



Techniques de sélection dans le contexte de l'agriculture biologique

Pierre Hohmann, Christine Arncken, Monika Messmer*

*Direction de la section Sélection végétale et contrôle des variétés

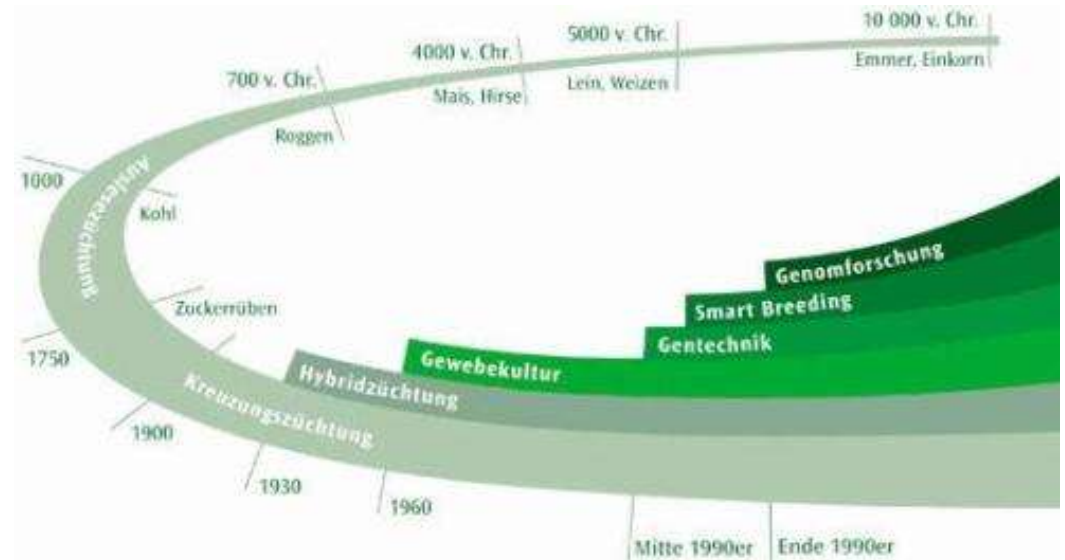
pierre.hohmann@fibl.org

Congrès PGREL «Nouvelles technologies et anciennes variétés»

Judi, 16 novembre 2017

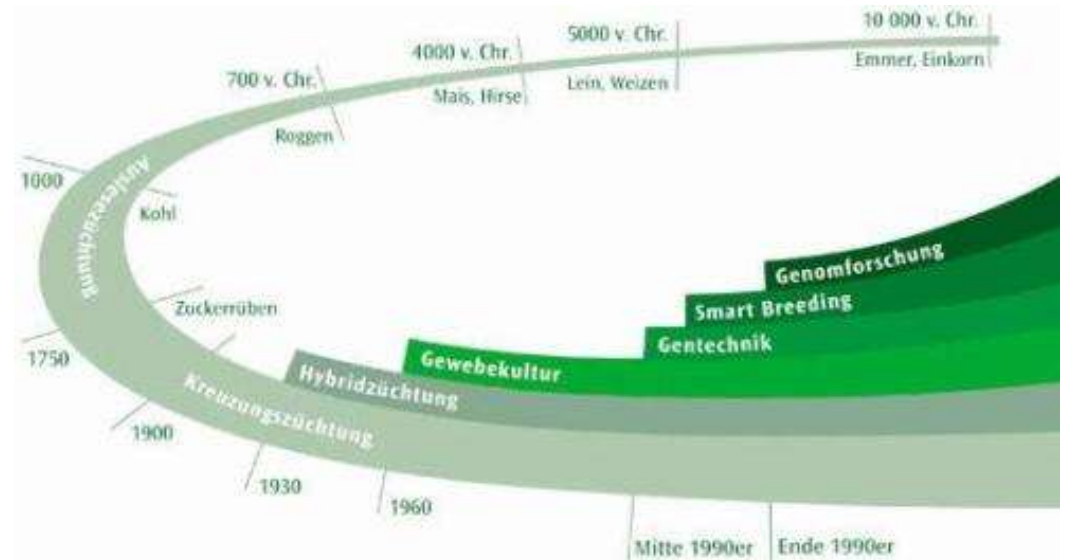
Aperçu

1. Techniques selon trois niveaux: **plante**, **cellule/tissu** und **ADN**
2. Nouvelles techniques de sélection
3. Critères pour l'évaluation des techniques de sélection
4. Approches pour la sélection végétale bio



Aperçu

1. Techniques selon trois niveaux: **plante**, **cellule/tissu** und **ADN**
2. Nouvelles techniques de sélection
3. Critères pour l'évaluation de techniques de sélection
4. Approches pour la sélection végétale bio

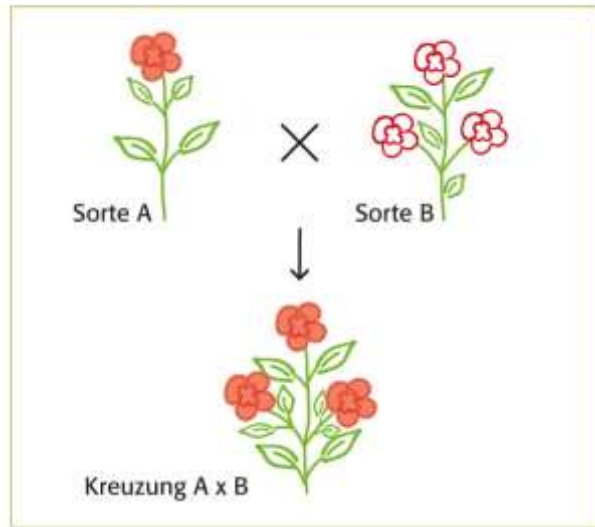


Création de variation génétique

Niveau de la plante

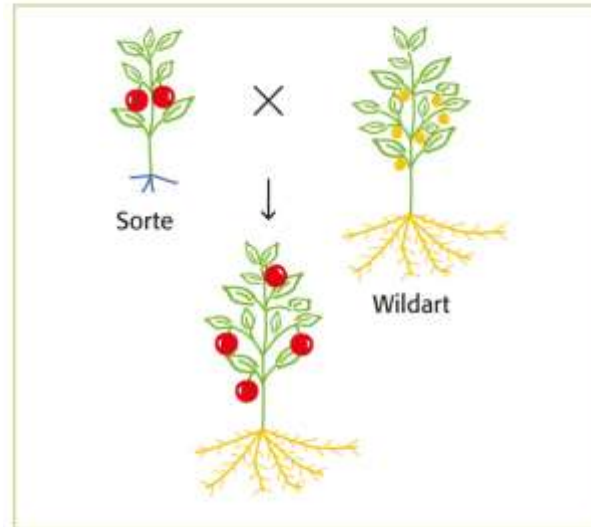
Croisement ciblé *intraspécifique*

Gezielte Kreuzungen innerhalb einer Art



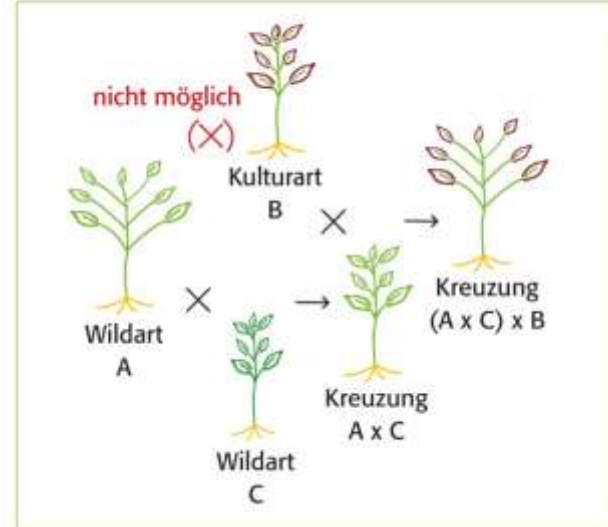
Croisement ciblé *interspécifique*

Interspezifische Kreuzungen



Croisement-pont

Brückenkreuzung



Evaluation du point de vue de l'agriculture biologique :

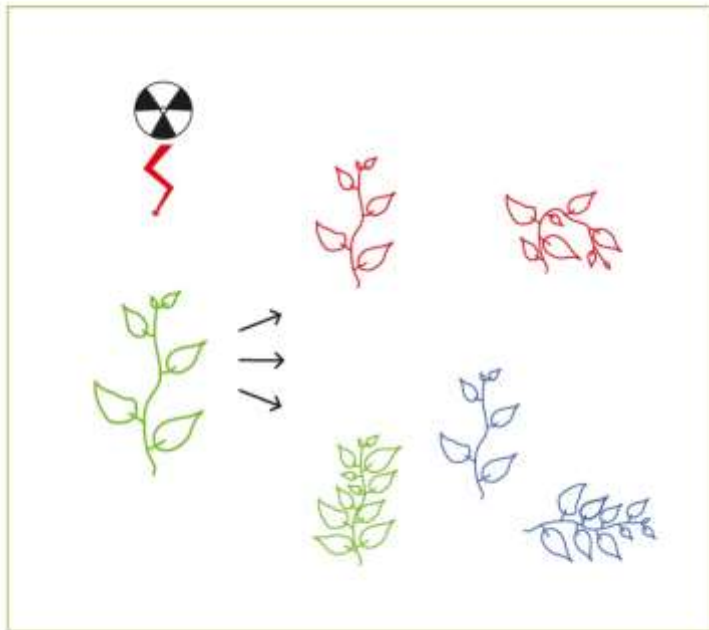
Pas d'objection, mais...

Induction de variation génétique

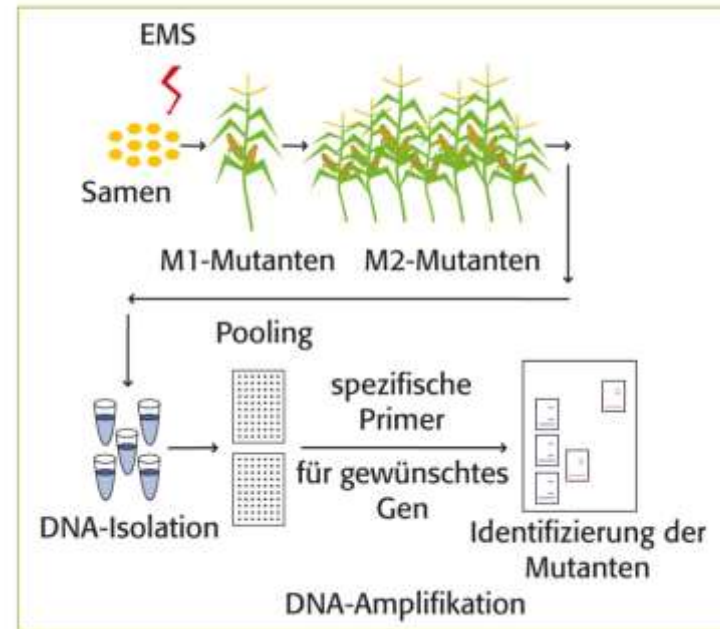
Niveau de la plante

Mutation induite / Induction de mutation

Mutationsinduktion / induzierte Mutation



Tilling



Evaluation du point de vue de l'agriculture biologique :

Agents mutagène pas autorisés

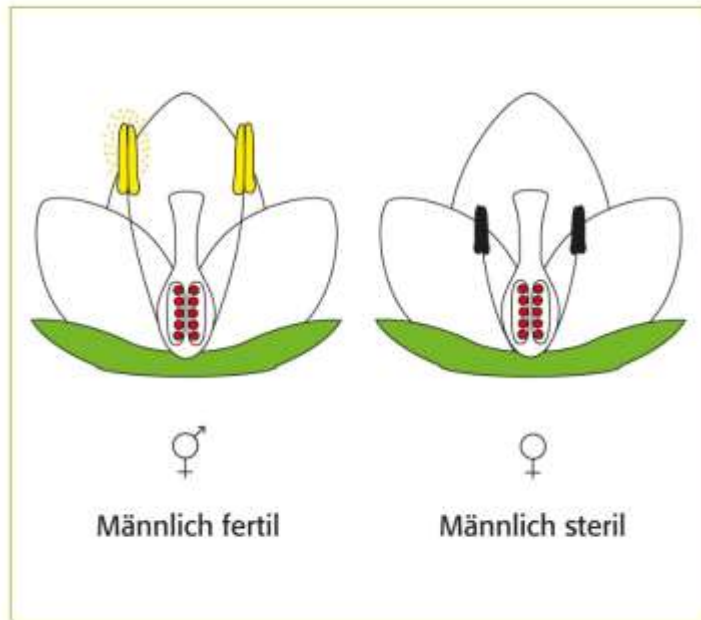
Induction de variation génétique

Niveau de la plante

Stérilité cytoplasmique mâle

Cytoplasmatisch männliche Sterilität (CMS)

> par mutation spontanée dans l'ADN extrachromosomique (dans le cytoplasme)



Application:

Production de grandes surfaces de semences d'hybrides

Ex. : colza, seigle, maïs et beaucoup d'espèces de légumes

Evaluation du point de vue de l'agriculture biologique :

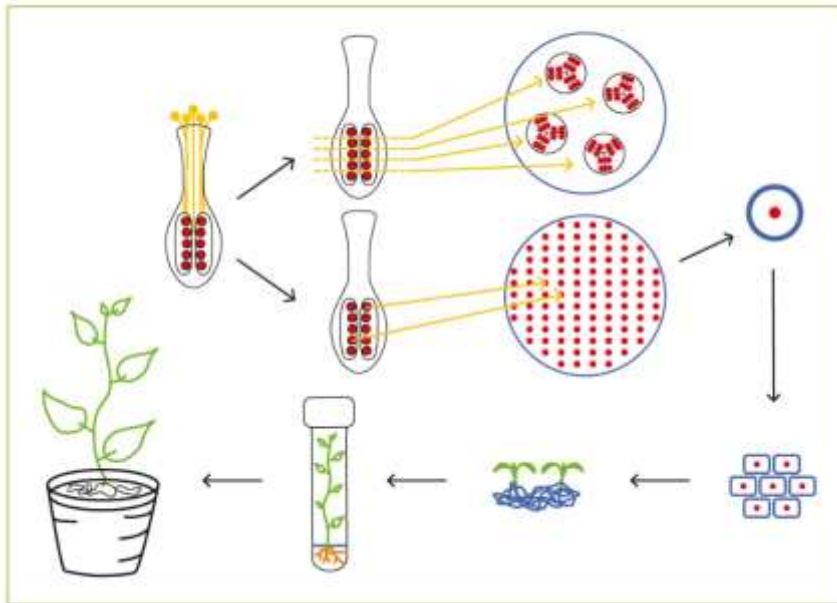
Ça dépend de la méthodologie utilisée et de la capacité reproductive de la plante

Induction de variation génétique

Niveau de **tissu/cellule**

Ovarien- und Embryokultur

Culture d'ovaires et d'embryons



Application :

Transfert de résistances d'un parent voisin «non-croisable»

Exemples : concombre, tomate, blé, triticales...

Evaluation du point de vue de l'agriculture biologique :

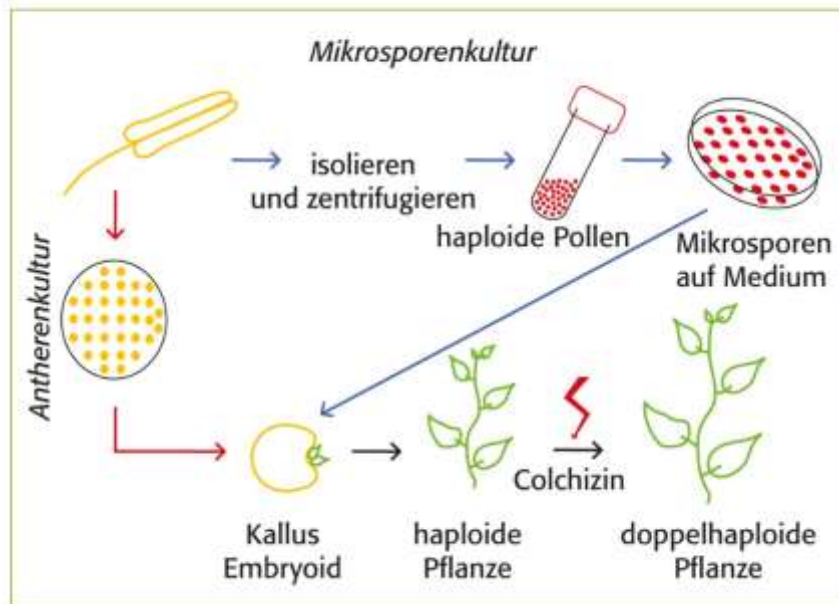
Décalage de la barrière de croisement

Conditions de croissance artificielles et aseptiques

Induction de variation génétique

Niveau de **tissu/cellule**

Doppelhaploide Pflanzen (DH) Plantes haploïde doublé (DH)



Application :

Accélération du processus de sélection

Ex.: orge, maïs, pommes de terre

Evaluation du point de vue de l'agriculture biologique :

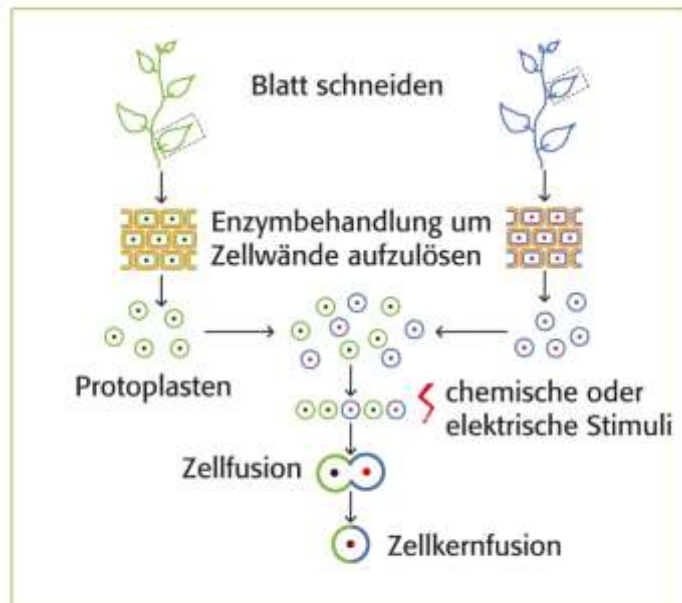
Empêche la recombinaison naturelle des gènes

Substances antimitotiques synthétiques pas autorisées

Induction de variation génétique

Niveau de **tissu/cellule**

Protoplastenfusion **Fusion protoplasmique**



Application :

Production rapide d'hybrides interspécifiques

Recombinaison du matériel héréditaire

- › caractères monogéniques
- › ADN extrachromosomale

Le produit de fusion est souvent tétraploïde

Evaluation du point de vue de l'agriculture biologique :

Décalage de la barrière de croisement

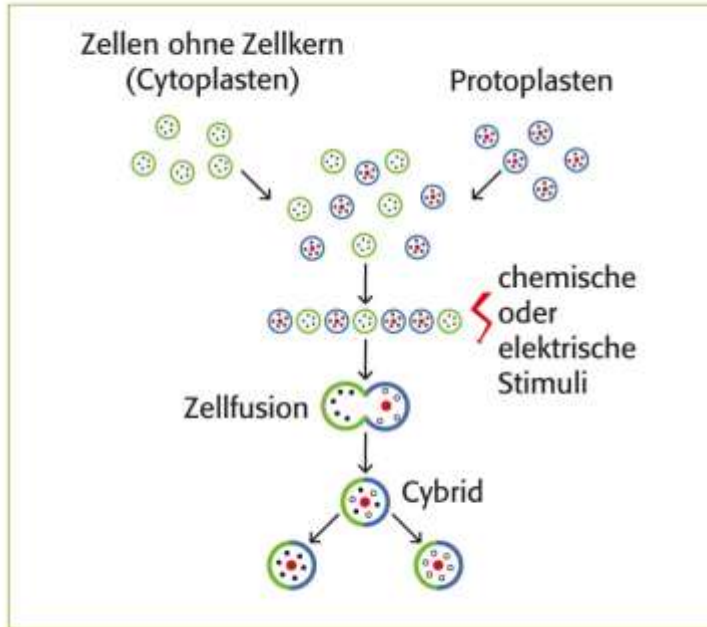
Lignée stérile possible

Atteinte à l'intégrité de la cellule

Induction de variation génétique

Niveau de **tissu/cellule**

Cytoplastenfusion **Fusion cytoplasmique**



Application:

Avant tout la création de plantes avec
sterilité mâle cytoplasmique

Ex. : protoplasme de brocoli avec
cytoplasme de radis

- › Brocoli mâle stéril pour la sélection
hybride

Evaluation du point de vue de l'agriculture biologique :

Décalage de la barrière de croisement

Lignée stérile possible

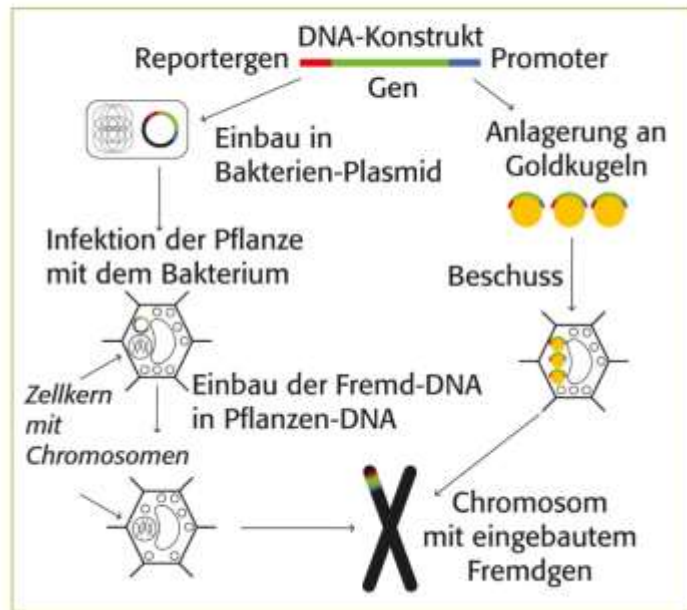
Atteinte à l'intégrité de la cellule

Création de variation génétique

Niveau de l'ADN

Gentransfer zur Erzeugung von transgenen Sorten

Transfert de gène pour l'induction de variétés transgéniques



Application :

Transfert de gènes à travers les espèces

Ex.: Transfert du gène Bt de bactérie au maïs, coton, soja, etc.

Evaluation du point de vue de l'agriculture biologique :

OGM pas autorisés

Atteinte à l'intégrité de la cellule

FiBL

www.fibl.org

Danger de croisements non-contôlés

Approche mécanistique et réductionniste

Création de monopoles par brevetage

Sélection

Niveau de l'ADN

Sélection assistée par marqueurs (MAS)

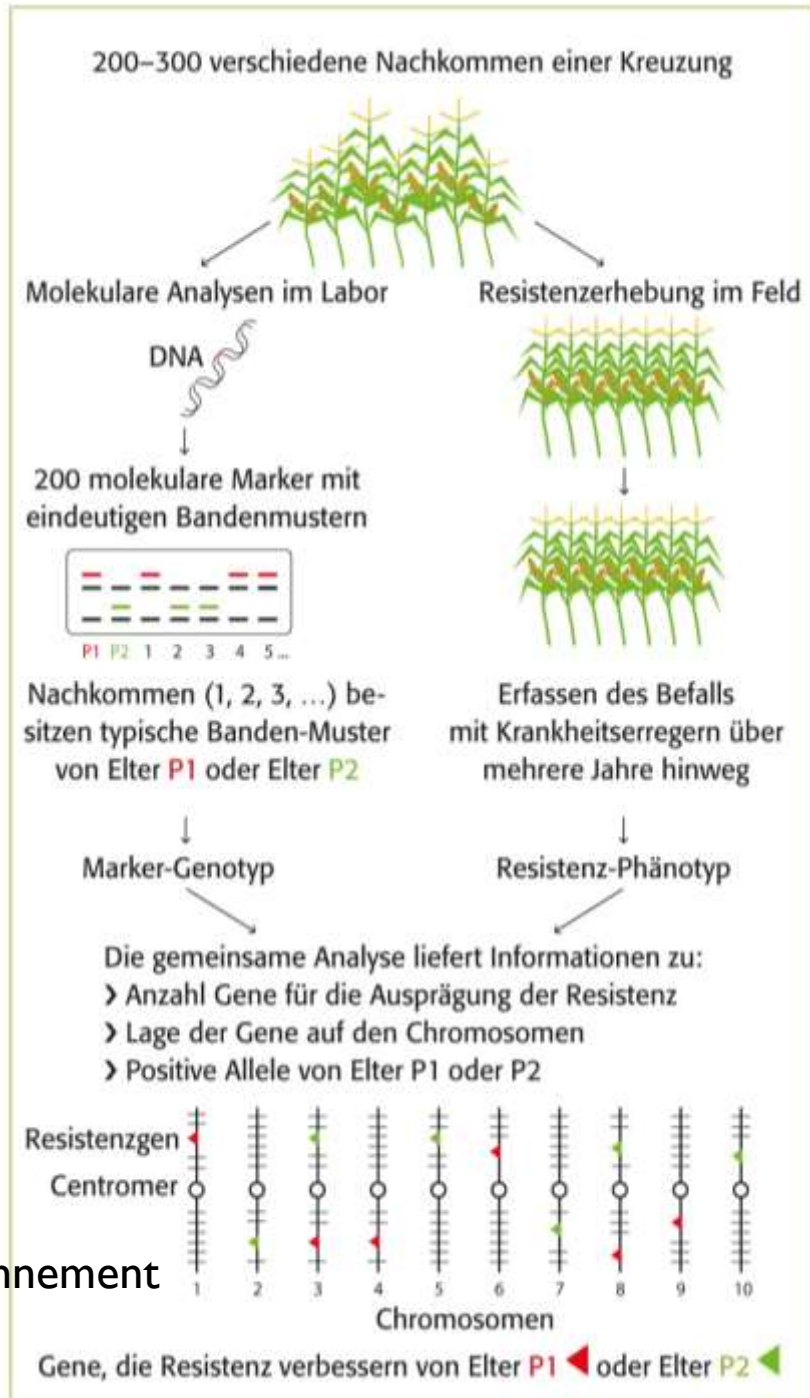
Application :

- › Diagnostic indépendant du milieu
- › Rétrocroisements bzw. suivi d'un croisement (ex. : transfert de gènes de résistance)
- › Caractères quantitatifs, difficiles à étudier

Evaluation du point de vue de l'agriculture biologique :

Réduction du vivant à la séquence d'ADN

Il n'y a pas d'interactions avec le sol et l'environnement

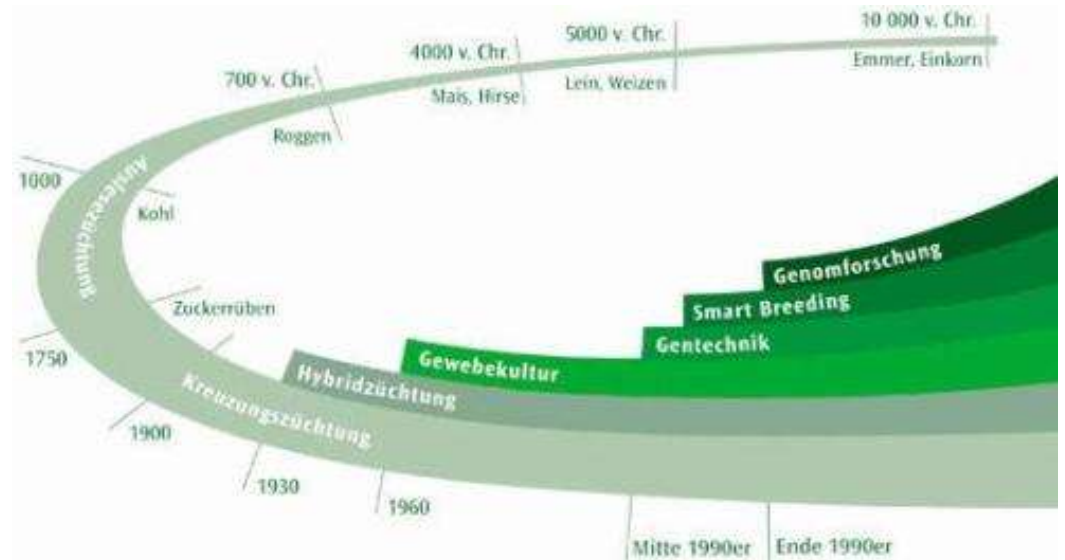


Techniques de sélection

Züchtungs-Methode	Inter-vent sur le génome	Inter-vent sur la cellule.	Capacités reproductives affectées.	Sélection ultérieure affectée.	Barrières des espèces transgressées	Productio n de semences de ferme entravée	Démont rable
Sélection assistée par marqueurs	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein (Patent?)	Nein
Haploïdes doublé	Evtl.	Evtl.	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein
Fusion protoplasmique	Evtl.	JA	Möglich (Triploide)	Möglich (CMS)	Möglich	Möglich	?
Fusion cytoplasmique	Nein	JA	Nein	Möglich (CMS)	Möglich	Möglich	?
Mutagenèse chimique, irradiation	JA	JA	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein
Tilling	JA	JA	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein
Eco-Tilling	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein

Aperçu

1. Techniques selon trois niveaux : **plante**, **cellule/tissu** und **ADN**
2. Nouvelles techniques de sélection
3. Critères d'évaluation des techniques de sélection
4. Approches pour la sélection végétale bio



Nouvelles techniques de sélection végétale

- Transfert de gènes propres à l'espèce au moyen de la **cisgénétique**
 - Par ex. pomme de terre résistantes au Phytophthora, pomme résistante à la tavelure et au feu bactérien (Agroscope)
- Mutations ciblées au moyen d'**oligonucléotide**
 - Par ex. Variétés Clearfield® avec résistances multiples aux herbicides
- Désactivation ciblée d'un certain gène par **interférence ARN**
 - Par ex. Arctic Apples, pommes de terre «Innate», féveroles Embrapa Pinto...
- **Nucléases site spécifique**
 - ZFN: nucléases à doigts de zinc
 - TALEN: Transcription Activator-Like Effector Nuclease
 - **CRISPR-Cas9**: Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats + Nuklease Cas9

Nouvelles techniques de sélection végétale

CRISPR-Cas9

Répétitions courtes palindromiques (CRISPR) + Nucléase (Cas9), cause des cassures double brin dans l'ADN

- Cassure double brin à des zones spécifiques > z.B. Mutation
- Cassure double brin & matrice avec séquence de paires de bases souhaitée
- Cassure double brin & gène > un ou plusieurs gènes propres ou provenant d'autres espèces

Nouvelles techniques de sélection végétale

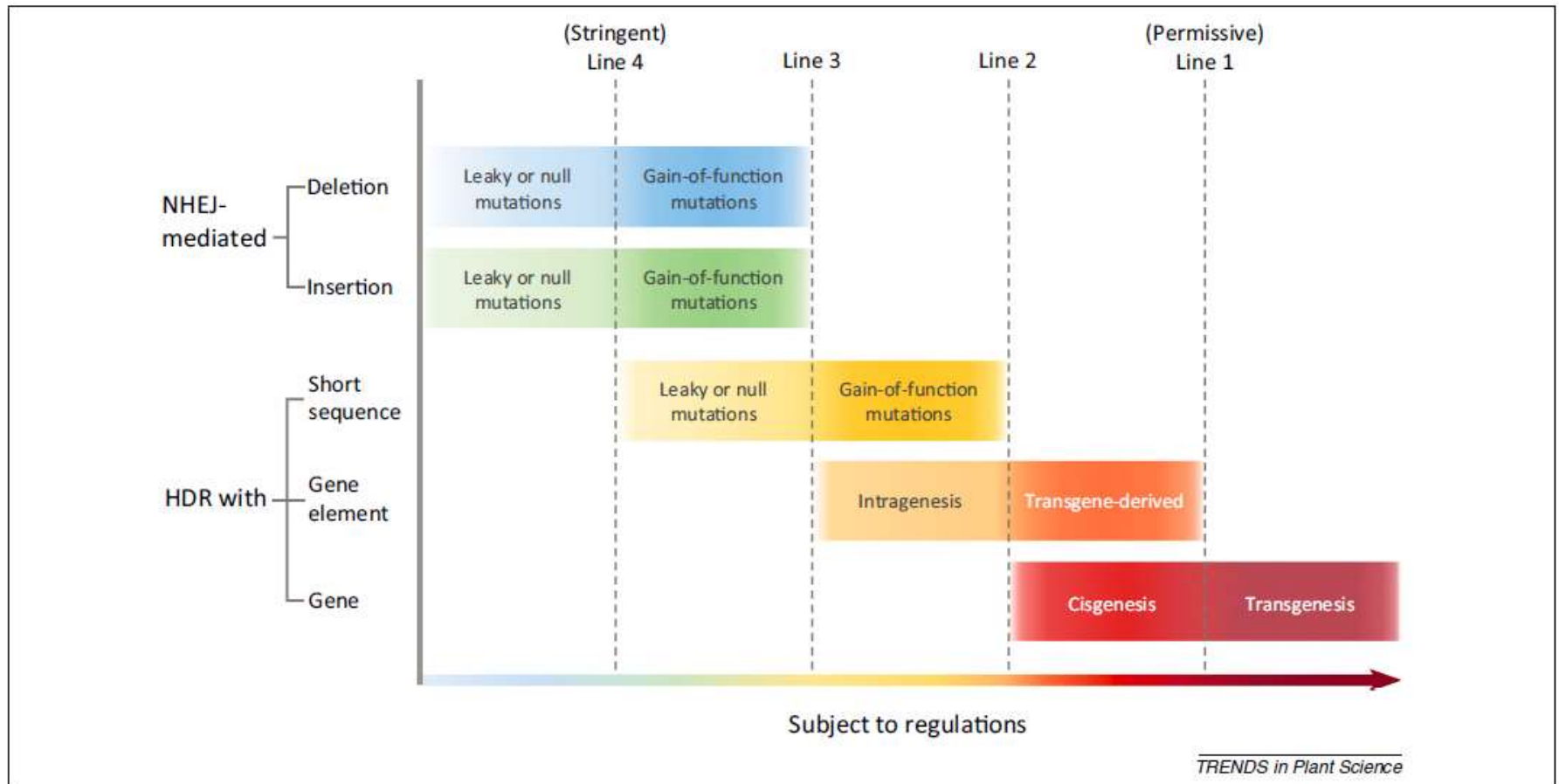
Méthode de sélection	Interv. sur le génome	Intervient sur la cellule.	Capacités reproductives affectées.	Sélection ultérieure affectée.	Barrières des espèces transgressées	Production de semences de ferme entravée	Démontable
Gen-editing Typ I + II	JA	JA	Nein	JA (Patent)	Nein	JA (Patent)	Nein
Gen-editing Typ III (plus construction génique)	JA	JA	Möglich	JA (Patent)	Möglich	JA (Patent)	JA
Cisgénétique	JA	JA	Nein	JA (Patent)	Nein	JA (Patent)	?
Transgénétique	JA	JA	Möglich	JA (Patent)	JA	JA (Patent)	JA

Acceptation des nouvelles techniques de sélection

Araki M. & Ishii, T. Towards social acceptance of plant breeding by genome editing

Opinion

Trends in Plant Science March 2015, Vol. 20, No. 3



Critiques contre les nouvelles techniques de sélection

- Traitement des symptômes
- Contrôle difficile
- Induit le brevetage
- Liberté de choix/ accessibilité (Agriculteur & sélectionneur) limitée
- La branche Bio suit un jugement orienté sur les processus

Conditions importantes : transparence & traçabilité

Evaluation du point de vue de l'agriculture biologique :

OGM non autorisés

Atteinte à l'intégrité du génome

Danger de croisements non-contrôlés

Réduction des composants de l'ADN

Crée des monopoles par brevetage

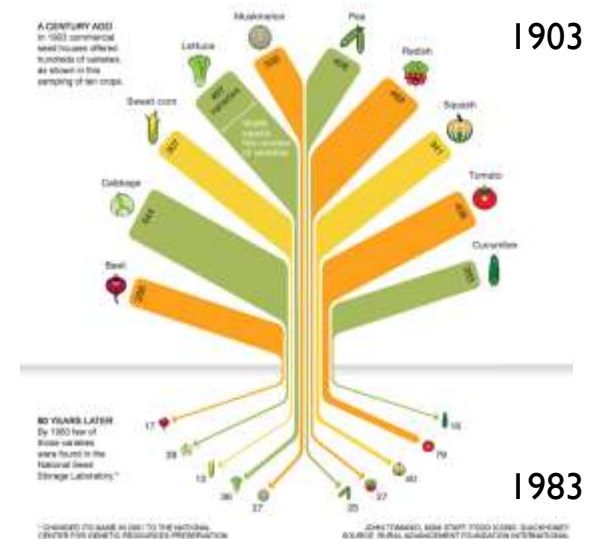
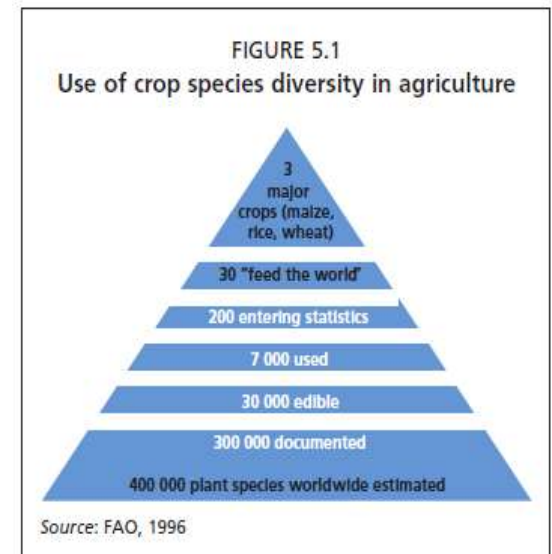
Nouvelles techniques de selection et anciennes variétés

Ressources génétiques (p.ex. Ancienne variété)

- Source de diversité
- Ressource non modifiée pour la sélection bio

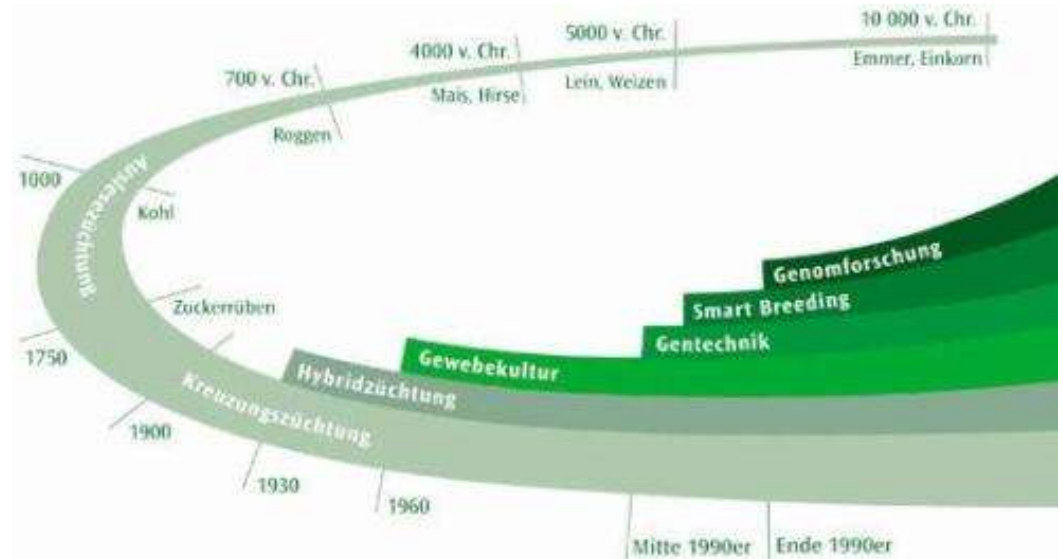
Emploi des nouvelles techniques de sélection

- Utilisation facilitée des ressources génétiques
- Spécial chez les anciennes variétés
 - Reçoit des traits typiques
 - Acceptabilité



Aperçu

1. Techniques selon trois niveaux: **plante**, **cellule/tissu** und **ADN**
2. Nouvelles techniques de sélection
3. Critères pour l'évaluation des techniques de sélection
4. Approches dans la sélection bio



Critères d'évaluation des techniques de sélection

Objectifs de la sélection végétale biologique

Utilisation durable des ressources naturelles adaptée à l'espèce et aux besoins de toute la chaîne de valeur ajoutée

Sécurité alimentaire durable, souveraineté alimentaire

Conservation et reproduction de la diversité génétique des plantes cultivées

Contribution au développement et à l'adaptation des conditions de cultures futures (par ex. changement climatique)

Critères d'évaluation des techniques de sélection

Objectifs supplémentaires pour l'agriculture bio

- Résistances aux pathogènes du sol et des semences
- Développement rapide des jeunes plantes
- Haute capacité concurrencielle ou tolérance vis à vis des mauvaises herbes
- Tiges hautes avec une bonne résistance à la verse
- Efficacité de nutriments élevée
- Critères de qualité

Directives BioSuisse : CH-SélectionBio

Première association Bio dans le monde ayant des directives propres de sélection (lien : bit.ly/2yPBXxQ)



- Exigences relatives à la sélection bio
- Classement des méthodes selon acceptabilité pour l'agriculture biologique

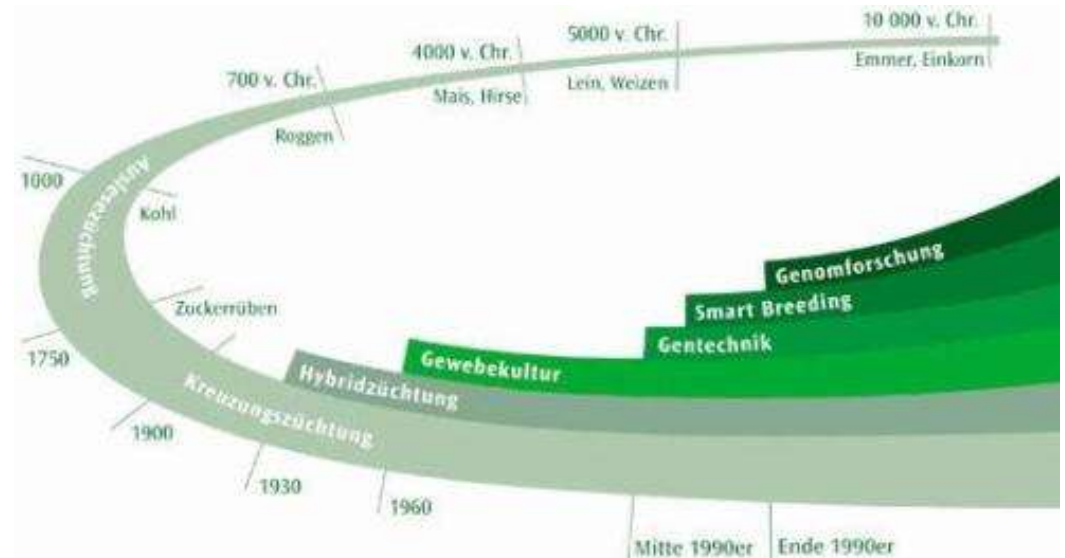
Classement des méthodes

- I. Sélection biologique (par ex. Bioverita)
- II. Sélection pour l'agriculture biologique
- III. Sélection conventionnelle
- IV. Méthodes de sélection critiques
- X. Anciennes variétés (ProSpecieRara, variétés de niche, formes sauvages etc.)



Aperçu

1. Techniques selon trois niveaux: **plante**, **cellule/tissu** und **ADN**
2. Nouvelles techniques de sélection
3. Critères pour l'évaluation des techniques de sélection
4. Approches dans la sélection végétale biologique

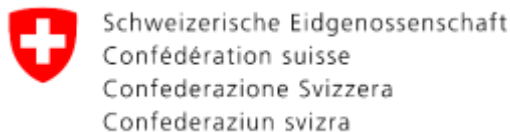


Approches dans la sélection végétale biologique

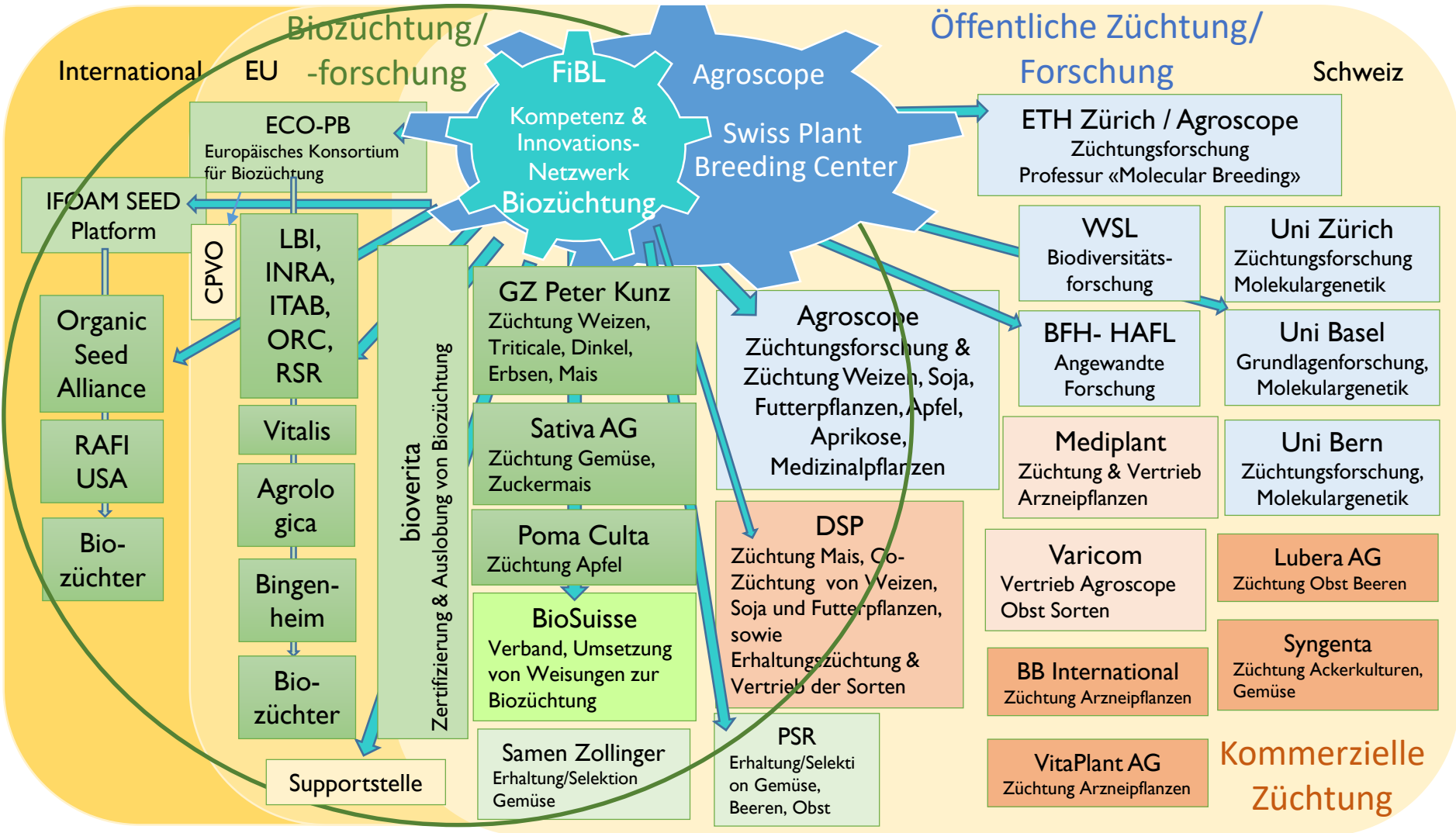
1. Utilisation de la **biodiversité** intra-spécifique
2. **Elevage systémique** / Systemzüchtung
3. Reconnaissance & création de valeur
4. Sélection pour **les systèmes d'associations d'espèces**
5. Sélection pour **interactions plantes-microbe** améliorées
6. **Système de sélection global** (site/environnement)

Conséquences pour la sélection biologique

- Variétés sélectionnées bio > adaptées au milieu & stabilité des rendements
- Refus du génie génétique et de fusion protoplasmique > par ex. Chou-fleur, brocoli,...
- Développement de programmes de sélection alternatifs > par ex. coton, soja
- Directives BioSuisse „sélection végétale et multiplication“ > depuis 2014
- Label „Bioverita“ > depuis 2012
- Normes IFOAM > directives sur le plan international et EU > depuis 2012
- Consortiums et projets de recherche:



Réseau de la sélection Bio



Merci beaucoup pour votre attention!



EU-projets de sélection au FiBL



(Budget total: 9M €, part du FiBL : 1.2M €)

- “LIVESEED aims to improve the sustainability, performance, and competitiveness of the organic sector by (i) boosting *organic seed production*, (ii) developing novel *breeding approaches* to increase the choice of cultivars of various crop species adapted to organic and low-input agriculture for different pedo-climatic conditions in Europe and by harmonizing the implementation of the *European regulations* in relation to organic seed.”
- Coordination scientifique: Monika Messmer

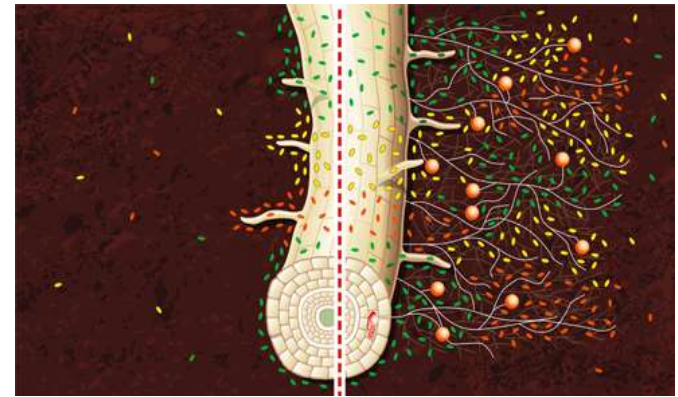


(Budget total : 5.7M €, part du FiBL : 690k €)

- “The goal of ReMIX is to exploit the benefits of *species mixtures* to design productive, diversified, resilient and environmentally friendly agro-ecological cropping systems *less dependent on external inputs* than current systems and acceptable to farmers and actors in the *agri-food chain*.”

EU-projets de sélection au FiBL

Focus sur l'aptitude à la culture mixte et Plantes x Microbiome



LIVESEED

- Ausbau laufender Aktivitäten zu Lupine, Erbse, Brokkoli und Apfel
- T3.3 lead: “Enhance scientific understanding of the *plant microbiome interface* and the importance of the *holobiont* (the plant host plus all of its symbiotic microbes) as selection target to *improve resilience and product quality*.”

ReMIX

- T3.3 lead: “*System diversity and management effects* on the soil macro- and *microbiome*.”
- T4.2 lead: “The performance in mixed cropping systems will primarily be estimated by determining *GMA/SMA* of lines/populations at *different intra- and inter-specific diversity levels*.”

Publications scientifiques «Nouvelles techniques de sélection & agriculture biologique»

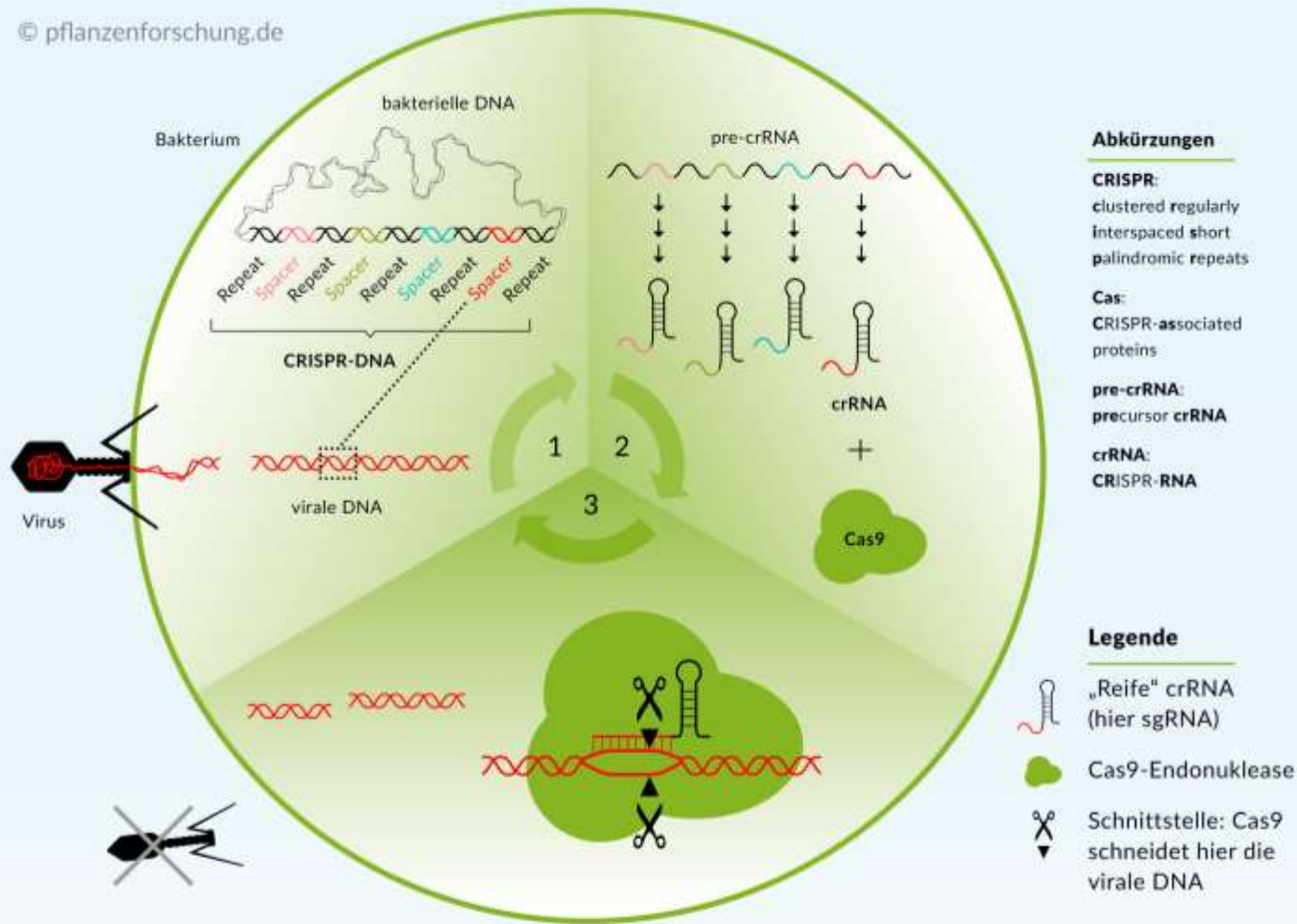
Why Organic Farming Should Embrace Co-Existence with Cisgenic Late Blight–Resistant Potato, Godelieve Gheysen^{1,*} & René Custers² *Sustainability* 2017, 9(2), 172

Concepts and Strategies of Organic Plant Breeding in Light of Novel Breeding Techniques, Edwin Nuijten, Monika M. Messmer & Edith T. Lammerts van Bueren, *Sustainability* 2017, 9(1), 18;

Should Organic Agriculture Maintain Its Opposition to GM? New Techniques Writing the Same Old Story, by Fern Wickson, Rosa Binimelis & Amaranta Herrero, *Sustainability* 2016, 8(11), 1105;

Are we ready for back-to-nature crop breeding? Michael G. Palmgren, Anna Kristina Edenbrandt, Suzanne Elizabeth Vedel, Martin Marchman Andersen, Xavier Landes³, Jeppe Thulin Østerberg, Janus Falhof, Lene Irene Olsen, Søren Brøgger Christensen, Peter Sandøe, Christian Gamborg, Klemens Kappel, Bo Jellesmark Thorsen, & Peter Pagh, *Trends in Plant Science* (2014) 1–10

Towards social acceptance of plant breeding by genome editing, Motoko Araki and Tetsuya Ishii, *Trends in Plant Science*, March 2015, Vol. 20, No. 3 145



Phase 1: AKQUISITIONSPHASE

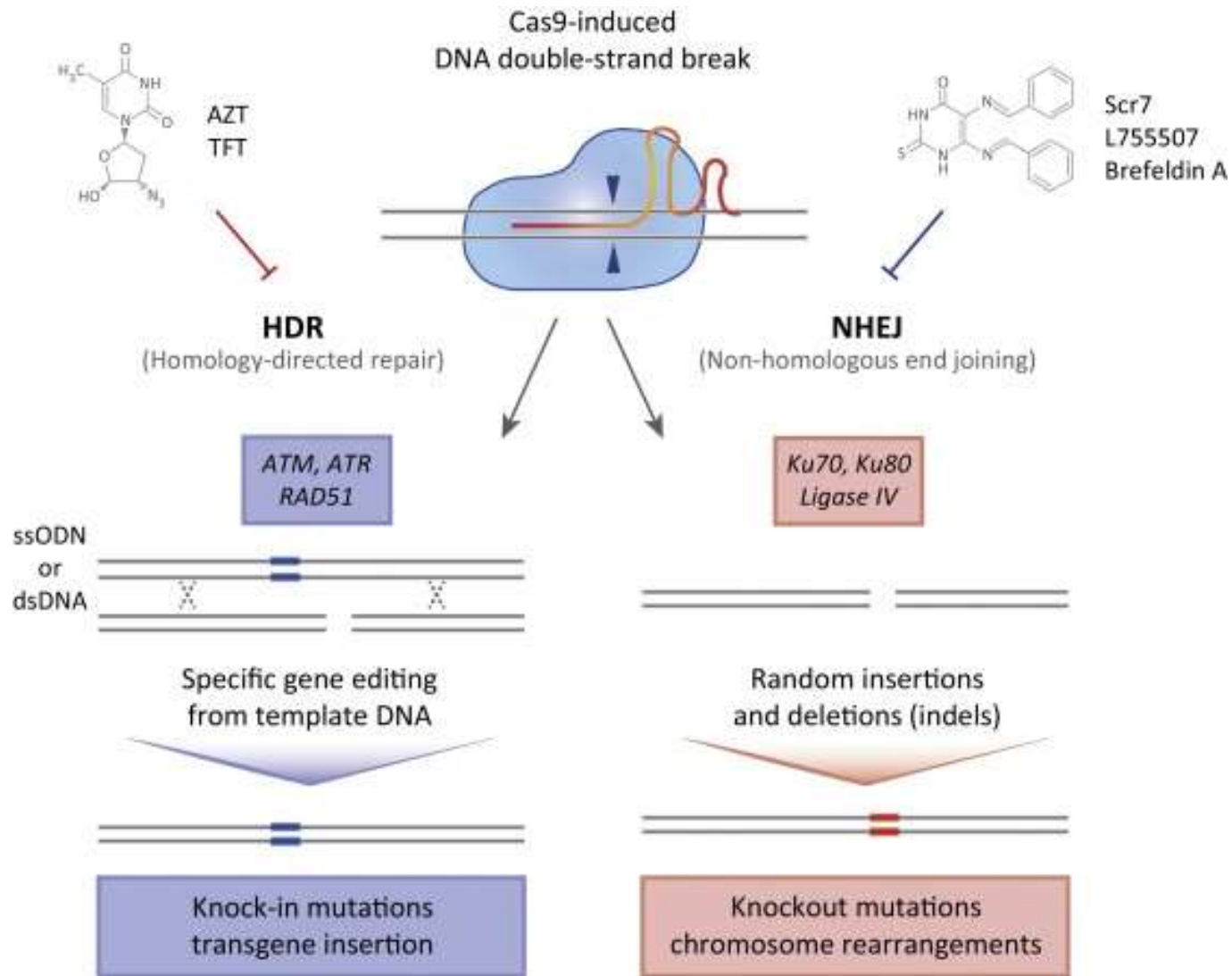
Nach der Virusinfektion wird in der CRISPR-DNA ein neuer Spacer eingefügt

Phase 2: BEARBEITUNGSPHASE

Die pre-crRNA wird in „reife“ crRNA umgewandelt

Phase 3: INTERFERENZPHASE

Das Bakterium zerstört das eingedrungene Virus, indem mithilfe der „passenden“ crRNA und Cas9 das genetische Material des Virus zerschnitten wird



Trends in Molecular Medicine