
ANNEXE 2 – UTILISATION DE L’EAU EN SUCRERIE

Table des matières

ANNEXE 2 –UTILISATION DE L’EAU EN SUCRERIE	1
1. Introduction	2
2. Analyse des risques liés à l’usage d’eaux réutilisées dans le process sucrier	3
2.1. Généralités	3
2.2. Etapes n°2 et 3 en amont du procédé : Transfert et lavage des betteraves.....	3
2.3. Etape n°7 : Diffusion.....	3
2.4. Etape n°12 : Evaporation.....	4
2.5. Etape n°15-16 : Cristallisation et Malaxage	5
2.6. Etape n°17 : Turbinage - Clairçage	5
3. Production de vapeur de la chaufferie (utilités).....	6
4. Autres utilisations des eaux.....	6
5. Origine des eaux externes au procédé.....	6
6. Conclusion : le procédé sucrier assure les conditions de sa protection	6

1. Introduction

Le sucre produit en France métropolitaine est un produit sec (< 0,06% d'eau) extrait de la betterave sucrière (77-80% d'eau).

Le procédé sucrier consiste en l'extraction puis la cristallisation du saccharose pour obtenir du sucre sec cristallisé (pureté >99.7%, humidité < 0.06 %). Il sépare cette molécule des autres composants de la plante selon le procédé décrit en figure 1, page 11/38 du guide.

Au cœur des procédés sucriers, l'eau est utilisée pour le lavage et le transport des betteraves, l'extraction du sucre, le nettoyage et comme fluide thermique.

Elle provient principalement de la betterave elle-même (eaux condensées issues des vapeurs extraites au cours des étapes de chauffage). Des apponts d'eau issue du milieu naturel peuvent être nécessaires pour démarrer les usines, gérer les nettoyages et marches dégradées ou, en distillerie, pour diluer les substrats sucrés avant fermentation. Des stockages d'eaux condensées excédentaires de la campagne antérieure, eaux propres¹ issues de la betterave, sont développés pour réduire les prélevements d'eau dans le milieu naturel.

L'eau potable du réseau d'adduction circule dans un réseau entièrement séparé². Elle est utilisée :

- Pour la fabrication des sucres liquides, des sucres morceaux et de certains sucres gélifiants,
- Pour les besoins sanitaires du personnel.

L'eau est au cœur du procédé sucrier et en fait directement partie. L'optimisation de son utilisation implique des usages complexes sous forme de vapeur ou d'eau chaude, avec de nombreuses boucles internes de solutions sucrées spécifiques à chaque établissement et détaillées dans leurs analyses HACCP.

Cette annexe détaille les étapes du procédé au cours desquelles de l'eau est introduite. Les étapes sont numérotées dans l'ordre du diagramme de fabrication du sucre cristallisé, avec la numérotation des étapes de la figure 1, page 11/38 du guide.

Les cas de la production de vapeur et des autres utilisations des eaux sont également envisagés.

¹ Arrêté du 8 juillet 2024 relatif aux eaux réutilisées en vue de la préparation, de la transformation et de la conservation dans les entreprises du secteur alimentaire de toutes denrées et marchandises destinées à l'alimentation humaine :

- Art.1. – «Eau propre» : eau naturelle, artificielle ou purifiée, ne contenant pas de micro-organismes, de substances nocives en quantités susceptibles d'avoir une incidence directe ou indirecte sur la qualité sanitaire des denrées alimentaires.
- Art. 2. – Usages autorisés des eaux recyclées issues des matières premières, des eaux de processus recyclées et des eaux usées traitées recyclées.

² Arrêté du 10 septembre 2021 relatif à la protection des réseaux d'adduction et de distribution d'eau destinée à la consommation humaine contre les pollutions par retours d'eau

2. Analyse des risques liés à l'usage d'eaux réutilisées dans le process sucrier

2.1. Généralités

L'application du règlement 852-2004 et les analyses de risques selon la méthode HACCP assurent la sécurité des produits destinés à la consommation humaine, appuyées ou non par une certification volontaire reconnue internationalement (ISO 22000 ou autre référentiel reconnu GFSI).

La qualité sanitaire des eaux recyclées issues de la matière première et du procédé est maîtrisée et adaptée au niveau de risque déterminé à l'étape d'introduction dans le procédé, dans le cadre du système de management de la sécurité sanitaire des aliments.

Dans les bassins, les eaux recyclées stockées sont maintenues dans un état sanitaire satisfaisant uniquement avec des auxiliaires technologiques autorisés dans le procédé sucrier ou des produits autorisés pour le traitement d'eau potable .

Les paragraphes suivants décrivent les utilisations d'eaux recyclées issues de la matière première et du procédé et les étapes de maîtrise ultérieures aux points d'introduction de ces eaux recyclées.

2.2. Etapes n°2 et 3 en amont du procédé : Transfert et lavage des betteraves

Aux étapes de transfert et de lavage des betteraves (étapes n°2 et 3, fig. 1, hors du périmètre de l'arrêté du 8 juillet 2024), **l'eau tourne en boucle sans jamais circuler en aval dans le procédé³.**

Bien que l'eau utilisée à ces étapes ne soit jamais utilisée dans le procédé de fabrication du sucre, il est utile d'expliquer le fonctionnement de la boucle de lavage dites d'eaux terreuses : l'eau sert au transfert des betteraves de la cour vers l'étape de lavage pour enlever la terre adhérente aux racines, les pierres et les herbes. L'eau utilisée à ces étapes est de l'eau recyclée issue du procédé provenant des bassins après décantation. Elle est introduite en fin de lavage et remonte par étapes successives vers les betteraves non-lavées. L'eau « terreuse » résultant du lavage des betteraves est ensuite décantée soit par un décanteur soit en passant dans des bassins avant de revenir décantée au lavoir.

Cette boucle est complétée autant que nécessaire par les eaux condensées issues de la matière première résultant majoritairement de l'étape d'évaporation.

Le dernier lavage des betteraves à l'eau condensée (eau propre) assure un rinçage final avant les étapes du procédé d'extraction proprement dit.

En sortie de lavoir, les betteraves propres, débarrassées de la terre adhérente, sont acheminées vers les coupe-racines sur des convoyeurs à sec et stockées temporairement dans une trémie pour permettre une alimentation continue des coupe-racines (étape n°4, fig.1).

Les éventuels dangers physiques, chimiques et bactériologiques liés à l'utilisation d'eaux terreuses décantées (eaux issues du procédé et de la matière première) et d'eaux condensées sont maîtrisés par les étapes ultérieures du procédé sucrier (cf. pages 16 à 19 du guide).

2.3. Etape n°7 : Diffusion

Les racines de betteraves lavées sont découpées en cossettes (étape n°5) pour être transférées dans la diffusion (étapes n°6 et 7, fig.1). Elles y traversent à contre-courant le jus de diffusion (65-70°C) pour donner le jus brut ou « jus vert ». Les cossettes épuisées sont pressées puis utilisées en alimentation animale directement ou après séchage.

³ Décret n° 2024-33 du 24 janvier 2024 relatif aux eaux réutilisées dans les entreprises du secteur alimentaire et portant diverses dispositions relatives à la sécurité sanitaire des eaux destinées à la consommation humaine

La grande majorité du volume d'eau condensée introduite pour réaliser le jus de diffusion est de l'eau issue de la betterave et du procédé qui provient directement des vapeurs issues des produits à l'étape d'évaporation (étape 12) et, dans une moindre mesure, de cristallisation (étape 15). De l'eau condensée stockée en bassin, ainsi que des eaux de forage, peuvent constituer un appont à cette étape si nécessaire (essentiellement en phase de démarrage de la sucrerie).

La situation de l'utilisation d'eau recyclée issue de la matière première et du procédé à l'étape n°7 au regard de l'arrêté du 8 juillet 2024 (art.2, annexe 2) est la suivante :

1.2 : Contact direct, avec étape de maîtrise (incluant eau ingrédient)

Eau propre, prenant en compte les paramètres identifiés à travers l'analyse des dangers tels que définie à l'article 5.

Les éventuels dangers physiques, chimiques et bactériologiques liés à l'utilisation à cette étape d'eaux condensées, éventuellement stockées, sont maîtrisés par les étapes ultérieures d'extraction du procédé sucrier (cf. pages 16 à 19 du guide).

Les plans de contrôles concernant les eaux condensées utilisées à cette étape sont liés au suivi du process et non à l'analyse des dangers pour la sécurité du sucre sec.

2.4. Etape n°12 : Evaporation

L'étape d'évaporation concentre les jus épurés pour obtenir un sirop de sucre suffisamment concentré pour être stocké si besoin.

Cette étape du procédé (étape n°12, fig.1) commence à une température de l'ordre de 130°C et se termine sous vide à 85°C et sa durée est de l'ordre de 30 minutes. Les vapeurs issues des jus sucrés sont réutilisées à la fois pour continuer la concentration des jus (système multiple-effet) et pour alimenter toutes les étapes du procédé en énergie sous forme de vapeur ou d'eau chaude.

Les vapeurs issues du jus épuré sont condensées pour en récupérer l'énergie, générant ainsi la majeure partie des eaux condensées issues de la betterave, qui sont réutilisées dans le procédé. Une partie de l'excédent est stocké en bassin pour être recyclé lors de la campagne suivante.

Pour ajuster la concentration (ou brix) du sirop, il peut être nécessaire réintroduire en petites quantités de l'eau condensée issue de cette étape.

La situation des éventuels apponts d'eau recyclée issue de la matière première et du procédé de l'étape n°12 au regard de l'arrêté du 8 juillet 2024 (art.2, annexe 2) est la suivante :

1.2 : Contact direct, avec étape de maîtrise (incluant eau ingrédient)

Eau propre, prenant en compte les paramètres identifiés à travers l'analyse des dangers tels que définie à l'article 5.

Les éventuels dangers physiques, chimiques et bactériologiques introduits par l'utilisation à cette étape d'eaux condensées en appont sont très faibles du fait à la fois de l'origine de ces eaux réutilisées (eaux condensées issues des vapeurs du jus) et de leur très faible taux de réincorporation.

En complément, les éventuels dangers physiques introduits par l'utilisation à cette étape d'eau recyclée seraient maîtrisés par la combinaison des étapes ultérieures de filtration de la liqueur standard puis de tamisage de sécurité, complétées par les étapes de captation des particules métalliques (aimants et/ou détecteur de particules métalliques).

Les éventuels dangers chimiques introduits par l'utilisation à cette étape d'eau recyclée seraient maîtrisés par la combinaison des étapes ultérieures de cristallisation (étape 15, qui est une étape de purification ultime) puis de turbinage et clairçage (étape 17) qui permettent de séparer le cristal très pur du sirop qui le contient.

Les éventuels dangers microbiologiques introduits par l'utilisation à cette étape d'eau recyclée seraient maîtrisés par la combinaison des étapes ultérieures de cristallisation sous vide (étape 15, qui détruit les

micro-organismes pathogènes et non pathogènes par les paramètres physiques appliqués : température supérieure à 70°C et une durée d'au moins 2h) puis de turbinage et clairçage (étape 17) et de séchage (étape 19) qui amènent les sucres blancs cristallisés à un minimum 99,94% de matières sèches.

2.5. Etape n°15-16 : Cristallisation et Malaxage

Ces étapes (n°15 et 16, fig.1) sont suivies du turbinage-clairçage afin de passer d'un sirop à un produit sec et pur : le sucre cristallisé. Elles réalisent une purification extrêmement efficace et poursuivent la concentration des sirops jusqu'à la cristallisation du saccharose.

Les étapes n°15 et 16 se font à environ 70 à 80°C sous vide avec un apport d'eau condensée directe si nécessaire. Les vapeurs issues du sirop sont récupérées thermiquement et condensées pour être réutilisées dans le process.

L'eau introduite à l'étape de cristallisation est de l'eau condensée issue directement de l'étape d'évaporation (étape n°12).

La situation de l'utilisation d'eau recyclée issue de la matière première et du procédé à ces étapes 15 et 16 au regard de l'arrêté du 8 juillet 2024 (art.2, annexe 2) est la suivante :

1.2 : Contact direct, avec étape de maîtrise (inclus eau ingrédient)

Eau propre, prenant en compte les paramètres identifiés à travers l'analyse des dangers tels que définie à l'article 5.

Les éventuels dangers physiques, chimiques et bactériologiques introduits par l'utilisation à cette étape d'eaux condensées en appont sont faibles du fait à la fois de l'origine de ces eaux réutilisées (eaux condensées issues des vapeurs des jus et sirops) et de leur utilisation en direct (eau du flux sans étape de stockage en bassins).

Les éventuels dangers physiques introduits par l'utilisation à cette étape d'eau recyclée seraient maîtrisés par la combinaison de l'étape ultérieure de tamisage de sécurité complétée par les étapes de captation des particules métalliques (aimants et/ou détecteur de particules métalliques).

Les éventuels dangers chimiques introduits par l'utilisation à cette étape d'eau recyclée seraient maîtrisés par la combinaison de la cristallisation puis l'étape ultérieure de turbinage et clairçage (étape 17) qui permet de séparer le cristal très pur du sirop qui le contient.

Les éventuels dangers microbiologiques introduits par l'utilisation à cette étape d'eau recyclée seraient maîtrisés par la combinaison des étapes ultérieures de turbinage et clairçage (étape 17) et de séchage (étape 19) qui amènent les sucres blancs cristallisés à un minimum 99,94% de matières sèches.

2.6. Etape n°17 : Turbinage - Clairçage

Le sucre cristallisé est séparé du liquide qui le contient par centrifugation (étape n°17, fig.1) et lavé lors du clairçage avec de l'eau condensée directe chaude issue de l'évaporation (étape n°12).

La situation de l'étape n°17 au regard de l'arrêté du 8 juillet 2024 (art.2, annexe 2) est la suivante :

1.2 : Contact direct, avec étape de maîtrise (inclus eau ingrédient)

Eau propre, prenant en compte les paramètres identifiés à travers l'analyse des dangers tels que définie à l'article 5.

Les éventuels dangers physiques, chimiques et bactériologiques introduits par l'utilisation à cette étape d'eaux condensées pour le clairçage sont faibles du fait à la fois de l'origine de ces eaux réutilisées (eaux condensées issues des vapeurs des jus) et de leur utilisation en direct (eau du flux sans étape de stockage en bassins).

Les éventuels dangers physiques introduits par l'utilisation à cette étape d'eau recyclée sont réduits par une filtration (de l'ordre d'une cinquantaine de microns) avant leur introduction et seraient maîtrisés par

la combinaison de l'étape ultérieure de tamisage de sécurité complétée par les étapes de captation des particules métalliques (aimants et/ou détecteur de particules métalliques).

Les éventuels dangers chimiques introduits par l'utilisation à cette étape d'eau recyclée seraient maîtrisés par le turbinage qui permet de séparer le cristal très pur des eaux condensées utilisées pour le clairçage.

Les éventuels dangers microbiologiques introduits par l'utilisation à cette étape d'eau recyclée seraient maîtrisés par le turbinage et l'étape ultérieure de séchage (étape 19) qui amènent les sucre blancs cristallisés à un minimum 99,94% de matières sèches.

L'eau de clairçage fait l'objet d'un plan de contrôle spécifique à chaque établissement en fonction de son analyse des dangers.

3. Production de vapeur de la chaufferie (utilités)

Les sucreries sont équipées de centrales de cogénération produisant de la vapeur haute pression (35 à 90 bars, de 400 à 500°C), détendue dans des turboalternateurs qui génèrent la majorité de l'électricité nécessaire. La vapeur détendue est utilisée à l'étape d'évaporation pour évaporer les jus et pour alimenter en chaleur les étapes du procédé. Les eaux condensées de ces vapeurs servent ensuite à alimenter les chaudières en une nouvelle boucle, dans un circuit spécifique, séparé du procédé alimentaire.

4. Autres utilisations des eaux

Les eaux condensées recyclées ou de forage sont également utilisées pour des usages sans contact alimentaire : production de vapeur, nettoyages ou opérations ponctuelles de maintenance. Les périodes de démarriages et d'arrêts des usines peuvent être consommatrices d'eaux condensées recyclées ou d'eau de forage pour remplir l'usine et la nettoyer. Le secteur réduit ces usages en stockant dans la durée et de manière séparée les eaux condensées excédentaires (en bacs ou en bassins) pour les substituer dans une proportion de plus en plus importante aux eaux de forage.

5. Origine des eaux externes au procédé

Les eaux externes au procédé sont largement minoritaires en volume et proviennent de prélèvements dans le milieu naturel, principalement des forages et éventuellement du réseau public d'adduction. Leur qualité fait l'objet de contrôles résultants de l'analyse HACCP, assurant que les écarts à la potabilité ne présentent pas de risque pour la denrée alimentaire finale destinée aux consommateurs.

6. Conclusion : le procédé sucrier assure les conditions de sa protection

Le procédé sucrier (étapes 5 à 24) utilise principalement de l'eau condensée issue de la betterave et, en appoint, de l'eau issue du milieu ou de concession.

Toutes les eaux condensées sont issues de :

- L'évaporation multiple effets : la température d'entrée est de 130°C et la température de sortie est supérieure à 85°C, avec un temps de séjour de plusieurs minutes, ce qui hygiénise les eaux.
- La cristallisation porte généralement le produit à une température avoisinant les 70-80°C sous vide, avec un temps de séjour d'au moins deux heures.

Après l'évaporation, la combinaison de la pureté du produit (99,7%), de la très faible activité de l'eau (a_w), des températures élevées et le cumul des temps de séjour empêchent le développement de bactéries pathogènes.

L'épuration calco-carbonique amène les jus à des valeurs fortement basiques (pH de 10 à 13) et permet la fixation de nombreuses substances dans les écumes.

La partie thermique du procédé (évaporation principalement avec 130°C, toutes les autres étapes du procédé étant à des températures supérieures à 70°C) permet de supprimer le risque lié aux pathogènes. Sa partie purification supprime le risque chimique à travers les étapes d'épuration et de cristallisation.

Le schéma simplifié en page suivante illustre les circulations d'eaux dans le process. La boucle de recyclage des eaux terreuses (identifiée en marron) n'est pas comprise dans le périmètre d'application du décret n°2024-769 du 8 juillet 2024 autorisant certaines eaux recyclées comme ingrédient entrant dans la composition des denrées alimentaires finales et modifiant les conditions d'utilisation de ces eaux dans des établissements du secteur alimentaire

