

# Stockage des variétés industrielles



par Margot Visse-Mansiaux

margot.visse  
@agroscope.admin.ch



et Brice Dupuis

brice.dupuis  
@agroscope.admin.ch

## Alternatives au CIPC à l'étude

*Stockées à des températures de l'ordre de 8°C pour éviter l'altération de leurs qualités lors des processus de friture, les variétés de pommes de terre destinées à être transformées en frites ou en chips voient leur métabolisme accéléré, ce qui peut conduire à leur germination après quelques semaines pour certaines variétés.*

*Suite au retrait du CIPC (chlorprophame), il est nécessaire de disposer d'autres molécules anti-germinatives qui soient faciles d'usage, peu onéreuses, compatibles pour le stockage des variétés industrielles et surtout efficaces pendant plusieurs mois.*

*Dans le cadre de sa thèse menée au centre de recherche agronomique suisse Agroscope, Margot Visse-Mansiaux a exploité des essais conduits sur le site du centre mais aussi dans les locaux de stockage de l'entreprise Fenaco. Les spécialités Dormir® (1,4-Diméthyl-naphtalène (1,4-DMN)), le Smartblock® (3-decen-2-one), les huiles essentielles Biox-M® (L-carvone) et Argos® (limonène), l'éthylène seul ou en combinaison avec le produit SmartFresh™ (1-méthylcyclopropène (1-MCP)) ont été testées, de même que l'hydrazide maléique qui s'utilise en application foliaire au champ. Cet article présente les caractéristiques et efficacités de ces spécialités, déjà homologuées ou en attente d'homologation en Europe.*



Les variétés pour l'industrie, comme ici Agria, stockées à environ 8°C, ont particulièrement besoin d'antigerminatif.

**D**epuis des dizaines d'années, le CIPC a été le produit anti-germinatif le plus utilisé sur pommes de terre en raison de sa grande efficacité et de son prix bas. Suite à la réévaluation du dossier toxicologique du CIPC, la commission européenne a pris la décision d'interdire sa commercialisation à partir du 1<sup>er</sup> janvier 2020. Selon Michel Martin, Arvalis - Institut du végétal, la date butoir pour l'utilisation des stocks de CIPC varie en fonction des pays. En France, la date du 8 août 2020 a été fixée et, à partir de cette date, il ne sera plus possible d'utiliser des produits à base de CIPC. La saison de stockage 2020-2021 doit donc se faire sans CIPC pour la France et la plupart des pays en Europe.

Pour le marché du frais, le stockage à basse température (< 5°C) permet de retarder la germination des pommes de terre. En revanche, pour les variétés industrielles destinées à être transformées en chips ou en frites, le stockage à basse température représente un risque d'altération de la qualité des tubercules stockés. En effet, pour la plupart des variétés industrielles,

les basses températures conduisent à une augmentation de la teneur en sucres réducteurs dans la pomme de terre. Lors du processus de friture, un taux important de sucres réducteurs engendre un brunissement des produits transformés et la production de composés toxiques tels que l'acrylamide, ces deux phénomènes rendent les pommes de terre impropres à la transformation. Par conséquent, les variétés industrielles doivent être stockées à des températures plus élevées qui avoisinent habituellement les 8°C. À cette température, le métabolisme de la pomme de terre est accéléré et la germination survient après quelques semaines pour certaines variétés. Afin de maintenir des stocks de pommes de terre de bonne qualité pendant plusieurs mois, il est donc nécessaire de trouver des molécules anti-germinatives pour remplacer le CIPC qui soient faciles d'usage, peu onéreuses, compatibles pour le stockage des variétés industrielles et surtout efficaces pendant plusieurs mois.

### Essais conduits entre 2015 et 2019

Afin de répondre à cette problématique, des essais ont été réalisés en Suisse au centre de recherche agronomique Agroscope mais aussi dans les locaux de stockage de l'entreprise Fenaco. Plusieurs produits de traitements post-récolte ont été testés (voir tableau page suivante), à savoir le produit Dormir® (1,4-Diméthylnaphtalène (1,4-DMN)), le Smartblock® (3-decen-2-one), les huiles essentielles Biox-M® (L-carvone) et Argos® (limonène), l'éthylène seul ou en combinaison avec le produit SmartFresh™ (1-méthylcyclopropène (1-MCP)). L'éthylène était synthétisé à partir d'éthanol grâce à une génératrice de la marque Restrain (firme: Restrain Company Ltd). L'efficacité du Fazor® (hydrazide maléique) a également

été évaluée. Ce produit s'utilise en application foliaire au champ. Différentes variétés à frites et à chips ont été utilisées pour ces essais telles que Agria, Bintje, Fontane, Innovator, Lady Claire, Markies, Panda, Pirol et Verdi. Plusieurs essais ont été conduits entre 2015 et 2019 avec au minimum deux années de test par molécule testée. Selon les essais, nous avons testé les produits en conditions contrôlées (200 kg de pomme de terre), semi-industrielles (5 tonnes) ou industrielles (> 300 tonnes) et les produits ont été appliqués selon les recommandations des fournisseurs lorsque ces recommandations étaient disponibles (voir tableau page suivante). Les essais en conditions contrôlées ont été réalisés dans des unités de stockage automatisées et indépendantes développées par Agroscope et permettant de tester les produits dans des conditions de stockage identiques (voir photo page 60). Pour les essais impliquant la diffusion d'éthylène, les tubercules témoins et les tubercules traités étaient disposés dans deux chambres froides distinctes.

### Modalités de l'expérimentation

Afin d'évaluer l'efficacité des molécules, nous avons observé la germination après 5 mois de stockage à 8°C en pesant les germes de 25 tubercules traités avec les différents produits. Nous avons calculé l'efficacité des produits pour contrôler la germination en comparant ces poids de germes au poids des germes du témoin non traité.

Pour chaque année d'essai, les pommes de terre d'une variété donnée provenaient du même lot, excepté pour la première année de l'essai visant à évaluer l'efficacité des huiles essentielles (Biox-M® et Argos®), où les pommes de terre traitées et les pommes de terre témoins provenaient de deux lots distincts.

### Pommes de terre traitées avec les différents produits de l'essai "produits de synthèse" après 5 mois de stockage à 8°C pour la variété Verdi



Efficacité des spécialités

Matière active	Noms commerciaux des produits utilisés dans nos essais	Dosage et fréquence	Méthode d'application	Dispositif	Nombre de variétés testées	Efficacité (% par rapport au témoin)
<b>Essai " produits de synthèse "</b>						
CIPC	Neo-Stop Starter®	60 ml / tonne, 1 fois à l'entrée au stockage	Pulvérisation	Conditions contrôlées (200 kg)	9	100
3-decen-2-one	SmartBlock®	100 ml / tonne, 4 fois dans la saison	Nébulisation à chaud		9	86
1,4-DMN	1,4 Sight® ou Dormir® selon les pays	20 ml / tonne, toutes les 6 semaines	Nébulisation à chaud		9	81
<b>Essai " huiles essentielles "</b>						
Limonène (huile essentielle d'orange)	Argos®	100 ml / tonne toutes les 3 semaines	Nébulisation à chaud	Conditions semi-industrielles (année 1, 5 tonnes) et industrielles (année 2, > 300 tonnes)	3	91*
L-carvon (huile essentielle de menthe)	Biox-M®	90 ml puis 30 ml / tonne toutes les 3 semaines	Nébulisation à chaud		3	85*
<b>Essai " éthylène "</b>						
Éthylène	Générateur Restrain (= système d'application de la firme Restrain Company Ltd)	10 ppm en continu	En gazage avec le générateur Restrain	Conditions contrôlées (200 kg)	4	60
Éthylène + 1-MCP	Générateur Restrain (= système d'application de la firme Restrain Company Ltd) + SmartFresh™	10 ppm en continu (éthylène) + 2 g de 1-MCP/20ml d'eau une fois par mois	En gazage avec le générateur Restrain + le 1-MCP a été diffusé par dilution d'une poudre dans de l'eau distillée		4	61
<b>Essai " traitement au champ "</b>						
Hydrazide maléique	Fazor®	5 kg/ha sur calibre de taille supérieure à 25-30 mm, au plus tard 21 jours avant la récolte	Application foliaire au champ	Conditions contrôlées (200 kg)	9	93

Efficacité des différents produits testés par rapport au témoin non traité après 5 mois de stockage à 8°C et informations sur les méthodes, fréquences et dosages suivis pour l'application des produits dans nos essais (\* pour une des années d'essai, le témoin venait d'un lot différent).

Le CIPC a permis un excellent contrôle de la germination après 5 mois de stockage à 8°C et reste le produit le plus efficace parmi tous les produits que nous avons testé. En effet, tous les tubercules traités au CIPC dans le cadre de nos essais n'ont pas développé de germes après 5 mois de stockage (100 % d'efficacité). Les autres produits testés ne se sont pas avérés aussi efficaces mais permettent néanmoins un très bon contrôle

de la germination (voir tableau ci-dessus). Les produits SmartBlock® et Dormir® se sont avérés très efficaces pour contrôler le poids des germes avec respectivement 86 et 81 % d'efficacité. Le produit SmartBlock® a montré une action curative en brûlant les germes. 24 heures après le traitement, les germes étaient nécrosés de la base jusqu'à l'apex et complètement desséchés (voir pommes de terre page précédente).

Les huiles essentielles ont également permis un très bon contrôle de la germination avec en moyenne 91 % d'efficacité pour l'Argos® et 85 % pour le Biox-M®. Dans nos essais en conditions semi-industrielles, nous avons observé qu'Argos® était plus efficace sur la variété Verdi qui a présenté un taux de germination 3 fois plus important avec le Biox-M®.

Le Biox-M® a une efficacité comparable à celle de l'Argos®, toutefois la dose généralement recommandée pour le Biox-M® (voir tableau ci-contre) semble insuffisante pour assurer le contrôle de la germination de certaines variétés industrielles stockées à 8°C.

Nous avons observé que les huiles essentielles que nous avons testées provoquent des nécroses de germes. Toutefois, dans nos essais, ces nécroses restaient localisées sur la partie apicale des germes et n'ont pas engendré un dessèchement de la totalité du germe comme observé avec le SmartBlock®.

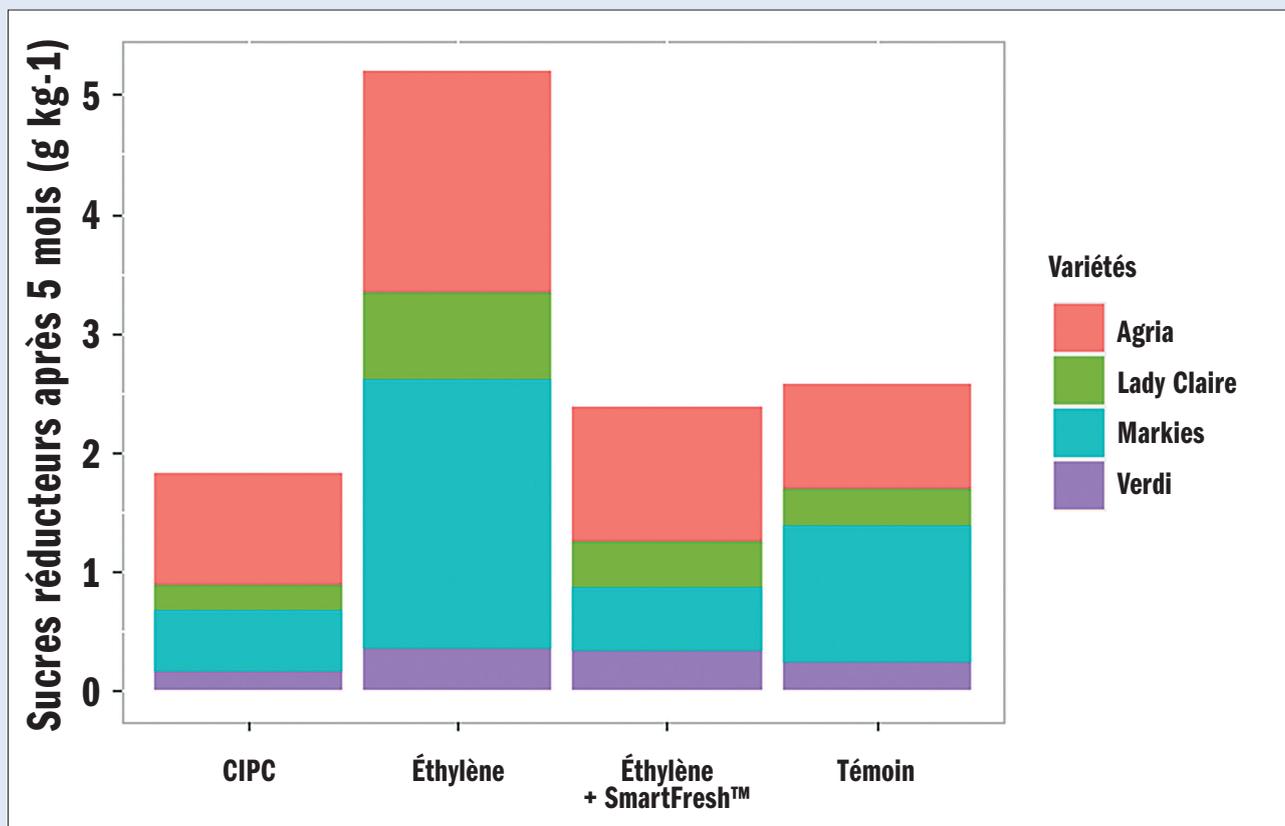
Enfin, l'éthylène utilisé seul ou en combinaison avec le SmartFresh™ a permis un contrôle de la germination avec 60 % d'efficacité pour l'éthylène seul et 61 % pour l'éthylène combiné au SmartFresh™ (voir tableau ci-contre). Il est possible que l'efficacité de l'éthylène ait été légèrement sous-évaluée dans le cadre de nos essais. En effet, notre dispositif expérimental (photo page 60)

ne permettait pas une exposition des tubercules à une concentration constante d'éthylène, ce qui est habituellement préconisé avec cette molécule.

Pour cet essai, nous avons analysé le taux de sucres dans les tubercules après 5 mois de stockage. En effet, l'éthylène est une hormone végétale impliquée dans les processus de vieillissement qui peut induire une augmentation de la teneur en sucres réducteurs des tubercules durant le stockage (glucose + fructose). Les analyses de sucres réducteurs ont été réalisées dans le laboratoire de la firme Zweifel. Les tendances montrent que les variétés Verdi et Lady Claire ont des taux de sucres réducteurs relativement bas après 5 mois de stockage, même lorsque les pommes de terre sont stockées sous atmosphère riche en éthylène (voir graphique ci-dessous). En revanche, les variétés Agria et Markies, ont des taux de sucres beaucoup plus importants lorsqu'elles sont stockées sous éthylène, il est donc recommandé de réaliser un test de sucres réducteurs et/ou de friture avant de transformer des stocks de variétés industrielles stockés sous éthylène.

Combiner les traitements à l'éthylène avec des traitements au SmartFresh™ permet de réduire le taux de sucres réducteurs pour les variétés sensibles au sucrage sous éthylène (voir graphique ci-dessous).

**Taux de sucres réducteurs dans les pommes de terre traitées avec différents produits après 5 mois de stockage à 8°C (données pour 1 année ou 2 années moyennées selon les variétés)**



En effet, si l'on compare le taux de sucres dans les tubercules d'Agria et de Markies traités avec la combinaison éthylène et SmartFresh™ avec le taux de sucres des tubercules traités uniquement avec l'éthylène, nous observons en moyenne une concentration plus faible en sucres avec la combinaison des produits (voir graphique page 59). Cependant, étant donné que le SmartFresh™ n'est pas homologué pour le stockage des pommes de terre en Europe, il n'est actuellement pas possible d'avoir recours à son utilisation pour réduire les risques de sucrage.

Réaliser un traitement au champ avec l'hydrazide maléique permet également de contrôler très efficacement la germination pendant le stockage. En effet, dans notre essai, l'hydrazide maléique a montré une efficacité de 93 % sur le contrôle du poids des germes après 5 mois de stockage à 8°C (voir tableau page 58). Pour permettre une efficacité optimale du produit, son application doit répondre à des critères très stricts. Il s'applique lorsque les tubercules ont atteint un diamètre de 25 mm et ceci quelle que soit la variété. De plus, il doit être appliqué par temps sec, sans précipitations pendant les 24 heures qui suivent son application afin de faciliter sa pénétration dans la plante. Contrairement au CIPC, la nature systémique de l'hydrazide maléique implique que les résidus se retrouvent dans la chair du tubercule et ne seront donc pas éliminés lorsque les pommes de terre seront épluchées avant transformation



© Mergat Vasse - Hensiaux

Unité expérimentale automatisée permettant le stockage de 200 kg de pommes de terre.

(données non présentées). Toutefois, l'homologation du produit a été renouvelée par l'UE jusqu'en 2032 avec une limite maximale de résidus bien plus élevée que les quantités habituellement détectées dans les tubercules issus de plantes traitées avec ce produit (LMR = 60 mg/kg).

## Conclusions

En résumé, toutes les molécules testées dans le cadre de nos essais ont permis de contrôler efficacement la germination mais avec des niveaux d'efficacité divers (voir tableau page 58). On notera toutefois que les niveaux d'efficacité obtenus ne sont pas forcément comparables entre les dispositifs. En effet, nous avons observé que certains produits présentaient une efficacité généralement moindre dans nos essais en conditions contrôlées (données non publiées).

L'avantage des produits SmartBlock® et Dormir® est qu'ils ne nécessitent pas une fréquence d'application trop importante pour permettre le contrôle de la germination. En effet, le produit Dormir® s'applique toutes les 6 semaines et le produit SmartBlock® s'applique dès l'apparition des germes et avec au maximum 4 applications pendant la saison de stockage (voir tableau page 58). À titre de comparaison, les huiles essentielles s'appliquent habituellement toutes les 3 ou 4 semaines dès la cicatrisation des tubercules et pendant toute la durée du stockage. Le SmartBlock® présente l'avantage d'agir de manière curative et permet donc de "sauver" des stocks de pommes de terre déjà germés. Ceci à condition que les germes ne soient pas trop développés, c'est-à-dire d'une taille inférieure à 3 mm. Étant donné que le SmartBlock® s'applique dès l'apparition des premiers germes, ce produit impose de stocker dans une même cellule des variétés avec des durées de dormances comparables afin d'avoir un contrôle optimal de la germination. L'avantage du produit Dormir® est qu'il est déjà homologué dans beaucoup de pays européens, tandis que le produit SmartBlock® ne l'est pas encore. Selon la firme AMVAC Chemical Corporation, détentrice du produit, le produit SmartBlock® devrait arriver sur le marché européen en 2022. Les huiles essentielles et l'éthylène ont l'avantage d'être compatibles avec le cahier des charges de l'agriculture biologique. L'avantage de l'éthylène est son prix relativement bas. Selon Michel Martin d'Arvalis (rapport CNIPT N°1008, 2012), les coûts liés à l'utilisation de l'éthylène seraient comparables à ceux du CIPC. Enfin, la pulvérisation du Fazor® au champ permet d'assurer un bon contrôle de la germination sans nécessité de réaliser d'autres traitements durant le stockage.

En effet, les résultats préliminaires d'essais menés par Agroscope montrent une efficacité équivalente du Fazor® seul ou en combinaison avec les autres molécules précitées (données non présentées).

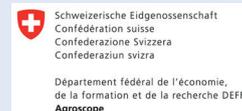
### Variétés peu sensibles au sucrage

Pour éviter la germination des variétés industrielles, d'autres solutions peuvent également être envisagées. Agroscope travaille actuellement sur l'identification de variétés industrielles (frites et chips) peu sensibles au sucrage à basse température (4°C) qui pourraient alors être transformées sans risques de brunissement et de production d'acrylamide. À titre d'exemple, les variétés Verdi, Lady Claire et Kiebitz sont peu sensibles au sucrage lors d'un stockage au froid. Agroscope évalue également l'effet du reconditionnement en température, c'est-à-dire une élévation graduelle de la température de 4 à 15°C, sur le taux de sucres dans les tubercules. Nous avons observé que cette méthode permet de diminuer de manière significative le taux de sucres réducteurs dans les tubercules. Agroscope a également développé un modèle

de dormance permettant de prédire la date de germination d'une variété donnée pour une année donnée, en fonction des paramètres météo pendant la saison de croissance. Ces travaux seront publiés prochainement.

Pour faire face à l'interdiction du CIPC, il apparaît nécessaire de combiner différentes stratégies de contrôle de la germination. Premièrement, privilégier autant que possible les variétés à dormance longue. Deuxièmement, envisager de stocker les pommes de terre à une température plus basse, pour autant que les variétés entreposées soient peu sensibles au sucrage à basse température. Troisièmement, choisir le produit de traitement contre la germination en fonction des contraintes de stockage : durée du stockage, traitements préventifs ou curatifs, traitements compatibles ou non avec l'agriculture biologique et compatibilité des locaux avec les différents modes d'application des produits. Enfin, utiliser des outils d'aide à la décision tels que le modèle de prédiction de la germination d'Agroscope afin de pouvoir gérer durablement et de manière rentable les stocks de pommes de terre et ainsi éviter les pertes de marchandises. ✨

**Nous tenons à remercier les partenaires suisses du projet : Fenaco, Zweifel et Innosuisse. Nous remercions également les partenaires belges du projet : UPL Benelux, la Région wallonne, l'université de Gembloux Agro-Bio Tech et tout particulièrement Prof. Hélène Soyeurt, Prof. Yves Brostaux, Dr. Leonard Shumbe et Prof. Hervé Vanderschuren. Enfin, nous remercions les collègues d'Agroscope, de Fenaco et de Zweifel impliqués dans le projet et tout particulièrement Maud Tallant (Agroscope), Fabien Curty et Christoph Kohli (Fenaco) et Marco Blumenthal (Zweifel) qui ont permis de réaliser ces essais pendant toutes ces années. Nous remercions également chaleureusement les firmes qui nous ont fourni les produits à tester.**



## ÉVALUATION DE LA QUALITÉ DES LOTS DE POMMES DE TERRE



Un avis objectif  
Une référence qualité

**EUROCELP**

(+33) 9 52 04 82 74 - contact@eurocelp.com - www.eurocelp.com