

Conservation des pommes de terre

La bonne conservation des pommes de terre est liée à l'absence de déshydratation des tubercules. Celle-ci peut être contrôlée par une diminution du Déficit de Pression de Vapeur (DPV), un élément lié à la température des tubercules, l'air de stockage, et l'hygrométrie. Des leviers existent pour maîtriser ces paramètres dès le début de la conservation.

Lutter contre la déshydratation des tubercules



En cours de conservation, la recherche du maintien d'une turgescence optimale des pommes de terre constitue un objectif à atteindre, quel que soit le type de production (plant, consommation, transformation) et le type de stockage (vrac, palox). La perte de turgescence se traduit par des pertes de poids, et donc des pertes financières directes pour le producteur. Elle peut aussi amener à une dépréciation de la qualité de présentation des tubercules (flétrissement, faces planes), ce qui déprécie leur valeur marchande. Si cette déshydratation devient excessive, elle peut

conduire à une augmentation du taux de déchets.

Des pertes de poids maximales en début de conservation

Les pertes de poids liées à la déshydratation sont dues au phénomène de transpiration. Elles sont nettement plus importantes que celles liées à la respiration correspondant à une consommation en amidon. Les travaux menés il y a quelques années par ARVALIS – Institut du végétal / ITPT en partenariat avec le LED

de l'Université Paris VII et AgroClim Systems ont montré que la perte en eau des tubercules était proportionnelle au Déficit de Pression de Vapeur (DPV) existant entre le tubercule et l'air ambiant (*voir encadré*).

Ces travaux ont également montré que les pertes en eau étaient nettement plus importantes en cas d'immaturité de la peau ou de blessures, même superficielles. Les pertes de poids dues à la transpiration sont ainsi maximales en début de conservation, durant le pre-

La perte de turgescence des tubercules se traduit par des pertes de poids, une dépréciation de la qualité, et donc des pertes financières directes pour le producteur.

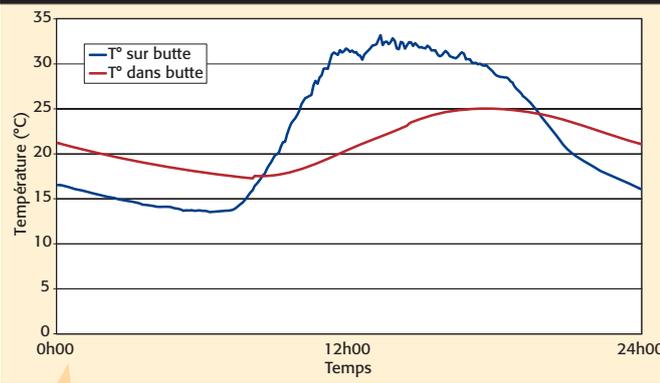
mier mois de stockage. D'une part, les opérations de récolte provoquent des blessures qui demandent un minimum de 10 à 15 jours de cicatrisation pour que la peau retrouve son intégrité (et sa relative imperméabilité à la vapeur d'eau). D'autre part, les DPV entre les tubercules et l'air ventilé

Michel Martin

m.martin@arvalisinstitutduvegetal.fr

ARVALIS – Institut du végétal

Evolution moyenne des températures au champ sur la butte et dans la butte entre le 14 et le 28 août 2003 (fig. 1)



La variation moyenne des températures journalières dans la butte est importante durant cet fin août (environ 10°C) avec un décalage entre l'extérieur et le cœur de la butte et un maintien prolongé de températures élevées en soirée dans le sol.

sont généralement plus élevés à cette période. Enfin, les heures de ventilation et de refroidissement sont nombreuses durant les premières semaines de stockage pour contrôler, puis abaisser le tas de tubercules à la température de consigne.

Réduire la sensibilité des tubercules en début de conservation

Deux pistes majeures sont à considérer : chercher à réduire la sensibilité à la déshydratation des tubercules, et chercher à réduire les Déficit de Pression de Vapeur.

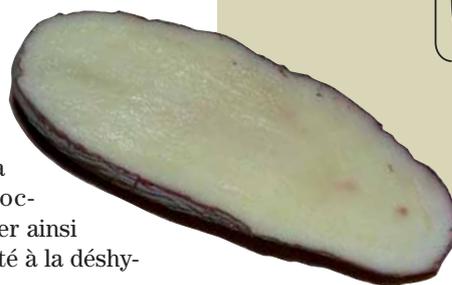
Le premier objectif peut être atteint en respectant trois préconisations essentielles :
 - récolter des tubercules disposant d'une maturité de peau suffisante grâce à un défanage réalisé si possible au plus proche de la maturité naturelle des tubercules, mais aussi en visant un maintien suffisamment long des tubercules dans le sol après défanage, de façon à permettre une subérisation acceptable de l'épiderme,
 - limiter le plus possible les blessures lors des opérations de récolte par un bon réglage et une bonne conduite de l'arracheuse et des matériels de réception. En sol limono-argileux, si les conditions sont sèches et que l'équipement

des parcelles et les disponibilités en eau le permettent, un apport d'irrigation d'une quinzaine de millimètres 2 à 3 jours avant arrachage permettra d'assouplir le sol et facilitera la désagrégation des mottes sur les chaînes. Cet apport d'eau peut également contribuer à tamponner la température des buttes et permettre de récolter à une température plus faible.

- veiller à maintenir les tubercules durant au moins une dizaine de jours au dessus d'une température de 12 °C de façon à favoriser leur rapide cicatrisation dès la mise en stockage et limiter ainsi leur sensibilité à la déshydratation.

Pour atteindre le second objectif, à savoir la réduction du Déficit de Pression de Vapeur, on peut jouer sur les deux grandeurs physiques le caractérisant (la température et l'hygrométrie), et donc sur les trois paramètres que sont la température des tubercules, la température de l'air ventilé et l'hygrométrie de l'air.

Dans ce but, on cherchera à limiter l'écart de température entre les tubercules mis en



Pression de Vapeur et Déficit de Pression de Vapeur

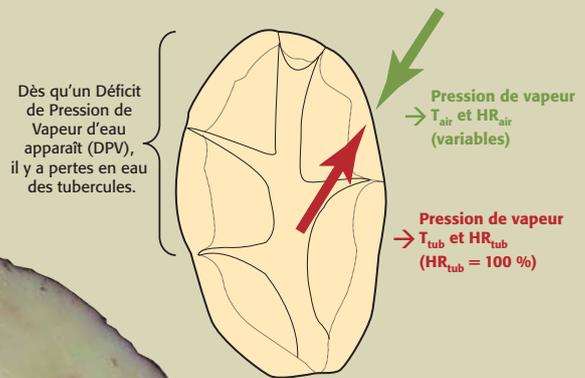
La Pression de Vapeur d'eau (PV) correspond à la teneur réelle en vapeur d'eau présente dans l'air. Elle s'exprime en millibar (mbar), mais aussi en gramme d'eau/m³ (g/m³). Elle varie en fonction des deux grandeurs physiques que sont la température de l'air et son hygrométrie (ou humidité relative). Ces deux valeurs permettent de calculer la PV ou de la déterminer au travers d'abaques physiques (diagramme de l'air humide ou diagramme de Mollier).

Pour une température donnée, la PV est d'autant plus élevée que l'hygrométrie de l'air est importante. Par contre, pour un niveau d'hygrométrie identique, elle est d'autant plus importante que la température est élevée.

Le Déficit de Pression de Vapeur d'eau (DPV) appliqué aux tubercules correspond à l'écart entre la pression de vapeur d'eau saturante existant au niveau du tubercule et la pression de vapeur d'eau caractérisant l'air ambiant ou ventilé. Il peut être calculé à partir de la température des tubercules (on peut estimer par hypothèse que l'hygrométrie de l'environnement proche des tubercules avoisine 100 %) et de l'appréciation de la Pression de Vapeur de l'air ambiant (ventilé ou réfrigéré).

Comment se déshydratent les tubercules ?

Dès que la Pression de Vapeur de l'air ambiant est inférieure à la Pression de Vapeur saturante correspondant aux tubercules, un équilibre physique (thermodynamique) cherche à s'établir. Un transfert d'eau s'opère entre les tubercules et l'air. La déshydratation des tubercules est d'autant plus importante que le Déficit de Pression de Vapeur appliqué à leur surface est grand. Le contrôle de la déshydratation des tubercules, plus particulièrement en début de conservation, pourra se faire en cherchant à maîtriser ces trois paramètres (température des tubercules, température de l'air ambiant et hygrométrie de l'air ambiant) de façon à minimiser le Déficit de Pression de Vapeur.



stockage et la température de l'air ventilé (ou la température d'ambiance frigo), mais également à optimiser l'hygrométrie de l'air ventilé et/ou réfrigéré.

Eviter de récolter des tubercules trop chauds

De plus en plus de récolte de pommes de terre sont réalisées en période estivale, lorsque les températures extérieures sont chaudes (à très chau-

des). Si le volume de terre de la butte permet de réduire les fluctuations de température, on peut toutefois observer une variation notable de la température des tubercules à l'intérieur des buttes au cours de la journée. Durant les journées les plus chaudes de la fin août, il n'est pas rare d'observer des variations de température au centre des buttes de plus de 10°C, comme le montrent les relevés obtenus après la période caniculaire du début août 2003 (figure 1).



L'écart entre la température des tubercules à la récolte et la température de consigne de départ du frigo ne doit pas dépasser 5°C.

L'inertie des températures au cœur des buttes se traduit par un décalage par rapport à celles observées dans l'air ambiant. Les températures les plus chaudes au centre des buttes sont observées en général à partir du début d'après-midi jusqu'en milieu de soirée, alors que les températures les plus fraîches apparaissent en début de matinée, généralement entre 7 et 9 heures.

L'importante fluctuation journalière est un facteur à prendre en compte dans une démarche d'amélioration de la qualité. Un gain potentiel peut en effet être ici attendu à plusieurs niveaux. Les tubercules trop chauds risquent de se déshydrater de façon plus importante par accroissement du DPV à la mise en stockage et accroissement du nombre d'heures de ventilation / réfrigération nécessaires pour parvenir à ramener le tas à la température de consigne. La réduction du nombre d'heures de fonctionnement des équipe-

ments de réfrigération réduira d'autant le coût énergétique annuel : 4°C de refroidissement gagnés correspondent à 25 % de gain potentiel dans la phase de refroidissement d'un stockage de 22°C à 6°C.

Les simulations faites à partir des données recueillies fin août 2003 (figure 2) pour des chantiers de récolte travaillant sur une durée de 8, 10 ou 12 heures montrent une fluctuation notable des températures moyennes récoltées en fonction de l'heure de démarrage des chantiers : plus le démarrage du chantier intervient tôt le matin, plus la température moyenne des tubercules récoltés est basse, et plus l'écart est faible entre les températures extrêmes des tubercules récoltés.

Devant ce constat, pour des récoltes estivales, il est important de chercher à éviter de récolter des pommes de terre durant les périodes les plus chaudes de la journée. Mieux vaut privilégier des démarrages de chantier tôt à très tôt le matin plutôt que de chercher à les prolonger tard le soir.

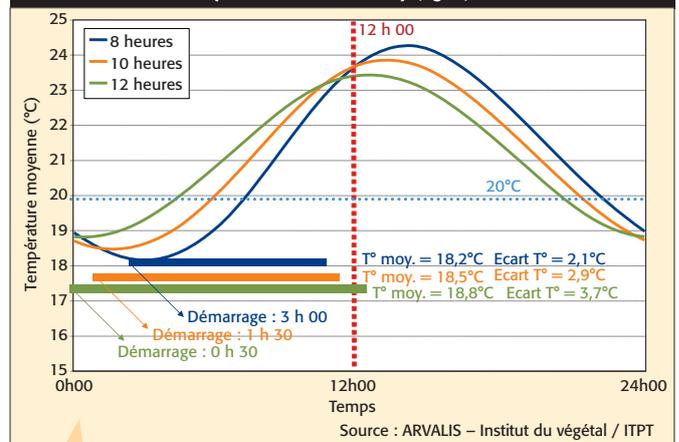
Ces recommandations permettront également de limiter

les problèmes de faces planes, qui apparaissent après plusieurs mois de stockage, mais sont initiées très précocement en conservation (figure 3).

La limitation des écarts de température entre les tubercules et l'air réfrigéré ventilé passe également par une limitation de la température de

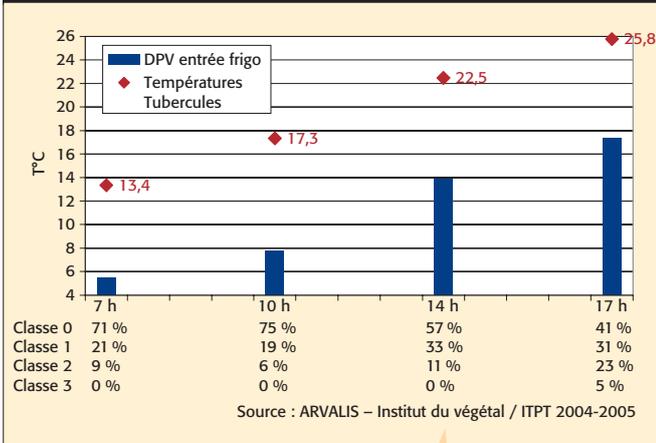
consigne de départ du frigo à un écart maximal de 5°C entre la température de celui-ci et la température maximale de rentrée des tubercules. En ce qui concerne la ventilation de tas vrac, pour lesquels le courant d'air au contact des tubercules est énergique et plus important, le différentiel initial

Evolution des températures moyennes glissantes des tubercules récoltés en fonction de l'heure de démarrage et de la durée de travail du chantier de récolte (14-28 août 2003) (fig. 2)



La température moyenne des tubercules récoltés au quotidien varie fortement en fonction de l'heure de démarrage du chantier de récolte : jusqu'à 6°C. Les démarrages de chantiers précoces permettent d'obtenir les températures moyennes les plus faibles tout en limitant également les écarts de température entre les tubercules récoltés les plus chauds et les plus froids.

Facettes par classe d'intensité observées au déstockage, après 6 mois de conservation, sur la variété Charlotte en fonction de l'heure de récolte des tubercules (fig. 3)



Classe 0 : pas de faces planes ; classe 3 : facettes très marquées

Les tubercules ont été récoltés à différents horaires d'une même journée estivale. La température des tubercules a progressé de plus de 10°C entre 7 h et 17 h, contribuant à l'accroissement du DPV lors de la mise en stockage dans la cellule réfrigérée. Les faces planes observées au déstockage après 6 mois sont d'autant plus élevées que le DPV initial était important.

de température à adopter entre l'air soufflé et le tas doit rester modéré, entre 2 et 3°C, en veillant à rechercher des hygrométries élevées dès que les tubercules sont séchés.

Prendre en compte l'hygrométrie de l'air ventilé

En plus de chercher à limiter les écarts de température, le maintien d'une hygrométrie élevée durant les phases de fonctionnement des équipements de ventilation et de réfrigération est également prépondérant pour parvenir à un résultat optimal.

Dans le cas d'un stockage en palox réfrigéré, il convient tout d'abord de chercher à remplir le plus rapidement possible chaque cellule de stockage, pour profiter de l'humidité dégagée naturellement par les tubercules. Ainsi, la durée de remplissage du bâtiment ne devrait pas dépasser 8 à 10 jours. Ceci oblige à bien adapter la dimension des cellules au débit du chantier de récolte. Lorsque cela est envisageable, il peut être intéressant de réfléchir à un cloisonnement amovible sim-

plifié des installations de très grande dimension nécessitant plus de 15 jours pour leur remplissage.

Pour compenser un niveau d'hygrométrie trop faible (hygrométrie inférieure à 90 %), durant les heures de réfrigération/ventilation, il est possible d'ajouter une quantité de vapeur d'eau supplémentaire par la mise en place d'un système d'humidification d'air adapté et bien dimensionné.

Dès que les tubercules rentrés ont été séchés par les premières heures de ventilation froide, la mise en œuvre d'un matériel d'humidification d'air peut être réalisée sans problème particulier à condition de respecter quelques règles élémentaires :

- ne pas avoir de projection d'eau en direct sur les tubercules,
- maintenir un niveau d'hygrométrie élevé, mais non saturant (consigne fixée à 95-97 %),
- humidifier et brumiser dans le courant d'air froid dont la température doit toujours être inférieure d'au moins 1°C à la température des tubercules stockés.

Le respect de ces règles est d'autant plus important que l'humidification de l'air s'effectue directement dans la salle de stockage (cas des stockages réfrigérés en caisses) ou que la ventilation s'effectue par gaines superficielles (cas d'un stockage vrac).

Pour augmenter l'hygrométrie des bâtiments, plusieurs systèmes peuvent être installés.

Plusieurs types d'équipements sont disponibles sur le marché. Les dispositifs d'échangeur à plaque humidifiés (de type Münster) limitent au maximum le risque de mouiller les tubercules, puisque l'air est directement chargé en vapeur d'eau lors de son passage au travers de la paroi alvéolaire du dispositif.

Les matériels de brumisation sont nombreux et se distinguent en fonction du mode de formation du brouillard : mise sous pression plus ou moins élevée de l'arrivée d'eau ou dispositif mixte eau/air utilisant un compresseur à air pour aider à la formation de très petites gouttelettes. Si l'optimum consiste évidemment à disposer d'un matériel permettant la formation de gouttelettes très petites inférieures à 10 microns se vaporisant rapidement dans

l'air ambiant et/ou ventilé réfrigéré, le choix du matériel pourra se faire en recherchant le meilleur compromis de performance en fonction du niveau de risque existant suscité par son positionnement dans le bâtiment de stockage. Son dimensionnement devra prendre en compte la capacité de ventilation du bâtiment de stockage et l'estimation du DPV à compenser. En cas de surdimensionnement, il est possible de limiter le nombre de buses en fonctionnement de l'installation ou de mettre en place une temporisation permettant une mise en marche cadencée évitant la création d'un film d'eau sur les parois du couloir technique ... ou sur les tubercules.

Bien que les problèmes de déshydratation et de faces planes soient observés en général tard en conservation, après des durées de stockage plus ou moins longues, c'est en tout début de stockage que l'agriculteur doit apporter une attention maximale pour limiter au maximum les risques de déshydratation des tubercules.

Pour ce faire, il dispose de leviers relativement nombreux visant à optimiser tout d'abord la qualité des tubercules récoltés, les conditions de récolte, et les équipements des installations de stockage. ■

La température et l'hygrométrie du bâtiment de stockage sont des éléments essentiels pour limiter le Déficit de Pression de Vapeur, et donc la déshydratation des tubercules.

