



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Département fédéral de l'économie,
de la formation et de la recherche DEFR
Agroscope

Evaluation de nouvelles méthodes d'amélioration des plantes du point de vue de la recherche et de la sélection

**Michael Winzeler, Susanne Brunner, Andrea
Patocchi**

8 septembre 2017



Importance de l'amélioration des plantes

S. Noleppa et al. 2016

The economic, social and environmental value of plant breeding in the European Union, HFFA Research Paper 03/2016

UE 2000 – 2015, grandes cultures

- 75% de l'augmentation de la productivité grâce à la sélection
- 1,24% d'augmentation du rendement annuel grâce à la sélection
- Aliments supplémentaires pour 100 – 200 millions de personnes
- 14 milliards de PNB en plus
- Suppression de 3,4 milliards de tonnes d'émissions de CO₂





Agroscope Recherche et développement

- Amélioration classique des plantes
 - 25 espèces
 - Private-Public Partnership (PPP)
- Etude de l'utilité et des risques écologiques des plantes génétiquement modifiées (PGM)
 - Systèmes fermés
 - Terrain (Protected Site)
- Concepts d'évaluation écologique des risques en vue de la commercialisation de PGM, mesures de coexistence et concepts de monitoring pour la culture de PGM (2000 – 2010)



Méthodes d'amélioration des plantes

- Sélection massale
- Sélection par croisement
- Croisements élargis, croisements ponts, embryo rescue
- Sélection par mutation
- Sélection de la vigueur hybride
- Sélection par polyploïdisation
- Hybridation somatique
- Etc.

Techniques d'assistance:

- Dihaploïdes
- Sélection assistée par marqueurs
- Sélection génomique
- Etc.



Sommaire

1. Enjeux de l'amélioration des plantes
2. Recherche sur les plantes transgéniques
 - Exemple de l'accélération de la floraison des pommiers
3. Recherche sur les plantes cisgéniques
 - Exemple des pommes de terre et des pommes
4. Qu'est-ce que l'édition génomique?
 - Exemple de CRISPR/Cas9
5. Conclusions du point de vue du chercheur et du sélectionneur



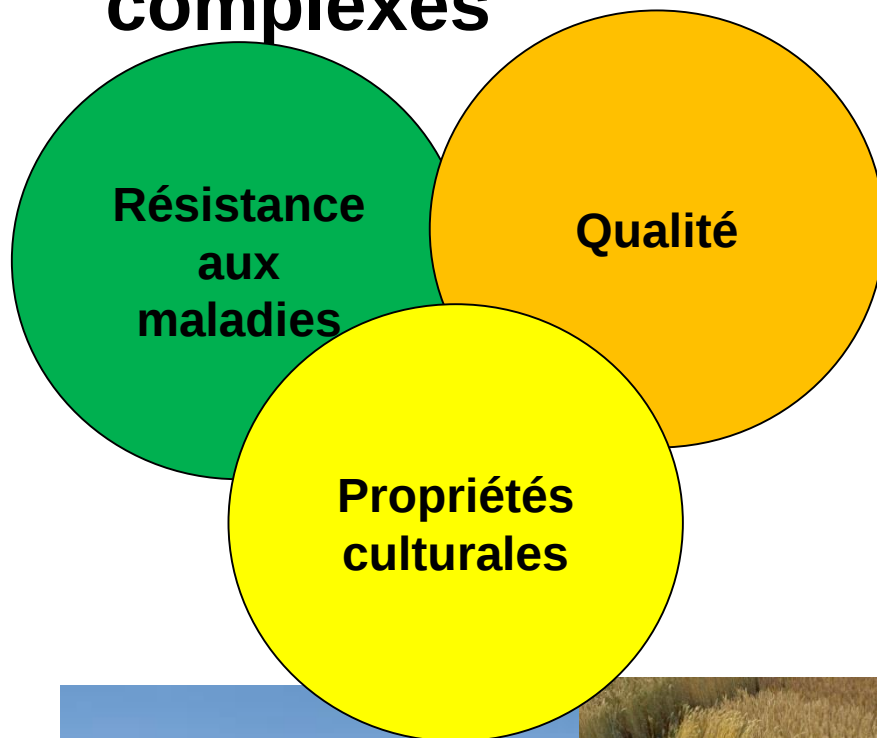
Programmes de sélection d'Agroscope

- Blé
- Soja
- Plantes fourragères (espèces de trèfles et de graminées)
- Pommes
- Abricots
- Vigne
- Plantes aromatiques et médicinales





Objectifs de sélection complexes



Enjeu numéro 1: Objectifs de sélection complexes, basses fréquences

Exemple

Autogame, combinaison de 8 propriétés, 1 gène/propriété, les gènes ne sont pas liés

Parent 1 X Parent 2

Génotype idéal

AA
BB
CC
DD
ee
ff
gg
hh

aa
bb
cc
dd
EE
FF
GG
HH

F1: 256
gamètes

F2: 65'536
génotypes

AA
BB
CC
DD
EE
FF
GG
HH

1/65'536
0.0015%

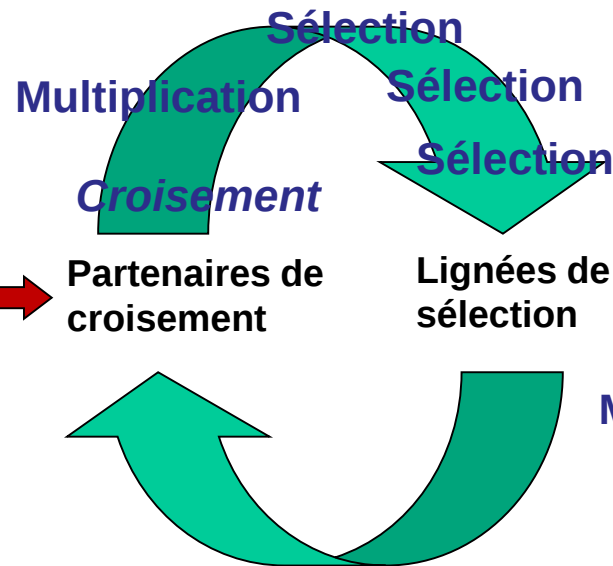


Sélection par croisement: continuité, taille critique

**Ressources
génétiques**



**Programme de
sélection**



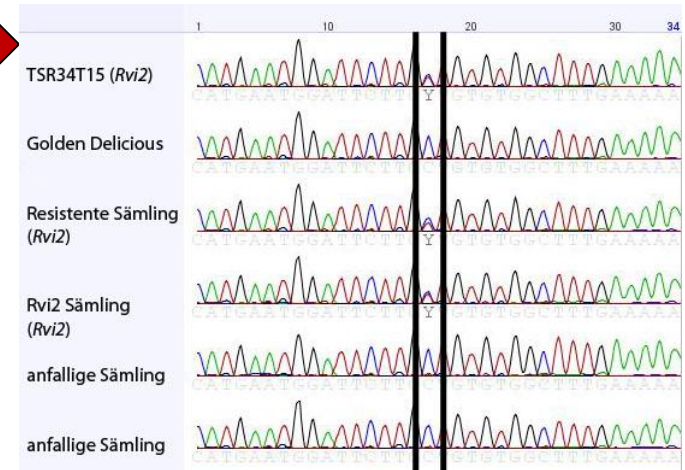
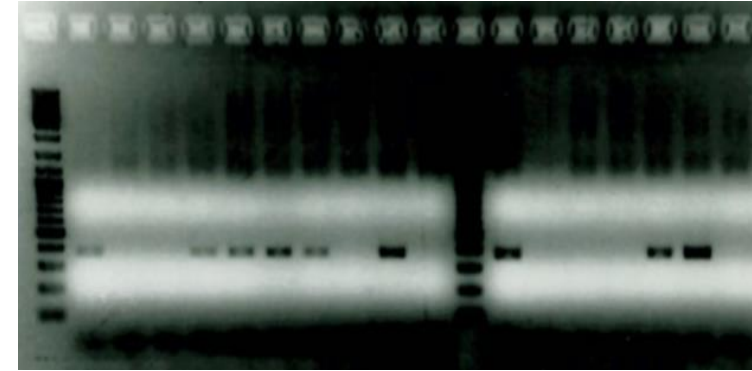
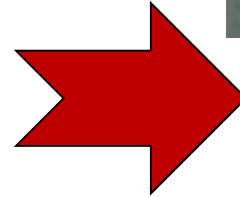
**Test de
performance
Examen variétal**

→ → Variétés

Maintien de la pureté
Production de
semences

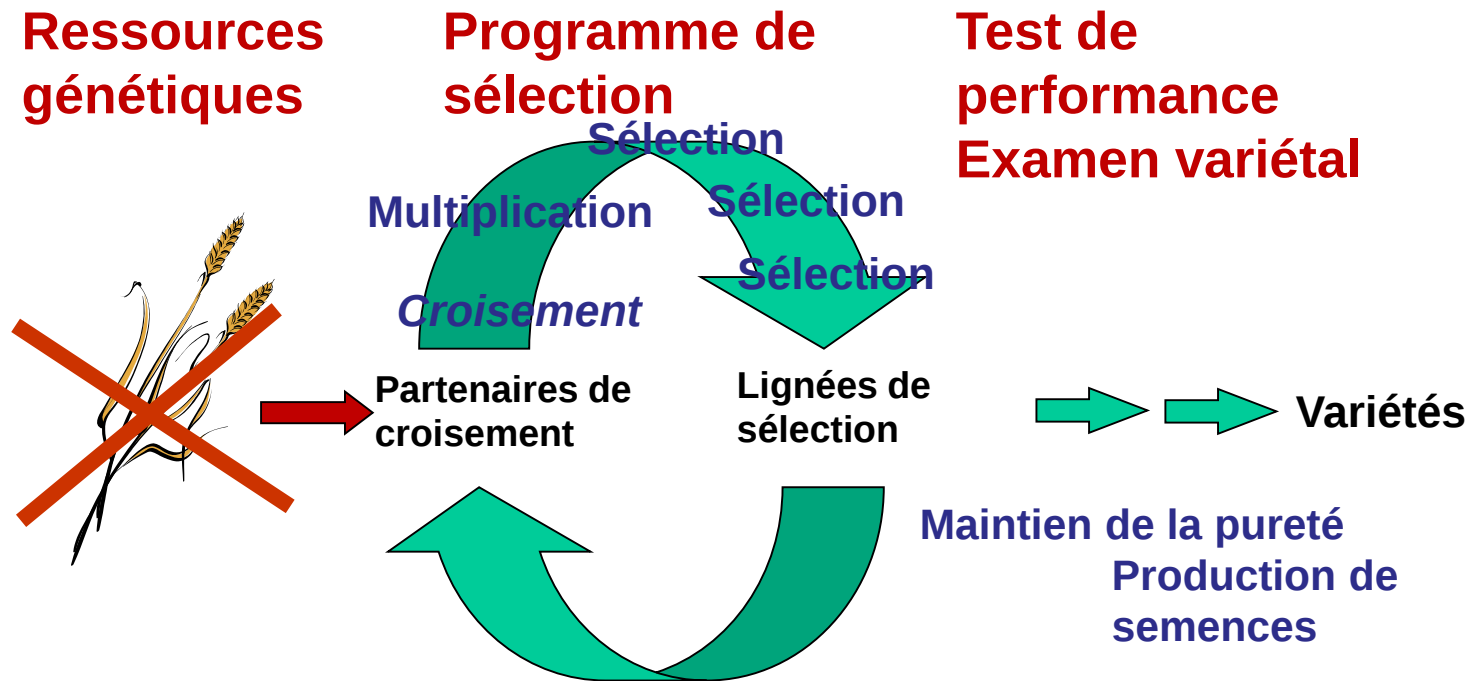


Enjeu numéro 2: sélection efficace



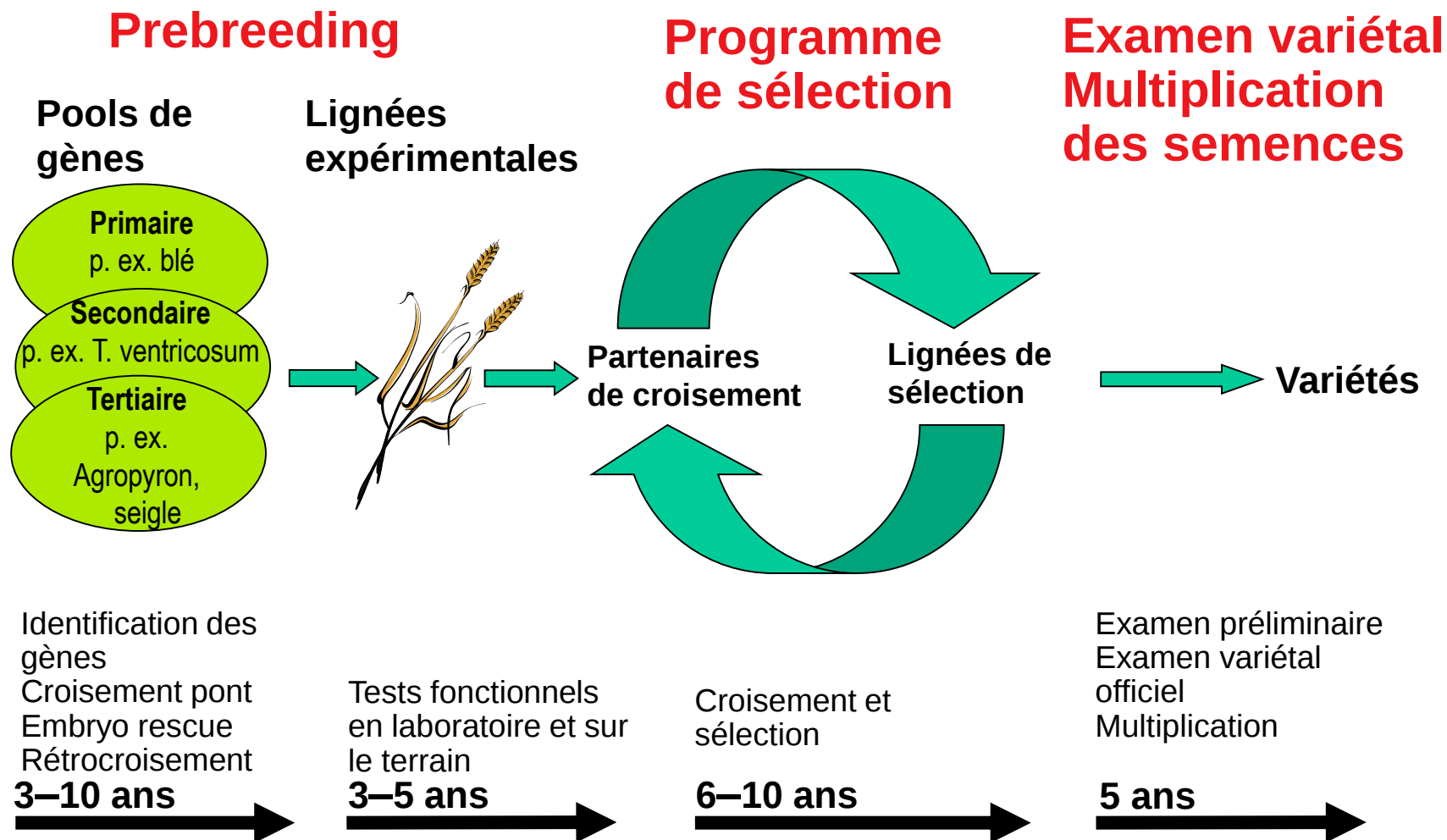


Enjeu numéro 3: Aucune ressource génétique



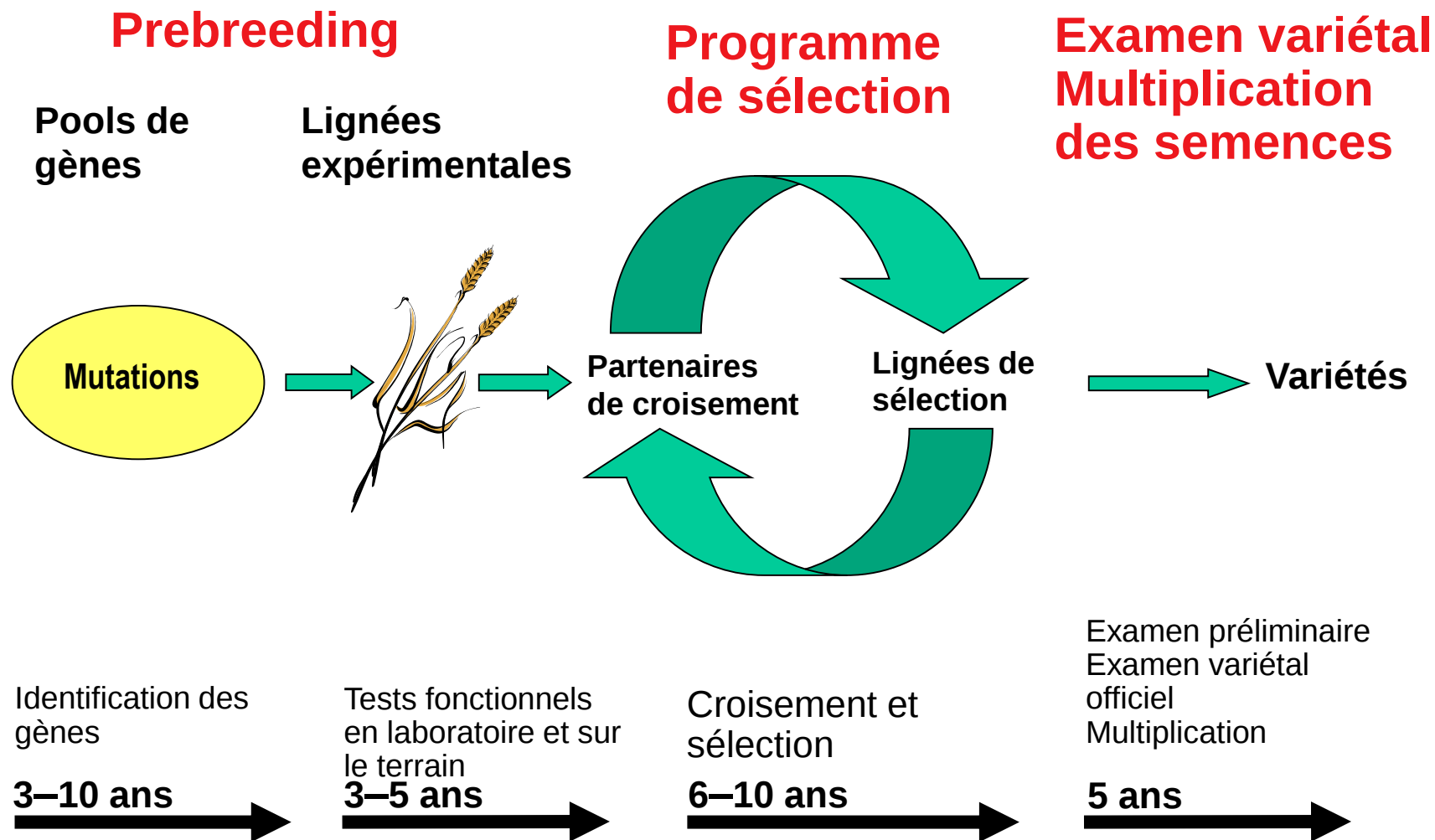


Croisements élargis, mutations





Croisements élargis, mutations





Exemples

Sélection assistée par marqueurs:

- Résistance à la tavelure pour les pommes
- Résistance à la rouille brune pour le blé

Croisements élargis:

- *Lr9* *Aegilops umbellulata*
- *Lr19* *Agropyron elongatum*
- *Lr26, Pm8* *Secale cereale* (seigle)

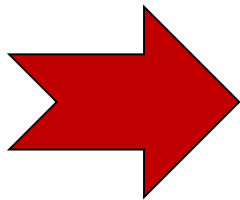
Sélection par mutations:

- Résistance mlo à l'oïdium de l'orge
- >2300 variétés dans le monde, p. ex. pamplemousse rose
- Utilisation seulement ponctuelle dans les programmes de sélection CH



Enjeux de l'amélioration des plantes

- Objectifs de sélection complexes: de nombreuses propriétés doivent être combinées
 - Ampleur du programme de sélection, continuité
- Efficacité de la sélection
 - Sélection assistée par marqueurs
- Variabilité des ressources génétiques pour les objectifs de sélection
 - Prebreeding, coopérations



Longue durée du processus de sélection



Sommaire

1. Enjeux de l'amélioration des plantes
2. Recherche sur les plantes transgéniques
 - Exemple de l'accélération de la floraison des pommiers
3. Recherche sur les plantes cisgéniques
 - Exemple des pommes de terre et des pommes
4. Qu'est-ce que l'édition génomique?
 - Exemple de CRISPR/Cas9
5. Conclusions du point de vue du chercheur et du sélectionneur

Sélection des pommiers: accélération de la floraison

Longue phase juvénile – long processus de sélection

Sélection classique



4-5 ans, jusqu'à ce que les premières fleurs et les premiers fruits se forment



Sélection des pommiers: accélération de la floraison

Approche transgénique: réduction de la phase juvénile à quelques mois par l'introduction d'un gène du bouleau (*BpMADS4*), qui régule l'induction de la floraison

Institut Julius Kühn,
Dresde, Allemagne



Betula pendula

BpMADS4
→

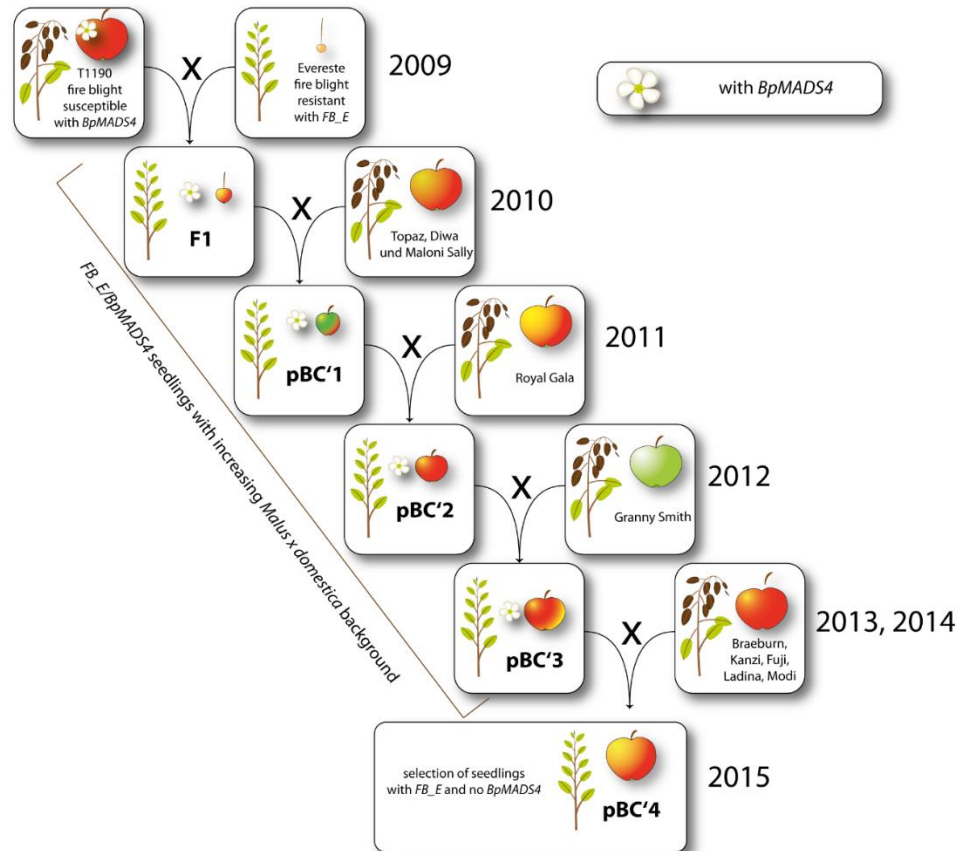
Les plantules transgéniques avec *BpMADS4* commencent à fleurir quelques semaines après le semis



Pinova_T1190 (plante de 4 mois; H. Flachowsky, JKI, Dresde)

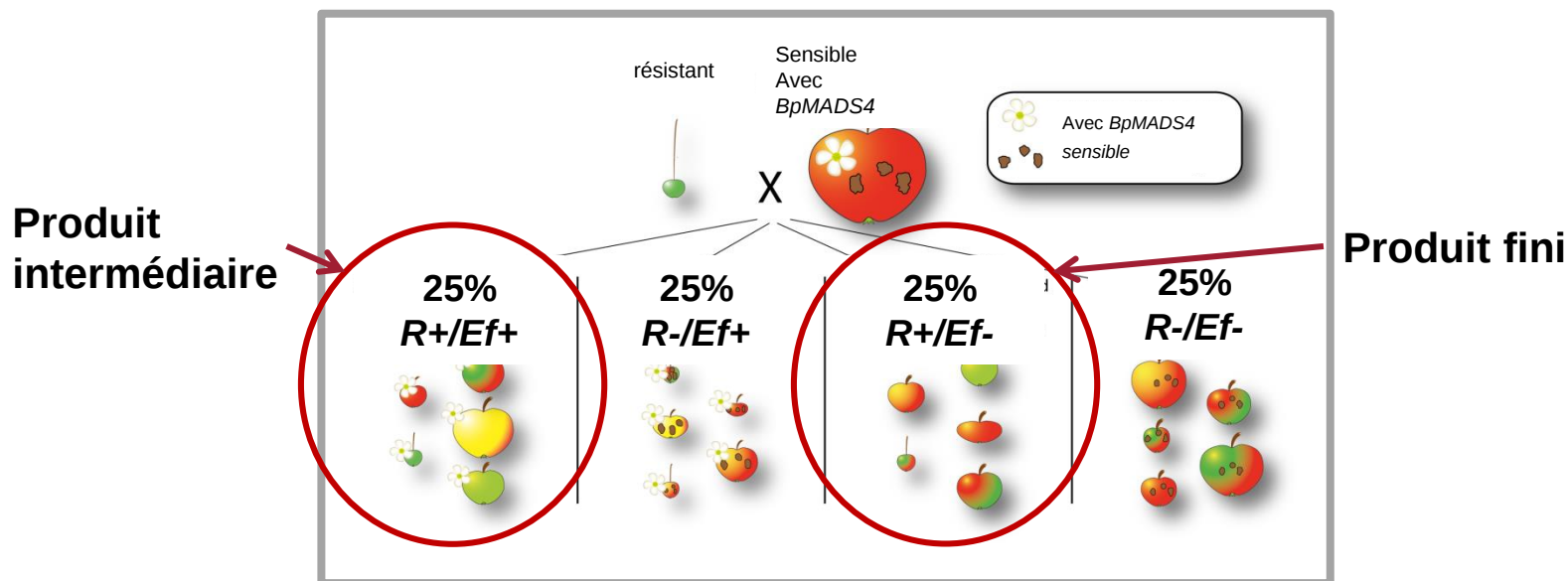
Sélection des pommiers: accélération de la floraison

Test en système fermé:
Introgression de la
résistance au feu bactérien
issue d'un pommier
sauvage:
5 rétrocroisements en 6
ans
(production classique: 20-25
ans)



Sélection des pommiers: accélération de la floraison

- Le gène de floraison précoce (early flowering Ef) et les gènes de résistance sont sur différents chromosomes:
 - Transmission indépendante
 - 4 groupes de descendants après chaque croisement





Sommaire

1. Enjeux de l'amélioration des plantes
2. Recherche sur les plantes transgéniques
 - Exemple de l'accélération de la floraison des pommiers
3. Recherche sur les plantes cisgéniques
 - Exemple des pommes de terre et des pommes
4. Qu'est-ce que l'édition génomique?
 - Exemple de CRISPR/Cas9
5. Conclusions du point de vue du chercheur et du sélectionneur



Protected Site: projets en cours



Pommiers cispéniques
Résistance au feu bactérien
(EPF de Zurich)



Pommes de terre cispéniques
Résistance au mildiou
(Phytophthora)
(Université de Wageningen, NL)



Mandat d'Agroscope: Protected Site

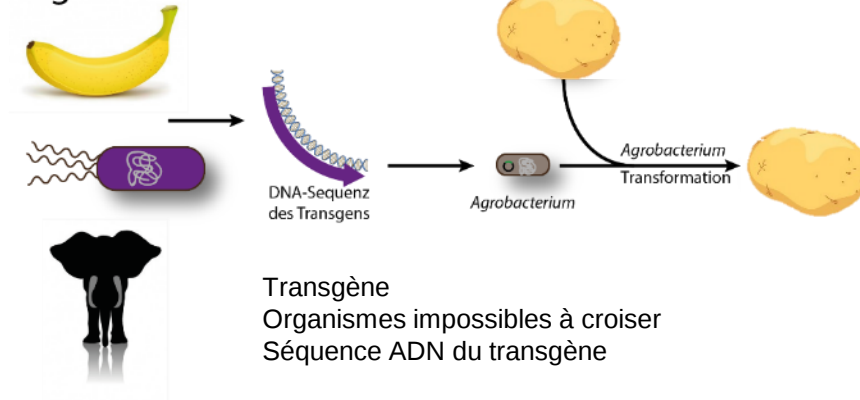




Modification génétique

Transgen

nicht kreuzbare
Organismen

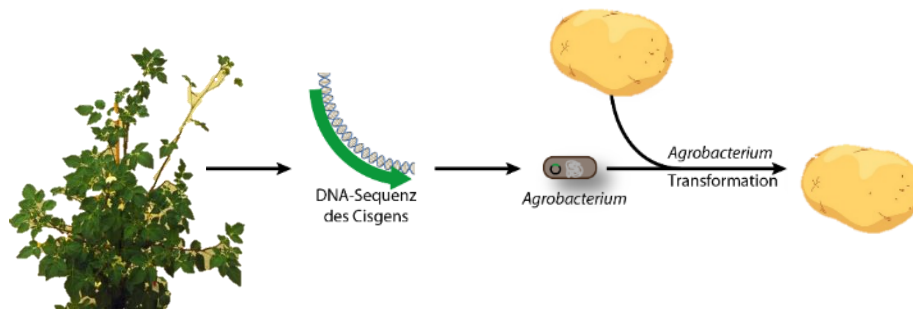


p. ex.

- Résistance aux herbicides
- Résistance aux insectes

Cisgen

kreuzbare
Organismen



p. ex.

- Résistance aux maladies

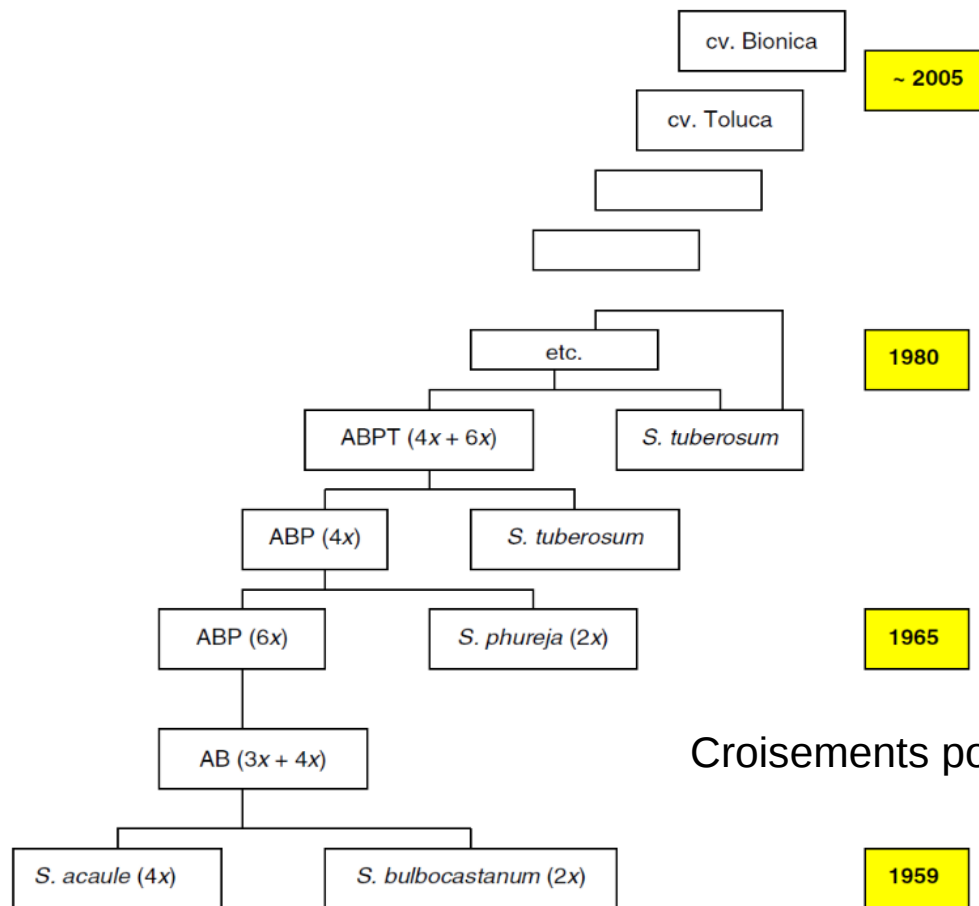


Introgression de résistances par la sélection classique

258

Haverkort et al.

Potato Research (2009) 52:249–264



Introgression de résistances issues de pommes de terre sauvages

S. bulbocastanum

→ 46 ans jusqu'aux nouvelles variétés

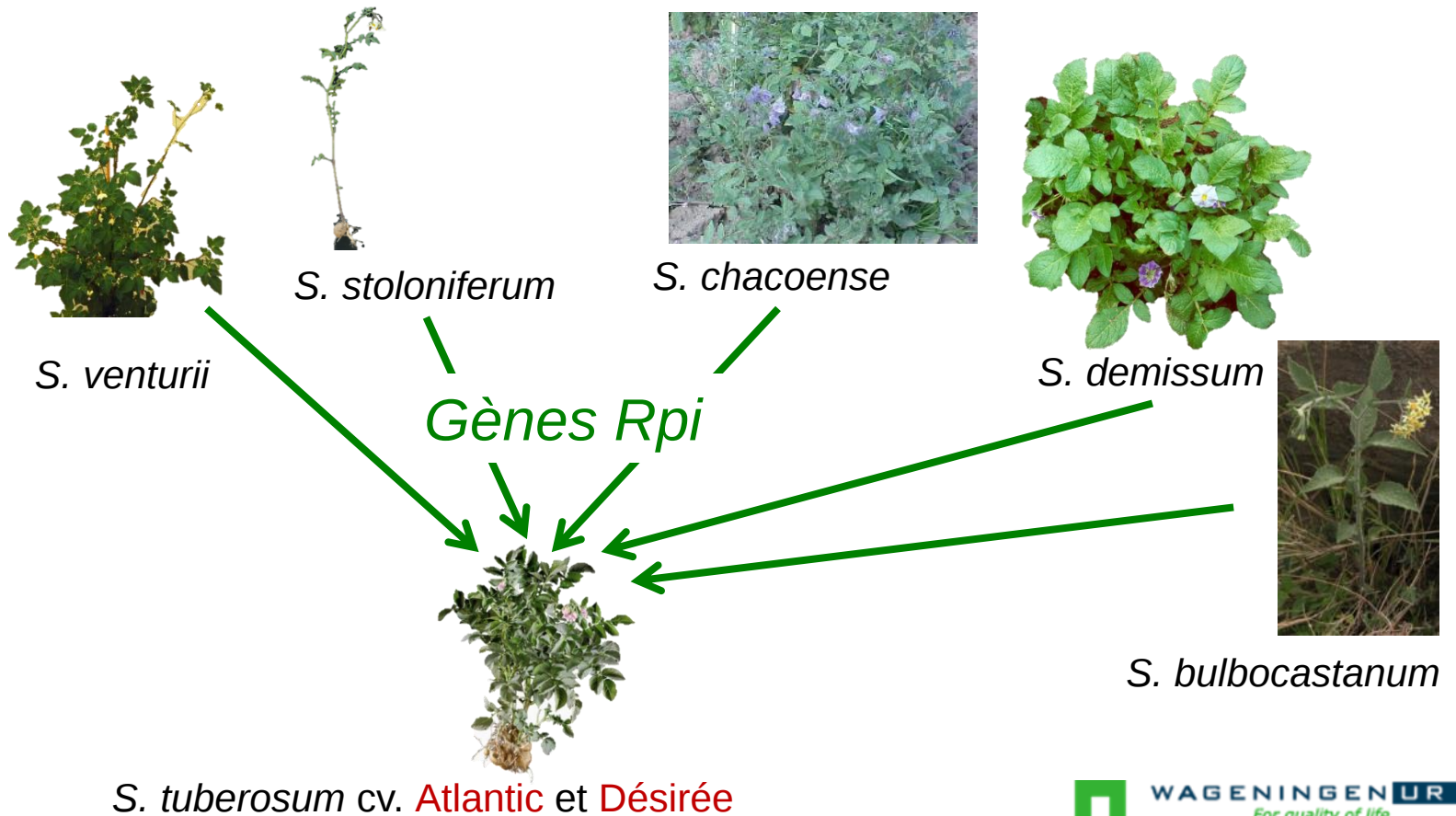
→ *Encore plus compliqué avec plusieurs résistances*

→ 'Linkage drag'

→ *Nouvelle variété*



Lignées de pommes de terre cispécifiques





Essais de terrain 2016



Gloria

Atlantic

H43-4k

Eersteling



Sommaire

1. Enjeux de l'amélioration des plantes
2. Recherche sur les plantes transgéniques
 - Exemple de l'accélération de la floraison des pommiers
3. Recherche sur les plantes cisgéniques
 - Exemple des pommes de terre et des pommes
4. Qu'est-ce que l'édition génomique?
 - Exemple de CRISPR/Cas9
5. Conclusions du point de vue du chercheur et du sélectionneur



4. Qu'est-ce que l'édition génomique?

- Modification ciblée de l'information génétique
- Différentes techniques

➤ Exemple de CRISPR/Cas9

CRISPR

Clustered **R**egularly **I**nterspaced **S**hort **P**alindromic
Repeats

Cas9

Crispr-**A**ssociated



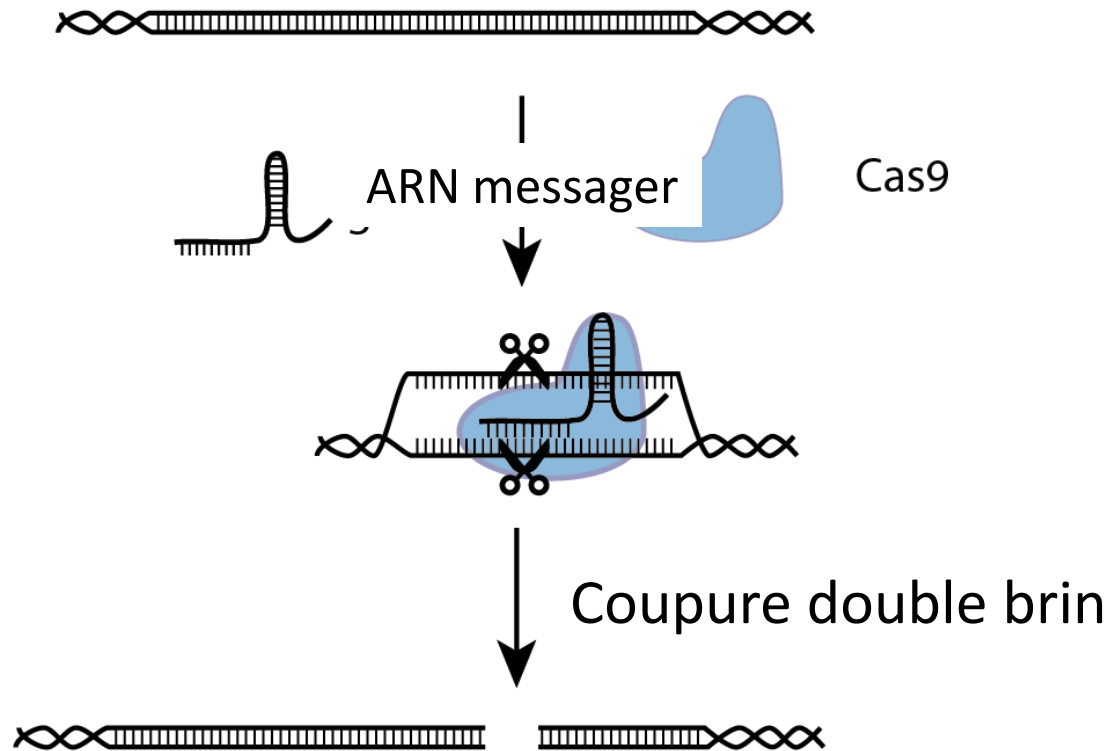
4. Qu'est-ce que l'édition génomique?

Exemple de CRISPR/Cas9

CRISPR	ARN	trouve l'objectif
Cas9 génétique	protéine	sépare le patrimoine



CRSIPR/Cas9





CRSIPR/Cas9

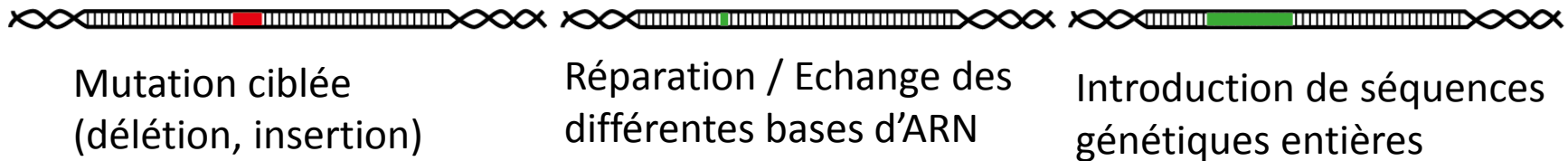
Mécanismes de réparation de l'ARN

Recombinaison
non homologue

Modèle ARN avec certaines
différences de bases

Modèle ARN (Gènes entiers
ou segments de gènes)

Recombinaison
homologue





4. Qu'est-ce que l'édition génomique?

Applications:

- Application expérimentale jusqu'à ce jour
- Espèces végétales:
 - p. ex. blé, maïs, soja, colza, tomate, riz
- Critères
 - P. ex. résistance aux maladies, caractéristiques de qualité, stérilité mâle



4. Qu'est-ce que l'édition génomique?

Comparaison des méthodes

Méthode	Gène étranger à l'espèce	Introduction fortuite du gène, potentiel pour effets fortuits
transgénique	Oui	Oui
cisgénique	Non	Oui
EG avec rec. homologue	Oui/Non	Non
EG avec rec. non homologue	Non	Non
<i>Sélection par mutation</i>	<i>Non</i>	<i>Oui</i>
<i>Sélection par croisement</i>	<i>Oui</i>	<i>Oui</i>



5. Conclusion

- L'amélioration des plantes est importante pour résoudre les problèmes à l'avenir:
 - Le développement des technologies est essentiel
- Nombreuses méthodes de sélection (croisements élargis, polyploïdisation, mutations, transgènes, cisgènes, édition génomique, etc.)
 - La différenciation entre ces méthodes est difficile rarement justifiée
 - La définition de la LGG ,transgène'/'non naturel' doit être remise en question
 - Des effets involontaires se produisent avec toutes les méthodes



5. Conclusion

- Jusqu'ici aucune technique n'est en soi plus risquée qu'une autre.
- Evaluation du produit fini au cas par cas et non de la technique
- Evaluation du système nécessaire:
 - Evaluation des risques et de l'utilité
 - Comparaison entre le système existant et le futur système
 - Evaluation des conséquences de la non-application
- Recherche en systèmes fermés et sur le terrain
- Application des concepts existants



Merci de votre attention

Michael Winzeler

michael.winzeler@agroscope.admin.ch

Agroscope Une bonne alimentation, un environnement
sain

www.agroscope.admin.ch