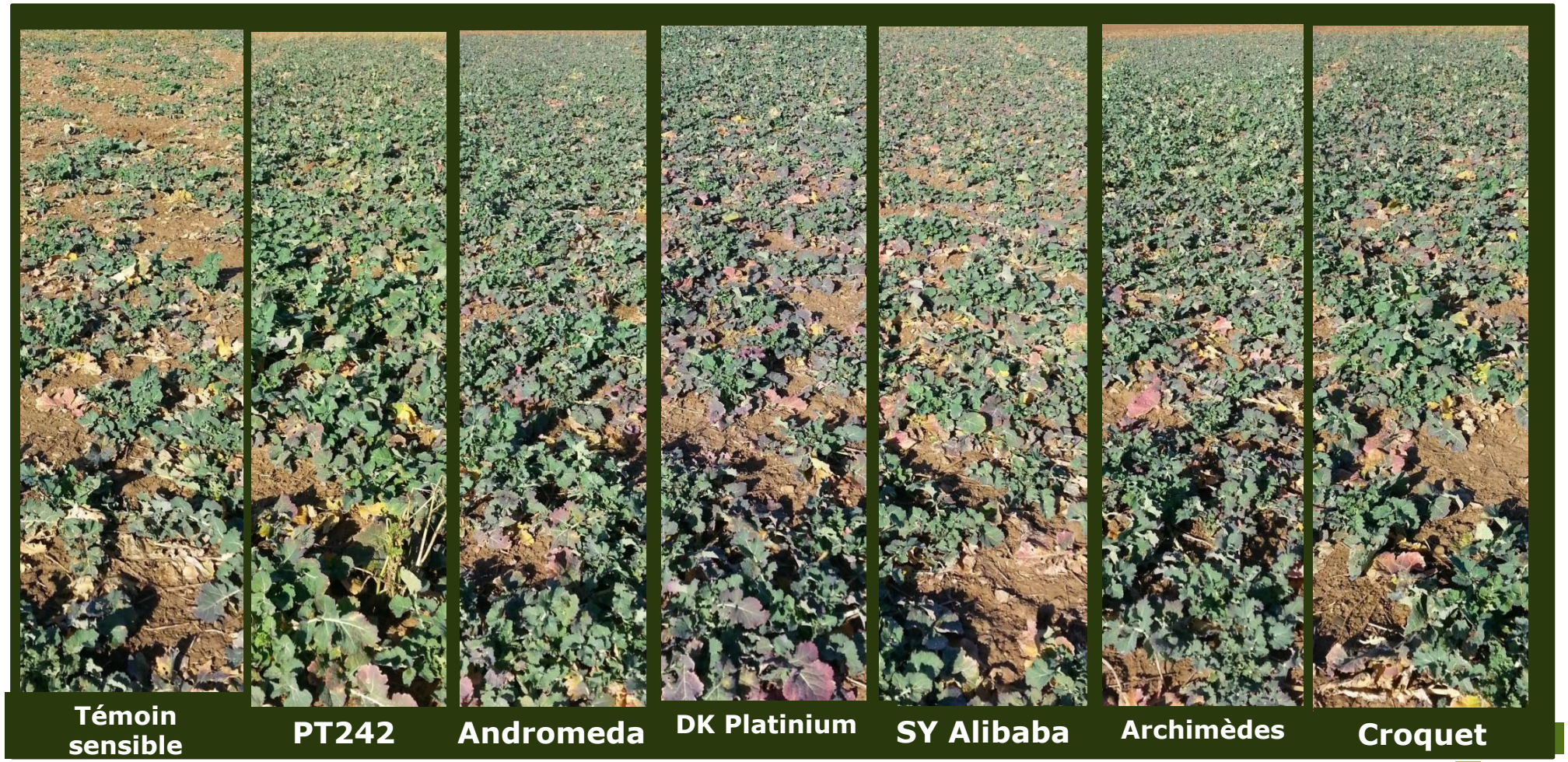
2020/2021 – VCM – en situation sans hernie

Variété	Année & pays d'inscription	Représentant	Rendement graines			Données technologiques et observations en végétation							
			Indice en % de la moyenne des essais	Ecart-type	Nombre d'essais où indice ≥100	Teneur en huile aux normes (%)	Humidité à la récolte (%)	Teneur en glucosinolates (µmol/g)	Poids de mille graines (g)	Teneur en protéines (% de la matière sèche déshuilée)	Hauteur (cm)	Date de reprise	Date de floraison
FELICIANO KWS (T)	2018 – France	KWS Maïs France	109.2	13.3	7/8	43.7	7.4	17.6	4.0	37.4	145	5-févr.	28-mars
AMPLITUDE (T)	2018 – France	LG Semences	106.3	8.6	7/8	43.2	7.0	17.1	3.8	37.2	144	14-févr.	30-mars
CS TAVANTI	2020 - Italie	Lidea	105.4	4.2	7/8	42.8	7.4	18.9	3.8	36.7	158	8-févr.	6-avr.
ES CAPELLO (T)	2018 – France	Lidea	104.7	2.8	8/8	42.8	7.1	20.3	3.9	37.3	149	13-févr.	8-avr.
ES JUVENTO	2020 - Hongrie	Lidea	103.1	5.4	6/8	43.6	7.1	18.8	3.9	37.7	137	14-févr.	1-avr.
EMILIANO KWS	2020 - Croatie	KWS Maïs France	102.9	11.6	6/8	44.7	7.4	16.7	4.1	36.9	144	9-févr.	30-mars
ARTEMIS	2019 - Pologne	LG Semences	101.2	3.8	4/8	43.8	7.1	17.9	4.4	37.4	138	12-févr.	3-avr.
ES LATINO	2020 - P et Sk	Lidea	100.6	5.2	5/8	43.7	7.1	16.6	4.2	38.6	134	14-févr.	3-avr.
TEMPTATION (T)	2017 – France	BASF	99.2	8.6	5/8	44.1	7.3	17.8	3.9	37.4	134	16-févr.	2-avr.
AURELIA	2019 - Pologne	LG Semences	98.0	8.9	4/8	42.9	7.2	15.4	4.5	37.9	126	11-févr.	2-avr.
TATIANA	2019 - Pologne	Saatbau France	92.4	7.4	3/8	43.5	7.5	19.9	4.1	37.6	131	13-févr.	28-mars
DK EXPECTATION	2020 - Autriche	Dekalb	91.7	7.3	1/8	43.9	7.4	19.0	4.0	37.1	126	10-févr.	24-mars
Hybride Restauré Résistant à certains pathotypes de hernie des crucifères													
DK PLACID	2020 - France	Dekalb	99.4	7.6	2/7	44.0	7.0	16.9	3.8	37.0	138	14-févr.	2-avr.
CROSSFIT	2020 - France	D.S.V.	99.2	7.7	2/7	44.5	7.0	19.5	3.7	37.6	132	11-févr.	25-mars
RGT KOCAZZ	2019 - Danemark	RAGT Semences	97.3	5.6	2/7	44.0	7.2	18.1	4.2	37.3	130	13-févr.	29-mars
LG SCORPION	2021 Pologne	LG Semences	94.4	5.1	1/7	43.4	7.5	16.9	4.1	37.9	136	6-févr.	24-mars
ALASCO (T)	2017 - Pologne	LG Semences	86.2	6.2	0/7	42.9	7.4	17.5	4.2	38.1	138	14-févr.	1-avr.
Effectif			**8**			**7**	**8**	**6**	**7**	**7**	**5**	**4**	**6**
Moyenne			**41.6 q/ha**			**43.6**	**7.2**	**17.8**	**4.0**	**37.5**	**138**	**12-févr.**	**31-mars**

- Différence plus importante avec les anciennes variétés ➔ mélange R/S
- Aujourd'hui en tendance, indice de rendement légèrement inférieur pour les variétés récentes, intérêt plus nuancé de faire un mélange ➔ si mélange, **risque de multiplier l'inoculum** dans le sol.

Terres Inovia
l'agronomie en mouvement

Résultat essai 2017 – parcelle avec hernie



Essai Chambre d'agriculture de la Vienne en partenariat avec Terres Inovia – photos du 06/02/2017

Résultats essai 2017 – parcelle avec hernie

Indice maladie de 0 à 100:
<25 : variété résistante
>25 : variété sensible

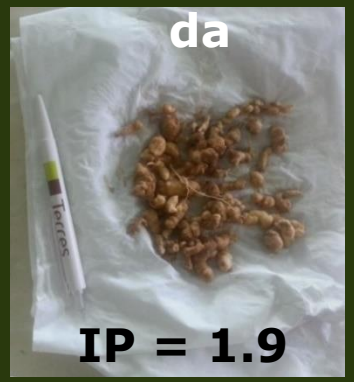
DK Extorm
Témoin sensible

Indice pathologique moyenne *(4 blocs)*
DK EXSTORM= 45.0
Témoin sensible

PT242

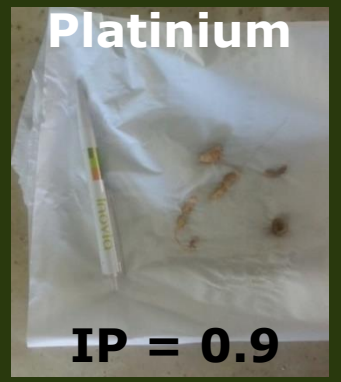
IP = 1.6

Andromeda



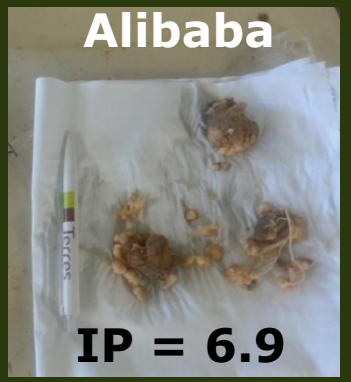
IP = 1.9

DK Platinium



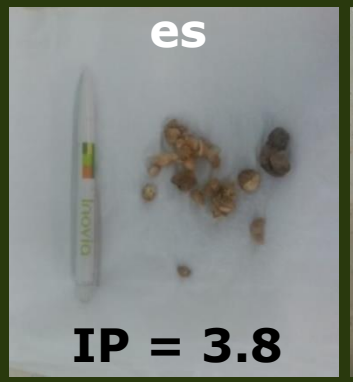
IP = 0.9

SY Alibaba



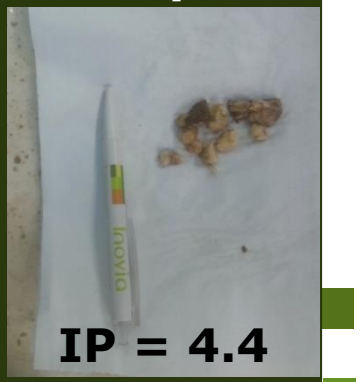
IP = 6.9

Archimèdes



IP = 3.8

Croquet



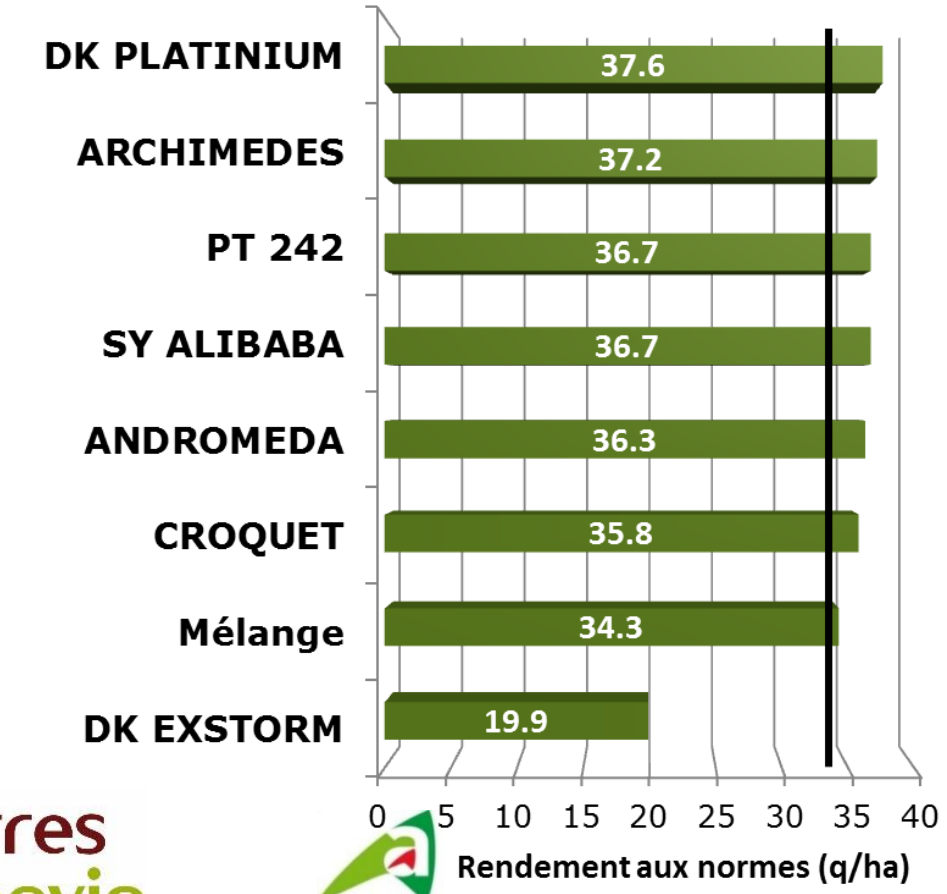
IP = 4.4

Essai Chambre d'agriculture de la Vienne en partenariat avec Terres Inovia – photos du 06/02/2017

Résultats essai 2017 – parcelle avec hernie

SCEA DE CANTILLOUX, Brion (86), CETA de la Clouère

Moyenne : 34,3 q/ha
E.T : 3,7 - C.V : 10,8 %



Indice pathologique (IP)
0.9
3.8
6.9
1.6
1.9
4.4
15.9
45

Impact de la hernie

- Sur le rendement
- Teneur en huile et protéine

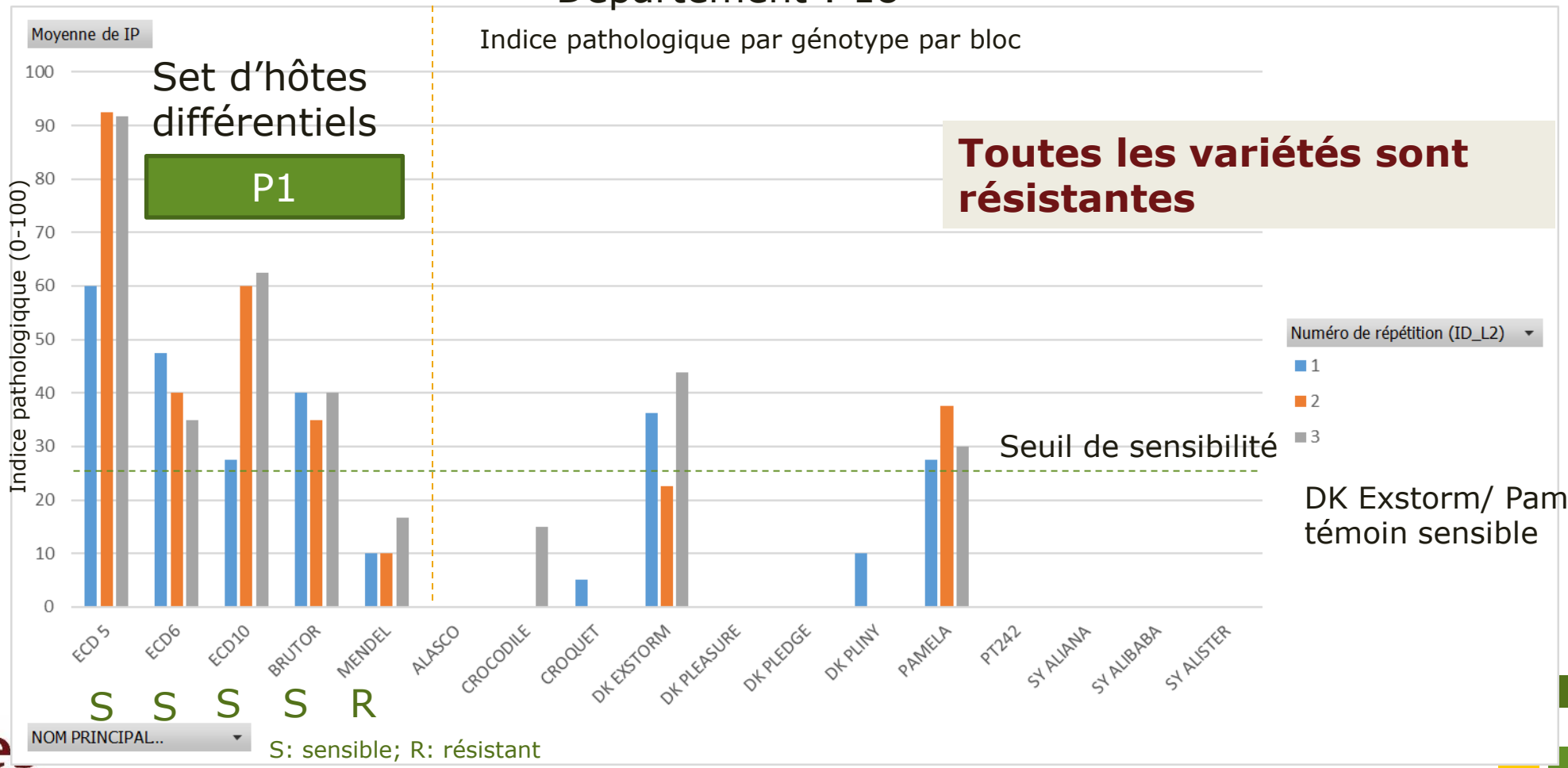
Terres Inovia
l'agronomie en mouvement

AGRICULTURES & TERRITOIRES
CHAMBRE D'AGRICULTURE VIENNE

Chambre d'Agriculture de la Vienne, DAUTEUIL Boris, GOURDON Jean-Yves, GRIMAUD Serge et PUGEAUX Fanny en partenariat avec Terres Inovia

Résultats essai 2019/2020 au champ

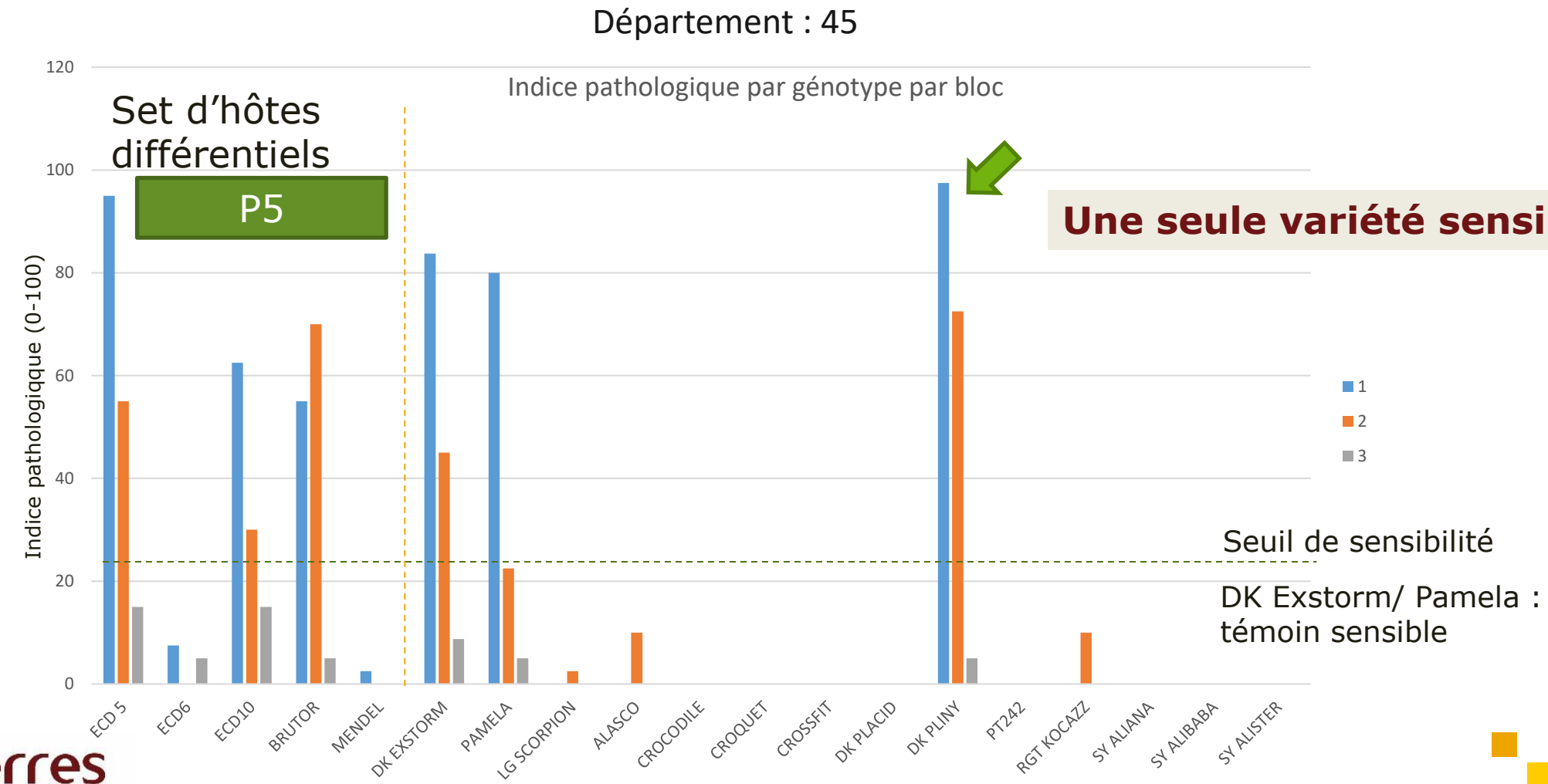
Département : 18



S: sensible; R: résistant

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
MINISTERE DE L'AGRICULTURE, DE L'ALIMENTATION, DE LA PECHE, DE LA RURALITE ET DE L'AMENAGEMENT DU TERRITOIRE
avec la contribution financière du compte d'affectation spéciale «Développement agricole et rural»

Résultats essai 2020/2021 au champ



Une seule variété sensible

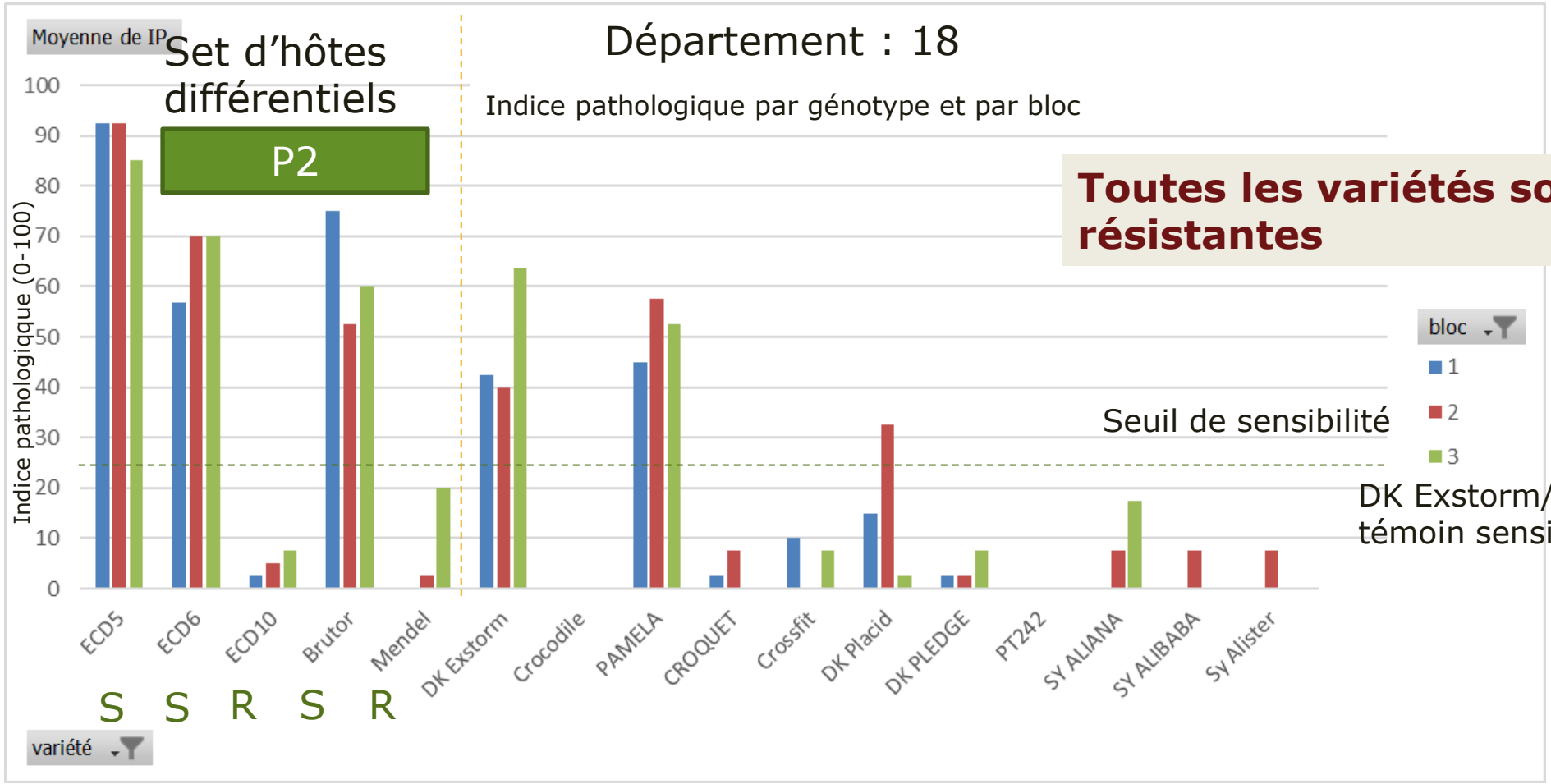
Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
MINISTERE DE L'AGRICULTURE, DE L'ALIMENTATION, DE LA PECHE, DE LA RURALITE ET DE L'AMENAGEMENT DU TERRITOIRE
avec la contribution financière du compte d'affectation spéciale «Développement agricole et rural»

Terres Inovia
l'agronomie en mouvement

S R S S R

Projet CASDAR Optiplasm (en cours)

Résultats essai 2021/2022 au champ



Toutes les variétés sont résistantes

DK Exstorm/ Pamela : témoin sensible

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
MINISTERE DE L'AGRICULTURE, DE L'ALIMENTATION, DE LA PECHE, DE LA RURALITE ET DE L'AMENAGEMENT DU TERRITOIRE
avec la contribution financière du compte d'affectation spéciale «Développement agricole et rural»

Terres Inovia
l'agronomie en mouvement

Résultats essai 2021/2022 au champ

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

MINISTERE
DE L'AGRICULTURE, DE
L'ALIMENTATION,
DE LA PECHE,
DE LA RURALITE
ET DE L'AMENAGEMENT DU
TERRITOIRE
avec la contribution financière du compte d'affectation spéciale «Développement agricole et rural»

Terres Inovia
l'agronomie en mouvement

Projet CASDAR Optiplasm (en cours)

Des sources de résistance peu diversifiées ?

Comportement de variétés dites résistantes en fonction des pathotypes (conditions contrôlées et/ou champ)

	P1	P1*	P2*	P3	P5	P2
MENDEL	R	S	S	R	R	R
CRACKER	R	-	-	-	-	-
SY ALISTER	R	S	S	-	R	R
ANDROMEDA	-	-	-	-	-	-
PT242	R	-	-	-	R	R
ARCHIMEDES	-	-	-	-	-	-
SY ALIBABA	R	S	S	R	R	R
DK PLATINIUM	-	-	-	-	-	-
CROQUET	R	S	S	R	R	R
DK PLINY	R	-	-	-	S	-
ALASCO	R	-	-	-	R	-
DK PLEDGE	R	S	S	R	-	R
LG ACOUSTIC	R	S	S	S	-	-
CROSSFIT	R	S	S	R	R	R
DK PLATON	R	S	S	-	-	-
DK PLASTER	R	S	S	R	-	-
DK PLEASURE	R	S	S	S	-	-
CROCODILE	R	S	S	R	R	R
SY ALIANA	R	S	S	S	R	R
DK PLACID	R	S	S	R	R	R
RGT KOCAZZ	-	-	-	-	R	-
DK PLASTRON	R	S	S	R	-	-
LG SCORPION	-	-	-	-	R	-
HIGUANA	R	S	S	R	-	-
KOUROS	R	S	S	R	-	-
DK PLETOR	R	S	S	R	-	-

- Peu de différences entre variétés
- Même source de résistance ?
- Mais des gènes de résistance différents peuvent aboutir au même résultat
- Quid pour les autres pathotypes ?

S: sensible
R: résistante

En cas de hernie :

Utiliser une **variété à bon comportement**
En présence de P1*, pathotype considéré comme le plus agressif, aucune variété n'est suffisamment résistante.

Terres Inovia
l'agronomie en mouvement

Vers une meilleure valorisation des variétés

Projet CASDAR optiplasm (Coord, GEVES; Terres Inovia; INRAE), 2019-2022

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

MINISTERE
DE L'AGRICULTURE, DE
L'ALIMENTATION,
DE LA PECHE,
DE LA RURALITE
ET DE L'AMENAGEMENT DU
TERRITOIRE
avec la contribution financière du compte d'affectation spéciale «Développement agricole et rural»

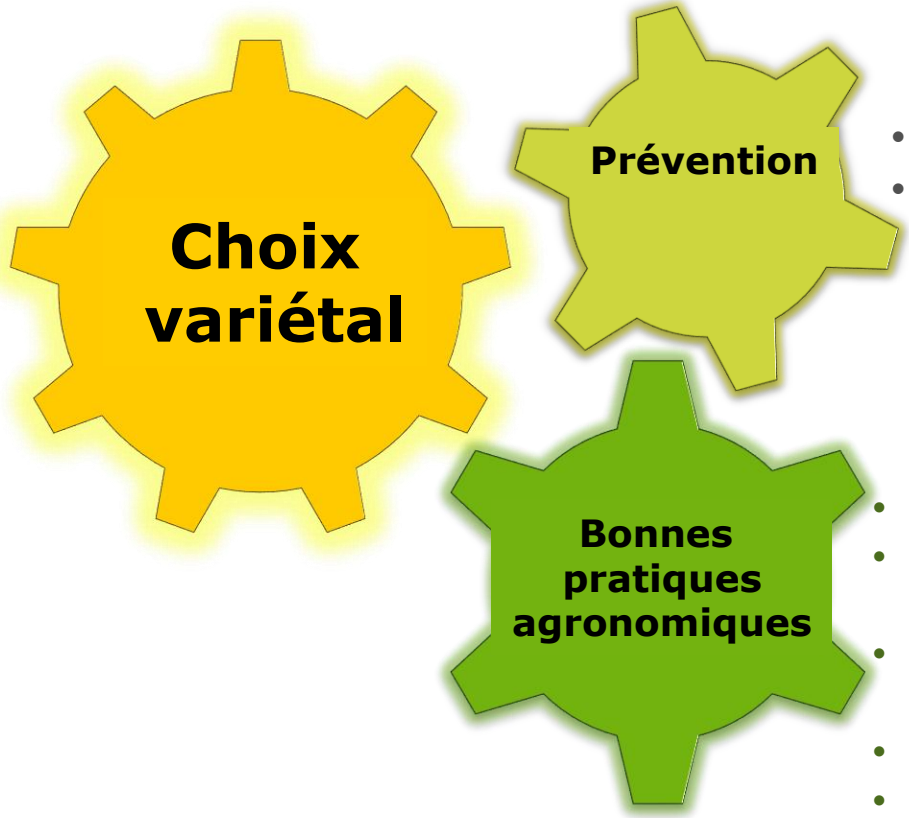
Optimisation du test officiel

- Développement d'isolats monospores génétiquement homogènes et stables dans le temps
- Evaluer la représentativité du test en conditions contrôlées par rapport au terrain
- Investir la capacité du test en CC à valoriser la résistance partielle

Terres Inovia
l'agronomie en mouvement

https://www.geves.fr/actualites/optiplasm-avancement-du-programme-casdar-sur-la-hernie-du-colza/
https://www.terresinovia.fr/web/institutionnel/-/optiplasm

Que retenir pour lutter contre la hernie ?



- **Variété résistante : 1er levier à actionner**

Garder un œil :

En présence d'une variété à bon comportement, vérifier si contournement ou non, en particulier si rotation courte

Garder un œil, si :

Sol acide, hydromorphe et dans une région avec présence de hernie

- **Dépistage si doute**
- **Eviter tout ce qui est contaminé**

- **Allongement des rotations**
- **Eviter les intercultures à base de crucifères**
- **Destruction des repousses, adventices**
- **Chaulage**
- **Favoriser le drainage**

Terres Inovia
l'agronomie en mouvement

Synthèse des ressources évoquées

- Enquête hernie des crucifères : https://www.terresinovia.fr/-/enquete-hernie-des-cruciferes
- Publications :
  - *Orgeur et al.* 2016. Caractérisation des pathotypes de Hernie des Crucifères en France et mise au point d'un test pour l'évaluation de la résistance des variétés de colza. Innovations Agronomiques 50, 145-155 http://doi.org/10.15454/1.472115898467224E12
- https://www.myvar.fr/
- Projet Optiplasm en cours :
  - https://www.geves.fr/actualites/optiplasm-avancement-du-programme-casdar-sur-la-hernie-du-colza/
  - https://www.terresinovia.fr/web/institutionnel/-/optiplasm

En vous remerciant pour votre attention!
N'hésitez pas à poser vos questions

Terres Inovia
l'agronomie en mouvement