



Dispositif expérimental : cloches Palistore®

**Pour mesurer l'intérêt de la conservation sous atmosphère contrôlée des pommes de terre, ARVALIS - Institut du végétal / ITPT a testé différentes concentrations gazeuses O<sub>2</sub>-CO<sub>2</sub> et cherché une concentration optimale pour ces deux gaz. Les résultats techniques sont plus qu'encourageants. Première synthèse de ces travaux.**

Michel Martin  
m.martin@arvalisinstitutduvegetal.fr  
ARVALIS – Institut du végétal

**C**omment répondre au souhait de la filière de limiter les intrants chimiques post récolte, tels les inhibiteurs de germination, tout en commercialisant des tubercules à faibles teneurs en sucres réducteurs et, pour le marché du frais, toujours aptes au lavage ? C'est la question à laquelle tente de répondre ARVALIS - Institut du végétal / ITPT.

Le Centre d'Expérimentation de Villers-Saint-Christophe (02) abrite ainsi depuis 3 ans des travaux de recherche portant sur la faisabilité de la conservation sous atmosphère contrôlée des pommes de terre. Une première synthèse de ces travaux réalisés à l'échelle expérimentale permet de dégager des orientations possibles pour la conservation longue durée des tubercules sans adjonction de substances chimiques en cours de conservation.

**Cinq cloches plastiques**

Les travaux de recherche ont été réalisés à échelle ré-

**Atmosphère contrôlée**

# Une piste d' pour la conservation des pommes

duite sous 5 cloches plastiques étanches et palettisées (Palistore®) installées dans une chambre froide maintenue à 6 °C. Chaque cloche permet de tester une ambiance gazeuse correspondant à une concentration en O<sub>2</sub> et CO<sub>2</sub> prédéterminée. Ceci est obtenu grâce au contrôle régulier de l'ambiance de la cloche par des analyseurs de gaz reliant les cloches à un équipement de régulation commandant la marche ou l'arrêt de trois équipements principaux :

- un générateur d'azote (N<sub>2</sub>) dont l'apport réduit simultanément les teneurs en O<sub>2</sub> et CO<sub>2</sub>,
- un compresseur à air, source d'O<sub>2</sub>,
- des bouteilles de gaz carbonique comprimé, source de CO<sub>2</sub>.

Chaque cloche héberge un panel de variétés stockées en caquettes d'une quinzaine de kilos selon un dispositif à répétition.

Ce panel variétal permet de tester l'influence des différentes concentrations sur les différents aspects de l'évolution qualitative et physiologique des tubercules en cours de conservation (germination, sucrage, incubation, développement de pourritures, gale argentée, dartrose...) compte tenu de la plus ou moins grande sensibilité de chaque variété à l'un ou l'autre de ces facteurs. Les variétés support de l'étude étaient les suivantes : Agata, Bintje, Charlotte, Monalisa, Nicola, Roseval, Saturna, Shepody, Russet-Burbank et Kaptah-Vandel. Les résultats de synthèse évoqués ci-après concernent les moyennes calculées pour l'ensemble des variétés, sachant que des écarts entre variétés ont pu être observés pour l'un ou l'autre des différents critères de qualité mesurés.

L'objectif de ces travaux est de progresser dans la re-

Concentrations gazeuses adoptées pour l'étude durant les années 2003-2004 et 2004-2005				
	2003-2004		2004-2005	
	O <sub>2</sub> (%)	CO <sub>2</sub> (%)	O <sub>2</sub> (%)	CO <sub>2</sub> (%)
Cloche 1	20	0,01	20	0,01
Cloche 2	4	1	2	1
Cloche 3	3	5	3	1
Cloche 4	4	8	4	1
Cloche 5	1	1	3	3

# avenir conservation de terre

## Principe de l'atmosphère contrôlée

La conservation sous atmosphère contrôlée des produits végétaux consiste à réguler durant toute la durée de la conservation la concentration à un niveau faible de l'oxygène (O<sub>2</sub>) et modéré du gaz carbonique (CO<sub>2</sub>) présents dans l'ambiance du stockage. La concentration en oxygène est fortement réduite par rapport à la concentration normale de l'air ambiant (21 %) tandis que la concentration en CO<sub>2</sub> est maintenue à un niveau faible (inférieur à 2-3 % contre 0,03 % dans l'air ambiant). Lorsque la concentration en oxygène est ramenée en dessous de 2 %, on parle également, en reprenant la terminologie anglaise, de conservation ULO (Ultra Low Oxygen). Ceci suppose un bâtiment étanche aux échanges gazeux avec l'extérieur ainsi qu'un équipement de régulation performant. Durant toute la durée de la conservation, la température doit également être parfaitement maîtrisée grâce à la mise en œuvre d'un équipement frigorifique bien dimensionné. L'abaissement de la concentration en oxygène vise à réduire au maximum le métabolisme des produits stockés de façon à les préserver de leur vieillissement naturel en stockage. Il convient toutefois d'éviter de générer des conditions trop asphyxiantes (niveau trop bas en oxygène ou/et trop élevé en gaz carbonique) favorisant généralement le développement de pourritures bactériennes.

satisfaisant tout au long de la conservation. Pour y parvenir, il est nécessaire de réguler l'air ambiant à un niveau d'oxygène bas (inférieur à 2 %) et maintenir une concentration minimale en gaz carbonique pour parvenir au meilleur résultat (2 à 3 %).

## Contrôle des pathogènes de présentation

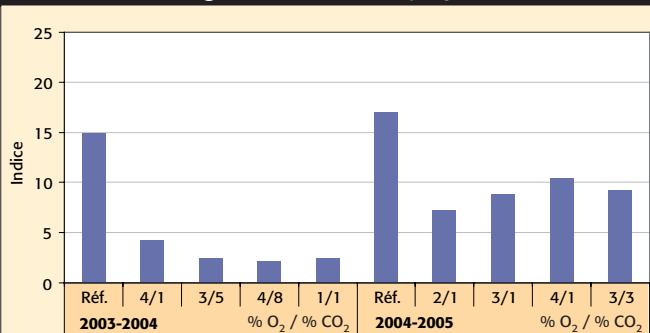
Si le métabolisme des tubercules est réduit, il en va également de même pour les champignons pathogènes des tubercules (gale argentée, dartrose...). C'est ainsi que durant les mêmes années d'expérimentation, un effet bénéfique sur l'évolution de ces pathogènes de présentation a pu être obtenu par la conservation des tubercules sous atmosphère contrôlée par rapport à une ambiance normale (figure 1). Là aussi, le maintien de conditions suffisamment asphyxiantes apparaît-elle être la garantie du bon comportement final.

Les observations faites trois semaines après déstockage et lavage des échantillons ont également montré un bon arrière-effet positif des techniques de conservation sous atmosphère contrôlée. Elles limitent la germination des pathogènes de présentation durant le laps temps où les tubercules ont été maintenus à température élevée (20°C) dans une ambiance normale. Ceci présente un intérêt notable pour sécuriser la non-détérioration rapide de la qualité des pommes de terre en rayon après conditionnement.

Les mesures faites en cours de conservation ont également montré un effet positif de l'atmosphère contrôlée (AC) dans la réduction des pertes de poids par rapport à la référence. Cette réduction apparaît généralement limitée à environ 0,5 %. Il convient cependant de rester prudent sur cet aspect compte tenu de

l'ambiance particulièrement humide maintenue sous les cloches Palistore®. Il semble ainsi nécessaire d'attendre une confirmation de chiffrage du gain potentiel qu'il serait possible d'atteindre. À cet effet, la réalisation de mesures complémentaires s'impose pour des capacités de stockage de dimension supérieure.

Effet de différentes ambiances d'atmosphère contrôlée sur le contrôle des pathogènes de présentation (gale argentée et dartrose) (fig. 1)



Indice = 10 : au moins 2/3 des tubercules touchés à moins de 5 % de la surface et au maximum 15 % de tubercules compris entre 25 et 50 %

Source : ARVALIS-Institut du végétal - ITPT

La conservation sous AC permet d'assurer un effet positif plus ou moins important sur le contrôle des pathogènes de présentation.

cherche d'une concentration optimale, pour ces deux gaz. Il s'entend par concentration optimale l'équilibre permettant d'aboutir au meilleur compromis pour l'ensemble des critères qualitatifs mesurés (perte de poids, pourritures, germination, qualité de présentation, teneur en sucres, qualité culinaire et technologique). Les résultats présentés dans cette synthèse font essentiellement référence aux deux dernières campagnes pour lesquels la température de conservation fut maintenue à 6 °C. Les résultats ont été obtenus après en-

viron 6 mois de conservation. Les concentrations gazeuses contrôlées pour ces deux années d'étude sont regroupées dans le tableau 1.

Les mesures obtenues lors des dernières campagnes montrent que la réduction du métabolisme des tubercules permet un blocage prolongé de la germination à un niveau

La réduction du métabolisme des tubercules permet un blocage prolongé de la germination tout au long de la conservation.

**▶ Un effet positif attendu dans la réduction des pertes de poids par rapport à la référence.**

**Effets de la maîtrise du CO<sub>2</sub>**

Les paramètres de qualité telle que la teneur en matière sèche des tubercules, la tenue à la cuisson ou le noircissement après cuisson n'ont pas été, ou très peu, affectés par les concentrations choisies en O<sub>2</sub> et CO<sub>2</sub> en cours de conservation. En ce qui concerne la teneur en sucres réducteurs, il apparaît nécessaire de maîtriser l'accumulation de gaz carbonique dans l'ambiance du bâtiment pour éviter leur accroissement. Un maintien de la concentration en CO<sub>2</sub> en dessous d'un seuil de 3 à 4 % apparaît nécessaire. Passé ce seuil, on observe un accroissement progressif de la teneur en sucres réducteurs, glucose et fructose, tandis que la teneur en saccharose s'accroît nettement plus rapidement. L'obtention de niveaux de sucres élevés conduit à une dégradation rapide des produits frits. Le respect du non-dépassement de ce seuil de 3 à 4 % en CO<sub>2</sub> semble toutefois permettre de contrôler le taux

de sucre au niveau du témoin pour une température de consigne de 6° C.

**Les pourritures humides : un point faible**

Si les « ambiances asphyxiantes » freinent fortement le métabolisme des tubercules et celle des champignons pathogènes, elles ont tendance au contraire à stimuler le développement des bactéries, globalement favorisées par des conditions anaérobies (figure 2). Bien qu'en moyenne l'accroissement du nombre de pourritures observé sur les lots ait été somme toute modeste (3 à 5 % dans les situations les plus graves), il apparaît nécessaire de maintenir une concentration minimale en oxygène pour éviter l'apparition de ce phénomène. Un niveau de 2 à 3 % semble un seuil en dessous duquel il ne faille pas descendre pour éviter toute détérioration qualitative des lots dans ce sens.

**Neutres sur la physiologie des tubercules**

Des mesures complémentaires ont été réalisées sur un certain nombre d'échantillons de façon à quantifier l'influence des concentrations



**En pratique, la bonne étanchéité de la chambre froide est cruciale pour préserver l'ambiance du stockage au niveau choisi en O<sub>2</sub> et CO<sub>2</sub> : un soin particulier doit être apporté à l'étanchéité des panneaux isolants et de la porte.**

sous atmosphère contrôlée sur l'évolution physiologique des tubercules. En dehors de concentrations excessives en gaz carbonique (teneur supérieure à 5 %) ou très faible en oxygène (teneur inférieure à 1 %), l'atmosphère contrôlée semble avoir peu d'incidence sur ce paramètre. Tout au plus a-t-on pu constater des vigueur germinatives légèrement amoindries pour ces conditions extrêmes, capables de provoquer des retards à la levée de quelques jours (figure 3).

En dehors de stockage en conditions trop asphyxiantes, teneur très basse en oxygène (de l'ordre de 1 %) ou trop élevée en gaz carbonique (teneur en CO<sub>2</sub> supérieure à 5 %), la technique de conservation sous AC apparaît ainsi applicable sur plants.

**Un surcoût à compenser**

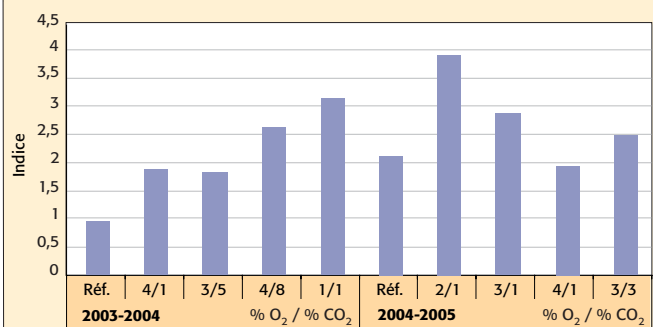
Un travail d'enquête mené auprès de différents constructeurs au cours de l'année 2005 a permis de donner une approche du surcoût généré par la mise en œuvre de ce type de

stockage à l'échelle commerciale.

Pour cette étude, l'exemple a été pris d'une conservation en frigo caisses compartimenté en deux cellules de 450 t, celui-ci étant équipé ou non d'une installation de régulation de type atmosphère contrôlée. Le surcoût généré par l'atmosphère contrôlée se fait essentiellement à deux niveaux. Il s'agit tout d'abord au niveau constructif de parvenir à une étanchéité la plus parfaite possible de l'enceinte de stockage tant au niveau du sol, des parois, du plafond qu'au niveau de la porte. La mise en œuvre de l'atmosphère contrôlée requiert également la mise en œuvre d'équipements spécifiques: un générateur d'azote permettant de réduire rapidement la teneur en oxygène de l'ambiance, un scrubber permettant de piéger des concentrations excessives en gaz carbonique et un dispositif d'analyse des gaz et de régulation assurant le maintien d'une concentration optimale à la consigne en O<sub>2</sub> et CO<sub>2</sub>. À cela, il faut ajouter

**Les ambiances trop asphyxiantes (trop riches en CO<sub>2</sub> ou trop pauvres en O<sub>2</sub>) doivent être évitées pour bloquer le développement des bactéries et les pourritures humides**

(fig. 2)



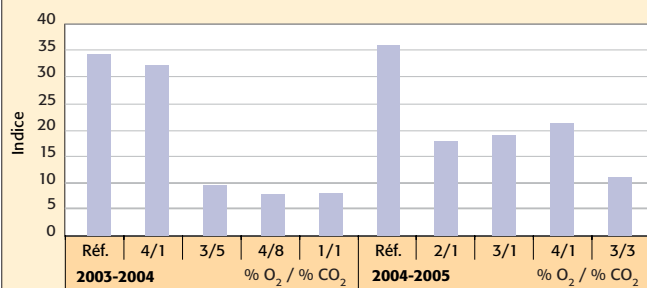
NB : 2 % de tubercules pourris en poids correspondent au maximum à 3 % des tubercules en nombre

Source : ARVALIS-Institut du végétal - ITPT

**T**rop de CO<sub>2</sub> ou trop d'O<sub>2</sub> favorise l'apparition de pourritures humides.



### Effet de différentes ambiances d'atmosphère contrôlée sur le contrôle de la germination (fig. 3)



Indice = 10 : pas de pommes de terre avec des germes > 5 mm, avec 2/3 des pommes de terre ayant des germes inférieurs à 2 mm

Source : ARVALIS-Institut du végétal - ITPT

**U**ne ambiance suffisamment asphyxiante apparaît nécessaire pour contrôler l'évolution de la germination.

quelques éléments plus secondaires en terme de coût mais tout autant essentiels, tels que ceux permettant de réguler les variations de pressions (dépressions et surpressions) à l'intérieur de la chambre froide, à savoir soupapes de sécurité couplées et poumons de régulation.

Le surcoût initial lié à la construction et à l'équipement du bâtiment apparaît élevé (environ 40 %). Il pourra être réduit pratiquement de moitié sur 10 ans par l'économie faite sur la non utilisation d'inhibiteurs de germination. Des mesures complémentaires en sites pilotes semblent nécessaires pour quantifier plus précisément le gain à attendre pour ce type de conservation sur les pertes de poids en conservation. Sur la même échelle de temps, un gain de poids de l'ordre de 0,5 à 1 % permettrait d'équilibrer les charges de la conservation sous AC par rapport à un stockage traditionnel en caisses réfrigérées. Là aussi, le passage à une phase pilote permettra de mieux quantifier le risque pourriture dans une ambiance moins saturée en hygrométrie grâce à l'action directe de l'évaporateur dans la cellule de stockage.

Un achat groupé du générateur d'azote, dont l'utilisation est somme toute ponctuelle

en début de conservation, est également susceptible de réduire légèrement le coût de l'investissement.

La transformation d'un bâtiment de type stockage caisses réfrigéré en stockage sous atmosphère contrôlée ne pourra par contre être envisageable qu'à condition de parvenir à un niveau d'étanchéité suffisant du bâtiment. Ceci suppose de disposer *a minima* et dès à présent d'une installation neuve en panneaux sandwichs correctement jointés. Un diagnostic réalisé au cas par cas sera nécessaire pour apprécier cette faisabilité. Il sera obligatoire d'envisager un complément d'étanchéité au niveau des parois, voire de la dalle, de même que le remplacement de la porte existante.

Vu les surcoûts générés par la technique, la conservation sous atmosphère contrôlée semble aujourd'hui principalement possible pour la conservation longue durée dans le cadre de cahiers des charges spécifiques: culture biologique, démarche « zéro inhibiteur de germination »...

Mais il faut aussi rappeler que sa mise en œuvre nécessite une précision optimale dans la régulation de la conduite des bâtiments ainsi qu'une planification parfaite dans les dates de déstockage. ■