

Bilan de l'étude de l'hétérogénéité de l'application des traitements anti-germinatifs au chlorprophame (CIPC) sur pommes de terre

S. Noël¹, B. Huyghebaert¹, B. Weickmans² et O. Pigeon²

¹ CRA-W, Département Génie rural

² CRA-W, Département Phytopharmacie

* Financement : Fonds budgétaires des Matières Premières

1. Introduction

La conservation est une phase critique pour le maintien de la qualité des pommes de terre. Le bon état sanitaire des tubercules doit être maintenu et la germination maîtrisée et/ou limitée au maximum. La conservation à long terme des pommes de terre suppose que le producteur mette en place une stratégie permettant d'éviter tout problème de germination durant une période pouvant atteindre 9 mois. Bien que très efficace, le stockage à froid (limitant les activités biologiques du tubercule) en hall réfrigéré coûte cher et risque de modifier les caractéristiques organoleptiques du produit et l'aptitude à la transformation (brunissement à la cuisson, sucrage). La solution standard reste l'application d'un traitement anti-germinatif. Le chlorprophame (ou CIPC) est la seule substance active homologuée en Belgique pour inhiber la formation des germes des pommes de terre. Cette substance active est employée sous 3 formulations ; la poudre à poudrer (DP), le concentré émulsionnable (EC) et le concentré pour thermonébulisation (HN).

2. Les objectifs du projet

Au cours de ces dernières années, une forte variabilité de la teneur en CIPC a été observée au sein de plusieurs échantillons de pommes de terre entraînant des teneurs importantes sur certains tubercules et des risques de toxicité aiguë. Sur certains lots de pommes de terre, des dépassements de la Limite Maximale en Résidus (LMR, fixée à 5 mg/kg sur pommes de terre entières lavées ou brossées) ont aussi été observés. Ces fortes teneurs en résidus posent des problèmes de sécurité alimentaire et ont mené à des refus à l'exportation. Une des pistes proposées pour expliquer ces phénomènes serait la mauvaise répartition de l'anti-germinatif entre les pommes de terre suite à l'hétérogénéité de son application (Noël et Huyghebaert, 2001).

Depuis 2001, un projet de recherche financé par le « Fond Budgétaire des matières premières » a été mis sur pied pour étudier l'application du CIPC sur pommes de terre. Le but principal de ce projet était d'évaluer la qualité de la répartition du CIPC au sein du tas de pommes de terre ainsi que le niveau de résidus, en fonction de la dose appliquée et plus spécifiquement de la formulation utilisée. La teneur

en CIPC sur les tubercules et son évolution au cours du temps sont analysées et corrélées au pourcentage de germination ce qui permet de déduire l'efficacité de chaque traitement. Au cours de ce projet, d'autres études sont venues se greffer pour compléter le projet, telles que la sécurité de l'applicateur, l'analyse de la répartition du CIPC au sein du tubercule, analyse granulométrique des poudres,... dont les résultats ne sont pas repris dans cet article.

3. Méthode de travail

3.1. Introduction

Cette étude a été menée en collaboration avec des agriculteurs belges, au cours de 3 saisons de conservation (de septembre à juin). Des essais ont été effectués dans des halls où sont stockés en vrac des pommes de terre de la variété bintje (situation la plus représentative des pratiques de conservation en Belgique) ce qui permet de mieux comparer l'efficacité du traitement ; la durée du repos végétatif et la période d'incubation variant d'une variété à l'autre. Au total, 22 halls ont été suivis dont 6 contenant des tubercules traités à l'aide de poudre à poudrer, 6 par concentré émulsionnable, 6 par thermonébulisation et 4 par thermonébulisation associé à un pré-traitement à la mise en tas.

Ces essais, selon la technique de traitement anti-germinatif appliquée, se sont déroulés en plusieurs étapes :

- Mise en place des essais au stockage selon le dispositif expérimental
- Suivi de la conservation: étude de la germination et évolution de la teneur en CIPC.
- Echantillonnage au déstockage
- Analyse des échantillons.

3.2. Au stockage

Il faut distinguer les traitements anti-germinatifs appliqués à la mise en tas (application sur la chaîne de mise en stockage) ; tel que le poudrage (pour l'application de la DP), la pulvérisation ou la nébulisation à froid (pour l'application du EC) ; de la thermonébulisation appliquée

en cours de saison (application du HN).

Dans le cas des traitements appliqués à la mise en tas (DP et EC), des échantillons de pommes de terre (± 5 kg) sont prélevés sur l'ensemble du tas, 24 au total. A chaque endroit de la prise d'échantillons, deux sacs sont remplis de pommes de terre. Le premier est placé dans le tas, il sera récupéré au moment du déstockage. Le second est emporté directement au laboratoire pour être analysé. L'analyse de la teneur en CIPC au déstockage permet d'évaluer l'évolution de la teneur en CIPC, en comparaison à la teneur analysée au stockage, et les risques pour la santé du consommateur.

La dose et le mode de traitement employé est défini par l'agriculteur seul, ce qui permet d'avoir une idée réelle de la pratique et de ses conséquences sur la teneur en résidus. Au moment des essais, la dose de CIPC agréée sur pommes de terre était de 17,5 à 20 g de CIPC par tonne de pommes de terre, suivant le type de formulation utilisée (révision de la dose, cfr conclusions).

Un récapitulatif des essais est repris dans le tableau suivant.

Traitement	Essais (N)	Dose de CIPC appliquée*		
		moy.	max.	min.
DP	6	18,25 \pm 6,35	27,5	10
EC	6	15,92 \pm 1,02	17	15
HN	6	26,43 \pm 12,68	20,5	15,5
DP + HN	4	17,63 \pm 2,53	39	12

* exprimée en mg de CIPC par kg de pommes de terre

3.3. Suivi de la conservation

En cours de saison, un échantillonnage mensuel est effectué sur le dessus du tas dans le but d'étudier l'évolution de la teneur en CIPC mais aussi pour les halls thermonébulisés, de contrôler la quantité d'anti-germinatif réellement présente sur les tubercules, après traitement. Sur l'échantillon prélevé, composé de 50 tubercules, le pourcentage de germination est étudié. De cette façon, la relation teneur en CIPC, pression germinative permet d'estimer l'efficacité du traitement CIPC.

3.4. Analyse

Les échantillons de pommes de terre sont analysés au laboratoire du Département de Phytopharmacie dans le but de déterminer la teneur en CIPC. Le protocole d'analyse est basé sur des tubercules ni brossés, ni lavés, permettant d'évaluer la répartition du traitement ainsi que la quantité réellement présente sur les tubercules juste après l'application. Ce n'est donc pas une étude résidus puisque la LMR est fixée sur des tubercules entiers sans terre, lavés ou brossés. L'analyse est effectuée par chromatographie en phase gazeuse avec détection par spectrométrie de masse (GC-MS) ou avec détection spécifique de l'azote (GC-NPD), avec une limite de quantification de 0,05 mg/kg (Noël et Huyghebaert, 2002).

3.5. Au déstockage

Les 24 échantillons laissés dans le tas sont récupérés au moment du déstockage et leurs teneurs en CIPC sont

analysées. Dans les halls thermonébulisés, 24 échantillons sont prélevés dans l'ensemble du tas.

4. Résultats

4.1. Répartition du CIPC au sein du tas de pommes de terre

La répartition du CIPC au sein du tas de pommes de terre, appliqué sous forme DP, est complètement aléatoire et hétérogène. Les Coefficients de Variation (CV) calculés sur base des teneurs des 24 échantillons prélevés au stockage, dans les différents essais, sont compris entre 40 et 85%. Les teneurs en CIPC sur les tubercules sont donc très variables, entraînant des sur-dosages ponctuels importants même dans des halls traités à demi-dose.

Par rapport au traitement réalisé par poudrage, la répartition est plus homogène pour les traitements réalisés par pulvérisation (CV : [20-48 %]). Dans le cas de la nébulisation à froid, le coefficient de variation est plus élevé (CV: 42 -56%) mais seulement 2 essais ont été réalisés pour ce type de traitement contre 4 sur la pulvérisation.

En se basant sur l'échantillonnage réalisé au déstockage, la thermonébulisation est la technique de traitement qui permet la meilleure distribution du CIPC entre les tubercules, avec un CV généralement proche de 20 %, pour autant que l'application se fasse cellule par cellule (traiter une cellule à la fois). Cependant, au cours du dernier essais, la variabilité était plus importante (CV de 52 %) ce qui pourrait s'expliquer par une ventilation dans ce hall, plus élevée que les autres essais suivis. Cependant aucune relation entre la ventilation et la répartition du CIPC au sein du tas de pommes de terre n'a été mise en évidence.

4.2. Teneur en CIPC sur les tubercules

Au stockage, soit directement après le traitement, la teneur moyenne en CIPC se retrouvant sur les tubercules est de l'ordre de 52 à 129 % de la dose appliquée par poudrage, de 44 à 68 % et de 44 à 69 %, respectivement pour les traitements par pulvérisation et par nébulisation. Pour les poudres, ces 2 valeurs extrêmes ont été obtenues dans le même hall à deux saisons différentes, avec la même dose appliquée sous les mêmes conditions de traitement (produit, applicateur, poudreuse,.... identiques), ce qui illustre encore le caractère hétérogène et aléatoire de cette technique d'application. Les faibles teneurs moyennes obtenues pour ces essais s'expliquent par le caractère hétérogène de la distribution mais aussi par des pertes de produits (difficilement quantifiable) observées au cours de l'application (dépôts d'anti-germinatif visibles sur la chaîne de mise en stockage et sur le sol).

Pour les traitements par thermonébulisation, la teneur en CIPC sur les tubercules prélevés sur le dessus du tas après traitement, est de l'ordre de 20 % de la dose appliquée. L'application du HN étant relativement homogène, cette faible valeur est due aux pertes importantes de produit qui se dépose dans l'ensemble du bâtiment et principalement sur les pâles des ventilateurs.

L'analyse de la teneur en CIPC des échantillons de pommes de terre prélevés dans les halls au moment du déstockage permet d'évaluer le risque pour le consommateur, basé sur le dépassement de la LMR. Il faut toutefois rappeler que les analyses se font sur des tubercules ni lavés ni brossés alors que les analyses résidus sont réalisées avec du matériel végétal sans terre. Le risque pour le consommateur pourrait donc être sur-estimé mais des analyses ont montré que dans $\pm 50\%$ des cas la teneur ne serait pas diminuée par le lavage. Cependant pour plus de précaution, nous parlerons de risque de dépassement de LMR et non de dépassement proprement dit.

Les sur-dosages ponctuels observés sur les échantillons au stockage entraînent un risque de dépassement de LMR au déstockage, malgré la dégradation de la substance active en cours de saison. Ce risque est d'autant plus important que la période de conservation est courte. Au déstockage, sur l'ensemble des 114 échantillons traités par poudrage, 22 présentaient une teneur supérieure à 5 mg/kg. Ces dépassements ont été observés dans les halls traités à demi-dose, à la dose homologuée et une dose supérieure. Même si le risque de dépassement de LMR est plus élevé avec des échantillons traités à forte dose, il n'est pas négligeable sur les lots traités à demi-dose. Cela illustre donc l'importance d'un traitement homogène, bien réparti entre tubercules et d'ajuster la dose à la durée de conservation.

Les traitements par pulvérisation sont plus homogènes et les sur-dosages ponctuels sont rares, le risque de dépassement de LMR est donc faible pour ces lots de pommes de terre. Sur l'ensemble des 67 échantillons prélevés au déstockage, 9 présentaient une teneur supérieure à 5 mg/kg. Sur ces 9 échantillons, 5 présentaient une teneur très proche de la LMR et 3 étaient prélevés dans les 2 mois suivant le traitement. Pour les traitements par nébulisation seul quelques échantillons prélevés après 2,5 mois de conservation et traités avec $\frac{3}{4}$ de la dose autorisée présentaient des teneurs supérieures à la LMR

L'analyse des échantillons de pommes de terre prélevés au déstockage dans les halls traités par thermonébulisation ont montré des teneurs en CIPC très faible, inférieure à 10 % de la dose totale appliquée au cours de la saison. Aucun risque de dépassement de LMR n'est observé même sur des lots de pommes de terre recevant deux fois la dose homologuée. Un des derniers essais a néanmoins présenté des risques de dépassements de LMR pour 10 échantillons sur 18. Pour cet essai, la dernière thermonébulisation avait été réalisée à peine une semaine avant le déstockage cela illustre donc l'intérêt d'un délai suffisant entre les deux.

4.3. Efficacité

L'efficacité du traitement anti-germinatif dépend des paramètres liés à l'infrastructure de stockage (isolation, humidité, ventilation,...) (points critiques étudiés au cours de ce projet et ayant donné lieu à un projet sur les infrastructures de stockage en RW) mais aussi de la teneur en CIPC sur les tubercules.

Le principal avantage du traitement par DP est qu'il permet de maintenir une certaine teneur sur le tubercule tout au long de la période de conservation ce qui lui confère

une grande efficacité. D'une saison à l'autre, l'efficacité de la teneur en CIPC présente sur les tubercules est variable. En effet, les conditions climatiques en cours de saison culturale influencent fortement la longueur de la dormance.

La pulvérisation est relativement efficace, cependant, pour une même dose appliquée, le poudrage donne de meilleurs résultats. Ce type de traitement anti-germinatif semble avoir une action relativement limitée au niveau des parties renfoncées des tubercules, les germes non atteints par le produit germent donc plus facilement. Les traitements par nébulisation semblent avoir une efficacité similaire à celle de la pulvérisation.

Le traitement par thermonébulisation est moins efficace que les autres types de traitement. Il ne laisse en effet qu'une faible teneur en CIPC sur les tubercules, l'anti-germinatif atteignant les tubercules, à peine 20 % de la dose appliquée, se dégradant rapidement (dégradation mensuelle de $\pm 50\%$). De ce fait, les paramètres de conservation, comme l'humidité, les faibles variations de températures, ... ont une grande importance dans ce type de traitement. Pour être relativement efficace, le traitement doit être appliqué de façon régulière pour éviter un démarrage trop important de la germination. Essayer de rattraper un traitement oublié ou n'ayant pas donné de bon résultat risquera de compromettre la qualité des tubercules par le risque de formation de germes internes. En plus d'une application régulière, il faudra donc veiller à appliquer une dose suffisante (éviter l'application de plusieurs petites doses à faible intervalle, privilégier les plus fortes doses à des intervalles plus importants). L'avantage de la thermonébulisation est, contrairement aux traitements appliqués à la mise en tas, de ne pas brûler la peau des pommes de terre (période de cicatrisation respectée).

Le pré-traitement par poudrage suivi de thermonébulisations est une technique très efficace pour maintenir un lot de pommes de terre sur une période relativement importante (jusqu'en mai-juin). Ce mode de traitement associe les avantages de la poudre, qui maintient une teneur en CIPC sur les tubercules tout au long de la saison et la thermonébulisation qui permet, grâce au fractionnement, de gérer de façon plus dynamique un lot de pommes de terre tout en limitant l'apport de produit anti-germinatif superflu. Ce traitement doit être limité à des variétés non sensibles aux brûlures.

5. Conclusions

Les traitements présentent chacun des avantages et inconvénients, point de vue technique, efficacité, coût d'utilisation et santé publique. Le tableau 2 donne une vision globale mais non exhaustive de ceux-ci.

Les résultats de ce projet ont servi de base à la révision des doses appliquées et des principes d'utilisation pour les différentes formulations (cfr annexe) ainsi que des délais à respecter entre le dernier traitement et le déstockage. Une des grandes avancées a été l'homologation du fractionnement de la dose appliquée par thermonébulisation, auparavant la dose totale devait être appliquée en une seule fois. Néanmoins, ce principe n'était, en pratique, pas appliquée, le fractionnement étant

Formulations	Avantages	Inconvénients
DP	<ul style="list-style-type: none"> - Bonne efficacité - Coût d'utilisation - Utilisable dans tous types de halls 	<ul style="list-style-type: none"> - Sécurité de l'applicateur - Forte hétérogénéité de l'application = > problèmes de résidus - Difficulté de réglage (débit de DP variable)
EC	<ul style="list-style-type: none"> - Bonne efficacité (< DP) - Facilité d'application (réglage) - Utilisable dans tous types de halls 	<ul style="list-style-type: none"> - Problèmes sur tubercules difformes
HN	<ul style="list-style-type: none"> - Gestion dynamique du stock (fractionnement de la dose) - Ne brûle pas la peau des pommes de terre - Combinaison avec pré-traitement 	<ul style="list-style-type: none"> - Action flash (efficacité à court terme) - Coût élevé - Application dans des halls ventilés

Tableau 2

l'avantage principal de cette technique.

Références bibliographiques

Noël S. and Huyghebaert B. 2001. Etude de l'hétérogénéité des traitements antigerminatifs au chlorprophame par poudrage et pulvérisation lors du stockage des pommes de terre. Rapport d'essai CRA. 75 pp.

Noël S. and Huyghebaert B. 2002. Etude de l'hétérogénéité des traitements antigerminatifs au chlorprophame (CIPC) sur pommes de terre. Rapport d'essai 2001-2002, CRA. 161 pp.

Noël S. and Huyghebaert B. 2003. Etude de l'hétérogénéité des traitements antigerminatifs au chlorprophame (CIPC) sur pommes de terre. Rapport d'essai 2002-2003, CRA-W. 105 pp.

Noël S. and Huyghebaert B. 2004. Etude de l'hétérogénéité des traitements antigerminatifs au chlorprophame (CIPC) sur pommes de terre. Saison 2003-2004. Rapport Final, CRA-W. 112 pp.

Annexe

Fiche chlorprophame

Fiche des modalités d'application pour le chlorprophame anti-germe

Remarque générale

La dose agréée est la plus petite dose qui garantit la meilleure efficacité dans la plupart des situations.

Elle peut être réduite, par exemple, dans un programme d'application fractionnée, sous la responsabilité de l'utilisateur, en fonction de l'étendue des effets recherchés ou de la sensibilité variétale. La diminution de la dose appliquée n'autorise pas l'augmentation du nombre maximal d'applications, ni la réduction du délai avant déstockage des pommes de terre traitées.

Formulation DP

Culture	Pommes de terre stockées
Stade	Lors du stockage
Remarque	/
Délais	Délai avant déstockage des pommes de terre : 14 jours
Ennemis	Formation des germes
Dose	5 g de s.a./tonne de pommes de terre/trimestre de conservation souhaitée, avec un maximum de 20 g de s.a./tonne de pommes de terre /lot, à appliquer sur la bande transporteuse lors du stockage, une application par lot.
Remarque générale	Attendre un mois avant d'appliquer un produit à base de chlorprophame par thermonébulisation

Formulation EC

Culture	Pommes de terre stockées
Stade	Lors du stockage
Remarque	/
Délais	Délai avant déstockage des pommes de terre : 14 jours
Ennemis	Formation des germes
Dose	6,67 g de s.a./tonne de pommes de terre/trimestre de conservation souhaitée, avec un maximum de 20 g de s.a./tonne de pommes de terre /lot, à appliquer sur la bande transporteuse lors du stockage, une application par lot.
Remarque générale	Attendre un mois avant d'appliquer un produit à base de chlorprophame par thermonébulisation

Formulation HN

Culture	Pommes de terre stockées
Stade	Lors du stockage
Remarque	/
Délais	Délai avant déstockage des pommes de terre : 14 jours
Ennemis	Formation des germes
Stade	De préférence traiter au plus tard au stade point blanc
Dose	15 g de s.a./tonne de pommes de terre/trimestre de conservation souhaitée/ application, plusieurs applications possibles, avec un maximum d'au total 36 g de s.a. chlorprophame/ tonne de pommes de terre/lot et ce y compris la dose appliquée lors du stockage par poudrage ou pulvérisation.
Remarque générale	Respecter le délai d'attente suivant avant d'appliquer un produit à base de chlorprophame par thermonébulisation : nombre de mois = dose appliquée (en g de s.a./ tonne) divisé par 5, avec un minimum d'un mois.