

Innovations dans la pomme de terre

Maxime Bastien

Colloque sur la pomme de terre

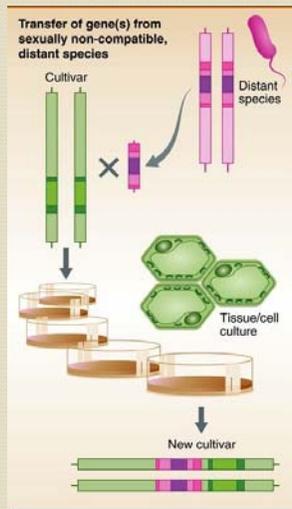
Lévis, 20 novembre 2015

Plan de la présentation

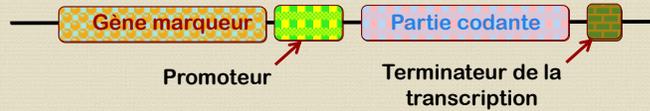
- **Biotechnologies en amélioration génétique: transgénèse, cisgénèse & intragénèse**
 - Qu'est-ce que c'est?
 - Réglementation
 - Perception du public
- **Nouvelles applications des marqueurs moléculaires**
 - Rétrocroisements assistés par marqueurs
 - Test d'identification de variétés
- **Semence hybride chez la pomme de terre?**



Transgénèse

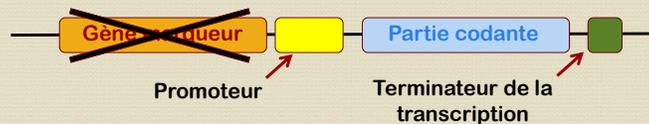
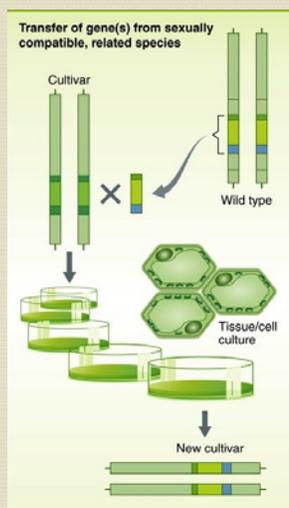


Source: Hunter, P. 2014. EMBO reports (2014) embr.201338365



- Transgène provient d'une espèce éloignée génétiquement
- Gène marqueur (résistance aux antibiotiques)
- Chaque élément peut être modifié
- Ex: Atlantic, Superior, Shepody et Russet Burbank NewLeaf™
 - Résistance au doryphore
 - Résistance au VEPT & PVY

Cisgénèse



- Pas de gène marqueur
- Source du cisgène: PdT cultivée ou sauvage
- Séquence du gène sauvage rentrée telle quelle dans la plante cultivée
- Gain énorme de temps
- Nouvelle variété quasi identique à la variété d'origine
- Exemple: PdT Innate™ de Simplot

Cisgénèse - PdT Innate™ de Simplot

- Ranger Russet, Russet Burbank, Atlantic + 2 autres
- Quatre gènes inactivés (interférence ARN)
- Gènes *Ppo5* et *Asn1*
 - ↓ Brunissement
 - ↓ Acrylamide (cancérogène) à la cuisson
- Gènes *PhL* et *R1*
 - ↑ Durée d'entreposage
 - ↓ Sucres réducteurs (brunissement à la cuisson)
- Approuvée par le USDA (2014-11-10) la FDA (2015-03-20)
- En cours d'évaluation par l'ACIA et Santé Canada



Cisgénèse - PdT Innate™ Russet Burbank W8 de Simplot

- Tous les caractères de la première génération en plus efficace
 - ↑ Durée d'entreposage
 - ↓ Acrylamide et sucres réducteurs à la cuisson
- Gène *Rpi-vnt1* de *S. venturii* pour la résistance au mildiou
- Approuvée par le USDA (2015-09-02)
- En attente d'une approbation de la FDA et de la EPA
- Encore rien au Canada

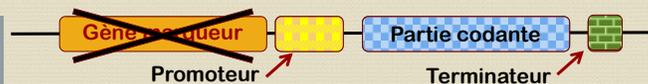
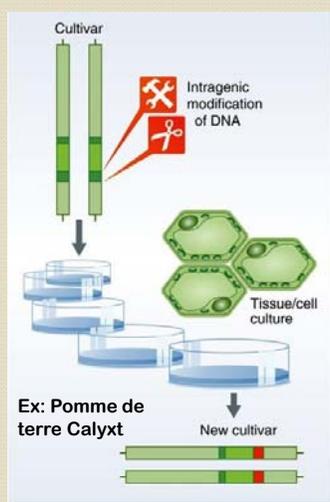
Cis/Transgénèse - Résistance au mildiou

- Un gène de résistance au mildiou intégré en solo chez la PdT par croisements => toujours rapidement surmonté par le champignon
- **Solution combiner plusieurs gènes de résistance au sein d'une variété**
- **Trois gènes de résistance provenant d'espèces sauvages (*S. stoloniferum*, *S. venturii* et *S. bulbocastanum*) insérés chez le cultivar Desiree par trans/cisgénèse**
- **Clones de Desiree porteurs de ces gènes non affectés par le mildiou à deux sites sur deux ans**



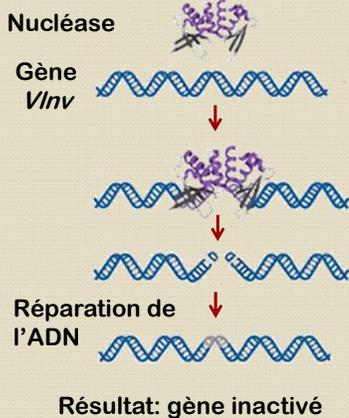
Heasert *et al.*, 2015. *Crop Protection* 77: 163-175

Intragenèse



- **Synonymes: édition génomique et amélioration génétique de précision**
- **Plusieurs méthodes: TALEN, CRISPR, ZFN, etc...**
- **Pas de gène marqueur**
- **Source du nouveau caractère: espèce compatible sexuellement**
- **Chaque élément peut être modifié en restant dans la même espèce**

Intragenèse - PdT à teneur réduite en acrylamide de Calyxt



- **Variété: Ranger Russet**
 - **Quatre copies du gène inactivées**
 - Copie 1-2-3: délétion de quatre pb
 - Copie 4: délétion de 17 pb
 - **Aucune autre trace sur l'ADN**
 - **Proportion du génome modifiée: 0,000001%**
- => Pas un OGM pour le USDA
- => VCN au Canada?

Adapté de
<http://www.calyxt.com/technology/targeted-genome-editing/>

Réglementation – Union Européenne

« L'union européenne devrait réglementer le caractère agronomique spécifique et/ou le produit plutôt que la technologie utilisée pour le développer »

« Nous demandons que les législateurs européens confirment que les produits des nouvelles méthodes d'amélioration génétiques, lorsqu'elle n'impliquent pas d'ADN étrangers, ne soient pas réglementés comme les OGM. »

European Academies Science Advisory Council, Juillet 2015.

Réglementation – États-Unis

U.S. to review agricultural biotech regulations

New gene-editing methods challenge old framework

Science 10 juillet 2015

« En raison de leur approche basée sur le produit, les organismes réglementaires américains vont probablement examiner les applications [des nouvelles variétés issues des biotechnologies] au cas par cas »

Schuttelaar & Partners, 2015. The regulatory status of new breeding techniques in countries outside the European Union

Réglementation Canada - Végétaux à caractères nouveaux

« Un VCN est une plante qui contient un caractère nouveau pour l'environnement canadien et susceptible de compromettre l'utilisation spécifique et la sécurité de la plante, sur le plan de l'environnement et de la santé humaine. Les caractères peuvent être introduits en ayant recours à la biotechnologie, à la mutagenèse ou à des techniques classiques de reproduction. »

→ Transgénie, cisgénie, intragénie: régies par cette loi

Source: ACIA. <http://www.inspection.gc.ca/vegetaux/vegetaux-a-caracteres-nouveaux/fra/1300137887237/1300137939635>

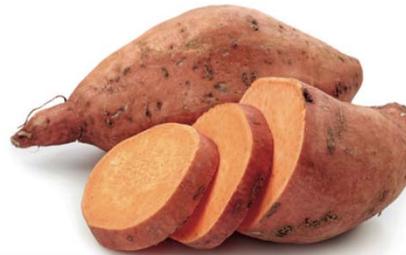
Perception du public face aux biotechnologies

Sweet! A naturally transgenic crop

One of the world's most important staple crops, the sweet potato, is a naturally transgenic plant that was genetically modified thousands of years ago by a soil bacterium. This surprising discovery may influence the public view of GM crops.

Jonathan Jones

Strains of bacteria from the genus *Agrobacterium* have a well-characterized and widely utilized capacity to introduce DNA into plant cells'. The transferred DNA (T-DNA) is specified by short left and right border sequences, and is delivered from the bacterium into plant cells by a mechanism that evolved from bacterial conjugation'. Essentially, the bacteria have sex with the plant. The bacteria-derived genes perturb plant hormonal balances causing tumour-like galls, and also modify plant metabolism to support bacterial growth, by forcing the plant to produce sugar-amino acid conjugates called opines that can only be used as nutrients by agrobacteria. Previously, using less-refined methods, some evidence



JINA SCHWEITZER/ISTOCKPHOTO

Source: Jones, J. Nature Plants Juin 2015

Perception du public

Revisiting GMOs: Are There Differences in European Consumers' Acceptance and Valuation for Cisgenically vs Transgenically Bred Rice? Delwaide *et al.* PLoS One. 14 mai 2015



randrewohge.wordpress.com/2015/09/01/simplot-innate-potato-approved-by-usda-for-production/

- Chez 4 pays sur 5 à l'étude, la cisgénèse serait plus acceptable pour les consommateurs que la transgénèse
- Les consommateurs français seraient prêts à payer plus pour un riz cisgénétique ayant des bienfaits pour l'environnement



www.sodahead.com/living/gm-potatoes-heading-to-a-store-near-you/question-2265527/

Perception du public

Feasibility of new breeding techniques for organic farming

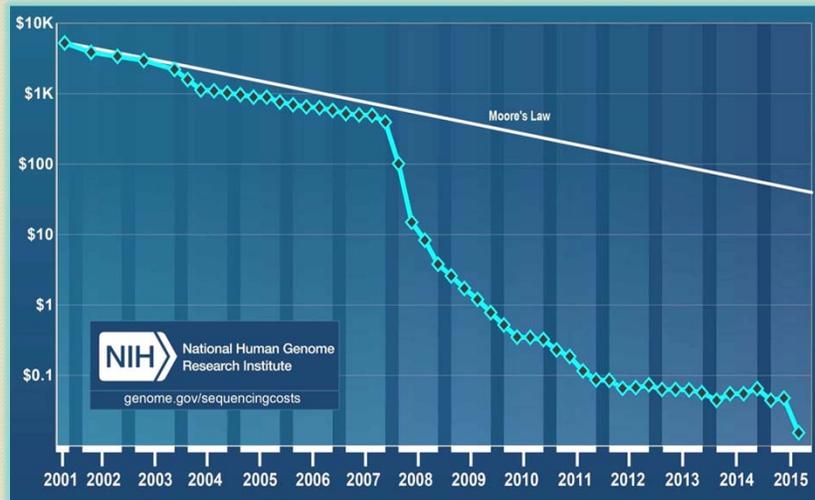
Andersen *et al.* Trends in Plant Science, juillet 2015

« au fur et à mesure que les technologies évoluent, il est loin d'être évident que toutes les formes de technologies, en particulier celles qui impliquent une forme de modification génétique au sens large, devraient être jugées incompatibles avec l'agriculture biologique »

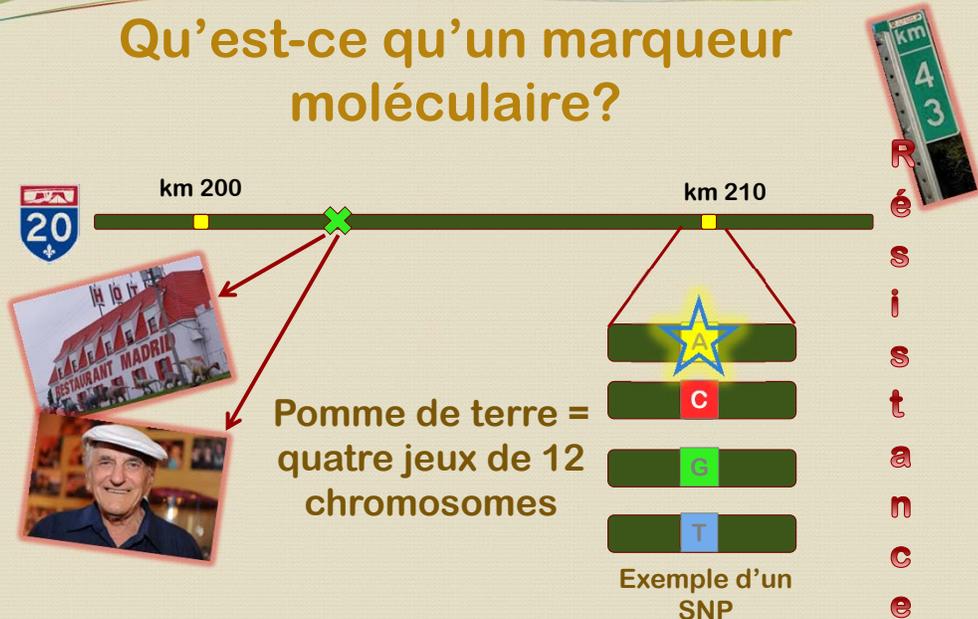
Nouvelles applications des marqueurs moléculaires



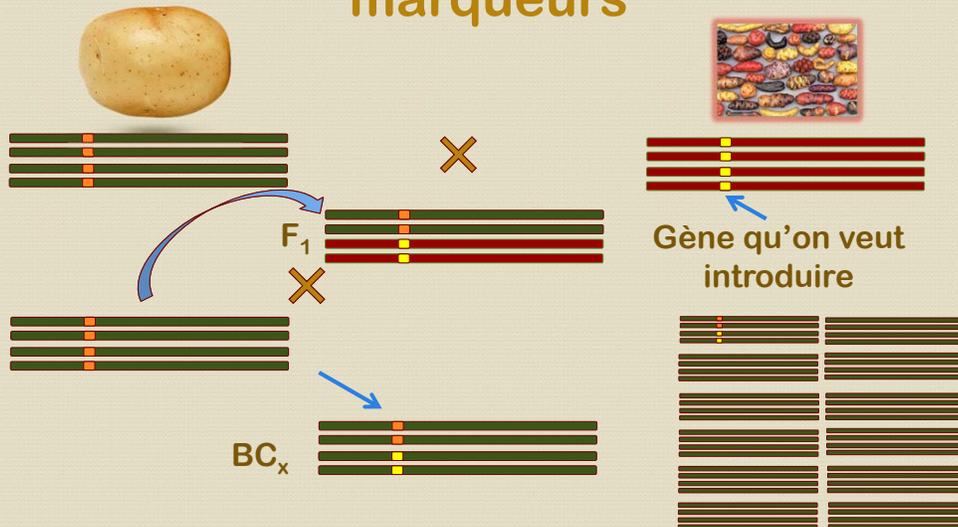
Coûts du séquençage de l'ADN (par Mb)



Qu'est-ce qu'un marqueur moléculaire?



Rétrocroisements assisté par marqueurs



Rétrocroisements assistés par marqueurs

- Ancienne méthode
 - Peu de marqueurs < 5
 - Travail seulement le gène qu'on veut introduire
 - Long processus
- Nouvelle méthode (Genotyping By Sequencing)
 - Milliers de marqueurs
 - Travail sur toute la séquence d'ADN
 - Processus raccourci
- Démontré à l'Université Laval (Fortin, 2013)



ou

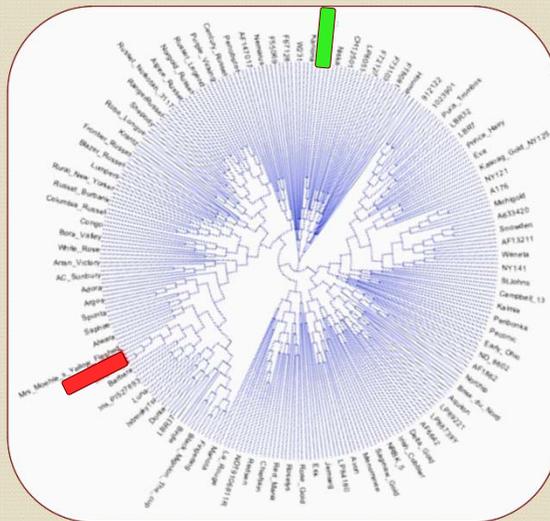


Test d'identification d'un clone inconnu

- Août 2015
- Producteur québécois
- Clone inconnu dans le champ d'un clone pour la transformation
- Semence certifiée
- \$\$\$
- «Qu'est-ce qui pousse dans mon champ?»

Test d'identification d'un clone inconnu

- Récolte de feuilles
- Extractions d'ADN
- Génotypage: **39 485** marqueurs
- Comparaison du clone inconnu avec une collection de 290 clones
- Résultat: 2 variétés différentes mais identité inconnue car pas dans la collection



Semences hybride de pomme de terre?

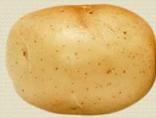
- Production de semence de haute classe grandement accélérée
- **↑ Contrôle phytosanitaire**
- **↓ Coûts de transport**
 - 30 g semence = 2500 kg tubercules!
- **↓ Coûts de production**
- **Beaucoup plus facile pour la recherche en génétique**
- Nouvelle façon de produire la PdT de semence



Source: PotatoPro.com

Semence hybride de PdT

Défis à surmonter



Parent 1



Parent 2

F₁



Parent 1



Parent 2

F₁



Projet Spore to spud



Conclusions

- La biotechnologie est incontournable en pomme de terre. Des innovations permettront prochainement de:
 - Nourrir la planète et relever les défis des changements climatiques (résistance à la sécheresse, salinité...)
 - Diminuer les effets sur environnement par l'amélioration génétique (↓ pesticides & d'engrais)
 - Effet sur la santé humaine (acrylamide, etc...)
- Perception du public face aux biotechnologies évolue
- Au moment où les gouvernements se désengagent du financement de la recherche, il est crucial que la filière pomme de terre comble ce vide pour assurer sa viabilité et compétitivité à moyen et long terme

