



# Variétés, diversité et rusticité

**Simone Bühlmann-Schütz**

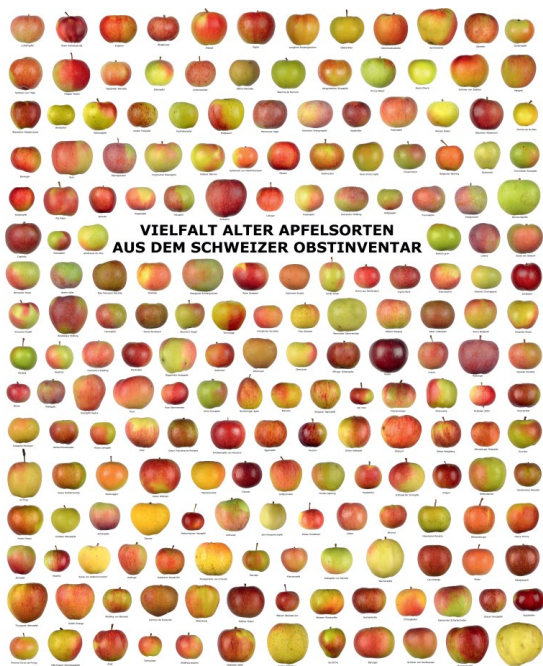
Sortentagung | 11.12.2023





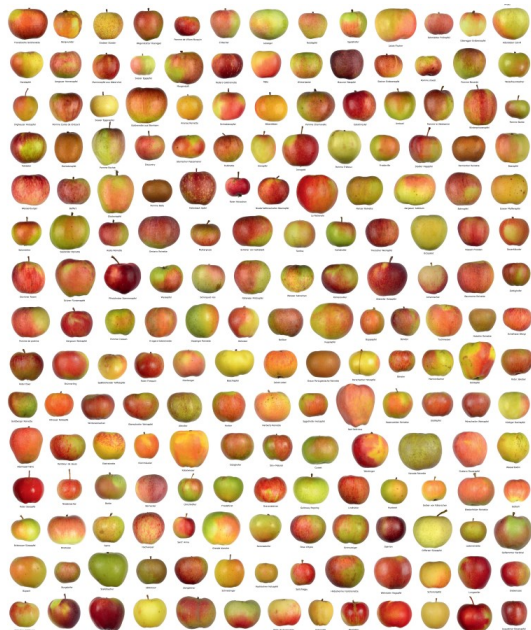
# Diversité - hier et aujourd'hui

Ressources génétiques de pommes suisses  
env. 1200 accessions



VIelfalt ALTER APFELSORTEN  
AUS DEM SCHWEIZER OBSTINVENTAR

⇒ 390 variétés de  
l'inventaire fruitier  
suisse sont  
représentées.



Variétés actuelles



30%

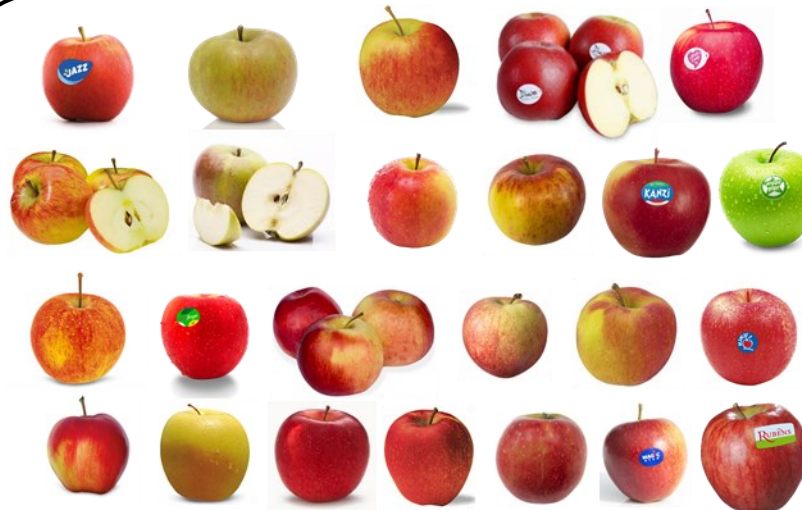


12%



11%

3 variétés env. 53%  
de la surface cultivée



24 autres variétés  
environ 39% de la  
surface cultivée



= 27 variétés 92% de la surface cultivée

Surface cultivée CH 2022 : env. 2830 ha

Quelle: Quelle: Obst- und Tafeltraubenanlagen  
der Schweiz, BLW

Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für  
Wirtschaft, Bildung und Forschung WBF  
Bundesamt für Landwirtschaft BLW

**FRUCTUS**

Nationale Datenbank:  
[www.pgrel.admin.ch](http://www.pgrel.admin.ch)

**Agroscope**



# Trade-Off - Réduction de la diversité des variétés

Haute tige vs. basse tige | pré-verger vs. monoculture | campagne vs. ville

- Intensification → Augmentation du rendement
- Nouveaux systèmes de culture → Efficacité du travail
- Protection phytosanitaire → Augmentation du rendement + amélioration de la qualité
- Optimisation du stockage → Disponibilité + augmentation de la qualité
- Transport + vente → Disponibilité

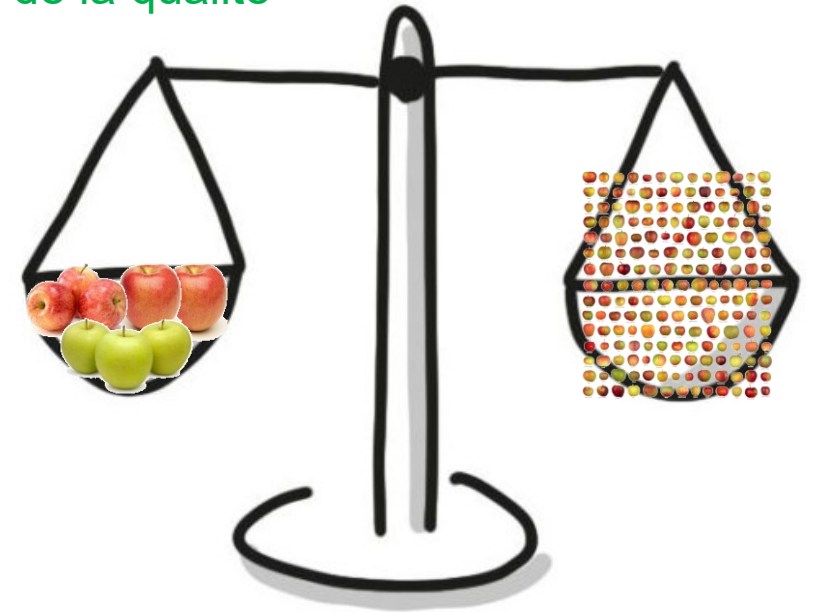


...ce qui a entraîné ...

- **Perte** de la diversité des variétés
- **Perte** générale d'habitats et de biodiversité



**Perte** de «rusticité / résistance / résilience»





# Intensification - perte de diversité

## Opportunités pour les maladies et les ravageurs?

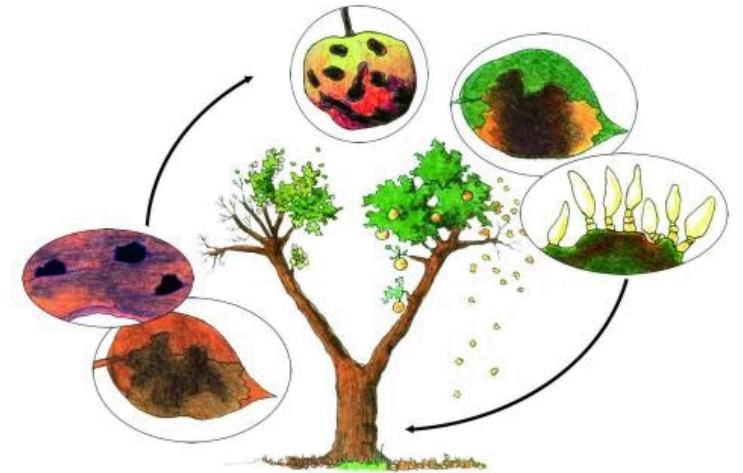
- Multiplication végétative + monoculture
- Culture pluriannuelle + durée de vie d'un verger env. 15 ans
- Base génétique étroite des variétés de pommes modernes
- Utilisation d'un seul gène de résistance

**hôte**

Exemple : Tavelure du pommier (*Venturia inaequalis*)

**pathogène**

- recombinaison sexuelle en hiver
- plusieurs cycles de reproduction asexuée par saison



Quelle: [www.mein-schooner-garten.de](http://www.mein-schooner-garten.de)

### Aujourd'hui :

- Presque toutes les variétés modernes cultivées commercialement sont génétiquement très similaires et sensibles à la tavelure du pommier
- Presque toutes les variétés de résistance nouvellement créées et enregistrées portent le même gène de résistance (*R-Gen*)
  - ▶ *Rvi6* = *Vf* de *Malus floribunda* 821



Percée de la résistance *Rvi6*, 2021 Wädenswil

Quelle: Agroscope



# Conclusion: connais tes qualités et étudie ton ennemi

« Forte pression de sélection due à la monoculture et à la résistance monogénique »

→ Décrire les mécanismes de résistance

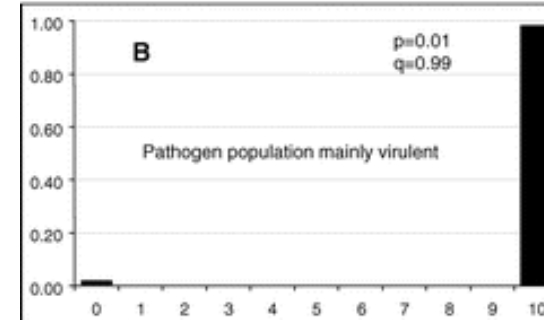
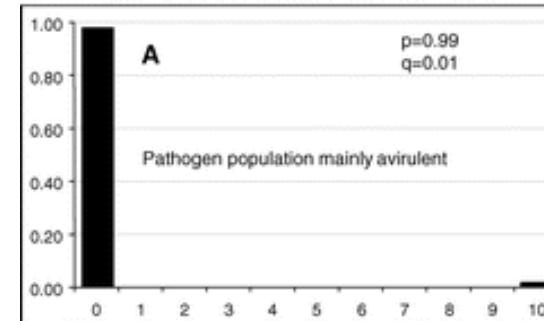
hôte

pathogène

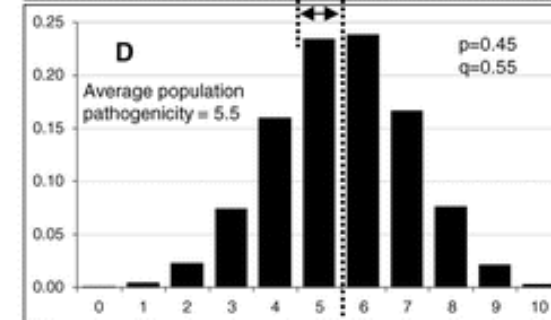
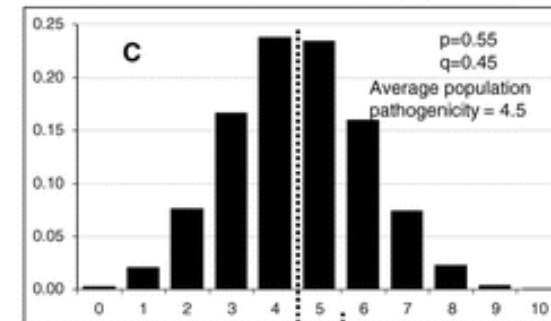
« cycle de reproduction mixte = un potentiel élevé de variabilité génétique, de multiplication et de propagation rapides, d'accumulation de mutations »

→ Connaître le cycle de reproduction et la propagation

Major gene resistance "breaks"



Quantitative resistance "erodes"



Quelle: PATHOGEN POPULATION GENETICS, EVOLUTIONARY POTENTIAL, AND DURABLE RESISTANCE, Bruce A. McDonald and Celeste Linde, Annual Review of Phytopathology 2002 40:1, 349-379

⇒ Combinaison de plusieurs résistances monogéniques, ou combinaison avec des résistances quantitatives/polygéniques



# Sélection de la résistance

- monogène
- polygène
- polygène + monogène

## pyramidisé

contre le pathogène

## combiné

contre différents maladies

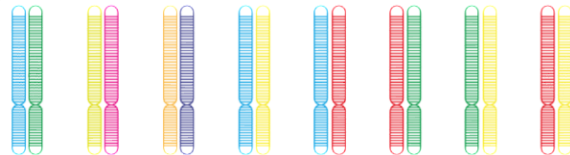
## phénotypage

- inoculation artificielle en... labor, serre, champ
- Evaluation en champ... avec ou sans produits phytosanitaires

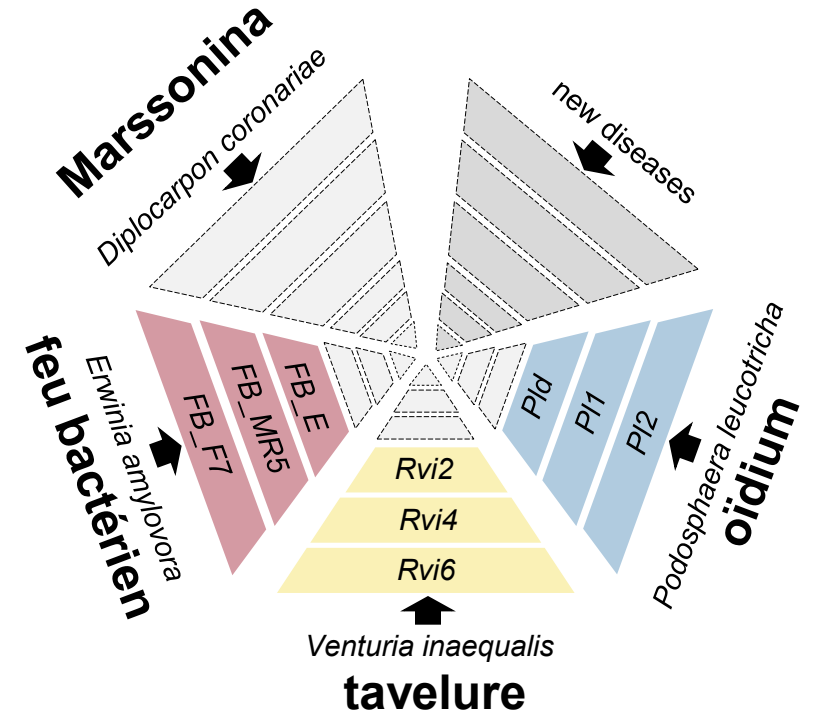


## sélection moléculaire

- MAS
- GS (futur?)



recherche en amélioration des plantes



➔ Résistance durable aux maladies et aux parasites



# Toutefois les connaissances ne sont pas les mêmes pour tous les agents pathogènes...



**tavelure**  
*Venturia inaequalis*

**oïdium**  
*Podosphaera leucotricha*

**feu bactérien**  
*Erwinia amylovora*



**divers pucerons**



**Chancre**  
*Neonectria galligena*



**Marssonina**  
*Diplocarpon coronariae*



**diverse ravageurs**



**diverses maladies de stockage**



... et beaucoup d'autres...



# ... et les nouvelles variétés résistantes ne tombent pas du ciel du jour au lendemain...

environ 95 ans

environ 70 ans



Thomas Andrew Knight  
Britischer Botaniker und Pomologe

Nachweis von Feldimmunität in *Malus* Wildtypen (*M. floribunda* 821 und *M. atrosanguinea* 804/240-57)



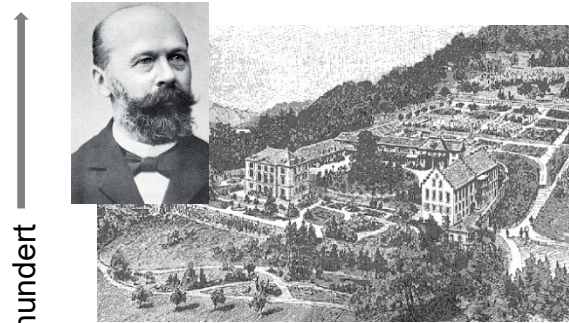
Erste Vf/Rvi6-schorffreistente Apfelsorte "Prima" aus dem kooperativen Züchtungsprogramm PRI, U.S.A.



Prof. Dr. Cesare Gessler  
ETH Zürich + Team + internationale Projekte  
Entwicklung von molekularen Markern und deren Anwendung in der Züchtung



1998 Herausgabe Topaz, bis heute eine der erfolgreichsten Vf/Rvi6-schorffreistente Sorten



Gründung der Schweizerischen Versuchsanstalt für Obst- / Wein- und Gartenbau in Wädenswil, erster Direktor Hermann Müller-Thurgau



Erste Kreuzungen mit der Quelle der Vf/Rvi6-Schorffreistenz von *M. floribunda* 821 an der Universität von Illinois, U.S.A.



Beginn der systematischen Apfelmzüchtung durch Prof. Fritz Kobel



Dr. Markus Kellerhals  
Start der Resistenzzüchtung in der Schweiz



Erste Vf/Rvi6-schorffreistente Sorte "Ariwa" aus dem Schweizer Apfelmzüchtungsprogramm

Anfangs 19. Jahrhundert

1890

Anfangs 20. Jahrhundert

1914

1939

1970

1984

Anfang 1990

1996

1998





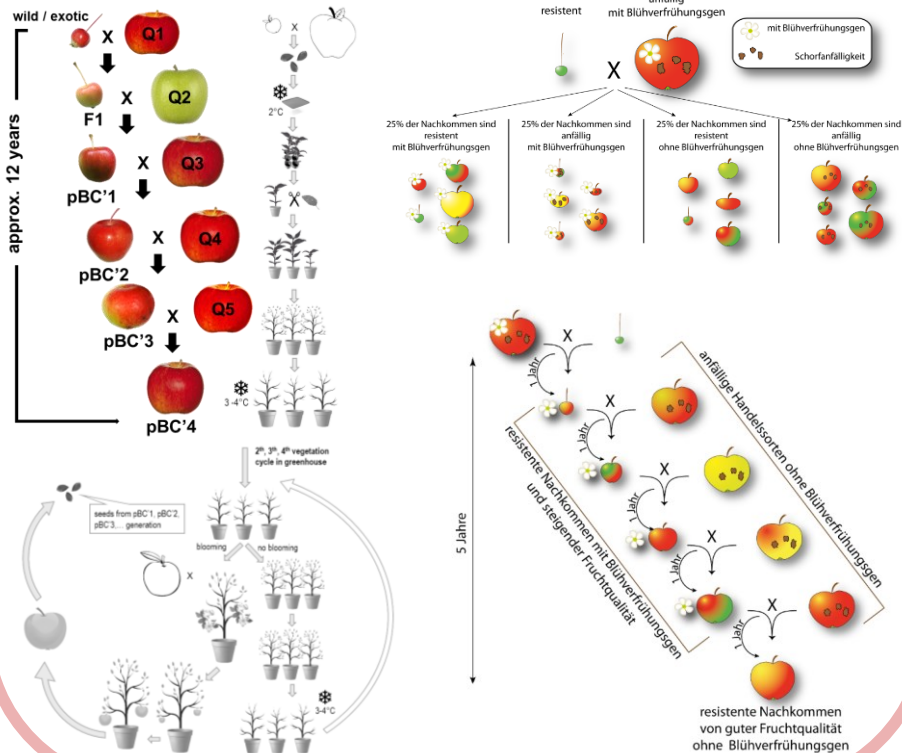
# Nouvelles méthodes de sélection comme solution?

## Accélération des générations «Speed Breeding»

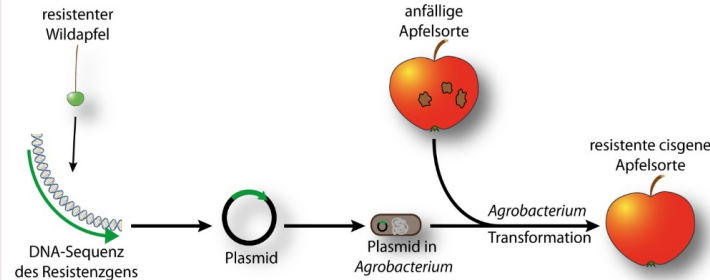
Accélérer le croisement de résistances issues de pommes sauvages dans une nouvelle variété de pomme en réduisant la durée de la période juvénile

«Fast Track»

Early Flowering



## Cisgenèse

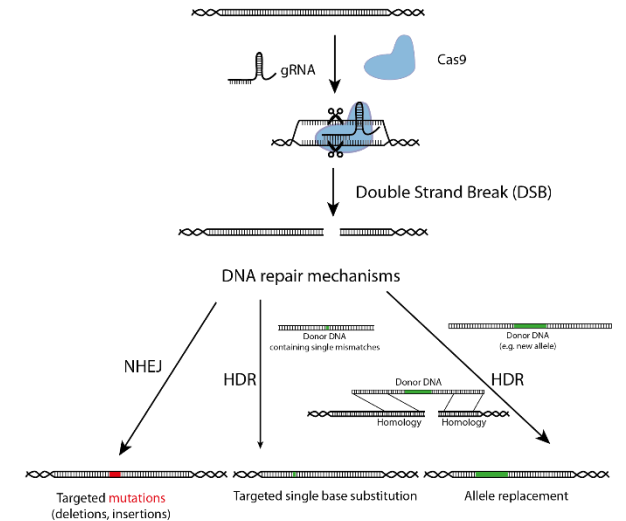


Les plantes cisgéniques sont des plantes génétiquement modifiées qui, à la fin du processus, contiennent un ou plusieurs gènes provenant d'organismes hybridisable.

Cela signifie que dans la pomme, on ne peut introduire/intégrer que des gènes de pomme.

Les autres caractéristiques de la variété restent +/- inchangées.

## Édition du génome



Procédé de modification ciblée de l'information génétique dans les cellules végétales vivantes.

Les autres caractéristiques de la variété restent +/- inchangées.



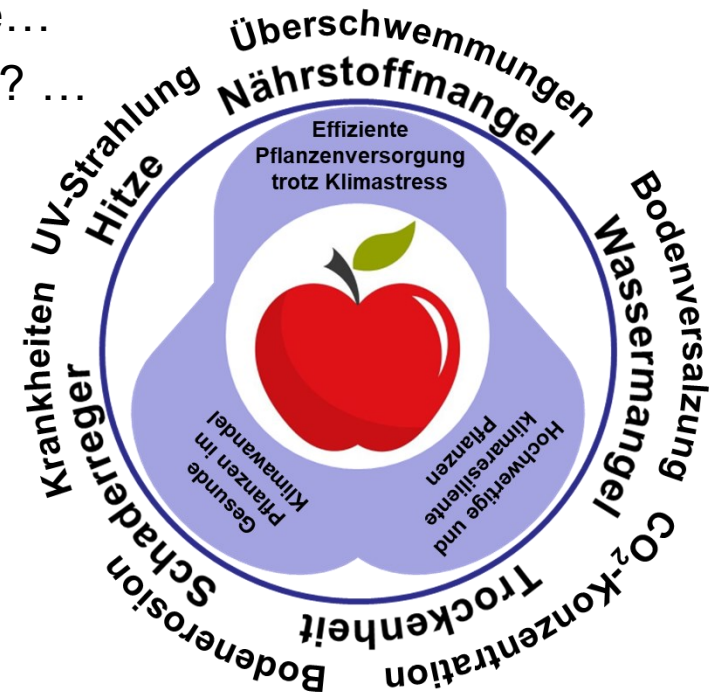
# Les défis de la sélection





# Sélection de variétés adaptées au climat

- Demande de variétés résistantes...
  - Résistant à... ?
- Le changement climatique entraîne le réchauffement de la planète...
  - Résistance à la sécheresse? Tolérance à la chaleur? Low-Chill? ...
- Le changement climatique entraîne une augmentation de la fréquence des événements extrêmes...
  - variétés résistantes à la sécheresse ou aux inondations? Tolérance au gel? ...
- Variétés avec un temps de régénération court?
- Variétés avec une efficacité accrue dans l'utilisation des ressources employées?
- Variétés avec une grande stabilité de rendement et de qualité?
- Variétés avec une tolérance ou une résistance accrue?
- Adaptation aux nouveaux systèmes de production?



**Tôt ou tard, le changement climatique entraînera une modification / un décalage de la période de végétation et des régions de culture.**



# Influence du changement climatique sur la phénologie

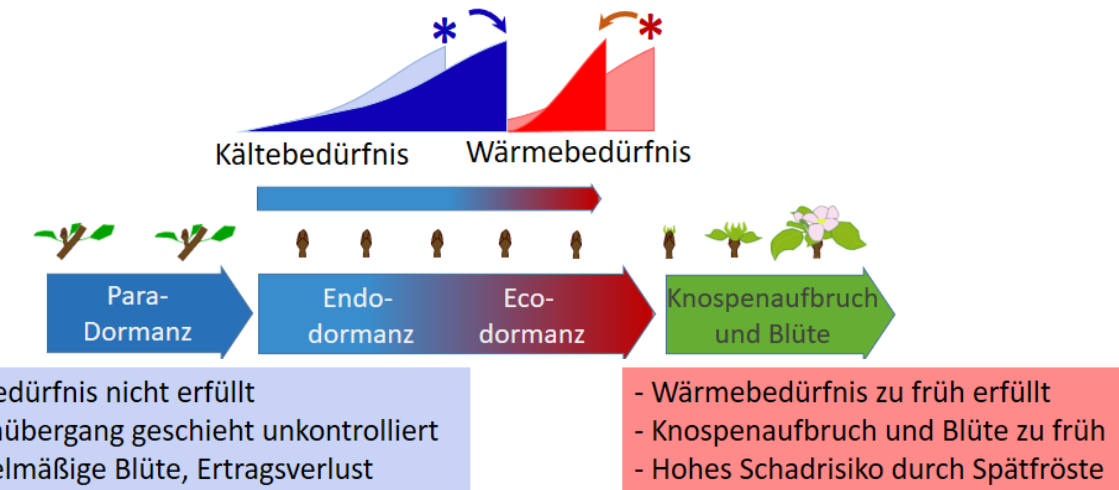
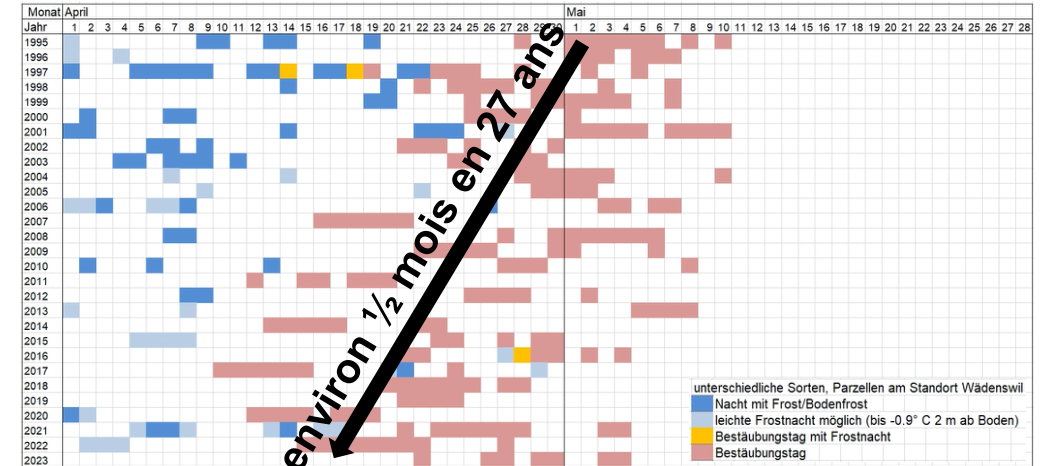
**Phénologie → Tendence à une floraison plus précoce**

- Effets négatifs d'une floraison précoce
  - Conjonction d'événements de gel tardif et de stades de développement précoces très sensibles des fleurs et des fruits
- Les températures plus élevées en hiver
  - **Besoin en froid non satisfait**
- Les températures plus élevées au printemps
  - **Besoin en chaleur satisfait trop tôt**

⇒ Identification des régions du génome qui contrôlent la régulation de la dormance et de l'éclosion des bourgeons

⇒ Bases pour une sélection efficace de variétés de pommes présentant un risque réduit de pertes de rendement en cas de gels tardives

Pollinisation dans la culture des pommes : de 1995 à 2023 Site de Wädenswil



Quelle: Janne Lempe, www.julius-kuehn.de



# Résilience - versus variétés robustes

- **Résilience (écologie):** C'est la capacité d'un écosystème à maintenir son état malgré l'action d'un stress/choc. *(Crawford Stanley Holling, 1973)*



**La résilience se réfère donc toujours à un système et non à une seule variété.**

**Dans l'agriculture, on recherche des systèmes qui soient résilients, stables et productifs:**

- **Résilience:** capacité d'un système de culture à surmonter une crise avec un rendement aussi élevé que possible.
- **Stabilité:** variabilité minimale des rendements en années normales
- **Productivité:** rendement moyen élevé en année normale  
*(Picasso et al. 2019, crop science, vol. 59)*
  - La **stabilité** et la **résilience** sont fortement corrélées avec le site → choix adapté de la variété
  - La **productivité** peut être négativement liée à la **résilience**
  - La **résistance** à la maladie est un facteur partiel de la **résilience** et dépend fortement de la **pression** de la maladie.



**La diversité variétale peut contribuer à accroître la résilience d'un agrosystème en amortissant le stress/choc externe.** *(Snyder et al. 2020, frontiers in sustainable food systems, vol. 4)*



# Take-Home Message: Stratégies pour une résistance / tolérance durable







**stratégie  
phytosanitaire  
adaptée**

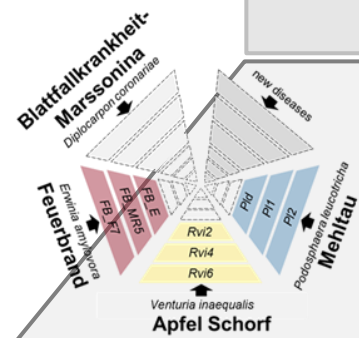




monoculture vs. culture mixte

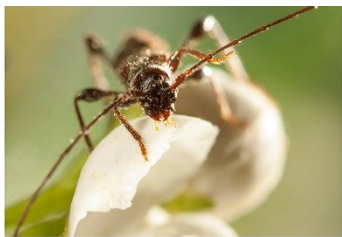
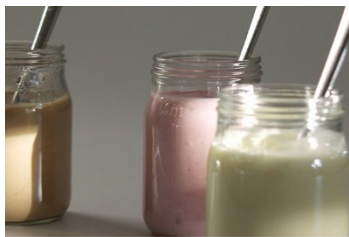


**Combinaison  
de variétés et  
de techniques  
de culture adaptée au site**



**Diversité variétale / variétés robustes /  
combinaison de résistances  
monogéniques et partielles**





**Merci de votre attention**

**Simone Bühlmann-Schütz & Team**  
simone.buehlmann-schuetz@agroscope.admin.ch

**Agroscope** gutes Essen, gesunde Umwelt  
www.agroscope.admin.ch



An  
**APPLE**  
a day keeps  
the doctor away

