

STOCKAGE DES POMMES DE TERRE

DES ÉCONOMIES d'énergie à la clé



Seuls 10 à 15 % de la production de pommes de terre peuvent être vendus à la récolte. La consommation énergétique des bâtiments de stockage est donc un enjeu important au regard des quantités d'énergie consommées.

Meilleure intégration de l'air froid extérieur, diagnostic d'isolation, valorisation de la chaleur du stockage... un projet, conduit en Picardie, a identifié de nombreuses voies pour améliorer la performance énergétique de la culture de pommes de terre, à adapter à chaque contexte.

Pprès de 80 % du stockage des pommes de terre est réalisé à la ferme pour une durée, en général, de 6 à 10 mois. Cette opération a un impact plus ou moins important sur le coût de production, selon les installations et les critères de qualité à respecter. L'empreinte carbone de la culture en est de ce fait également affectée. Le projet « optimisation de la conservation des pommes de terre » conduit avec le soutien de FranceAgriMer de 2011 à 2014 au sein de l'ARPT

Picardie, avec l'appui d'ARVALIS, de la Chambre d'Agriculture de la Somme, du GITEP et de la société Comyn, met en avant les principaux points de vigilance.

Chaque degré compte surtout le premier mois de stockage

Les résultats des travaux indiquent que près de 40 % des kWh utilisés pour une conservation de six mois sont dépensés durant les quatre à cinq premières semaines de stockage. Les tubercules sont d'abord ventilés, pour être séchés, puis refroidis jusqu'à la température de consigne, avec l'utilisation seule de l'air extérieur et/ou l'appui, si nécessaire, d'un groupe réfrigérant. Tout degré gagné sur l'amplitude du refroidissement nécessaire bénéficiera à la balance énergétique globale de la conservation. La réduction des kWh consommés, sur le total de la campagne, est évaluée entre 2,5 et 4 % par degré, pour un refroidissement de 10 à 15°C. Un gain énergétique immédiat de 10 à 15 %, correspondant à un moindre besoin en refroidissement de 4°C, peut ainsi être régulièrement obtenu en appliquant quelques principes relative-

ment simples. Il convient notamment de récolter aux heures fraîches, tôt le matin lors des journées chaudes d'août ou de septembre, en proscrivant les récoltes de fin d'après-midi (alors que les buttes ont accumulé la chaleur de la journée). Le choix de la température de consigne doit également s'effectuer au plus juste. Un refroidissement excessif entraîne, à très basse température, un accroissement de la respiration des tubercules, la chaleur dégagée devra alors être compensée par le groupe réfrigérant.

Utiliser les conditions naturelles et affiner les réglages

D'une manière générale, l'utilisation de l'air extérieur doit être privilégiée pour refroidir le bâtiment car il est quasiment trois fois moins énergivore que le froid artificiel. L'analyse, a priori, des données climatiques du secteur géographique considéré est donc nécessaire pour évaluer les disponibilités en air froid extérieur en fonction de la température recherchée, selon la période de l'année. Une hygrométrie optimale est aussi à privilégier pour limiter la déshydratation des tubercules. Le recours à un dispositif d'humidification de l'air peut faciliter cette démarche, surtout avec un équipement de type évaporatif autorisant le refroidissement adiabatique de l'air introduit (l'énergie nécessaire à l'évaporation de l'eau entraîne le refroidissement de l'air).

La quantité de froid introduite dans le bâtiment détermine, sur l'ensemble de la durée de conser-

« **L'utilisation de l'air extérieur, trois fois moins énergivore que le froid artificiel, doit être privilégiée.** »

REFROIDISSEMENT : ventilation ou réfrigération sont directement liés aux obligations d'abaissement de la température des tubercules

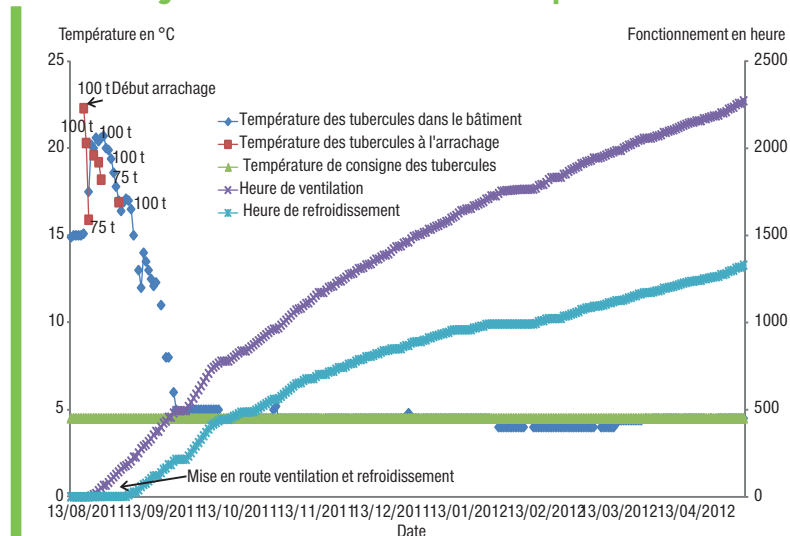


Figure 1 : Évolution dans le temps de la température des tubercules, des heures de ventilation et de refroidissement. Première année du projet.

vation, le nombre d'heures total de fonctionnement du dispositif. En fonction de la période, notamment durant la phase de refroidissement, il est possible de chercher à accroître le différentiel de température entre les tubercules et l'air brassé afin de limiter le temps

d'utilisation des équipements. Deux paramètres influencent alors la performance énergétique du matériel : la vitesse de fonctionnement des ventilateurs, d'une part, et le COP (coefficient de performance) du groupe frigorifique d'autre part. Ce dernier diffère selon le fluide frigorigène utilisé, le réglage du détendeur, le dimensionnement de l'évaporateur et du condenseur. Une fois la phase de séchage passée, il est possible de réduire la vitesse de rotation des ventilateurs. Il faut pour cela disposer de ventilateurs à modulation de fréquence (ventilateurs EC) ou intégrer une modulation de fréquence à l'installation. Cette réduction de vitesse conduit à une baisse de puissance de ventilation mais également à une baisse de consommation électrique près de deux fois plus rapide.

Isolation : un diagnostic qui peut faire gagner beaucoup

La qualité de l'isolation du bâtiment est déterminante pour limiter les déperditions de froid vers le milieu extérieur. Le coefficient de transmission thermique (noté U, s'exprimant en $W/m^2°C$) doit être le plus bas possible. L'isolation est en général effectuée avec 8 cm de polyuréthane,



La récupération de la chaleur dissipée au condenseur peut facilement être injectée dans une chambre de réchauffement ou un atelier de conditionnement.

↑ L'énergie solaire pour améliorer le bilan énergétique

Le stockage de pommes de terre nécessite une surface minimale de toiture 0,28 à 0,40 m² par tonne stockée, soit généralement 0,5 à 0,6 m² par tonne stockée en intégrant un auvent de travail ou une aire de conditionnement.

La pose de panneaux photovoltaïque peut valoriser cette importante surface disponible, d'autant que la pente des bâtiments agricoles est le plus souvent comprise entre 20 et 30°. Sur cette base, il est possible de compter au nord de la Loire sur une production potentielle de 25 à 35 kWh/an par tonne stockée, soit au moins 50 % de la consommation énergétique du stockage.

matériau le plus performant du marché. Passer à une épaisseur de 10 ou 12 cm réduit respectivement de 20 ou 32 % les transferts de chaleur (passage d'un coefficient U de 0,30 à 0,24 ou 0,20 W/m²C). Cette pratique est d'autant plus conseillée que l'écart de température entre l'intérieur du bâtiment de stockage et le milieu environnant est important. La continuité de l'isolation est également déterminante pour garantir l'efficience finale. Dans les bâtiments de stockages réfrigérés les plus anciens, des ponts thermiques peuvent apparaître à la jonction des plaques d'isolant. Un diagnostic thermique des installations utilisant la thermographie infra-rouge détectera ces irrégularités d'isolation.

La bonne régularité des conditions de stockage conditionne la qualité finale des tubercules. Or la pomme de terre bénéficie d'une chaleur massique élevée. Elle lui confère une grande inertie thermique lorsque la masse stockée est importante.

ISOLATION : diagnostiquer la performance de l'isolation du stockage pour évaluer les pertes

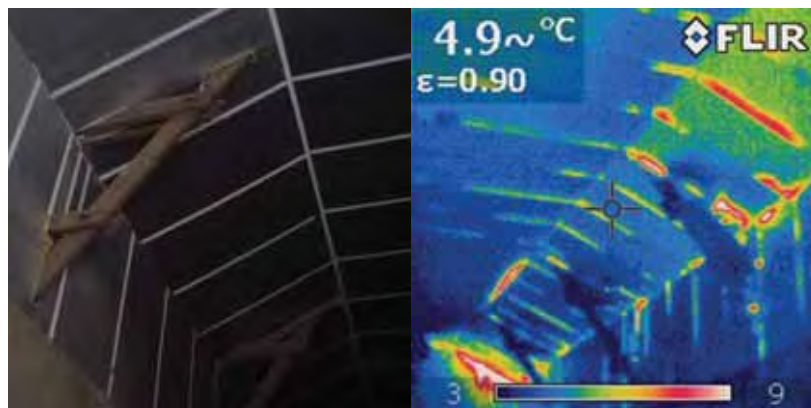


Figure 2: Vue intérieure d'un bâtiment dans le visible (à gauche) et dans l'Infra-rouge (à droite). Les défauts de continuité de l'isolation du stockage sont nettement visibles au fond du hangar et aux jonctions des panneaux.



L'utilisation couplée de la ventilation avec un dispositif évaporatif sur lequel ruisselle de l'eau permet d'abaisser sa température en élevant son hygrométrie.

Il est donc possible de profiter au mieux du dispositif de tarification des heures creuses. La fin des tarifs réglementés de vente d'électricité, à compter du 1^{er} janvier 2016 pour les entreprises dont la puissance de raccordement est supérieure à 36 kVA, va certainement offrir de nouvelles opportunités.

La mise en place de panneaux photovoltaïques est une autre voie pour réduire l'empreinte carbone de la culture. Ils peuvent contribuer à réduire la facture d'électricité (*encadré*). Les surfaces de toit présentent souvent un ratio de 0,28 à 0,40 m² par tonne stockée selon les bâtiments (la capacité de stockage est généralement comprise en 2000 et 5000 t).

La chaleur du stockage encore sous-valorisée

La chaleur évacuée du bâtiment lorsque le refroidissement du stockage est réalisé avec l'air extérieur est malheureusement perdue. Par contre un groupe frigorifique peut facilement récupérer cette énergie au condenseur, qu'il s'agisse d'un équipement en détente directe ou indirecte (eau glycolée). Le condenseur est une source de chaleur pour une utilisation immédiate en redirigeant l'air chaud dans l'espace adéquat : réchauffage d'une salle de travail ou des tubercules avant leur conditionnement. Un échangeur thermique supplémentaire peut aussi être installé pour transférer cette chaleur vers un emplacement plus distant (bureaux, logement...). Un bâtiment de 1000 t pourrait ainsi satisfaire à l'équivalent en besoin en chaleur de cinq à six logements types d'un ménage français.

Michel Martin - m.martin@arvalisinstitutduvegetal.fr
ARVALIS - Institut du végétal
Avec l'appui des mémoires de stage de Pauline Vansteenbergh, Maxime Lefort et Khoulood Gader.