

Des plantes cultivées saines grâce aux nouvelles technologies de sélection

Teresa Koller, OFAG

Journée phytosanitaire en grandes cultures



Programme

- Quelles sont les nouvelles techniques de sélection végétale?
- Qu'est-ce qui nous attend?



Quelles sont les nouvelles techniques de sélection végétale?

Édition génomique:

- **ciblage** précis d'une séquence d'ADN
- modification de l'ADN à cet endroit
- étonnamment simple avec CRISPR/Cas



CRISPR/Cas



Emmanuelle
Charpentier

Jennifer
Doudna

Prix Nobel 2020



Publication 2012

A Programmable Dual-RNA-Guided DNA Endonuclease in Adaptive Bacterial Immunity

Martin Jinek,^{1,2*} Krzysztof Chylinski,^{3,4*} Ines Fonfara,⁴ Michael Hauer,^{2†}
Jennifer A. Doudna,^{1,2,5,6‡} Emmanuelle Charpentier^{1‡}



CRISPR/Cas

Publication 2012



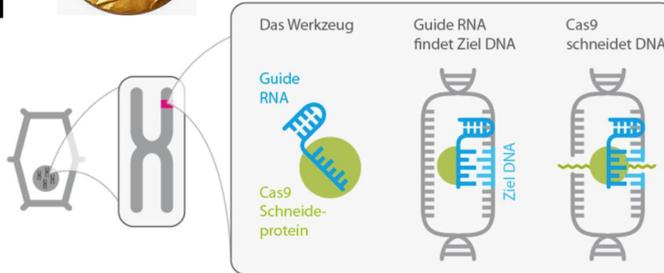
Emmanuelle Charpentier

Jennifer Doudna

Prix Nobel 2020



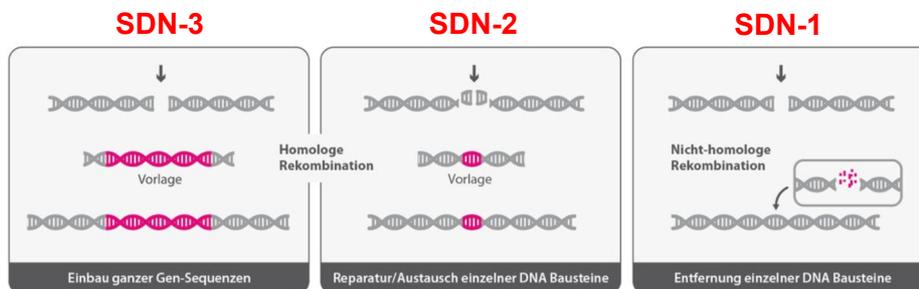
A Programmable Dual-RNA-Guided DNA Endonuclease in Adaptive Bacterial Immunity
Martin Jinek,^{1,2*} Krzysztof Chylinski,^{3,4*} Ines Fonfara,⁴ Michael Hauer,^{2†} Jennifer A. Doudna,^{1,2,5,6‡} Emmanuelle Charpentier^{1‡}



<https://www.pflanzen-forschung-ethik.de>



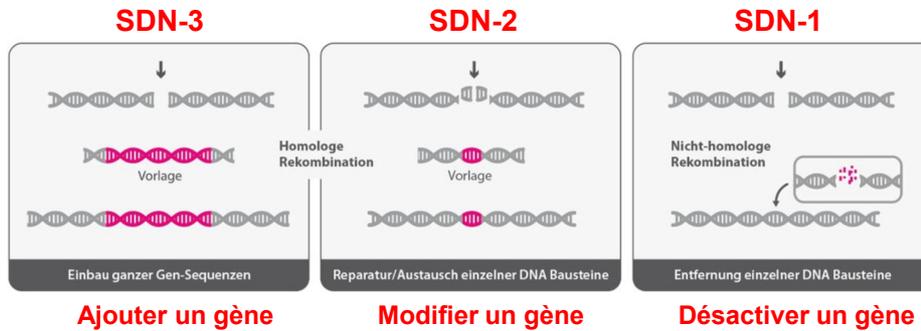
Édition génomique: modification ciblée de l'ADN



<https://www.pflanzen-forschung-ethik.de>



Édition génomique: modification ciblée de l'ADN



<https://www.pflanzen-forschung-ethik.de>

12 janvier 2024 Teresa Koller

7



Édition génomique: modification ciblée de l'ADN

SDN-3
Ajouter un gène

SDN-2
Modifier un gène

SDN-1
Désactiver un gène

12 janvier 2024 Teresa Koller

8



Édition génomique: modification ciblée de l'ADN

SDN-3

Ajouter un gène

- Pour les végétaux: très difficile
- Le génie génétique «classique» est plus simple
- Le gène peut être propre à l'espèce ou étranger à l'espèce

SDN-2

Modifier un gène

- Pour les végétaux: difficile

SDN-1

Désactiver un gène

- Pour les végétaux: simple
- Cela se fait aussi par la mutagenèse



Édition génomique: modification ciblée de l'ADN

SDN-3

Ajouter un gène

- Pour les végétaux: très difficile
- Le génie génétique «classique» est plus simple
- Le gène peut être propre à l'espèce ou étranger à l'espèce

SDN-2

Modifier un gène

- Pour les végétaux: difficile

SDN-1

Désactiver un gène

- Pour les végétaux: simple
- Cela se fait aussi par la mutagenèse

Discussion en Suisse et dans le monde:
qu'est-ce qui est couvert par la législation sur le génie génétique ?



Édition génomique: modification ciblée de l'ADN

NGT Kat. 2

Législation sur le génie génétique

SDN-3 Ajouter un gène

- Pour les végétaux: très difficile
- Le génie génétique «classique» est plus simple
- Le gène peut être propre à l'espèce ou étranger à l'espèce

SDN-2 Modifier un gène

- Pour les végétaux: difficile

SDN-1 Désactiver un gène

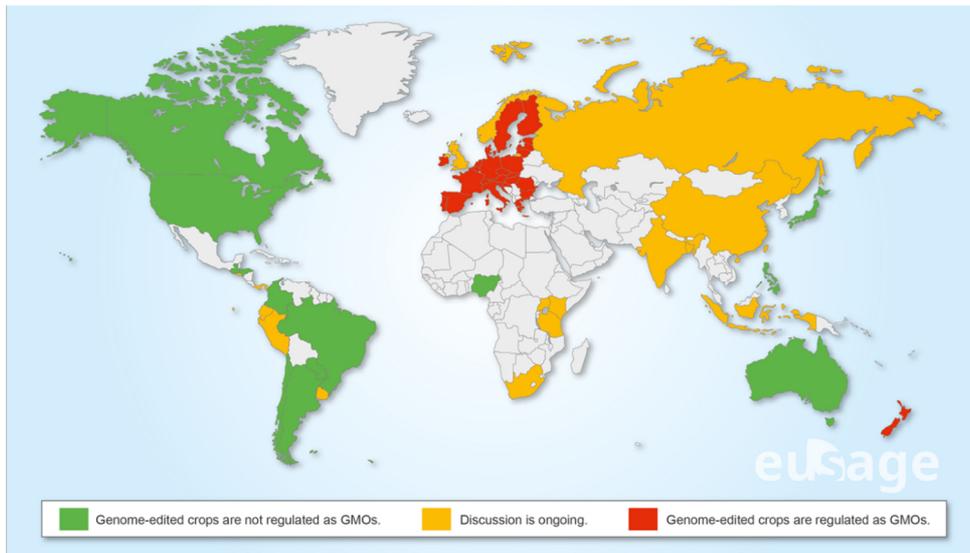
- Pour les végétaux: simple
- Cela se fait aussi par la mutagenèse

NGT Kat. 1

N'est pas couvert par la législation sur le génie génétique



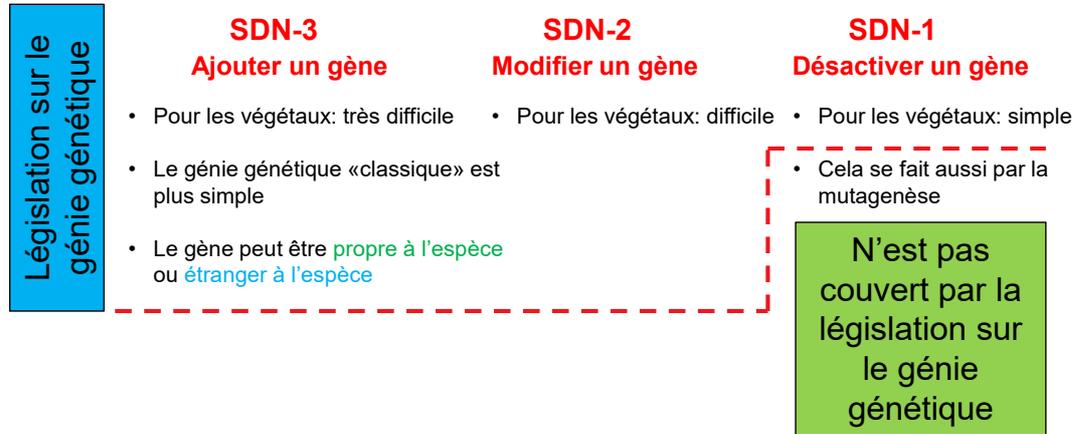
Législation dans le monde



© EU-SAGE 2022



Édition génomique: modification ciblée de l'ADN



Études sur l'édition du génome des plantes utiles

État: 3 janvier 2024

Nombre d'études recensées: 840



- ... 91% de ces études utilisent la technique **CRISPR/Cas** pour l'édition du génome
- ... dans 92% de ces études, le type de modification est **SDN-1** (désactivation de gène)
- ... 56% des études proviennent de la **Chine**, 20 % des USA, 5% du Japon, 4% de Corée du Sud, 4% de la France
- ... caractéristiques améliorées dans ces études:
 - Rendements (22%)
 - Qualité des denrées alimentaires et des aliments pour animaux (22%)
 - Tolérance au stress biotique (20%)
 - Tolérance au stress abiotique (9%)



Études sur l'édition du génome des plantes utiles

État: 3 janvier 2024

Nombre d'études recensées: 840



... 91% de ces études utilisent la technique **CRISPR/Cas** pour l'édition du génome
... dans 92% de ces études, le type de modification est **SDN-1** (désactivation de gène)
... 56% des études proviennent de la **Chine**, 20 % des USA, 5% du Japon, 4% de Corée du Sud, 4% de la France

... caractéristiques améliorées dans ces études:
Rendements (22%)
Qualité des denrées alimentaires
et des aliments pour animaux (22%)
Tolérance au stress biotique (20%)
Tolérance au stress abiotique (9%)

Les végétaux peuvent mieux se protéger
contre les maladies et les organismes
nuisibles

Utilité

-> Réduction de l'utilisation de pesticides
-> Réduction des pertes de rendement
-> Réduction des mycotoxines

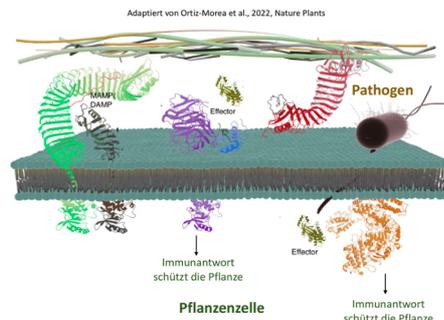
12 janvier 2024 Teresa Koller

15



Comment les végétaux peuvent-ils se protéger contre les maladies?

- Les gènes de résistance aux maladies codent des protéines actives dans les défenses immunitaires de la plante
- Les protéines sur la cellule végétale et à l'intérieur de celle-ci reconnaissent les agents pathogènes et déclenchent une défense immunitaire

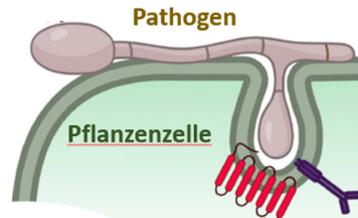


12 janvier 2024 Teresa Koller

16

Comment les agents pathogènes peuvent-ils contaminer les végétaux?

- De manière très diverse
- Les agents pathogènes peuvent exploiter à leur avantage certaines protéines végétales



Adapté de Jacott et al., 2021 Trends in Plant Science

Édition génomique: modification ciblée de l'ADN

SDN-3
Ajouter un gène

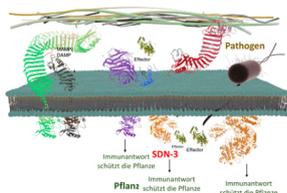
SDN-2
Modifier un gène

SDN-1
Désactiver un gène



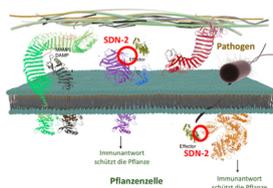
Édition génomique: modification ciblée de l'ADN

SDN-3 Ajouter un gène



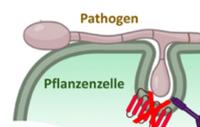
Ajouter un nouveau récepteur

SDN-2 Modifier un gène



Modifier un récepteur

SDN-1 Désactiver un gène



Désactiver un gène de susceptibilité



Exemples



<https://naturwissenschaften.ch>

Résistance à l'oïdium et au mildiou chez la vigne



Image : Natascha Jankovik / SCNAT (CC BY-NC-ND 3.0)

L'essentiel en bref

- L'oïdium et le mildiou occasionnent d'importantes pertes de récolte dans les vignobles suisses.
- Ces agents pathogènes sont contrôlés à grand renfort de produits phytosanitaires.
- La sélection de vignes résistantes est très complexe et prend des décennies.
- La technologie CRISPR/Cas a permis de rendre des raisins plus résistants à l'oïdium sans insérer de nouveaux gènes.

SDN1 : des gènes de susceptibilité ont été désactivés



Exemples

Résistance au mildiou chez la pomme de terre



Image : Natascha Jankovski / SCNAT (CC BY-NC-ND 3.0)

L'essentiel en bref

- Le mildiou est à l'origine d'importantes pertes de récolte dans la culture des pommes de terre.
- Pour protéger les pommes de terre de cette maladie, on les traite plusieurs fois par an avec des fongicides.
- La sélection de variétés résistantes qui répondent à toutes les exigences en matière de goût, d'aptitude à la transformation, de conservation, etc. est un défi de taille.
- Certaines variétés établies, modifiées par CRISPR/Cas, se sont avérées résistantes au mildiou dans des conditions expérimentales.

SDN1 : des gènes de susceptibilité ont été désactivés

12 janvier 2024 Teresa Koller

21



Exemples

Résistance au feu bactérien chez la pomme



Image : Natascha Jankovski / SCNAT (CC BY-NC-ND 3.0)

L'essentiel en bref

- Le feu bactérien constitue l'un des plus grands dangers pour l'arboriculture suisse.
- Il n'existe pratiquement aucun remède efficace contre l'agent pathogène bactérien.
- Le processus de sélection de variétés robustes est complexe et, chez les variétés établies, il s'accompagne de perte de certaines de leurs propriétés.
- La technologie CRISPR/Cas a déjà permis de rendre des variétés de pommes établies plus résistantes au feu bactérien.

SDN1 : un gènes de susceptibilité a été désactivé

12 janvier 2024 Teresa Koller

22



Exemples

Des tomates résistantes au virus du fruit rugueux brun de la tomate



Image : Natascha Jankevski / SCNAT (CC BY-NC-ND 3.0)

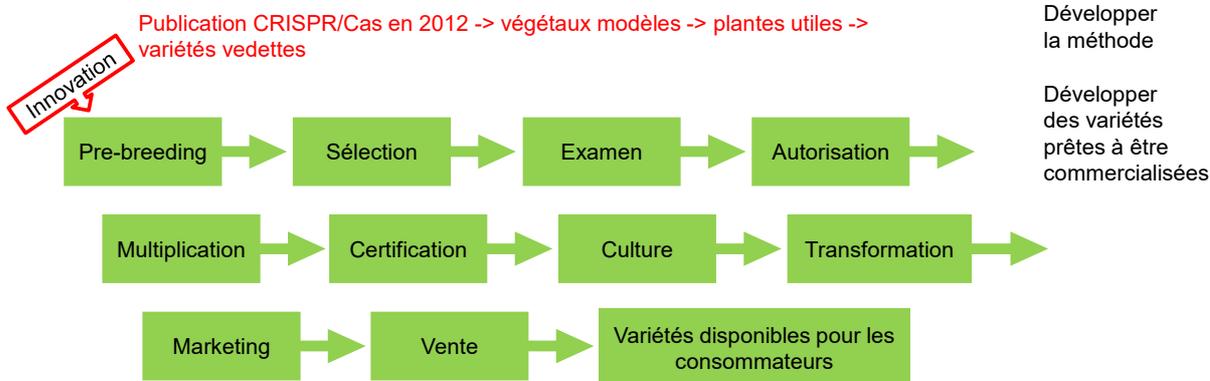
L'essentiel en bref

- Le virus du fruit rugueux brun de la tomate se propage rapidement dans le monde entier, il est difficile à combattre et entraîne des pertes dans la production de tomates.
- L'édition génomique possède le potentiel d'introduire rapidement et efficacement des résistances dans un grand nombre de variétés de tomates.
- La combinaison de différents mécanismes de résistance permettrait de renforcer la résistance de ces plants.

SDN1 : des gènes de susceptibilité ont été désactivés



Les variétés parcourent un long chemin entre l'innovation et les consommateurs



 Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Département fédéral de l'économie,
de la formation et de la recherche DEFR
Office fédéral de l'agriculture OFAG
Secteur Protection durable des végétaux et variétés

Un grand merci !