



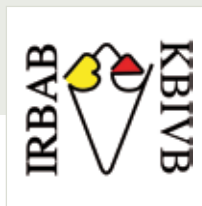
COLLECTION
LES GUIDES TECHNIQUES DE L'IRBAB

Conservation des betteraves à long terme & **protection** des tas de betteraves **contre le gel**

Guy Legrand, André Wauters

Institut Royal Belge pour l'Amélioration de la Betterave - IRBAB asbl
Tienen (Tirlemont), Belgique

Publication cofinancée par le Programme Vulgarisation Betterave Chicorée (PVBC)
Ministère de la Région Wallonne, Direction Générale de l'Agriculture



REMERCIEMENTS

Nous remercions les nombreux expérimentateurs chez qui des observations et des essais ont été réalisés. Nous remercions également le Service Documentation de l'IRBAB. Grâce à la base de données de la « Bibliothèque Internationale de la Betterave » (B.I.B.), il nous a permis de consulter un grand nombre de publications scientifiques sur ce thème.

Ce guide a été rédigé sur base de travaux de recherches réalisés par l'IRBAB depuis 2006-2007. Ces travaux ont été subventionnés en partie par le Service Public de Wallonie (SPW), Direction Générale opérationnelle de l'Agriculture, des Ressources naturelles et de l'Environnement (D GARNE), Direction du Développement et de la Vulgarisation, entre 2009 et 2013 (Un rapport complet de ces travaux est disponible sur le site Internet de l'IRBAB). La publication de ce Guide Technique a également été subventionnée par la Direction du Développement et de la Vulgarisation et par la Vlaams overheid - Adeling Duurzame Landbouw Ontwikkeling (ADLO).

Malgré des recherches approfondies et des résultats d'essais probants, l'IRBAB asbl ne peut être tenu pour responsable de l'interprétation, ni de l'utilisation des informations reprises de bonne foi dans ce document, ni de leurs conséquences directes ou indirectes.

Dépôt légal : D/2013/6430/1

Les illustrations, figures et graphiques présentés dans ce Guide Technique proviennent des collections ou travaux de l'IRBAB. Ces éléments, comme également des extraits du texte, peuvent être utilisés à des fins de publications, pour autant que l'origine soit mentionnée.

La collection des Guides Techniques de l'IRBAB est téléchargeable depuis le site Internet de l'IRBAB.

Graphisme et mise en page : cerise.be

Impression : JCBGAM – Mr Heraly

TABLE DES MATIERES

1 INTRODUCTION

1.1	Conservation à long terme des betteraves	4
1.2	Protection des tas de betteraves contre le gel	6

2 RECOMMANDATIONS

pour la conservation à long terme 8

2.1	Recommandations en culture	9
2.2	Recommandations à l'arrachage	10
2.3	Recommandations pour la confection du tas	11

3 RECOMMANDATIONS

pour le bâchage des tas avec les bâches Toptex 12

4 RECOMMANDATIONS

pour le bâchage des tas contre le gel 14

5 PLUS D'INFORMATIONS

sur la conservation 16

5.1	Facteurs agronomiques affectant la conservation	16
5.2	Pertes observées pendant la conservation	16
5.3	Effet de la température	18
5.4	Conservation en degrés jours	18
5.5	Moisissures de conservation	20
5.6	Effet de la qualité de l'arrachage	20
5.7	Effet du niveau de décolletage	21
5.8	Effet de la variété	22
5.9	Effet de la tare terre	23
5.10	Effet du champ	23
5.11	Effet de la taille des betteraves	23
5.12	Effet de maladies racinaires du champ	23
5.13	Effet de maladies foliaires du champ	23
5.14	Effet de la fumure azotée	23
5.15	Effet de produits de conservation	24
5.16	Effet de la période d'arrachage	24
5.17	Effet de la température à l'arrachage	25
5.18	Effet de la forme du tas	25

6 PLUS D'INFORMATIONS

sur le bâchage et la protection contre le gel 26

6.1	Effet du bâchage Toptex	26
6.2	Effet du gel	27
6.3	Protection contre le gel	27
6.4	Protection contre le gel avec des Jupettes	28
6.5	Protection contre le gel avec de la paille	29
6.6	Conservation de betteraves gelées/dégelées	29

7 BIBLIOGRAPHIE

30

1 | INTRODUCTION

1.1 CONSERVATION À LONG TERME DES BETTERAVES

En Belgique, jusqu'en 2007, la durée moyenne de réception des betteraves en usine (campagne betteravière) était de ± 80 jours (moyenne de la période 1990-2007). Les réceptions betteravières des usines ouvraient vers fin septembre - début octobre et fermaient au plus tard avant la Noël. Les betteraves étaient réceptionnées pendant 3 mois environ. Les dernières betteraves, arrachées en théorie avant la mi-novembre, étaient stockées pendant une période maximale de 20 à 30 jours au bord des champs, dans l'attente de leur livraison. Les usines qui réceptionnaient les betteraves étaient au nombre de 13 en 1990 et encore au nombre de 6 en 2007. Au cours de cette période et suite entre autres à l'augmentation des rendements, la superficie betteravière a diminué de ± 112.000 ha à ± 85.000 ha. Au cours de cette période, les rendements betteraviers ont fluctué entre 55 t/ha et 70 t/ha de racines (moyenne nationale : ± 62 t/ha).

La décision de réformer en profondeur le règlement sucre européen a été prise par la Commission Européenne à partir de 2006 (Règlement EC 318/2006 du Conseil). La restructuration engendrée par le nouveau règlement sucre a fortement réduit, à partir de la campagne 2008/2009, les quotas de production, les superficies betteravières, le prix de la betterave et le prix du sucre et le nombre d'usines. Certains pays européens ont même abandonné complètement la culture de la betterave. Le secteur betterave - sucre belge s'est fortement adapté à ces nouvelles contraintes.

Suite à la réduction des quotas, la superficie betteravière belge est descendue à ± 63.000 ha. Par contre, suite à l'abandon des moins bonnes terres et suite à l'amélioration constante de la génétique betteravière, le rendement betteravier national moyen s'est amélioré pour atteindre ± 75 t/ha de racines (moyenne 2008 - 2012). De même, dans un souci de plus grande rentabilité, le nombre d'usines s'est réduit à 3, mais des investissements conséquents ont permis d'augmenter les capacités d'usinage des betteraves qui ont atteint 12.000 à 15.000 t/jour, voire plus.

Ainsi, depuis la campagne 2008, la période de réception des betteraves s'est considérablement allongée. Les réceptions d'usine ouvrent généralement vers la mi-septembre et ferment vers la seconde semaine de janvier. Les campagnes de réception betteravière plus longues ont permis de réduire les coûts de transformation des betteraves, et donc le coût du kg de sucre blanc extrait afin de conserver un outil industriel compétitif.

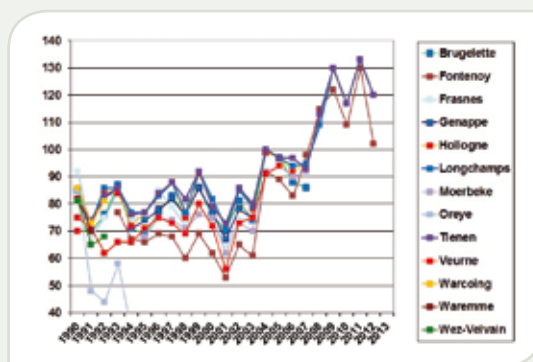


Figure 1. Évolution du nombre de jours de campagne betteravière (axe vertical) selon les usines en Belgique, depuis 1990. Depuis 2009, les usines en activité appartiennent à la Raffinerie Tirlémontoise : sucrerie de Tirlémont et râperie de Longchamps (qui alimente la sucrerie de Wanze) et au groupe ISCAL Sugar : sucrerie de Fontenoy.

NB : les courbes de Tirlémont (Tienen) et de Longchamps se chevauchent.

Comme illustrée dans le graphique ci-dessus, la durée de la campagne betteravière est ainsi passée de 70-80 jours en moyenne (période 1990 - 2007) à ± 120 jours (période 2008 - 2012).

Parmi ces nombreux changements, la date théorique de fin d'arrachage des betteraves, fonction de l'arrivée des froidures et des gelées hivernales, est restée fixée au 15 novembre (au plus tard au 1er décembre dans le Nord du pays). Avec l'allongement des campagnes, les derniers lots de betteraves, usinés vers la mi-janvier, doivent donc être

conservés à long terme, soit parfois pendant plus de 60 jours, mais au cours d'une période hivernale froide, apparemment propice à une conservation à long terme.

Suite aux nouvelles contraintes évoquées et en plus du stockage à long terme des betteraves, signalons que des nouvelles opérations au champ ont également vu le jour. Ce sont :

- le bâchage des tas avant livraison avec un géotextile, pour assécher la tare terre en vue d'un déterrage avant chargement. Cette opération est réalisée par les betteraviers.
- le déterrage mécanisé des betteraves au champ avant chargement des tas. Cette opération permet de réduire considérablement les quantités de terre (tare terre) exportées hors du champ et transportées à l'usine¹. Cette opération est généralement réalisée par les sucreries.

Les travaux entrepris par l'IRBAB, grâce en grande partie à sa chambre de respirométrie (équipement quasi unique en Europe), ont donc veillé à :

- déterminer l'évolution et le niveau de pertes ainsi qu'un seuil de conservation lorsque les betteraves sont conservées à long terme, même à faible température,
- déterminer les éléments les plus préjudiciables à la conservation à long terme.

L'apparition et le développement de moisissures de conservation se sont révélés être les éléments qui déterminent une durée limite de conservation des betteraves. Ces éléments sont directement liés à la qualité de la récolte et aux conditions climatiques.

La qualité de la récolte comprend la qualité de l'effeuillage et du décolletage, mais aussi la qualité du déterrage, réalisé par les machines d'arrachage, qui sont responsables des blessures faites aux racines. Il a été confirmé que toutes ces blessures (décolletage inadéquat ou trop profond, bris de pointes de racines, coups et blessures) sont autant de points à cicatriser pour la betterave,

aux dépens de son métabolisme et de sa teneur en sucre. Il s'est avéré qu'après un certain temps (fonction de la température), toutes ces blessures sont également autant de points d'entrée pour les moisissures de conservation.

Par ailleurs, pendant la conservation à long terme, la teneur en sucre des betteraves se dégrade en fonction de températures trop élevées (métabolisme plus important, fermentation et développement de moisissures de stockage) ou trop basses (alternances gel/dégel entraînant la décomposition rapide des betteraves). En effet, la respiration des betteraves mises en tas s'effectue aux dépens de la teneur en sucre des racines. Cette perte peut être mesurée, en comparant le niveau de teneur en sucre avant et après conservation (à poids de racine égal) ou en mesurant, dans une chambre de respirométrie, les quantités de CO₂ produites par la respiration (quantités de CO₂ qui peuvent être converties en équivalent « gramme de sucre par tonne de betteraves et par jour ». La perte en sucre au cours de la conservation peut également être amplifiée par un décolletage insuffisant, favorable à la repousse foliaire, également consommatrice de sucre.

Parmi d'autres éléments plus secondaires, un effet variétal (aptitude à la conservation à long terme), fonction de la qualité de l'arrachage et de l'intensité du déterrage (sensibilité à la casse de pointes de racines et aux blessures), peut être également évoqué.

¹ En 2012 et grâce au déterrage mécanisé des betteraves, la Raffinerie Tirlemontoise a chiffré la réduction de tare terre à l'équivalent de 50 camions/jour, soit 150.000 tonnes de terre restées au champ et non transportées.

1.2 PROTECTION DES TAS DE BETTERAVES CONTRE LE GEL

Suite à l'allongement des campagnes de réception betteravière et à la réception de betteraves au-delà de la fin décembre, les betteraves destinées à être livrées pendant cette période et stockées depuis la mi-novembre aux bords des champs sont sujettes aux rigueurs hivernales de fin d'année, ce qui était moins le cas avant la réforme du régime sucre.

En Belgique, selon les données de l'Institut Royal Météorologique (IRM, Bruxelles), on observe statistiquement une période de froidure entre la mi-décembre et la mi-janvier. Comme illustrée dans le graphique ci-après, cette période est généralement suivie d'une période de dégel. Il gèle ainsi jusqu'à -3°C à -10°C et plus à Bruxelles, de 3 à 5 ans sur 10, entre la première décade de décembre et la première décade de janvier.

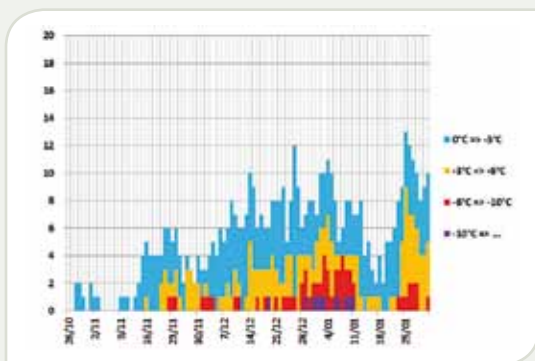


Figure 2. Fréquence de différents niveaux de la température minimale à Bruxelles, entre la fin octobre et la fin janvier, pour la période 1991-2010 (sur 20 ans, axe vertical). Ce graphique confirme la date théorique de fin de la période d'arrachage fixée au 15 novembre en Belgique. On observe statistiquement une période de dégel vers la mi-janvier.

Jusqu'avant 2008, les betteraves étaient pour la plupart réceptionnées avant cette période de gel plus intense ou au tout début de celle-ci. Afin que les tas de betteraves stockés au champ ne soient pas trop affectés par cette période de gel plus intense, il convenait de les protéger contre le gel

et le vent polaire (gel pénétrant) et de les bâcher avec une bâche plastique les couvrant entièrement.

De par la répartition du climat belge, les tas de betteraves situés dans la moitié Sud du pays étaient plus sujets au risque de gel, et en particulier ceux situés au Sud du sillon Sambre et Meuse. Des bâches plastiques perforées au centre et à la base étaient ainsi mises à disposition des betteraviers livrant à la Raffinerie Tirlemontoise.

En Belgique, le bâchage contre le gel est obligatoire, lorsqu'un avis de bâchage contre le gel est diffusé par l'IRBAB, en collaboration avec les sucres et les services météo locaux. La fréquence de bâchage selon les diverses régions belges est illustrée au graphique ci-après.

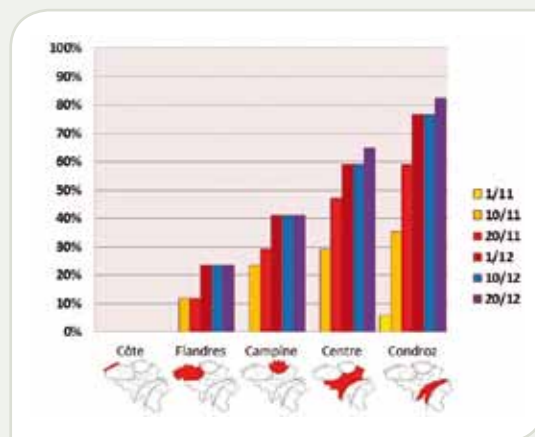


Figure 3. Fréquence de bâchage des tas de betteraves contre le gel selon la date, au moyen de bâches plastiques, selon 5 régions en Belgique, pour la période 1993 à 2009.

Selon ces données, le bâchage des tas de betteraves contre le gel est quasi inexistant à la Côte et peu fréquent en Flandre. La protection contre le gel est effectuée environ 4 ans sur 5 dans le Condroz au mois de décembre et une 1 année sur 2 dans le Centre du pays.

Comme signalé précédemment, le déterrage mécanisé des tas de betteraves avant chargement a également fait partie de l'évolution des techniques consécutives à la réforme du régime sucre. Afin de réduire la quantité de tare terre, de limiter les coûts de transport et de lavage des betteraves et de limiter les quantités de terre exportées par l'arrachage (protection des sols), l'emploi de machines de déterrage des betteraves s'est généralisé à partir de 2008-2009 (2008 : 10% des betteraves livrées à la Raffinerie Tirlemontoise sont déterrées, 90% chez ISCAL Sugar ; 2012 : 55% des betteraves livrées à la Raffinerie Tirlemontoise sont déterrées, 90% chez ISCAL Sugar).

Afin d'améliorer l'efficacité du déterrage par ces engins, des dispositions ont été prises pour assécher au mieux la tare terre, en profitant de la ventilation et de l'aération naturelle du tas de betteraves (effet du vent), mais tout en veillant à limiter l'entrée d'eau de pluie. En effet, une fois séchée, la tare terre s'élimine en grande partie en utilisant les avaleuses déterreuses de tas.

Une limitation de l'entrée d'eau de pluie dans un tas de betteraves, n'entravant pas l'aération naturelle de celui-ci, s'effectue au mieux en le recouvrant au moyen de bâches spéciales qui laissent passer l'air et le vent, mais pas l'eau de pluie. Ces bâches sont de type géotextile (tissu constitué de fibres de polypropylène non tissées et micro-perforé). L'usage de telles bâches s'est généralisé en Belgique à partir de 2010, avec quasi un seul modèle commercial, le « Toptex® ».

En 2010, les accords interprofessionnels ont défini, pour les betteraves livrées à la Raffinerie Tirlemontoise, un bâchage obligatoire au 15 novembre avec les bâches de type Toptex pour tous les tas de betteraves livrés à partir du 1er décembre. Le bâchage volontaire puis obligatoire avec les bâches Toptex suite à l'émission d'un avis de la sucrerie est d'application pour les betteraves livrées au groupe ISCAL Sugar. Une prime de bâchage Toptex a été instaurée à ce propos.

Comme décrit, la particularité du Toptex® est de laisser passer l'air et le vent, mais non la pluie. En

hiver et en absence d'une couche suffisante et persistante de neige, le vent polaire passe à travers la bâche Toptex et pousse le gel plus en profondeur dans le tas de betteraves. Dans ces conditions, il n'est pas rare de trouver des tas de betteraves bâchés uniquement avec les bâches Toptex, qui soient entièrement gelés après plusieurs jours de gel à -3°C ou plus.

Un surbâchage (complet ou non) des tas de betteraves bâchés avec Toptex doit être effectué, avant l'arrivée d'une période de gel, au moyen d'une seconde bâche qui doit être étanche au vent. Au besoin, ce surbâchage complet contre le gel doit être enlevé si les températures redeviennent trop positives, puis remis si les températures redescendent par la suite !

Le placement et la fixation des bâches Toptex peut être manuel ou mécanisé. Alourdis par l'humidité, la pluie, la neige et la glace, les bâches Toptex ne peuvent être enlevées qu'avec des machines². Le bâchage contre le gel, réalisé avec des bâches plastiques, s'effectue (péniblement et avec plusieurs personnes) de façon manuelle. Ces bâches plastiques ne sont pas réutilisables.

En cas de gel intense, une protection efficace des tas de betteraves bâchés avec Toptex et facile à placer par une personne seule et en l'absence de toute machine a donc été envisagée et développée par l'IRBAB en 2010. Le système proposé a été repris et développé par la Société belge Pype Agro & Géotextiles en 2011, sous le nom commercial de « Jupettes® ».

Les travaux entrepris par l'IRBAB dans ces domaines de recherche ont débuté vers 2006-2007. Ils ont donc cherché à :

- déterminer les conditions optimales pour conserver au mieux les betteraves et minimiser les pertes en sucre observées lors de la conservation à long terme,
- développer contre le gel intense un système aisé et rapide de protection des tas de betteraves bâchés avec le Toptex®.

² Une bâche Toptex chargée de neige, de glace et de betteraves gelées peut peser jusqu'à 700 kg !

2 | RECOMMANDATIONS

POUR LA CONSERVATION À LONG TERME

Toutes les recommandations énumérées ci-après trouvent leurs explications dans les chapitres 5 et 6 « Plus d'informations sur ».

CONSERVER SES BETTERAVES À LONG TERME,
c'est pouvoir conserver au frais³, en un tas bien aéré par le vent, mais bien protégé de la pluie (et surtout protégé du gel le moment venu), des betteraves qui soient :

- en bon état sanitaire,
- récoltées avant les périodes de gel (au plus tard avant le 15/11 en théorie, et au 1^{er} décembre dans le Nord du pays),
- avec un minimum de dégâts aux racines (peu de bris de pointes de racine, peu de blessures),
- décollées normalement (ou au minimum),
- avec un minimum de verts (restes de pétioles, adventices,...),
- avec un minimum de tare terre,
- entreposées à un emplacement adapté à la conservation et au chargement.

³ Les conditions idéales sont : T° entre 5-8°C, avec une humidité non saturante dans le tas (< 95%).

2.1 RECOMMANDATIONS EN CULTURE



Figure 4. De façon générale, ne conservez pas à long terme les betteraves provenant de terres qui ont été affectées par une carence en bore, le nématode du collet, le rhizoctone brun ou le rhizoctone violet, qui ont été inondées temporairement ou soumises à un stress hydrique (sécheresse provisoire), mais provenant des meilleures terres où elles sont en bon état sanitaire.

- Veiller à un chaulage régulier des terres pour maintenir un pH proche de la neutralité.
- Éviter les terres présentant des défauts de structure ou une semelle de labour trop importante qui induiraient la formation de racines fourchues et donc une augmentation des bris de racines à l'arrachage.
- Préparer un lit de germination uniforme afin d'obtenir une population uniforme.
- Utiliser des graines désinfectées aux fongicides et aux insecticides, ce qui limitera certaines infections du champ pouvant se développer lors de la conservation à long terme et permettra d'avoir un état sanitaire optimal à la récolte.
- Éviter une variété ayant une mauvaise aptitude à la conservation⁴.
- Au semis, vérifier l'usure des socs du semoir, le réglage général du semoir et donc la régularité de la distance entre graines, ce qui à défaut entraînera un décolletage irrégulier.
- Ne pas établir des populations trop importantes (>110.000 pl/ha) qui induiraient la formation de betteraves plus petites et de plus de tare terre.
- Définir si possible sa date d'arrachage en fonction de la date de livraison selon le tableau proposé au chapitre 5.4. Les délais proposés sont un peu plus courts au Nord du pays (climat plus maritime, plus doux) et plus longs au Sud du Sillon Sambre & Meuse (climat plus continental, plus frais).
- Au moment du semis des betteraves, prévoir une aire enherbée bien plane (au moins 12 m de large) pour le stockage, lorsque le tas est ramassé avec une avaleuse. L'enherbement peut être effectué avec du ray-grass (RG : 15-20 kg/ha), de la fétuque (FE : 15-20 kg/ha), du trèfle blanc (TB : 10-12 kg/ha), seul ou en mélange (RG+TB : 85/15; RG+FE : 70/30; RG+FE+TB : 65/30/5). Il faut compter $\pm 1.500 \text{ m}^2$ (minimum 125 m de long x 12 m large) pour 10 ha de betteraves (à 80 t/ha), prévoir 2-3 broyages et ne pas laisser monter à graines.

⁴ Depuis 2010, toutes les variétés commerciales analysées par l'IRBAB (± 20 variétés/an) conservent de façon satisfaisante jusqu'à 300 degrés jours au moins, pour autant qu'elles aient été arrachées correctement, avec peu de dégâts aux racines et décollées normalement.

2.2 RECOMMANDATIONS À L'ARRACHAGE



Figure 5. Il convient avant tout, pendant la période de récolte (en moyenne 45 jours) de bien mettre à profit les journées les plus propices. Ne retardez pas vos arrachages en fin de campagne.

- Arracher en bonnes conditions : mieux vaut arracher une semaine plus tôt et en bonnes conditions que une semaine plus tard avec risques de pluies, de gel, etc. Il y aura ainsi moins de tare terre (et de pénalité de tare terre), moins de blessures aux racines et moins de dégâts à la structure du sol. Il convient de ne pas arracher par temps de gel.
- Être présent lors de l'arrachage et insister pour que le chantier d'arrachage soit correctement entretenu et réglé pour abîmer le moins possible vos betteraves : un chauffeur expérimenté doit surveiller sa vitesse d'arrachage (maximum 2/3 de sa vitesse maximale dans la parcelle) et la vitesse des turbines, adapter les réglages de l'effeuilleuse et des décolleteurs (régulièrement aiguisés) selon la parcelle. Un chantier d'arrachage avec turbines de déterrage, correctement réglé et conduit, peut donner d'aussi bons résultats en conservation qu'un chantier avec rouleaux axiaux.
- Les socs d'arrachage doivent travailler à 3-4 cm de profondeur, en conditions humides. Les socs de ramassage ne doivent pas rentrer dans la terre.
- De façon générale, il faut moins de 10% de betteraves trop décollées et moins de 20% de betteraves avec des pétioles. Il faut un minimum de betteraves avec un bris de pointes de racine supérieur à 4 cm de diamètre (largeur de 2 doigts), sans nécessairement vouloir garder toutes les pointes.
- Préférer un chantier d'arrachage avec déchargement latéral pour réaliser des tas avec des côtés réguliers et planes (pas de creux), avec une crête régulière, avec peu ou pas d'ornières sous la base du tas.
- Veiller à limiter la hauteur de chute dans les bennes de chargement et lors du déversement au tas.

2.3 RECOMMANDATIONS POUR LA CONFECTION DU TAS



Figure 6. En Belgique, la majorité des tas est reprise à l'avaleuse. Cela implique que ces tas doivent être accessibles par tous les temps (et surtout par temps hivernal) pour les camions et l'avaleuse et être à l'écart des lignes électriques. La voie d'accès au tas doit être au moins empierrée, d'une largeur de 4 m, avec des bas-côtés stabilisés et des tournants praticables. L'endroit du chargement doit être au même niveau que la route d'accès et en accord avec le règlement routier local.

Pour les chargements à l'avaleuse de tas :

- La largeur du tas doit être au minimum de 0,50 m plus étroite que la table d'avalage de l'avaleuse de tas.
- Positionner le tas sur une aire enherbée (voir chapitre 2.1.), sans cailloux, plane et avec une bonne évacuation de l'eau. Le stockage sur chaume engendre plus de tare terre que sur aire enherbée (soit en moyenne $\pm 1,3$ point de tare en plus, soit 6,5 t de terre en plus pour un silo de 500 t).
- La distance entre l'axe central du tas et l'axe central de la benne de livraison, placée sur la route, doit être idéalement de 10 m.
- Prévoir un accès et un espace libre de 25 m à l'avant du tas pour le positionnement de l'avaleuse.

Pour tous les tas :

- Éviter à tout prix les endroits avec risque de présence d'eau stagnante.
- Jalonner l'emplacement du tas pour respecter son alignement et sa largeur maximale.
- Prévoir un passage (3-4 m) tout autour du tas si la fixation de la bâche Toptex est mécanisée (utilisation d'un disque fixateur).
- Si possible, orienter le tas selon l'axe Sud-Ouest – Nord-Est (ainsi, seule une des pointes du tas sera exposée au vent polaire).
- Veiller à utiliser des bennes de capacité identique pour obtenir un tas uniforme en largeur.
- Éviter d'écraser ou de faire éclater des betteraves lors du déchargement. Celles-ci seront situées au centre du tas, là où l'échauffement sera plus intense.
- Limiter les ornières profondes (1 m³ d'ornières = 600 kg de betteraves).
- La meilleure forme des tas est de section triangulaire (forme de A). Il convient de ne pas dépasser 10 m de large (9,50 m pour une avaleuse de 10 m), ni 3 m de haut pour limiter les échauffements au centre du tas.
- Les côtés doivent être réguliers et rectilignes pour ne pas avoir de creux (et donc de zones plus froides en cas de gel) et pour faciliter le bâchage, surtout s'il est mécanisé.
- Terminer le tas en égalisant la crête et les côtés avec les derniers déchargements latéraux
- Un suivi de la température avec une sonde placée dans le tas est toujours intéressant.
- Remettre l'emplacement du tas en état après chargement, lorsqu'une bordure enherbée à long terme a été utilisée.

3 | RECOMMANDATIONS

POUR LE BÂCHAGE DES TAS AVEC LES BÂCHES TOPTEX



Figure 7. En Belgique, le bâchage avec les bâches Toptex doit être réalisé en priorité selon les accords interprofessionnels, ou adapté au besoin selon les conditions météorologiques. Des possibilités de bâchage/débâchage et de fixation mécanisée à la base du tas se développent un peu plus chaque année.

Le nombre de bâches Toptex à utiliser correspond en général à $1 \text{ m}^2/500 \text{ kg}$ betteraves (le tonnage d'un tas = volume x 0,685 ; le volume d'un tas triangulaire = (base moyenne x hauteur)/2 x longueur moyenne). La largeur d'une bâche doit correspondre à la largeur du tas, multipliée par 1,3⁵. Une bâche Toptex de 12 m de large, fixée mécaniquement au disque à la base du tas, convient parfaitement pour un tas de 9,50 m de large. Des bâches Toptex de 14,50 m de large conviennent pour des tas plus larges, confectionnés avec des bennes et chargés à la grue.

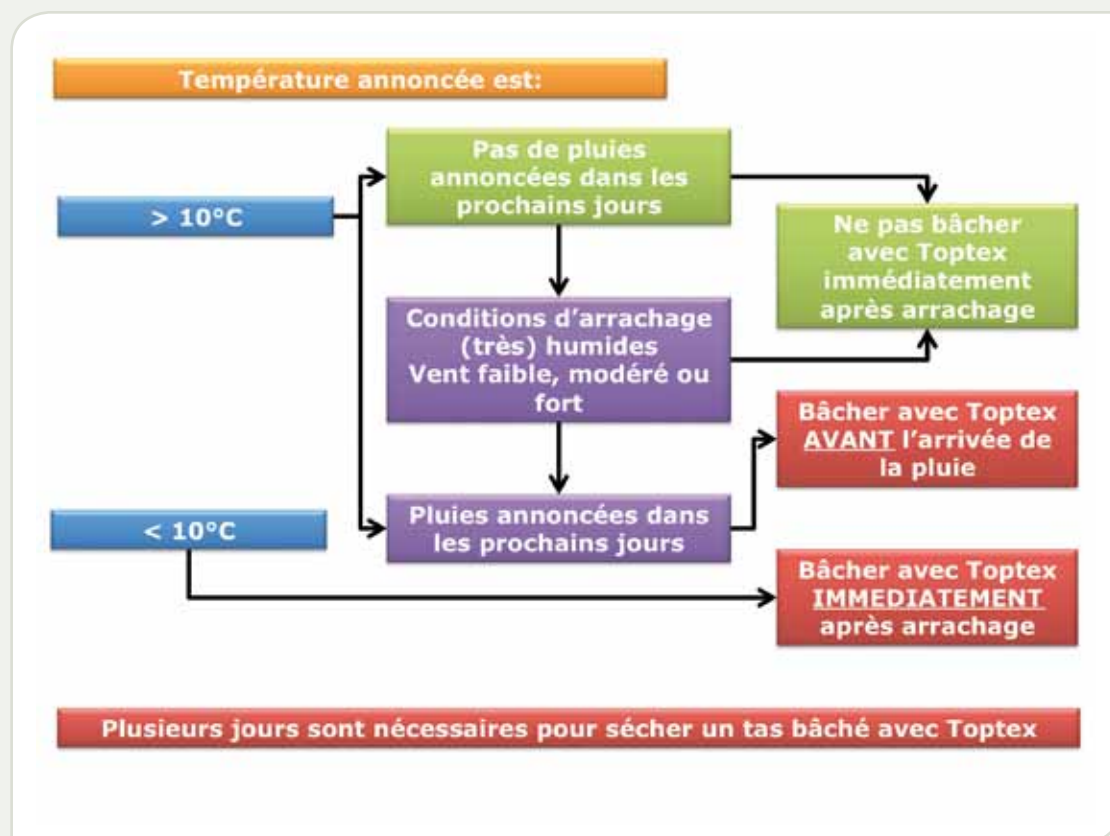
- Placer au mieux les bâches Toptex quelques jours après arrachage, comme décrit dans le diagramme décisionnel ci-après, tout en respectant les accords interprofessionnels et les avis des sucreries.
- Utiliser une échelle (ou un engin télescopique) pour escalader le tas avec les rouleaux de Toptex. Par la suite, se déplacer sur un Toptex mis en place sur le tas est plus facile.
- Bâcher l'entièreté du tas, extrémités comprises. Le placement manuel des bâches Toptex nécessite 3 à 4 personnes et peu de vent.
- Veiller à ce que les bâches ne soient nulle part en contact avec le sol.

⁵ Le module « Tas de betteraves et nombre théorique de bâches de couverture », disponible sur le site Internet de l'IRBAB, calcule le nombre de bâches Toptex nécessaire selon votre récolte.

- Un placement/enlèvement mécanisé et une fixation mécanisée avec un disque latéral peuvent être envisagés pour couvrir de nombreux tas et rentabiliser le travail.
- En absence de fixation mécanisée, fixer suffisamment les bâches sur le tas à l'aide de lanières et de lests (pneus, sacs remplis de sable ou de gravier, palettes,...). Quelques betteraves ne suffisent pas. Ne jamais utiliser de terre, ni de fumier.
- Des lanières, découpées dans du Toptex usagé, et des accessoires auto-agrippants (bandes Velcro) peuvent être utilisés pour accrocher facilement les lests et fixer très facilement les bâches Toptex deux à deux.
- Lors du débâchage, il faut prévoir un engin muni d'un bras télescopique ou une grue pour pouvoir retirer les bâches Toptex humides et certainement dans le cas où elles n'ont pas été protégées

contre le gel et la neige par un surbâchage avec Jupettes ou avec bâches plastiques. Le travail peut être très conséquent dans ce cas.

- Après usage, les bâches Toptex seront étalées complètement et mises à sécher quelques jours au champ ou suspendues dans un hangar. Après élimination des blocs de terre ou des betteraves résiduelles, les bâches seront stockées au sec, prêtes à l'emploi, à l'abri du soleil et des rongeurs.
- Lorsque le débâchage est mécanisé, les bâches Toptex sont directement réenroulées sur leur support (tube en acier de ± 6 m de long). Elles sont directement prêtes à être transportées, stockées et prêtes pour être utilisées l'année suivante.



4 | RECOMMANDATIONS

POUR LE BÂCHAGE DES TAS CONTRE LE GEL



Figure 9. Un système aisé de surbâchage des tas contre le gel (pour les tas déjà bâchés avec Toptex) a été étudié par l'IRBAB en 2010. Ces bâches (commercialisées sous le nom de « Jupette ») couvrent au moins la moitié inférieure du tas et sont placées aisément par une personne seule, sans machine. Des Jupettes de plus grande largeur peuvent être utilisées pour couvrir les extrémités des tas. Ces dernières sont aussi proposées pour couvrir les tas dans les pays où l'hiver est plus rude.

- Suivre la météo et les avertissements de bâchage contre le gel établis par l'IRBAB, en collaboration avec les sucreries.
- Lors d'un avis de bâchage contre le gel (ou de surbâchage des tas bâchés avec Toptex), le placement de bâches de protection doit être réalisé dans un délai très court (1 à 2 jours de délai, prévoir le personnel et les machines en conséquence).
- Placer au mieux des bâches plastiques ou des demi-bâches (Jupettes⁶) en fonction des avertissements ou selon le diagramme décisionnel ci-après.
- Veiller à fixer suffisamment les bâches plastiques pour qu'elles ne se déchirent pas ou ne s'envolent pas sous l'effet du vent.
- Un bâchage complet avec des bâches plastiques doit être enlevé en cas d'un redoux de plusieurs jours.
- Après usage, récupérer les bâches plastiques déchirées et les porter au lieu de collecte des plastiques agricoles.

Bâchage contre le gel avec Jupettes :

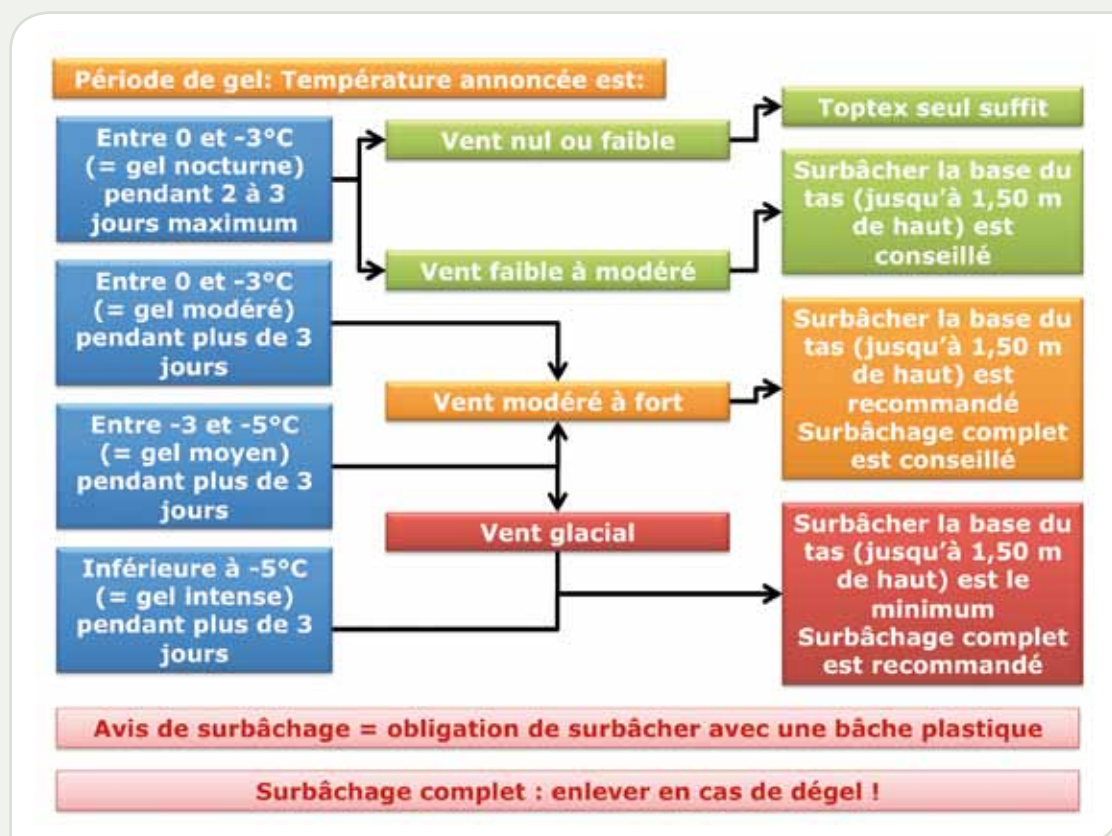
- Pour les tas bâchés avec Toptex (situation standard en Belgique en période pré-hivernale), bâcher préventivement avec des Jupettes, dès que la température nocturne descend en-dessous de +5°C ou les jours avant l'arrivée théorique du gel ou de la neige (dernière semaine de novembre). Le tas aura déjà été idéalement bâché avec Toptex depuis 8 à 10 jours, ce qui aura permis de réduire son niveau d'humidité interne.
- Commencer par couvrir les extrémités du tas avec des Jupettes (10 m de long suffisent) placées perpendiculairement, pour couvrir les extrémités en enjambant le tas.
- Dérouler les autres Jupettes (20 m de long, en général) de chaque côté du tas. Le bas des Jupettes doit affleurer le bas du tas ou couvrir le sol sur ± 20 cm. Placées sur des Toptex fixés mécaniquement au pied du tas avec un disque, les Jupettes ne doivent pas être maintenues avec des lests. Pour les tas où le Toptex est maintenu

⁶ Les « Jupettes » ne s'accrochent que sur un géotextile de type Toptex. Elles ne s'accrochent pas sur un Toptex gelé ou recouvert de neige.

avec des lests (pneus, sacs, palettes de bois), enlever et remettre les lests au fur et à mesure du placement des Jupettes. Du fait que les Jupettes comprennent plusieurs bandes auto-agrippantes dans la longueur, elles ne s'envolent pas avec le vent.

- Comme pour le Toptex, veiller à ne jamais utiliser de la terre pour lester les Jupettes.
- Les Jupettes de 3 m de large (ou moins) peuvent être placées et fixées manuellement par une personne seule, sans machine. Les Jupettes de plus de 3 m de large nécessitent deux personnes pour leur placement.
- Un placement/enlèvement mécanisé peut être envisagé pour couvrir de nombreux tas et rentabiliser le travail.
- Lors d'un débâchage en conditions hivernales (accumulation de neige au pied du tas), les Jupettes peuvent être enlevées à la main ou en les tirant par un coin avec un tracteur.

- Après usage, les Jupettes sont stockées et enroulées prêtes à l'emploi, avec les bandes auto-agrippantes tournées vers l'extérieur.
- En cas de gel très intense (rarement le cas en Belgique), on peut envisager de placer une deuxième Jupette au-dessus de la première pour couvrir la partie supérieure du tas (cette deuxième Jupette doit être retirée en cas de réchauffement de la température). Dans les pays nordiques, on utilise des Jupettes de 5 m de large qui couvrent le tas presque jusqu'à son sommet (= surbâchage quasi complet du tas).
- Lorsque le débâchage est mécanisé, les Jupettes sont directement réenroulées sur leur support (tube en acier de 3 à 4 m de long). Elles sont directement prêtes à être transportées, stockées et prêtes pour être utilisées l'année suivante.



5 | PLUS D'INFORMATIONS SUR LA CONSERVATION

5.1 FACTEURS AGRONOMIQUES AFFECTANT LA CONSERVATION

De nombreux éléments agronomiques peuvent sensibiliser la betterave lors de sa conservation à long terme. Parmi les plus importants, citons : les parasites et maladies racinaires tels que le nématode du collet, le rhizoctone brun, le rhizoctone violet, la carence en bore, mais également les défauts de structure (bris

accentué des racines fourchues à l'arrachage), la sécheresse, les inondations temporaires, l'hétérogénéité du décolletage consécutive à l'hétérogénéité du semis. La qualité industrielle (extractibilité du sucre) des betteraves sensibilisées par l'un ou l'autre de ces éléments est également affectée.

5.2 PERTES OBSERVÉES PENDANT LA CONSERVATION

Après arrachage, la racine de la betterave présente dans un premier temps une perte de teneur en sucre essentiellement due au métabolisme engendré par la cicatrisation des blessures faites à l'arrachage (décolletage, bris de la pointe de la racine principale, blessures latérales dues aux équipements de l'arracheuse). L'importance de cette perte de teneur en sucre est proportionnelle aux cicatrifications.

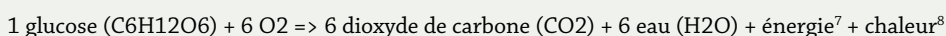
Après la phase de cicatrisation, le métabolisme résiduel de la betterave utilisera également, dans une plus faible proportion, une partie du sucre stocké dans la racine. Si une partie végétative suffisante est encore présente au niveau du collet, une repousse foliaire peut se présenter. La consommation de sucre sera également fonction de l'importance de la repousse foliaire.

L'évolution de ces pertes en sucre peut être établie en évaluant le métabolisme et donc la respiration des betteraves selon la production de CO₂, en chambre

de respirométrie. Dans ce cas, la production de CO₂ peut être exprimée en « gramme de sucre consommé par tonne de betteraves et par jour ». La respiration de la betterave intervient pour environ 70 à 80% des pertes en sucre pendant le stockage, tant que la betterave n'est pas contaminée par des moisissures de conservation.

On peut également mesurer la perte de teneur en sucre par rapport à une situation de départ. Il faut alors compléter cette mesure de perte de teneur en sucre par celle de la perte en poids des racines pour établir une mesure correcte de la perte en poids de la quantité de sucre par rapport à la situation de départ. La perte en poids sucre est alors exprimée en pour-cent de la quantité initiale ou de la perte par jour. Elle peut aussi être exprimée en « g sucre/tonne de betteraves/jour ». La tare terre au départ et après conservation doit être aussi prise en compte dans ces calculs.

Sur le plan biochimique, le métabolisme de la respiration correspond à la dégradation du saccharose stocké dans la racine. En présence d'oxygène et après clivage enzymatique de la molécule de saccharose en glucose + fructose (par des enzymes spécifiques : « sucrose synthase » et « acid invertase »), cette dégradation s'écrit selon la formule :



⁷ L'énergie produite par la respiration (réaction exothermique) est convertie en molécules nécessaires au métabolisme général (= ATP, adénosine triphosphate). En conditions limitantes en oxygène, une fermentation bactérienne du saccharose peut se présenter et produire de l'éthanol. Cette fermentation anaérobie nécessite 15 fois plus de sucre que la respiration des betteraves, d'où l'importance de maintenir une bonne aération dans un tas de betteraves.

⁸ La quantité de chaleur résiduelle produite par la respiration pendant la phase de cicatrisation peut être suffisante pour échauffer un tas de betteraves de plusieurs degrés pendant cette période.

Dans un tas de betteraves maintenu au sec et sans apport d'eau de pluie, une humidité relative trop faible du tas peut à la longue dessécher quelque peu les betteraves et entraîner une perte d'eau au niveau du poids des racines. Cette perte en poids de racine ralentit l'évolution de la perte en teneur en sucre à partir de ce moment et peut même l'inverser. Après une longue conservation, on peut parfois observer une teneur en sucre qui ne présente pas (ou peu) de perte, car celle-ci a été compensée par la perte en eau des racines. La perte en (poids de) sucre est toujours bien présente.

À partir d'un certain stade de conservation, des moisissures peuvent se développer à la surface et surtout dans les tissus de la betterave, selon différentes conditions. Plus la température de conservation est élevée (par exemple > 10°C), plus le métabolisme (= activité enzymatique) de ces moisissures est également élevé, ce qui amplifie la perte en (poids de) sucre et la production de CO₂.

En plus de la mesure de la perte en sucre, la mesure des éléments mélassigènes (potassium, sodium azote alpha-aminé), des sucres invertis⁹ (ou sucres réducteurs = glucose + fructose) ou des autres non-sucres (raffinose, ...) et des acides organiques apporte d'autres informations sur la qualité industrielle (extractibilité) des betteraves livrées. Les teneurs en potassium, sodium varient peu dans les betteraves conservées à long terme. Par contre, la teneur en azote soluble aug-

mente généralement avec le développement de moisissures et la dégradation des protéines. Une teneur plus importante des autres éléments cités s'observent également dans des betteraves trop longtemps conservées et/ou affectées par des moisissures de conservation. Les livraisons de telles betteraves (ou stockées trop longtemps ou en volumes trop importants à l'usine) peuvent nuire au processus d'extraction du sucre. Ces betteraves interfèrent sur l'alcalinité du jus brut, sur la formation possible de jus denses colorés et sur la cristallisation du sucre au cours du processus sucrier. On considère que le processus sucrier commence à être mis en difficulté au-delà de 5% de (parties de) betteraves pourries présentes dans la diffusion. Les betteraves (en parties) pourries sont également porteuses d'infections microbiologiques particulièrement néfastes à l'étape de diffusion en sucrerie. De cet ensemble de faits, la cadence de l'usine ralentit, les coûts d'extraction augmentent, les livraisons ultérieures sont retardées et la campagne s'allonge encore d'autant plus. Dans des betteraves dégelées, ce sont d'autres non-sucres (dextranes, fructanes, lévanes, ...) qui sont formés, suite à une fermentation bactérienne élevée. Ces non-sucres et les contaminations bactériennes ralentissent encore plus gravement le processus sucrier. Dans l'échantillon prélevé par l'usine lors de la livraison, les parties pourries de betteraves conservées trop longtemps peuvent être éliminées (en partie) lors du lavage des betteraves et donc augmenter la tare (tare terre) ou être écartées en salle de tare (= tare pourrie).

⁹ Signalons que le dosage du glucose permet d'évaluer le niveau de dégradation du saccharose. Sa présence en excès dans un échantillon de râpure de betterave induit une détermination incorrecte de la teneur en sucre (saccharose) des betteraves mesurée par polarimétrie.

5.3 EFFET DE LA TEMPÉRATURE

La température est l'élément qui influe le plus sur la conservation. Toute élévation de température augmente le métabolisme de la betterave, son activité enzymatique et sa respiration. La perte en sucre est donc plus élevée à température élevée. On considère que la perte en sucre est deux fois plus élevée à 10°C qu'à 5°C. Après la phase de cicatrisation et lorsqu'elle est conservée à 5°C constant, une betterave peu blessée et normalement décollée consomme environ 100-150 g sucre/tonne de betteraves/jour.

En Belgique, à Bruxelles, la norme de la température moyenne en novembre est de 6,8°C et de $\pm 3,5^\circ\text{C}$ en décembre et janvier. Ces températures sont idéales pour la conservation à long terme des betteraves, si l'on ne tient pas compte des minimas qui peuvent être inférieurs à 0°C (risque de gel et dégel).

Pour établir un seuil de conservation, il faut donc associer la notion de durée à celle de la température (une semaine de conservation en septembre ne correspond pas à une semaine de conservation en décembre). On évalue donc un seuil de conservation à long terme selon le « temps thermique » ou les « degrés jours ».

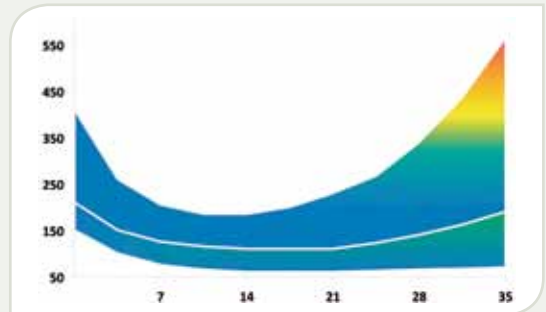


Figure 11. Évolution schématique de la perte en sucre, exprimée en gramme de sucre/tonne de betteraves/jour (axe vertical), selon le nombre de jours (axe horizontal) et différents niveaux de température. La zone en dessous de la ligne blanche illustre la perte en sucre observée à des températures comprises entre 5°C et 10°C. La zone au-dessus de la ligne blanche illustre la perte observée entre 10°C et 20°C. Au-delà d'un certain niveau de température et de nombre de jours, la perte en sucre s'accroît de façon exponentielle suite au développement de moisissures. Ce schéma est établi pour des betteraves saines, correctement arrachées, décollées et déterrées.

5.4 CONSERVATION EN DEGRÉS JOURS

Exprimer la conservation des betteraves selon le niveau de degrés jours¹⁰ atteints (= « temps thermique ») permet d'associer la durée de conservation et la température de conservation. On observe ainsi, en conditions réelles ou en conditions de laboratoire, que des moisissures de conservation commencent à apparaître de façon mesurable après 250-300 degrés jours, quelle que soit la température de conservation (5°C, 10°C, 15°C ou 20°C constant ou selon une évolution dégressive régulière). À 300 degrés jours, les betteraves présentent peu de parties pourries ($\pm 2\%$ en poids) et conservent leur qualité marchande. Le développement des moisissures et des parties pourries évolue au-delà du seuil de 300 degrés jours. Ce développement devient exponentiel au-delà de 450 degrés jours (soit 3 mois à 5°C).

Du fait que la température au cœur d'un tas de bette-

raves est plus élevée que la température extérieure, il est parfois nécessaire de nuancer les degrés jours selon qu'ils sont atteints au centre du tas ou à l'extérieur. Ainsi, 300 degrés jours établis à l'intérieur d'un tas de betteraves correspondent à ± 250 -270 degrés jours établis selon la température extérieure.

Dans les conditions climatiques belges, en se référant à des températures normales saisonnières à Bruxelles, une quantité de 270 degrés jours est atteinte après ± 60 jours, soit vers le 15 janvier environ lorsque la date de départ du calcul est établie au 15 novembre (date théorique de fin des arrachages en Belgique). Un tableau des dates d'arrachage à respecter selon les dates de livraison est proposé ci-après afin de ne pas dépasser le seuil de 270 degrés jours, selon les conditions météorologiques de l'année.

¹⁰ Une valeur en degrés jours est établie en additionnant la température moyenne journalière. La température moyenne est établie selon la température minimale et maximale d'une journée ($= (T_{\min} + T_{\max})/2$). Ainsi, le seuil de 300 degrés jours est atteint après 60 jours à une température moyenne de 5°C, ou après 100 jours à une température moyenne de 3°C. Une valeur négative est corrigée comme étant nulle. Le jour de l'arrachage et de la livraison ne sont généralement pas comptabilisés.

Cependant, il ne faut pas oublier que des betteraves récoltées au 15 novembre et conservées idéalement au froid, en période hivernale, risquent en pratique d'être confrontées à une période de gel avant d'avoir atteint le seuil de 270 degrés jours, si l'hiver est rigoureux. Par contre, si l'hiver est clément et plus doux que la norme, le seuil de 270 degrés jours est atteint bien avant la mi-janvier.

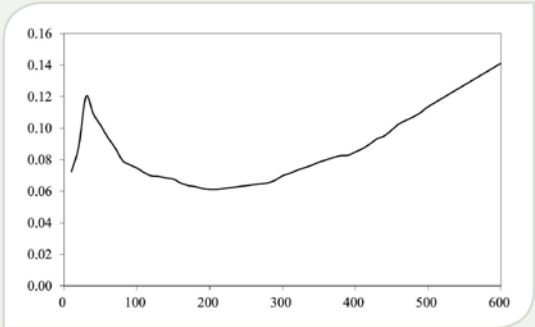


Figure 12. La perte en sucre (axe vertical : pertes en poids sucre en %/jour) d'une betterave conservée à long terme évolue selon les degrés jours (axe horizontal). La perte est importante au début (phase de cicatrisation), puis augmente de façon exponentielle au-delà de ±300 degrés jours, suite au développement de moisissures de conservation. La perte, exprimée en % de poids sucre perdu/jour, est inférieure à 0,1% au début, puis devient rapidement supérieure à 0,1% (données IRS).

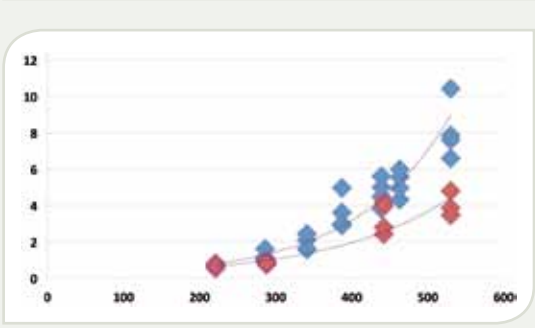


Figure 13. Pertes en poids de parties pourries, exprimées en % du poids initial des racines de betteraves conservées à long terme (axe vertical) selon les degrés jours (axe horizontal) (évolution pour 2 sites d'essais IRBAB, 4 répétitions, arrachage mécanique avec le chantier IRBAB). Jusqu'à 300 degrés jours, la perte en poids de parties pourries est inférieure à 2%. La perte en poids de sucre à ce stade est inférieure à 5%. Par la suite, la présence de parties pourries et la perte en poids de sucre évoluent de façon exponentielle.

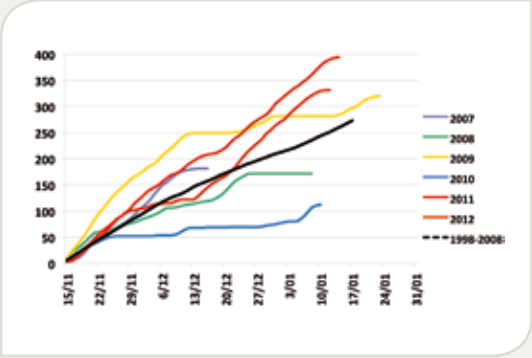


Figure 14. Évolution des degrés jours établis selon la température extérieure à Bruxelles (axe vertical) à partir de la date théorique de fin d'arrachage (15/11), pour les années 2007 à 2012. Les courbes s'arrêtent au moment de la fermeture des usines. Les zones où les courbes restent stationnaires correspondent à des périodes de gel hivernal : 2010 a connu une campagne très froide, à l'opposé de 2011.

Date arrachage	Année froide	Année normale	Année chaude
01/10	25/10	24/10	19/10
11/10	08/11	06/11	31/10
21/10	26/11	21/11	15/11
31/10	01/02	12/12	28/11
10/11		02/01	14/12
20/11		17/01	29/12
30/11		01/02	10/01

Dates d'arrachage proposées en fonction de différentes dates de livraison, au seuil de 270 degrés jours calculé selon la température moyenne extérieure à Bruxelles (année avec une arrière-saison normale) ou selon une arrière-saison chaude ou froide. Les cases surlignées en jaune correspondent à des situations où le risque de gel (et de dégel) doit être pris en compte.

5.5 MOISSISSURES DE CONSERVATION

Les moisissures identifiées en Belgique lors de la conservation à long terme appartiennent le plus souvent aux genres *Botrytis*¹¹, *Penicillium*¹². Celles-ci se développent à partir de 250-300 degrés jours, même sur des betteraves conservées à basse température (5°C constant en laboratoire). Elles se développent principalement aux endroits de blessures trop profondes : bris de pointes de racine trop importants (diamètre de la casse supérieur à 4 cm, soit 2 doigts), décolletage trop profond ou oblique, blessures latérales trop profondes. Le *Sclerotinia sclerotiorum* est plus fréquemment observé dans les régions plus méridionales.

Une humidité saturante (> 95%) et la condensation de l'eau¹³ sont des éléments favorables au développement de ces moisissures. Il est donc important de limiter les entrées d'eau dans un tas de betteraves et de veiller à sa très bonne aération.

Des moisissures secondaires peuvent également être observées sur des betteraves affectées par la carence en bore, le nématode du collet, le rhizoctone brun ou le rhizoctone violet. On peut identifier dans ce cas les genres *Fusarium*, *Trichoderma*, *Rhizoctonia*, ... après de très longues conservations.

Des pourritures d'origine bactérienne (pourritures humides provoquées par les genres *Erwinia*, *Bacillus* et *Pseudomonas*) sont peu observées sous nos conditions climatiques.



Figure 15. Les moisissures de conservation pénètrent dans la betterave via la pointe brisée de la racine, les blessures latérales et via un décolletage trop profond. Il faut fendre les betteraves en deux pour estimer leur importance ou les gratter pour évaluer le poids des parties pourries.

5.6 EFFET DE LA QUALITÉ DE L'ARRACHAGE

La qualité de l'arrachage se résume en 3 points d'attention : peu de blessures, peu de tare terre et peu de verts (feuilles + pétioles). Ces 3 points sont certainement d'application pour la conservation à long terme.

En expérimentation, une betterave arrachée manuellement et peu décollée, sans bris de pointe ni de blessures peut parfaitement conserver jusqu'à 600 degrés jours (= 4 mois à 5°C), avec un très faible développement de moisissures de conservation.

En expérimentation, une betterave arrachée mécaniquement, sans trop de précautions, commencera à être

envahie par les moisissures de conservation à partir de 250 degrés jours (= 25 jours à 10°C).

Les dégâts aux racines réalisés lors de l'arrachage sont l'élément qui pénalise le plus la conservation à long terme des betteraves.

En conditions pratiques, dans un tas de betteraves, des éléments tels que une tare terre trop élevée, une présence importante de verts et de feuilles hachées (et d'adventices) empêchent une aération suffisante du tas et amplifient l'échauffement naturel du tas et donc

¹¹ *Botrytis cinerea* est la forme végétative du *Sclerotinia fuckeliana* (forme sexuée).

¹² Certains *Penicillium* peuvent avoir un effet antagoniste sur le développement de *Botrytis* et inversement.

¹³ L'humidité produite par la respiration des betteraves et celle présente dans la tare terre lors de l'arrachage doivent être évacuées au mieux pour limiter la condensation de l'humidité de l'air dans le tas. Cette condensation s'amplifie avec le refroidissement de la température. Dans un hangar à pomme de terre à 7°C, un refroidissement de 0,5°C d'un air à 97% d'humidité voit apparaître de la condensation sur les tubercules.

la vitesse de développement des moisissures. En Hollande un essai réalisé en tas a mesuré une différence de 2 à 3°C entre deux zones de silo (une avec restes de pétioles et de feuilles, l'autre correctement effeuillée). Cela fait 100 à 150 degrés jours de plus après 50 jours ! Une forte proportion de betteraves blessées augmente également la production de chaleur lors de la phase de cicatrisation et pénalise dès le départ la conservation à long terme.

L'élévation de la température peut également être favorable à la repousse foliaire, ce qui accentue encore plus la perte en sucre.

Des différences importantes peuvent être observées entre chantiers d'arrachage. Des pertes allant presque du simple au triple ont été évaluées par l'IRBAB en 2012, pour des conservations à très long terme (à 450 degrés jours : pertes de 3 à 8 tonnes selon le chantier d'arrachage, exprimées en équivalent racines pour des betteraves établies à 80 tonnes à 16% de sucre). Au cours de cet essai, il est apparu qu'un chantier d'arrachage équipé de turbines de déterrage bien réglées et arrachant à vitesse correcte préserve aussi bien les betteraves qu'une machine moderne d'arrachage, bien conduite et équipée de rouleaux axiaux bien réglés.

5.7 EFFET DU NIVEAU DE DÉCOLLETAGE

Un premier point d'attention à ce niveau est celui de la régularité du décolletage. Celle-ci est fonction de la régularité de la population et donc de la levée au champ et d'un écartement régulier entre graines au semis.

De façon générale pour la conservation à long terme, une betterave avec pétioles consomme plus de sucre qu'une betterave effeuillée qui elle consomme également, suite à la repousse foliaire, plus de sucre qu'une betterave décolletée. Le décolletage idéal correspond à un « mini-décolletage » (appelé parfois « 2 euros ») où le bourgeon terminal a été éliminé pour limiter la repousse foliaire.

Jusqu'à 200 degrés jours, les différences de pertes en poids sucre ou de métabolisme entre niveaux de décolletage sont peu marquées. Au-delà de ce niveau, les betteraves sur-décolletées perdent plus de sucre suite au développement important de moisissures à la surface des parties trop décolletées¹⁴.

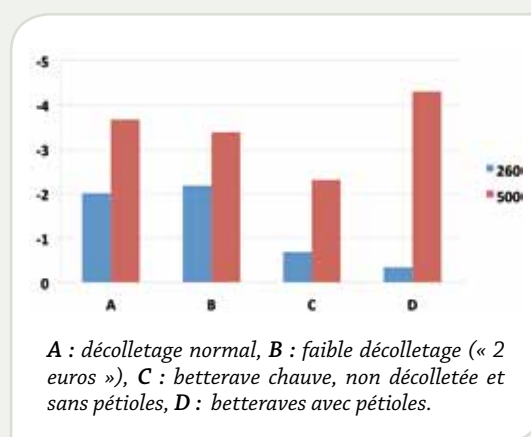


Figure 16. Pertes en poids sucre (en %, axe vertical) pour des betteraves décolletées au champ, arrachées mécaniquement et conservées à long terme (260 degrés jours) et à très long terme (500 degrés jours) selon 4 niveaux de décolletage.

Ces betteraves ont été décolletées au champ et arrachées avec le chantier d'arrachage de l'IRBAB (après 500 degrés jours, les pertes en poids de sucre sont encore inférieures à 5%).

¹⁴ Du fait de la perte en sucre due à la cicatrisation du décolletage et celle résultant de la conservation, certains auteurs ont évalué un gain de 5 à 10 % en saccharose extrait en usinant des betteraves effeuillées et non décolletées, par rapport à des betteraves décolletées.

5.8 EFFET DE LA VARIÉTÉ

Les travaux mettant en évidence (ou non) des différences de sensibilité à la conservation (à long terme) entre variétés commerciales ou lignées génétiques sont très nombreux. Selon les situations, les années ou les sites d'expérimentations, on observe (ou non) des pertes en sucre plus importantes, mais parfois également une augmentation plus importante des teneurs en sucres invertis et en azote soluble. Par contre, le type de betteraves (lourde, équilibrée ou riche) n'est pas un élément prédisposant à la conservation à long terme.

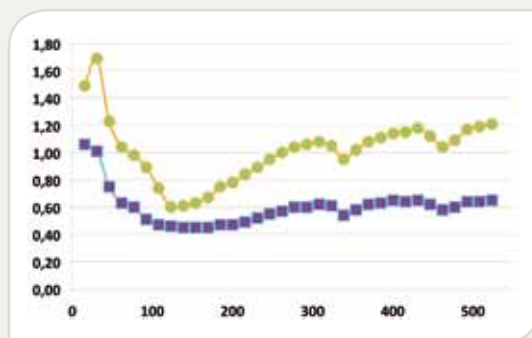
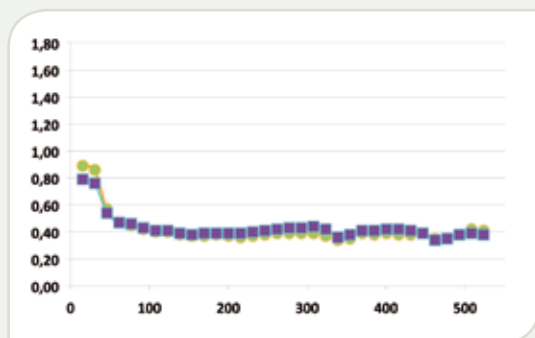
En théorie, les variétés ou lignées génétiques les mieux adaptées à la conservation à long terme sont celles qui ont, pendant la conservation, le plus faible métabolisme et donc la plus faible respiration, mais aussi la meilleure résistance aux chocs et aux moisissures (ce qui peut aller de pair).

En pratique, on observe également que les variétés qui repoussent le plus pendant la conservation sont également celles qui résistent le mieux aux moisissures de stockage. Les variétés avec le taux respiratoire le plus faible peuvent également être celles qui ont le plus haut potentiel de rendement. L'activité de la respiration (mesurable au niveau des mitochondries) y est plus efficiente et nécessite moins de saccharose pour produire des molécules d'ATP (molécules énergétiques) nécessaires à l'activité cellulaire. La mesure la plus re-

présentative de la capacité d'une variété à être conservée à long terme est le suivi de sa production de CO₂ en chambre de respirométrie¹⁵.

Des essais réalisés entre 2007 et 2009 par l'IRBAB (betteraves arrachées avec son chantier d'arrachage) ont mis en évidence la sensibilité à la conservation à long terme chez 2 ou 3 variétés commercialisées à l'époque. Les essais réalisés par l'IRBAB depuis 2010 n'ont plus mis en évidence de variétés commerciales sensibles à la conservation à long terme. Au cours de ces essais, il a été observé une proportion plus grande de variétés moins sensibles à la conservation à long terme chez les variétés tolérantes à la rhizomanie et au nématode. Certaines variétés classiques (uniquement tolérantes à la rhizomanie) se comportent tout aussi bien. De façon générale et en conditions d'arrachage peu pénalisantes, toutes les variétés testées depuis 2010 perdent moins de 5% en poids sucre jusqu'à 300 degrés jours (soit 60 jours à 5°C).

Toutefois, comme illustré par un essai effectué avec deux variétés commercialisées en 2009 (et choisies pour illustrer l'essai), la sensibilité à la conservation d'une des deux variétés est fort dépendante des dégâts faits aux racines lors de l'arrachage. Ainsi, en pratique, on pourrait suspecter qu'une variété ne conserve pas bien alors que c'est la qualité de l'arrachage qui est à mettre en cause.



Figures 17. Métabolisme de 2 variétés de betteraves, arrachées manuellement et traitées dans une turbine de nettoyage (30 t/min à gauche et 60 t/min à droite, pendant 10 secondes) et conservées à long terme en chambre de respirométrie. La variété en vert est plus sensible aux chocs et blessures du déterrage et devient, dans ce cas, nettement moins apte à la conservation à long terme. Légende : axe vertical : mesure du CO₂ produit par la respiration. Axe horizontal : conservation en degrés jours.

¹⁵ Une estimation de l'importance ou du faible taux de respiration chez une lignée ou une variété peut être effectuée en mesurant en laboratoire la production de CO₂ dans les tissus de la racine (CO₂ interne) après 24 à 36 heures de conservation, lorsque la phase de cicatrisation est stabilisée.

5.9 EFFET DE LA TARE TERRE

Comme signalé au point « 5.6. Qualité de l'arrachage », une tare terre trop élevée ou une présence trop importante d'herbes ou de verts dans un tas de betteraves limite la circulation de l'air entre les betteraves, ce qui est favorable à son échauffement interne. De façon générale, pour le betteravier comme pour le sucrier, mieux vaut moins de tare terre que moins de blessures aux betteraves.

5.10 EFFET DU CHAMP

De nombreux essais, comme les essais réalisés en ce sens par l'IRBAB, ont démontré des différences de comportement lors de la conservation à très long terme (plus de 300 degrés jours) selon la provenance des betteraves, sans qu'aucun élément probant ne puisse être évoqué (même période d'arrachage, même variété et même chantier d'arrachage). Dans ce cas, l'hypothèse la plus plausible est celle d'une différence entre les microflore du sol, selon les champs.

5.11 EFFET DE LA TAILLE DES BETTERAVES

Selon le rapport surface/volume, les petites betteraves devraient perdre en théorie plus de sucre que les grosses. Des expérimentations en laboratoire ont démontré que les petites betteraves respirent effectivement plus et perdent plus rapidement du sucre. Cette différence est de $\pm 10\%$ de pertes en sucre en faveur des plus grosses betteraves. En pratique, la différence s'estompe, surtout aux faibles températures (5°C). Les tas comportant une plus grande proportion de betteraves de petites tailles sont moins bien ventilés que dans la situation inverse, d'autant que la proportion de tare terre est plus importante avec des petites betteraves.

5.12 EFFET DE MALADIES RACINAIRES DU CHAMP

Les champs affectés par la présence de rhizoctone (brun ou violet), par la carence en bore, ou par le nématode du collet ne doivent pas être destinés à la conservation à long terme car des moisissures secondaires se développent sur les betteraves atteintes¹⁶. Lors de conservations prolongées, ces maladies du sol ne se

transmettent pas aux betteraves voisines dans le tas. Par contre, lors de conservations prolongées, les faibles infestations présentes au champ évoluent sur les betteraves déjà atteintes.

Un autre champignon du sol, le *Phoma betae*, peut se développer sur les betteraves conservées à long terme. Ce champignon est transmis par la graine et peut déjà envahir la jeune betterave, dès la germination. Il est responsable à ce moment-là de la fonte des semis. À l'état latent sur les betteraves récoltées, il peut envahir un silo pendant sa conservation. La désinfection des graines (graines traitées aux fongicides) prévient la fonte des semis et limite l'infection résiduelle qui pourrait encore être présente sur les betteraves à la récolte.

5.13 EFFET DE MALADIES FOLIAIRES DU CHAMP

Les maladies foliaires (oïdium, cercosporiose, ramulariose et rouille) n'ont pas d'incidences sur les betteraves conservées à long terme. Les betteraves encore en terre et attaquées en fin de saison par ces maladies ne sont pas plus sensibles au dégât de gel au niveau du collet que des betteraves encore bien feuillues.

Un traitement fongicide ultime, effectué en respectant le délai avant récolte et dans le but de contrôler les moisissures de conservation n'apporte aucune amélioration. Cette pratique (non recommandée) pourrait même agir sur la microflore antagoniste du sol et augmenter la proportion de moisissures de conservation présentes dans le sol.

5.14 EFFET DE LA FUMURE AZOTÉE

La fumure azotée n'a pas d'effet sur la conservation à long terme. La fumure azotée établie sur base d'un avis de fumure (théorique ou après analyse de profil) est en général la fumure qui donne le meilleur rendement en sucre brut et en sucre extractible, également après conservation.

¹⁶ Dans nos conditions, la pourriture superficielle et sèche causée par *Aphanomyces* évolue peu au cours du stockage des racines.

5.15 EFFET DE PRODUITS DE CONSERVATION

De nombreux essais ont été réalisés avec divers traitements pour limiter les pertes en sucre lors de la conservation (à long terme ou non). Des traitements fongicides, actifs contre les moisissures de conservation et réalisés sur les bandes transporteuses lors du débardage (installation expérimentale), ont montré des effets intéressants sur le développement de moisissures, lorsqu'ils sont utilisés à des doses élevées. Ces résultats sont difficilement valorisables en conditions pratiques. Il en est de même pour des traitements avec

des régulateurs de croissance ou de chaulage des betteraves, etc. De même, des expérimentations en atmosphère appauvrie en O₂ et/ou enrichie en CO₂ n'ont pas d'effets importants sur la conservation des betteraves et sont difficilement réalisables en pratique.

Toutefois, on observe en pratique que les betteraves provenant de terres correctement chaulées ou naturellement plus calcaires sont moins rapidement affectées par les moisissures de conservation.

5.16 EFFET DE LA PÉRIODE D'ARRACHAGE

La date théorique de fin de récolte fixée au 15 novembre doit être respectée, pour prévenir toute brusque dégradation des conditions climatiques et le risque de devoir arracher des betteraves gelées en terre. Il gèle 1 année sur 5 à Bruxelles à partir du 15 novembre.

Des essais aux Pays-Bas ont ainsi montré que la perte en sucre est plus importante chez des betteraves gelées en terre et récoltées à la mi-janvier, par rapport à des betteraves récoltées en bonnes conditions à la mi-novembre et conservées jusqu'à la mi-janvier.

Des observations réalisées au Royaume-Uni lors de l'hiver très rude de 2001 ont montré qu'un gel de 4 jours à -2°C abîme peu les betteraves encore en terre à ce moment. Un gel à -4°C pendant 4 jours détruit les parties émergentes. Les racines sont gelées en terre après 4 jours à -6°C. Dans ce cas, le décolletage doit être effectué à ras du sol. Selon certaines conditions (inexpliquées), il a été observé que les collets des betteraves partiellement gelées et encore en terre à cette période ont pu se rétablir complètement après dégel, mais après un délai de 3 semaines de récupération.

Des essais en Suède ont montré qu'une récolte très tardive (10 décembre) a un effet dépressif sur la teneur en sucre et sur le rendement sucre, par rapport à un arrachage réalisé au 1er novembre.

De façon plus générale, on observe que plus la date de récolte est tardive, plus la tare terre, les dégâts aux racines et les dégâts de structure sont élevés.

Lors de ces essais de conservation à long terme, l'IRBAB a observé peu de différences dans le comportement des betteraves, qu'elles aient été arrachées en septembre, en octobre ou en novembre.

En pratique, le risque le plus élevé de pertes à la conservation concerne les betteraves arrachées en septembre ou en octobre et qui resteraient plus longtemps que prévu au bord du champ. Selon la norme des températures à Bruxelles, la conservation en tas ne peut dépasser 20 jours pour un arrachage au 15 septembre. Elle ne peut dépasser 30 jours pour un arrachage réalisé au 15 octobre.

5.17 EFFET DE LA TEMPÉRATURE À L'ARRACHAGE

Un arrachage réalisé en novembre et destiné à la conservation à long terme est généralement effectué à une température comprise entre 5 et 10°C. Comme la température idéale de conservation à long terme est comprise entre 5 et 8°C, ce sera dans ce cas la température qui sera enfermée à l'intérieur du tas.

On comprend dès lors qu'un tas confectionné par une température proche de 0°C sera trop froid pour que le métabolisme des betteraves puisse le réchauffer quelque peu. Ce tas sera particulièrement sensible au gel. Il devra être rapidement et suffisamment protégé dans ce cas.

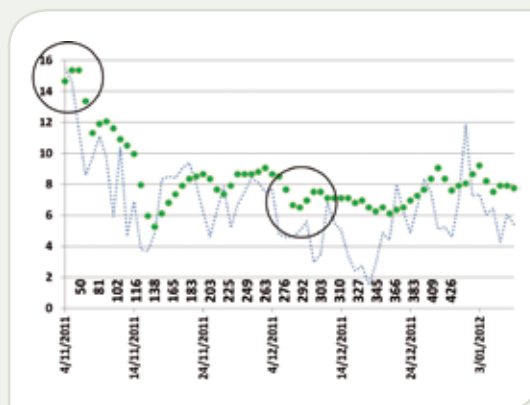


Figure 18. Évolution de la température extérieure (ligne pointillée bleue) et à l'intérieur d'un tas de betteraves (points verts). On observe une élévation de la température dans le tas, les jours qui suivent la mise en tas (phase de cicatrisation). On observe également une élévation de la température au centre du tas à partir de 270 degrés jours. Le bâchage Toptex a été effectué au 15 novembre.

5.18 EFFET DE LA FORME DU TAS

En Belgique, un grand nombre de tas de betteraves sont chargés avec une avaleuse de tas, ayant une table d'avallage de 8 ou 10 m de large. La forme des tas est alors de section triangulaire (en forme de « A »). Cette forme est celle qui offre la plus grande surface d'aération.

Pour les autres formes, souvent plus larges car confectionnées avec des bennes de chargement et rechargées à la grue, il vaut mieux ne pas dépasser une largeur de 10 m, ni une hauteur de 3 m pour limiter l'échauffement naturel des betteraves situées au cœur du tas. Effectuer un stockage des betteraves sur une aire stabilisée ou sur une aire bétonnée à la ferme, ou au champ entre des parois faites avec de gros ballots de paille posés sur des palettes n'est pas d'application en Belgique.

6 | PLUS D'INFORMATIONS

SUR LE BÂCHAGE ET LA PROTECTION CONTRE LE GEL

En Belgique, en décembre, la température moyenne à Bruxelles est de 3,3°C et la température minimale moyenne est de 0,8°C. La température minimale moyenne a été de -3,0°C en 2010 et de 3,6°C en 2011. Le nombre de jours de gel est de 5,5. Ce nombre a été de 27 en 2010 et de 0 en 2011. Le nombre de jours de neige à Bruxelles est normalement de 4,6. Il a été de 23 en 2010 et de 4 en 2011.

Sur un tas bâché avec un géotextile (type Toptex), la neige tient parfaitement sur les côtés d'un tas de section triangulaire. Dans ce cas, la neige constitue une excellente protection contre le gel, si elle est présente en quantités suffisantes et avant l'arrivée des vents po-

lares (ce qui est peu fréquent en Belgique). Par contre, une grande quantité de neige peut être la cause de débâchages particulièrement pénibles, même avec les engins (tracteurs, télescopiques, grues,...) et le personnel disponible (ce qui a été le cas en 2010). Une bâche Toptex gelée, couverte de neige et alourdie par des betteraves gelées peut peser jusqu'à 700 kg !

La neige ne tient pas (ou peu) sur les bâches plastiques. Elle ne protège pas suffisamment les tas non bâchés.

La protection des tas de betteraves contre la pluie (assèchement de la tare terre) et contre le gel (protection des betteraves) sont deux opérations distinctes, réalisées à des moments différents.

6.1 EFFET DU BÂCHAGE TOPTEX

Le bâchage des tas de betteraves avec un géotextile (type Toptex) est essentiellement destiné à assécher la tare terre. Ce bâchage permet également d'assécher la base du tas, ce qui est un avantage pour le chargement avec une avaleuse comme pour un chargement avec une grue. Lors du chargement d'un tas bâché depuis au moins 10-15 jours, l'efficacité du déterrage avec une avaleuse de tas devient supérieure à 50% et peut dépasser 75%.

La bâche Toptex limite fortement l'entrée d'eau de pluie dans un tas correctement bâché. Sur une bâche tendue comme sur les côtés d'un tas de section triangulaire, des essais de l'IRBAB ont chiffré à ± 90 % la quantité d'eau qui est évacuée, à ± 5 % la quantité qui reste dans la bâche et à ± 5 % celle qui passe au travers. Une bâche Toptex humide peut ainsi peser plus de 4 fois son poids initial.

La réduction de l'humidité dans le tas peut entraîner une perte en eau au niveau des racines et donc une perte de poids, correspondant à $\pm 2,5$ % du poids initial (essai IRBAB en conditions réelles, durée de conservation : 60 jours entre mi-novembre et mi-janvier, différents tas de 15 tonnes pesés avant et après conservation, tas bâchés au 15/11). La teneur en sucre peut donc devenir plus élevée que dans un tas non bâché. La perte en poids sucre reste équivalente.

Il convient d'attendre quelques jours avant de placer une bâche Toptex pour que le tas puisse évacuer un maximum de chaleur pendant la phase de cicatrisation des betteraves. En l'absence de vent et de pluie, une bâche Toptex freine de moitié l'évaporation d'un tas de betteraves (essai IRBAB en laboratoire).

Le placement d'une bâche Toptex sèche peut être réalisé manuellement, par 2-3 personnes et en absence de vent. Des engins adaptés à cette opération, munis d'un bras télescopique ou d'un bras latéral articulé, facilitent grandement l'opération. Un disque fixateur peut également être utilisé pour fixer mécaniquement la bâche Toptex, tout le long de la base du tas.

Le débâchage de bâches Toptex humides sera réalisé avec un engin, au mieux un télescopique muni d'un grappin où l'on a pris soin de protéger les dents du grappin avec un ballot de paille.

Lors d'un débâchage en conditions hivernales, les bâches Toptex fortement enneigées, gelées sur le tas de betteraves et/ou gelées au pied du tas peuvent être coupées en deux au sommet, sur toute la longueur du tas avant d'être enlevées. Les deux parties pourront être réassemblées par la suite avec des bandes auto-agrippantes (type Velcro) pour reconstituer et réutiliser les bâches sans problème par la suite.

Selon les conditions météorologiques, le débâchage peut nécessiter beaucoup de temps, d'engins et de main d'œuvre pour être prêt au moment du chargement, comme ce fut le cas en 2010.

Mises à sécher à plat au champ ou verticalement dans un hangar et correctement rangées au sec (enroulées ou repliées pour être prêtes à l'emploi), à l'abri de la lumière et des rongeurs, les bâches Toptex sont réutilisables de nombreuses années. Après usage, il ne faut pas nécessairement enlever la terre adhérente (mais bien les blocs de terre et les betteraves gelées).



Figure 19. À ne pas faire : bâche non tendue, ne couvrant pas l'entièreté du tas et lestée avec de la terre. En cas de gel, la bâche Toptex sera impossible à enlever. Des bâches non tendues laissent passer la pluie et n'assèchent pas la tare terre. Cet exemple a demandé beaucoup de travail et n'a servi à rien !

6.2 EFFET DU GEL

De par sa teneur en sucre, on observe que le point de congélation d'une betterave est de $\pm -3^{\circ}\text{C}$ ¹⁷. On considère qu'au-delà de 2 jours consécutifs à -3°C , une betterave est complètement gelée. Il en sera de même pour la couche superficielle d'un tas de betteraves, en absence de vents polaires ou de neige.

La conductivité thermique d'une betterave gelée est deux fois plus importante qu'une betterave non gelée. Le gel pénètre plus facilement en profondeur dans un tas lorsque les couches extérieures sont gelées à 100%. Il est donc essentiel de limiter la progression du gel dans un tas de betteraves en utilisant des bâches de protection qui soient étanches aux vents polaires.

6.3 PROTECTION CONTRE LE GEL

Les géotextiles (type Toptex) utilisés pour protéger les tas de betteraves contre la pluie laissent passer le vent. Ceci permet d'aérer et de ventiler le tas. Par temps de gel, il convient donc d'empêcher le vent polaire de pénétrer dans les tas et de pousser le gel plus en profondeur dans le tas.

Dans ses essais de 2009 et 2010, l'IRBAB a observé que le gel pénètre plus profondément dans un tas bâché avec Toptex seul, par rapport à un tas bâché avec Toptex + bâche plastique. L'importance des couches de betteraves gelées (estimée selon le pourcentage de betteraves gelées dans les 5 premières couches de betteraves, de part et d'autre du tas) a permis de déterminer le pourcentage de betteraves gelées dans un tas bâché avec Toptex seul (20% dans un tas de 8 m de large, 10% dans un tas de 10 m de large) et dans un tas bâché avec Toptex + bâche plastique (< 5% dans les deux situations).

En cas (de prévisions) de gel modéré à intense, un tas bâché avec Toptex doit être protégé par une deuxième bâche, étanche au vent et correctement arrimée. On utilise dans ce cas une bâche plastique qui couvre en-

tièrement le tas ou une bâche plastique qui couvre au moins la base du tas jusqu'à mi-hauteur, de chaque côté du tas, et qui est fixée au Toptex grâce à un système auto-agrippant (nom commercial : Jupette®).

Un bâchage contre le gel réalisé avec une bâche plastique couvrant l'entièreté du tas doit être enlevé si les températures redeviennent trop longtemps positives. Dans ce cas, la bâche plastique joue un rôle tampon pendant quelques jours et maintient une température plus fraîche à l'intérieur du tas. Ces bâches devraient être enlevées lorsque la température à l'intérieur du tas remonte au-dessus de 8°C .

Ceci n'est pas d'application pour un bâchage contre le gel réalisé avec les Jupettes.

Un bâchage permanent d'un tas avec une bâche plastique, réalisé préventivement bien avant une période de gel, présente plus de pertes en sucre qu'un tas bâché avec Toptex car il n'y a pas d'aération. L'échauffement interne y est plus important. La tare terre y reste tout aussi humide qu'au départ. Dans ce cas, lors du chargement par une avaleuse de tas, le déterrage est très peu efficace.

¹⁷ Il n'y a pas de différence entre types de betterave selon la teneur en sucre (variété riche ou variété lourde).

6.4 PROTECTION CONTRE LE GEL AVEC DES JUPETTES

Les observations faites par l'IRBAB, lors de ses divers essais de bâchage, ont montré que, dans un tas bâché avec une bâche plastique, le gel affecte principalement la couche superficielle de betteraves, jusqu'à environ la mi-hauteur du tas. On peut en effet considérer que c'est en fait la première couche de betteraves qui protège le reste du tas contre le gel, tant que cette couche n'est pas à 100% gelée. Une bâche plastique, étanche au vent, empêche principalement le vent polaire de pousser le gel plus en profondeur dans le tas.

De par la chaleur résiduelle au centre du tas et qui s'échappe vers le haut, on observe que la partie supérieure d'un tas et son sommet sont peu affectés par le gel.

En 2010, l'IRBAB a développé un système de demi-bâches réutilisables, en polyéthylène tressé et épais. Ces « demi-bâches » s'accrochent jusqu'à $\pm 1,50$ m de haut sur les côtés d'un tas déjà bâché avec le Toptex, grâce à des bandes auto-agrippantes (type Velcro) cousues sur les côtés. Ces demi-bâches recouvrent uniquement la moitié inférieure du tas, plus sujette au gel prononcé. Le non recouvrement de la partie supérieure limite l'échauffement que l'on pourrait observer avec un surbâchage complet. Ces bâches peuvent être très rapidement placées et enlevées par une personne seule, en l'absence de toute machine. Elles ne nécessitent pas de lest pour être fixées, lorsque placées sur un tas où le Toptex a été fixé mécaniquement avec un disque. Elles restent accrochées au Toptex par temps de gel ou de neige et ne doivent pas être enlevées en cas de dégel.

En pratique, il a été démontré que, dans les conditions hivernales très rudes de 2010, ces demi-bâches s'enlevaient aisément à la main par une personne seule, sans machine, en évacuant commodément la neige au pied des tas. La bâche Toptex en dessous est restée quasi sèche, peu gelée et s'enlevait beaucoup plus facilement qu'en absence de surbâchage.



Figure 20. En plus d'une protection efficace et aisée contre le gel, la $\frac{1}{2}$ bâche prototype IRBAB permet d'évacuer commodément la neige accumulée au pied des tas, avec une personne seule et sans machine. La bâche Toptex, préalablement placée, est quasi sèche, peu gelée et s'enlève plus facilement.

La Société belge Pype Agro & Géotextiles a développé et produit la demi-bâche prototype IRBAB à partir de 2011, en la commercialisant sous le nom de « Jupette », selon différents formats.

Les Jupettes ne s'accrochent que sur les bâches Toptex et doivent être impérativement placées avant l'arrivée du gel. Elles peuvent être placées préventivement dès que la température devient inférieure à 5°C . Comme les bâches Toptex, les Jupettes peuvent être placées mécaniquement pour des longs tas de betteraves.

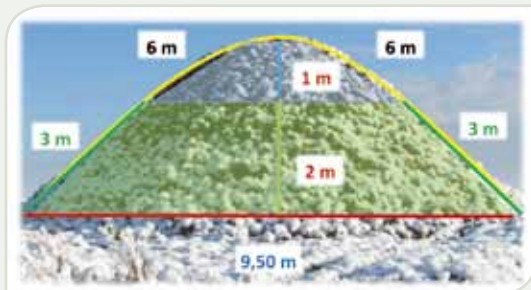


Figure 21. Une Jupette de 3 m de large couvre un tas de betterave jusque 2 m de haut environ. Le volume ainsi protégé correspond à ± 80 % du volume total. Grâce à la chaleur résiduelle présente à l'intérieur du tas, la partie supérieure non couverte par la Jupette (± 20 % du volume) est moins sensible au gel.

6.5 PROTECTION CONTRE LE GEL AVEC DE LA PAILLE

La paille, finement hachée (brins de ± 5 cm) et projetée en une couche de 10-15 cm sur un tas de betteraves peut constituer une bonne protection isolante contre le gel. À la longue, cette paille peut s'humidifier, car l'humidité produite par la respiration des betteraves s'accumule dans la paille, surtout si une bâche plastique a été placée par-dessus pour la maintenir par grands vents. Dans ce cas, la paille perd tout son pouvoir isolant et devient très lourde à enlever.

Les accords interprofessionnels ne prévoient pas d'utiliser de la paille comme moyen de protection des tas de betteraves contre le gel en Belgique. Son usage est interdit auprès de la Raffinerie Tirlemontoise.

6.6 CONSERVATION DE BETTERAVES GELÉES/DÉGELÉES

En Belgique, les accords interprofessionnels acceptent la livraison de betteraves encore gelées. Celles-ci peuvent encore être usinées, tant qu'elles ne sont pas dégelées.

Une betterave dégelée perd rapidement du sucre, déjà après 3 jours de dégel. On observe alors une forte augmentation de sucres invertis et de non-sucres (dextranes, fructanes, lévanes) qui vont grandement perturber la mesure de la teneur en sucre par polarimétrie et compromettre gravement l'extraction du sucre en sucrerie.

Un tas gelé peut mettre plusieurs jours pour dégeler. On considère qu'il devient entièrement dégelé après 10 jours consécutifs avec des températures redevenues légèrement positives.

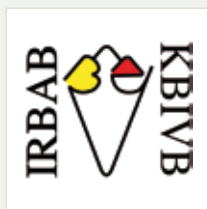
Des betteraves récoltées gelées au champ ne peuvent être conservées en tas très longtemps, même en enlevant plus profondément la partie gelée des collets.

7 | BIBLIOGRAPHIE

Un choix de références bibliographiques parmi toutes celles utilisées pour documenter ce Guide Technique est proposé ci-après.

- Andales, S.C., Pettibone, C.A., Davis, D.C., 1980. Influence of relative humidity and temperature on weight and sucrose losses of stored beets. *Transactions of the ASAE*, 23(2), 477-480.
- Anon., 2008. La récolte conditionne la conservation des betteraves en silo. *Agro Infos*, La lettre d'information agronomique de Téréos, septembre 2008, 6 pp.
- Anon., 2011. Gestion du stockage et de la conservation des betteraves. *Le Betteravier français*, No 954, 11 octobre 2011, II-IV.
- Anon., 2013. Les aires enherbées. *AgroInfos*, La lettre d'information agronomique de Téréos, août 2013, 4 pp.
- Blocaille, S., Legrand, G., Wauters, A., 2010. Éléments influençant les pertes pendant le stockage longue durée des betteraves sucrières. 72ème Congrès de l'IIRB, 19-28.
- Brown, S., Armstrong, M., 2002. Improved harvesting, late season storage and delivery: practical guidelines. *British Sugar Beet Review*, 70(3), 2-8.
- Bugbee, W.M., 1993. Chapter 14. Storage. In *The sugar beet crop, Science into practice*. by Cooke, D.A. & Scott, R.K., Edt Chapman & Hall, 551-570.
- Cole, D.F., 1980. Post-harvest respiration rates and internal CO₂ concentration in sugar beet roots. *Can. J. Plant Sci.*, 60, 1489-1491.
- de Bruijn, J.M., 2000. Processing of frost-damaged beets at CSM and the use of dextranase. *Zuckerindustrie*, 125(11), 898-902.
- Devillers, P.L., 1981. Pertes de sucre au stockage, étude respirométrique. *Sucrerie française*, mai, 205-212.
- Devillers, P.L., 1981. Pertes de sucre au stockage, étude respirométrique. *Sucrerie française*, juin, 237-263.
- Hein, W., Bauer, H., Emerstorfer, F., 2012. Processing of long-stored beets. *Zuckerindustrie*, 137(1), 25-32.
- Hoffmann, C.M., Huijbregts, T., van Swaaij, N., Jansen, R., 2009. Impact of different environments in Europe on yield and quality of sugar beet genotypes. *European Journal of Agronomy*, 30(1), 17-26.
- Hoffmann, C., 2012. Lagerfähigkeit geköpfter und entblätterter Rüben. *Zuckerindustrie*, 137(62)(7), 458-467.
- Huijbregts, A.W.M., 2008. Sugar beet storage - an overview of Dutch research. *International Sugar Journal*, 618-624.
- Huijbregts, A.W.M., 2009. Decrease of beet quality during storage in clamp and field. 1st ESST Conference, Rotterdam, May 19.
- Huijbregts, A.W.M., 2009. Bewaring. Vorstbescherming en bewaring. *Annual Report 2008*, IRS, 35-39.
- Huijbregts, A.W.M., 2013. Bewaring. Vorstbescherming en bewaring. *Annual Report 2012*, IRS, 39-43
- Huijbregts, A.W.M., Legrand, G., Hoffmann, C., Olsson, A., Olsson, R., 2013. Long term storage of sugar beet in North-West Europe. *COBRI Report No 1*, 55 pp. (in press).
- Jarvis, P., Pilbrow, J., 2008. The consequences of triazole usage on beet storage and the storage of different varieties in clamp. *British Sugar Beet Review*, 76(3), 25-27.
- Kenter, C., Hoffmann, C., 2006. Qualitätsveränderungen bei der Lagerung frostgeschädigter Zuckerrüben in Abhängigkeit von Temperatur und Sorte. *Zuckerindustrie*, 131(2), 85-91.
- Kenter, C., Hoffmann, C.M., 2009. Changes in the processing quality of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) during long-term storage under controlled conditions. *Int. J. Food Sc. & Techn.*, 44, 910-917.
- Kenter, C., Hoffmann, C., Märlander, B., 2006. Sugarbeet as raw material - Advanced storage management to gain good processing quality. *Zuckerindustrie*, 131(9), 39-53.
- Lebrun, A., 1982. Les maladies de conservation des betteraves en silo. *Phytoma*, 341, 13-14.
- Legrand, G., 2011. Bâchage des tas de betteraves : Nouveautés 2011. *Le Betteravier*, novembre 2011, 7-11.
- Legrand, G., 2012. Sugar beet clamp covering in Belgium: possibilities of protection by heavy frost. 73rd IIRB Congress, 147-153.
- Legrand, G., 2012. Quelques rappels pour la fin de la campagne betteravière. *Le Betteravier*, octobre/novembre 2012, 5-6.
- Legrand, G., Bürcky, K., Büsching, S., Chassine, J.-M., Huijbregts, T., Olsson, R., Stevens, M., Thomsen, J.-N., 2012. Beet clamp covering system: Practical experiences in some European countries. IIRB Seminar on "Long term beet storage for sugar production", 16/10/2012, Seligenstadt, Germany, Power point presentation.
- Legrand, G., Vandergeten, J.P., 2010. Bâchages des tas de betteraves : recommandations 2010 ! *Le Betteravier*, juillet-août 2010, 7-10.
- Legrand, G., Wauters, A., 2009. Stockage à long terme des betteraves. Expérimentations IRBAB 2008. *Le Betteravier*, juillet 2009, 9-10.

- Legrand, G., Wauters, A., 2012. Nouvelles expérimentations sur le stockage à long terme des betteraves sucrières : Effet de différentes températures de stockage selon le temps thermique et effet de la date d'arrachage selon différentes variétés. 73ème Congrès de l'IIRB, 21-27.
- Legrand, G., Wauters, A., 2013. Atténuation de l'impact de la réforme sucrière pour une meilleure gestion de la culture de la betterave et de la conservation des racines. Projet de Recherche No 2935 subsidié de 2009 à 2013 par le Service Public Wallonie (SPW), Direction Générale opérationnelle de l'Agriculture, des Ressources Naturelles et de l'Environnement (DGARNE), Direction du Développement et de la Vulgarisation, Rapport final, 103 pp.
- Milford, G., Armstrong, M., Patchett, M., 2002. Frost damage to sugar beet – estimating the risk. *British Sugar Beet Review*, 70(3), 41-45.
- Oldfield, J.F.T., Shore M., Dutton, J.V., Houghton, B.J., 1980. Agricultural factors affecting beet respiration rates. 43rd IIRB Congress, 127-138.
- Olsson, R., 2009. Optimized harvest date for late delivery 2006-2009. NBR Report 605-2006-2009, 42 pp.
- Olsson, R., 2011. Sustainable harvest and storage of sugar beets – more beet and more sugar to the factory – variety and storage 2010-2011. NBR Report 611-2010-2011, 34 pp.
- Olsson, R., 2012. Sugar losses during long time storage in different varieties. NBR Report 621-2012, 19 pp.
- Olsson, R., 2013. Lagringen afhaenger af dig, din jord og din roesort. *Betodlaren*, 31(2), 8-13.
- Rabier, F., Ryckmans, D., 2007. Conserver les pommes de terre. Bâtiments de stockage en Région wallonne : situation, problème de conservation et recommandations, aspects économiques. Edt Fiwap – CRA-w, 76 pp.
- Rapp, A., 2009. Conservation : Téréos compte en degrés-jours. *Cultivar*, octobre 2009, 44-46.
- Tabil, L.G., Kienholz, J., Qi, H., Eliason, M.V. 2003. Air-flow resistance of sugarbeet. *Journal of Sugar Beet Research* 40(3), 67-86.
- Tabil, L.G., Eliason, M.V., Qi, H., 2003. Thermal properties of sugarbeet. *Journal of Sugar Beet Research* 40(4), 209-228.
- van Swaaij, N., Huijbregts, T., 2010. Long-term storability of different sugar beet genotypes – Results of a joint IIRB study. *Zuckerindustrie*, 135(11), 661-667.
- van Swaaij, A.C.P.M., van der Linden, J.P., Vandergeten, J.P., 2003. Effect of growth conditions and variety on damage susceptibility of sugarbeet. *Zuckerindustrie*, 128(12), 888-891.
- Vandergeten, J.P., 1988. La mesure par respirométrie des pertes en sucre durant la conservation des betteraves. Notice IRBAB, 13 pp.
- Vandergeten, J.P., 2012. Conseils à la récolte et à la mise en tas. *Le Betteravier*, septembre 2012, 7//10
- Vandergeten, J.P., Legrand, G., 2009. L'utilisation des bâches Toptex®. *Le Betteravier*, octobre 2009, 7-8.
- Vanstallen, R., Vigoureux, A., 1980. Influence d'un traitement fongicide sur la perte en sucre pendant le stockage. 43ème Congrès IIRB, 83-93.
- Vanstallen, R., 1977. La perte en saccharose par respiration de la betterave. *La Sucrerie belge*, 96, 323-331.
- Wauters, A., Legrand, G., 2008. Améliorer la rentabilité de la betterave sucrière : 2. Allongement de la période de conservation des betteraves en fin de campagne. *Le Betteravier*, novembre 2008, 7-10.
- Wyse, R., 1970. Factors influencing the respiration rate of sugarbeet roots. 33rd IIRB Congress, Report No 2.9



Conservation des betteraves à long terme & **protection** des tas de betteraves **contre le gel**

**GUY LEGRAND
& ANDRÉ WAUTERS**

**Institut Royal Belge pour l'Amélioration
de la Betterave (IRBAB a.s.b.l.)**

Molenstraat, 45,
B-3300 Tienen (Tirlemont), Belgique
E-mail : info@irbab.be
Site Internet : www.irbab-kbivb.be

Parus dans la collection : **Les Guides Techniques de l'IRBAB**

- Reconnaître la rhizomanie sur le champ (1997)
- Reconnaître les maladies foliaires de la betterave au champ (1998)
- Code de bonnes pratiques de récolte et de grutage des betteraves sucrières (1999)
- Fumure azotée en betterave sucrière (2000)
- L'identification des adventices en betterave sucrière (2001)
- Ravageurs et maladies en culture de betterave sucrière belge (2002)
- Guide de Bonnes Pratiques en culture de chicorée industrielle (2003)
- Techniques culturales sans labour en culture betteravière (2004)
- Le bon usage de la pulpe surpressée (2005)
- Réduire la tare déchet et optimiser le déterrage des betteraves (2007)
- Réglages des machines de récolte (2007)
- Techniques de chargement des betteraves sucrières (2008)
- Réglages et entretien des semoirs (2010)
- Conservation des betteraves à long terme & Protection des tas de betteraves contre le gel (2013)

Le texte complet des Guides Techniques est disponible sur le site
Internet de l'IRBAB : www.irbab-kbivb.be

Publications cofinancées par le Programme Vulgarisation Betterave Chicorée
(PVBC), Service Public de Wallonie (SPW), Direction Générale opérationnelle
de l'Agriculture, des Ressources naturelles et de l'Environnement (DGARNE),
Direction du Développement et de la Vulgarisation.



Wallonie