



-Consultation publique-

**Questionnaire sur les
Nouvelles Techniques
De sélection dans l'agriculture**

OFAG/OFEV

2017

Affiliation:

Domaine d'expertise:

Colza tolérant aux herbicides



Technique: Mutagénèse ponctuelle ODM

Cible: ALS (enzyme de synthèse des acides aminés)

Propriété: Colza tolérant aux herbicides (imidazolines)

Fabricant: CIBUS, PME américaine

UTILITÉ

Comment évalueriez-vous l'utilité de cet exemple pour:

	Aucun	Faible	Moyen	Elevé	
...l'agriculteur					Pourquoi?
...le transformateur					
...le consommateur					
...l'industrie					
...la recherche/innovation					
... l'environnement					

RISQUES

Comment évalueriez-vous les risques associés à cet exemple? Lesquels?

Elevé		Pourquoi?
Moyen		
Faible		
Aucun		

TRAÇABILITÉ

Dans quel(s) secteur(s) de la chaine de production une traçabilité serait-elle nécessaire?

Sélection	Agriculteur	Industrie agroalim.	Commerce	Consom.	Environ.	
						Pourquoi?

Colza «CIBUS» tolérant aux herbicides



Zoom-in : ODM (Oligonucleotide Directed Mutagenesis)

La méthode ODM a été développée il y a 10-15 ans et prends avantage des mécanismes naturels de réparation de l'ADN. Un oligonucléotide présentant une ou des mutations est utilisé comme «modèle» de réparation de l'ADN. L'oligonucléotide lui-même n'est pas inséré, mais le génome est modifié. Le taux de réussite de modification par ODM reste relativement faible et cette technique est en phase d'être remplacée par les techniques d'édition du génome utilisant des nucléases spécifiques (type CRISPR/Cas9). Quelques produits commerciaux, comme le colza ici donné comme exemple ont toutefois été autorisés pour la culture aux USA et au Canada.

Zoom-in : Résistance aux imidazolines (herbicides)

Dans le colza commercialisé par la compagnie CIBUS, deux mutations ponctuelles (substitution) ont été effectuée dans un gène codant pour une protéine responsable de la synthèse d'acides aminés: l'ALS (acetolactate synthase). L'ALS est un enzyme clé du métabolisme des plantes et est logiquement utilisé comme cible pour certains herbicides comme les sulfonyle-urées et les imidazolines. Les deux mutations ponctuelles du Colza CIBUS permettent à la plante de devenir insensible (résistante) à ces herbicides. On note que ces résistances peuvent parfois apparaître naturellement dans les champs après un usage long et intensif du même herbicide. Des programmes de sélection conventionnels ont aussi permis de mettre sur le marché des variétés résistantes aux imidazolines (tournesol par exemple).

En Suisse...

Aucune demande pour la commercialisation de colza Cibus n'a été effectuée à ce jour en Suisse. Aucun précédent à l'utilisation de lignée ODM n'est connu en Suisse. Par contre, certaines variétés -conventionnelles- tolérantes aux herbicides (betterave, tournesol) sont inscrites au catalogue.

Vaches sans cornes



Technique: Edition du génome (TALEN)

Cible: POLLED, gène du développement des cornes

Propriété: Vaches Holstein sans cornes (en préservant le fond génétique de la race)

Fabricant: Recombinetics Inc. (USA)

UTILITÉ

Comment évalueriez-vous l'utilité de cet exemple pour:

	Aucun	Faible	Moyen	Elevé	
...l'agriculteur					Pourquoi?
...le transformateur					
...le consommateur					
...l'industrie					
...la recherche/innovation					
... l'environnement					

RISQUES

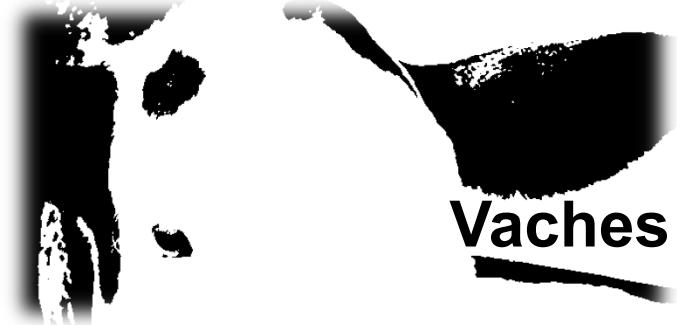
Comment évalueriez-vous les risques associés à cet exemple? Lesquels?

Elevé		Pourquoi?
Moyen		
Faible		
Aucun		

TRAÇABILITÉ

Dans quel(s) secteur(s) de la chaîne de production une traçabilité serait-elle nécessaire?

Sélection	Agriculteur	Industrie agroalim.	Commerce	Consom.	Environ.	
						Pourquoi?



Vaches sans cornes



Zoom-in : Gene editing avec TALEN

L'édition du génome réfère à l'ensemble des techniques de mutagenèse ciblées, c'est-à-dire les méthodes qui permettent une modification de l'ADN (insertion, substitution, délétion) à un locus précis dans le génome. On distingue trois grandes familles de techniques: TALEN, Zn-finger et CRISPR-Cas9. La dernière étant la technique la plus prometteuse en terme de flexibilité et de coûts.

TALEN (Transcription Activator-Like Effector Nucleases) utilise une famille de nucléases (protéine qui coupe l'ADN), nécessite un ajustement précis de sa séquence afin de permettre une grande spécificité. Le design fastidieux de la protéine ne fait une méthode peu rentable mais efficace.



Zoom-in : Les cornes en élevage et le gène POLLED

Enlever les cornes des vaches est pratiqué dans certains élevages afin d'éviter que les animaux se blessent, mais cette pratique pose des problèmes éthiques. Certaines races de vaches ont été sélectionnées de façon conventionnelle pour ne plus avoir de cornes (Angus, Jersey...). En Suisse, 73% des vaches laitières sont sans cornes. Un des gènes responsables pour la formation des cornes (POLLED1) a été identifié et son expression supprimé grâce à l'édition génétique. L'avantage de cette technique pour le sélectionneur est de ne pas perdre d'autres caractéristiques de la race lors d'une sélection conventionnelle («gene drag»).



En Suisse...

Aucun animal issu de modifications génétiques (OGM) ou produit d'édition du génome n'est connu en Suisse. Le cadre légal et les mesures de protections intellectuelles des descendants de tels animaux reste à définir. Si considéré comme OGM, de tels animaux seraient interdits en Suisse suivant la loi sur le génie génétique.

Spray contre le varroa des abeilles



Technique: Silencing (ARN interférence) en spray

Cible: Cocktail visant 5 gènes clés du développement de la mite *Varroa destructor*

Propriété: Spray qui tue les mites varroas responsables d'importants dégâts dans le essaims

Fabricant: The Hebrew University of Jerusalem

UTILITÉ

Comment évalueriez-vous l'utilité de cet exemple pour:

	Aucun	Faible	Moyen	Elevé	
...l'agriculteur					Pourquoi?
...le transformateur					
...le consommateur					
...l'industrie					
...la recherche/innovation					
... l'environnement					

RISQUES

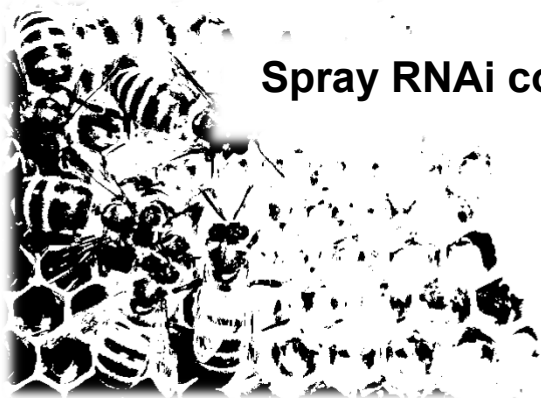
Comment évalueriez-vous les risques associés à cet exemple? Lesquels?

Elevé		Pourquoi?
Moyen		
Faible		
Aucun		

TRAÇABILITÉ

Dans quel(s) secteur(s) de la chaine de production une traçabilité serait-elle nécessaire?

Sélection	Agriculteur	Industrie agroalim.	Commerce	Consom.	Environ.	
						Pourquoi?



Spray RNAi contre les varroa des abeilles



Zoom-in : l'ARN interférence (ARNi)

L'interférence par ARN (ARNi) est une méthode indirecte de modification de l'expression d'un gène. Deux modes possibles d'action: intégration stable d'un fragment d'ADN qui va produire l'ARNi ou, comme ici, utilisation de l'ARNi directement sur la cible. Le spray anti-varroa n'agit pas par insertion d'un fragment d'ADN dans le génome, mais introduit dans la cellule de façon temporaire de petites molécules d'ARN qui permettent d'interférer avec le mécanisme de production des protéines (transcription) et de réduire l'expression d'un gène, et finalement la production de la protéine que ce gène code. L'ARNi utilise la machinerie cellulaire présente et importante pour le fonctionnement cellulaire. Il est important de noter que la spécificité de l'ARNi (20-23 nucléotides) utilisé dépend de son design et de l'organisme cible.



Zoom-in : Le varroa, parasite des abeilles mellifères

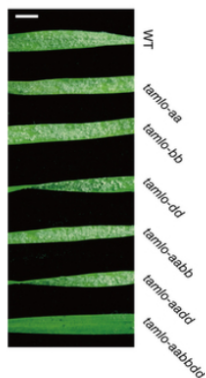
Le varroa est une mite parasite des abeilles mellifères qui a une très forte influence négative sur les essaims, et est en partie responsable du syndrome d'effondrement des colonies. La lutte contre le varroa passe par des mesures sanitaires visant à limiter les taux d'infections ou à sélectionner des variétés d'abeilles peu sensibles. Le varroa reste un fléau pour les apiculteurs et une éradication de ce parasite n'est pas envisageable à court-terme: des stratégies visant à limiter les dégâts causés aux essaims sont utilisées.



En Suisse...

Aucun spray insecticide à base d'acide nucléique n'est autorisé, en vente ou testé en Suisse à ce jour.

Blé résistant au mildiou (MLO-A1)



Technique: Edition du génome (CRISPR-Cas9)

Cible: Gène de résistance au mildiou (MLO)

Propriété: Mutation sur les trois génomes du blé d'un gène clé de la résistance au mildiou

Fabricant: Pioneer Hi-Bred International Inc.

UTILITÉ

Comment évalueriez-vous l'utilité de cet exemple pour:

	Aucun	Faible	Moyen	Elevé	
...l'agriculteur					Pourquoi?
...le transformateur					
...le consommateur					
...l'industrie					
...la recherche/innovation					
... l'environnement					

RISQUES

Comment évalueriez-vous les risques associés à cet exemple? Lesquels?

Elevé		Pourquoi?
Moyen		
Faible		
Aucun		

TRAÇABILITÉ

Dans quel(s) secteur(s) de la chaine de production une traçabilité serait-elle nécessaire?

Sélection	Agriculteur	Industrie agroalim.	Commerce	Consom.	Environ.	
						Pourquoi?



Blé résistant au mildiou (MLO-A1)

Zoom-in : Gene editing avec CRISPR-Cas9

L'édition du génome réfère à l'ensemble des techniques de mutagenèse ciblées, c'est-à-dire les méthodes qui permettent une modification de l'ADN (insertion, substitution, délétion) à un locus précis dans le génome. On distingue trois grandes familles de techniques: TALEN, Zn-finger et CRISPR-Cas9. La dernière étant la technique la plus prometteuse en terme de flexibilité et de coûts.

Le développement très rapide de l'édition par CRISPR/Cas9 et outils comparables rend difficile les prédictions d'évolution dans ce domaine: on s'attend à des modifications plus spécifiques (par ex. réduction des mutations non-souhaitées), multiples et beaucoup plus diverses.

Zoom-in : Le mildiou, agent pathogène majeur du blé

Le mildiou est une maladie fongique provoquée par *Blumeria graminis* et induit des lésions sur les feuilles du blé et est un des facteurs principaux des baisses de la qualité et du rendement (jusqu'à 25% de réduction du rendement, source: USDA). Il affecte les plantes sur des parcelles humides souvent l'hiver.

La mutation du gène MLO (Mildew-resistant locus) dans le blé est un exemple particulier d'application de l'édition génétique, car on a pu modifier simultanément les trois génomes du blé (A, B et D) ce qui serait très difficile par sélection conventionnelle. Cette triple mutation seule permet une résistance au champignon suffisante pour en faire un trait agronomique potentiellement efficace.

En Suisse...

Aucune plante produite par CRISPR n'est autorisée, cultivée ou annoncée en Suisse.

Blé sans gluten



Technique: Edition du génome (CRISPR-Cas9)

Cible: Une enzyme de la synthèse des gliadines (famille de protéine du gluten) a été inactivée.

Propriété: Les produits issus (farine...) sont sans ou avec de très faibles quantités de gluten

Fabricant: Institute for Sustainable Agriculture. Espagne

UTILITÉ

Comment évalueriez-vous l'utilité de cet exemple pour:

	Aucun	Faible	Moyen	Elevé	Pourquoi?
...l'agriculteur					
...le transformateur					
...le consommateur					
...l'industrie					
...la recherche/innovation					
... l'environnement					

RISQUES

Comment évalueriez-vous les risques associés à cet exemple? Lesquels?

Elevé		Pourquoi?
Moyen		
Faible		
Aucun		

TRAÇABILITÉ

Dans quel(s) secteur(s) de la chaine de production une traçabilité serait-elle nécessaire?

Sélection	Agriculteur	Industrie agroalim.	Commerce	Consom.	Environ.	Pourquoi?

Blé sans gluten



Zoom-in : Gene editing avec CRISPR-Cas9

L'édition du génome réfère à l'ensemble des techniques de mutagenèse ciblées, c'est-à-dire les méthodes qui permettent une modification de l'ADN (insertion, substitution, délétion) à un locus précis dans le génome. On distingue trois grandes familles de techniques: TALEN, Zn-finger et CRISPR-Cas9. La dernière étant la technique la plus prometteuse en terme de flexibilité et de coûts.

Le développement très rapide de l'édition par CRISPR/Cas9 et outils comparables rend difficile les prédictions d'évolution dans ce domaine: on s'attend à des modifications plus spécifiques (par ex. réduction des mutations non-souhaitées), multiples et beaucoup plus diverses.

Zoom-in : Maladie cœliaque et blé sans gluten

Le processus de panification du blé implique un ensemble de protéines dont le gluten. Une famille spécifique de protéines du gluten, les gliadines sont responsables d'intolérance ou d'allergie. On estime à 1% de la population européenne (et suisse), la proportion de personnes présentant des troubles liés au gluten. La boulangerie «sans gluten» est un secteur en croissance d'environ 7% par an en Europe. Le problème est de savoir, comme c'est le cas pour beaucoup d'aliments de ce type, si une réduction de la teneur en gluten est suffisante.

En Suisse...

En Suisse, aucune lignée de blé sans gluten n'est autorisé/répertorié/développée.

Sélection de pommes par «Fast Breeding»



- Technique:** Transgénèse transitoire (modification absente du produit final)
- Cible:** Modification du temps de la floraison par variation de l'expression de gènes régulateurs
- Propriété:** La construction transgénique est éliminée au cours du processus de sélection.
- Fabricant:** Brevets pour la construction transgénique

UTILITÉ

Comment évalueriez-vous l'utilité de cet exemple pour:

	Aucun	Faible	Moyen	Elevé	
...l'agriculteur					Pourquoi?
...le transformateur					
...le consommateur					
...l'industrie					
...la recherche/innovation					
... l'environnement					

RISQUES

Comment évalueriez-vous les risques associés à cet exemple? Lesquels?

Elevé		Pourquoi?
Moyen		
Faible		
Aucun		

TRAÇABILITÉ

Dans quel(s) secteur(s) de la chaine de production une traçabilité serait-elle nécessaire?

Sélection	Agriculteur	Industrie agroalim.	Commerce	Consom.	Environ.	
						Pourquoi?



Pommiers sélectionnés par «Fast-breeding»

Zoom-in : Fast-breeding et techniques associées

Le principe du «fast-breeding» est d'utiliser une construction transgénique de façon temporaire, c'est-à-dire absente du produit final. Le transgène, ou la modification du génome utilisée (d'autres techniques pourraient être utilisées), va modifier le cycle de floraison de l'arbre. L'insertion du transgène peut utiliser toutes les techniques «classiques» de la production d'OGM comme l'insertion par *Agrobacterium*, la régénération de callus ou le bombardement de particules.

Zoom-in : Le (long) processus de sélection variétale

Généralement, le processus de sélection pour une variété de pomme est long, dû à la longueur du stade juvénile (5-7 ans avant de pouvoir caractériser les variétés). La découverte de certains gènes responsables de l'induction de la floraison (LFY, FT) a permis d'envisager l'utilisation de variétés intermédiaires sur-exprimant ce gène et raccourcirait le temps entre les générations. Le produit final qui serait issu d'une telle sélection ne contiendrait plus de transgène, car une fois le processus de sélection terminé, la construction influençant le temps de floraison serait alors éliminée par croisement. Le produit final ne contiendrait plus d'ADN exogène.

L'utilisation d'une telle stratégie reste limitée par 1) la capacité à générer des plantes transgéniques qui varie suivant chaque espèce, 2) le peu de compétitivité par rapport aux nouvelles stratégies d'édition du génome.

En Suisse...

Aucune plante produite par Fast breeding n'est autorisée ni cultivée en Suisse. Agroscope a fait savoir que des variétés de pommiers utilisant le «fast-breeding» ont été développées et seraient en principe «prête à l'emploi», dans un programme comme par exemple la recherche de résistance contre le feu bactérien.