



CENTRE DE RESSOURCES DES TECHNOLOGIES POUR L'ENVIRONNEMENT

UNE STRUCTURE DU MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE ET DES INFRASTRUCTURES ET DU CRP HENRI TUDOR

LA PRODUCTION DE FROID

LES IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX DES INSTALLATIONS FRIGORIFIQUES ET LES MOYENS POUR Y REMÉDIER

Les Guides de la Production Propre publiés par le Centre de Ressources des Technologies pour l'Environnement (CRTE)



Guide 04

9823642349087234987234213981238-0812-39-92-3091-2039-7512987539845

98459639846293469823642349087234987234

213981238-0812-39-92-3091-2039-75129875398459639846293469823642349087234987234

auteur: Alex Bertrand

AVANT-PROPOS

Le froid est devenu une forme d'énergie importante dans notre société. Utilisée dans un grand nombre de secteurs et sous de nombreuses formes (conservation de denrées périssables, climatisation, refroidissement de procédés industriels etc.), elle n'est cependant pas sans effet sur notre milieu naturel.

Les systèmes frigorifiques à compression nécessitent en effet pour leur fonctionnement l'utilisation de fluides frigorigènes, qui ont généralement des impacts néfastes pour l'environnement. Les chlorofluorocarbures (CFC), ainsi que les hydrochlorofluorocarbures (HCFC), considérés jusqu'aux années 80 comme des réfrigérants « miracles » en raison de leurs excellentes propriétés physiques, ne peuvent plus être utilisés en raison de leur capacité de destruction de la couche d'ozone stratosphérique. De plus, même si les fluides de remplacement (les HFC et les fluides naturels tels l'ammoniac), sont neutres vis-à-vis de la couche d'ozone, ils n'en demeurent pas moins dangereux pour notre milieu naturel : effet de serre, acidification, etc. D'autres facteurs, tels la consommation énergétique, le bruit, l'utilisation et le traitement de l'eau de refroidissement, ont également des répercussions sur l'environnement.

Bien que la planification du système soit une phase non négligeable de la limitation des impacts environnementaux des installations frigorifiques, son utilisation joue également un rôle important dans ce domaine. Ce guide s'adresse à toute personne responsable de l'entretien et du bon fonctionnement d'un système frigorifique et souhaitant réduire les impacts de celui-ci. Notons qu'une version plus détaillée (cahier de la production propre), destinée aux responsables techniques du domaine du développement et d'optimisation, a également été élaborée.

TABLE DES MATIÈRES

Les pertes de réfrigérant	5
Les impacts environnementaux	5
Les mesures d'améliorations	6
1 Les symptômes	6
2 Les émissions fugitives	7
3 Les dégradations d'étanchéité	8
4 Les pertes par régulation	9
5 Les ruptures de composants	10
6 Les pertes par manipulations des fluides	11
La consommation énergétique	12
Les impacts environnementaux	12
Les mesures d'améliorations	13
1 Les mesures générales d'exploitation	13
2 La réduction des charges thermiques	14
3 La conservation de l'énergie frigorifique	14
La consommation et le traitement des eaux de refroidissement	15
Les impacts environnementaux	15
Les mesures d'améliorations : la consommation en eau	16
1 Les pertes par purges	16
2 Les pertes par éclaboussures	16
3 Les pertes par fuites de composants	16
Les mesures d'améliorations : le traitement de l'eau	17
1 Les mesures générales	17
2 Les mesures anti-corrosion	17
3 Les traitements anti-tartre	18
4 Les mesures anti-organismes	18
Les nuisances sonores des systèmes de condensation	19
Les impacts environnementaux	19
Les mesures d'améliorations - mesures de prévention	19

LES PERTES DE RÉFRIGÉRANT

LES IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX

Les fluides frigorigènes, de par leur émission dans l'atmosphère, peuvent avoir différents effets sur notre environnement :

- les CFC (R11, R12, etc.) et les HCFC (R22, etc.) détruisent la couche d'ozone, qui nous protège de certains rayons solaires nocifs pour notre organisme et notre environnement,
- les CFC, HCFC et HFC (R134a, R407C, R410A, etc.) contribuent à l'effet de serre, responsable de bouleversements climatiques ayant de lourdes conséquences pour notre milieu naturel (fontes des glaces polaires, désertification, etc.),
- l'ammoniac (et probablement en moindre partie les fluides halogénés) augmente le taux d'acidification de notre environnement naturel proche, détruisant entre autre la faune et la flore.



Toute émission de réfrigérants dans l'atmosphère est à éviter, car ceux-ci possèdent un impact néfaste sur l'environnement.

LES MESURES D'AMÉLIORATIONS

Les pertes de réfrigérant peuvent avoir différentes sources :

- émissions fugitives,
- dégradations d'étanchéités,
- pertes par régulation,
- ruptures de composants,
- pertes par manipulations des fluides.

1. Les symptômes

Les symptômes suivants peuvent être une première indication de perte de réfrigérant :

- la présence d'huile sur le circuit,
- un niveau trop bas dans la bouteille de liquide,
- le voyant liquide montre des bulles dans le système,
- l'évaporateur n'atteint pas la température prévue,
- un fonctionnement plus fréquent ou continu du compresseur,
- la surchauffe du compresseur, dans le cas où celui-ci est refroidi par le réfrigérant.

Notons que ces symptômes peuvent également indiquer un autre problème technique, sans que la fuite de réfrigérant n'en soit obligatoirement la cause.



2. Les émissions fugitives

Les émissions fugitives, communément appelées « fuites », sont les pertes de réfrigérants auxquelles l'on attribue généralement les émissions dues aux raccords de circuit. Elles dépendent du fluide, de la pression, du nombre et de la qualité des raccords du système. Des campagnes d'études de pertes de charge frigorifique (tous types d'installation confondus) ont relevé des inétanchéités sur certains éléments comme p.ex.:

- les raccords bordés,
- les voyants de liquide,
- les raccords de type « flare » (raccords vissés),
- les brides,
- les évaporateurs,
- les joints de filtres.

Les solutions suivantes permettent de réduire partiellement ces fuites :

- surveiller le taux de corrosion du système et y prendre les mesures adéquates pour prévenir tout risque de fuite,
- remplacer les raccords à visser (p.ex. du type « flare ») par des raccords brasés propres (raccord par capillarité) ou soudés, ou, si ce n'est pas possible, préférer les raccords à visser coniques aux cylindriques (ces derniers sont moins étanches),
- faire réaliser les travaux de soudure par une personne compétente,
- ne pas se limiter à la vérification du circuit de la salle machine, mais faire également vérifier les composants de distribution de froid.



3. Les dégradations d'étanchéité

Les sources de pertes reprises ici sont les dégradations d'étanchéité d'éléments mobiles. Ces dégradations proviennent non seulement de l'utilisation, mais également des variations de température et de pression et des vibrations du système. Les composants reprises ci-dessous ont été relevées comme étant non-étanches:

- les têtes d'électrovannes,
- les robinets (presse-garniture, isolation),
- les éléments Schrader, un dispositif auto-obstruant pour les prises de pressions.

Les mesures suivantes permettent de pallier à certains de ces problèmes :

- utiliser une pâte d'étanchéité adaptée à la fréquence de montage/démontage: plus le mouvement sera fréquent (p.ex. filtres), plus la pâte devra être flexible,
- lors de la manipulation de la presse-garniture, desserrer et bien resserrer l'écrou pour éviter qu'il ne se dévisse lors de la rotation de la partie mobile,
- vérifier la position du dispositif Schrader, ceux-ci peuvent ne plus être étanches après utilisation,
- dans le cas de compresseurs ouverts, l'étanchéité du couplage entre le moteur et le compresseur peut se détériorer au fil du temps et est donc un élément à surveiller,
- veiller à ce que chaque vanne soit équipée de son capuchon d'étanchéité,
- les bouchons d'étanchéité doivent être de bonne qualité et leur état surveillé, (risque de déformation des élastomères par le gel),
- vérifier la compatibilité de l'étanchéité envers l'huile et le réfrigérant, pour éviter toute détérioration accélérée de l'élastomère.



4. Les pertes par régulation

Les émissions dues aux systèmes de régulation du circuit frigorifique sont des pertes « nécessaires » au bon fonctionnement de l'installation. La régulation demande cependant souvent à être optimisée. Dans le cas d'une régulation trop sensible, les instruments réagissent trop rapidement et libèrent inutilement du réfrigérant. De plus, leur étanchéité peut être limitée en fonction de l'importance et du nombre de déclenchements. Certains des composants pouvant poser ce genre de difficulté sont les suivants :

- les disques de rupture,
- les soupapes de sécurité,
- les groupes de purge.

Les possibilités suivantes permettent de résoudre certaines de ces difficultés :

- s'assurer de la qualité de l'échange de chaleur du condenseur (positionnement adéquat, encrassement et endommagements réduits, bonne ventilation) pour éviter une augmentation de pression du système et ainsi le dégazage du réfrigérant,
- vérifier à écarter tout problème pouvant causer une surpression de l'installation pour éviter un déclenchement de la soupape de sécurité ou même du disque de rupture. (p.ex. échauffement rapide du fluide lors de l'arrêt du système avec circulation du circuit secondaire (système indirect ou système à cascade),
- éviter au mieux l'introduction d'air lors de la charge du fluide, car celui-ci sera évacué par le groupe de purge ensemble avec une partie du réfrigérant,
- utiliser une bouteille tirée au vide pour la récupération d'effluents des groupes de purge, de manière à réduire les émissions de réfrigérant dans l'atmosphère,
- utiliser le groupe de purge comme système de détection de fuite, car des purges fréquentes sont le signe de pénétration d'air dans le système, et donc d'inétanchéités dans le cas de système fonctionnant en sous-pression,
- surveiller les soupapes ayant atteint 90% de leur pression de tarage, car elles peuvent avoir perdu de leur étanchéité.



5. Les ruptures de composants

Les ruptures de composants de systèmes sont des phénomènes peu courants, de provenances diverses :

- non-respect des normes techniques lors de la conception et de l'installation du système,
- mauvaise compatibilité du fluide frigorigène avec le lubrifiant du système, menant à la détérioration des joints,
- traitement de l'eau insuffisant ou non-existant, avec comme résultat la corrosion des composants,
- utilisation de la tuyauterie comme marche-pied,
- sur-serrage des écrous, avec rupture lors du dévissage,
- percements ou ruptures d'éléments dues à des vibrations,
- absence de maintenance.

La mauvaise mise en œuvre de l'installation de production de froid est la raison majeure de ces ruptures. Une bonne conception, un contrôle détaillé et régulier du chantier ainsi qu'une bonne maintenance permettent de contrevenir à ces difficultés.



6. Les pertes par manipulations des fluides

A l'occasion de la mise en marche et de la maintenance de systèmes de production de froid, la charge et la vidange du circuit frigorifique sont nécessaires. Ces manipulations sont cependant source de pertes de fluide frigorifique par un :

- mauvais arrangements des circuits de raccordement,
- absence ou mauvaise fermeture des robinets d'isolation,
- purge du fluide résiduel du récipient de charge,
- absence de vidange du réfrigérant avant le remplacement d'éléments du système,
- efficacité réduite du système de récupération de fluide.

Les pertes dues à la manipulation de réfrigérants peuvent être limitées, entre autres, par les mesures suivantes :

- optimiser la fréquence des maintenances importantes requérant le vidage du système,
- utiliser une tubulure de prélèvement d'huile pour en vérifier sa qualité, au lieu d'effectuer son changement systématique,
- réaliser une analyse des interventions, puis, en fonction de leurs fréquences et des pertes s'y accompagnant, chercher à les optimiser de manière à réduire les émissions de réfrigérants.



LA CONSOMMATION ÉNERGÉTIQUE

LES IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX

La consommation énergétique est une source importante de pollution. La production d'énergie électrique nécessite en effet la combustion de carburants fossiles, dont les produits résultants ont un effet nocif sur notre environnement. Les principaux impacts sont les suivants :

- une contribution à l'effet de serre, due principalement à l'émission de CO₂, le produit de toute combustion de matière organique (charbon, gaz, etc.),
- une contribution à l'acidification du milieu naturel, un effet lié à la présence p.ex. de soufre dans le carburant,
- une contribution à la création d'ozone troposphérique, (à ne pas confondre avec l'appauvrissement de la couche d'ozone nommé au chapitre précédent), une forme de pollution dangereuse pour l'homme et son environnement, qui est due p.ex. aux hydrocarbures (propane, butane, etc.).

L'envergure de ces impacts par rapport à celle des fluides frigorigènes est, généralement, d'un ordre de grandeur plus important.

La consommation énergétique doit être limitée à un minimum, car elle entraîne une pollution importante de l'environnement



LES MESURES D'AMÉLIORATIONS

Une planification optimisée du système est la mesure principale pour réduire la consommation énergétique. Cependant, certaines mesures techniques complémentaires ainsi qu'une exploitation soignée permettent également de réduire de manière importante les besoins en froid ainsi que les pertes en énergie frigorifique.

1. Les mesures générales d'exploitation

- tenir le taux de fuite de réfrigérants à un minimum, pour éviter un fonctionnement accru de l'installation,
- ne pas obstruer les corps d'échange et les canaux de ventilation, de manière à faciliter le transfert de chaleur,
- limiter les pertes de pression du circuit par l'entretien régulier (nettoyage, remplacement des filtres) de l'installation, ainsi que par un choix adéquat des composants et de l'architecture du système,
- optimiser le dégivrage : une fréquence de dégivrage trop élevée peut en effet entraîner une surconsommation en énergie de la part du système de dégivrage, alors qu'une fréquence trop réduite nuira à l'efficacité énergétique de l'installation,
- surveiller le niveau de fluide dans le corps d'échange dans le cas de l'utilisation d'évaporateurs noyés, les tubes à refroidir doivent être immergés pour garantir un bon échange thermique.



2. La réduction des charges thermiques :

- utiliser le refroidissement naturel nocturne du bâtiment par le biais du système de ventilation, de manière à réduire les besoins en production de froid (tout secteur),
- utiliser des lampes à basse consommation d'énergie ou des tubes néons, réduisant ainsi la charge thermique due à la lumière artificielle (tout secteur),
- diminuer la température de chauffage durant les périodes de fermeture, non seulement l'énergie de chauffage sera économisée, mais, de plus, les meubles frigorifiques devront moins travailler (secteur agro-alimentaire),
- éviter l'entreposage à température plus élevée de denrées refroidies, quand celles-ci sont destinées à être stockées dans un milieu à basse température (secteur agro-alimentaire).

3. La conservation de l'énergie frigorifique :

- isoler thermiquement les éléments du circuit frigorifique aux endroits où le besoin en froid est nul (conduites de distribution, panneaux des chambres froides, etc.). Veiller de plus au maintien et à l'état de l'isolation, car celle-ci peut se déplacer suite à des contraintes mécaniques ou à des mauvaises fixations, ou bien être détériorée par l'humidité (utiliser un pare-vapeur) ou par des rongeurs (tout secteur),
- installer un mécanisme de fermeture ainsi que des joints d'étanchéité aux portes des locaux climatisés (chambres froides, local informatique), cette mesure permet de réduire non seulement les pertes, mais également l'introduction d'humidité (tout secteur).



LA CONSOMMATION ET LE TRAITEMENT DES EAUX DE REFROIDISSEMENT

LES IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX

L'utilisation de l'eau à des fins de refroidissement dans les systèmes indirects peut entraîner des effets néfastes sur notre environnement, de par :

- sa consommation : bien qu'abondante au Luxembourg, son utilisation doit être faite avec parcimonie, car c'est une ressource limitée, dont le conditionnement dans nos stations d'épuration ne se fait pas sans mal,
- son traitement : l'utilisation de produits chimiques pour adapter les caractéristiques de l'eau aux besoins en froid est une mesure courante, mais qui peut avoir de lourdes conséquences pour le milieu naturel si celui-ci n'est pas réalisé correctement (rejet de biocides, etc.). Le type et les quantités de produit doivent être déterminés en fonction des besoins réels de la production de froid.

La consommation et le traitement des eaux de refroidissement doivent être adaptés aux besoins réels.



LES MESURES D'AMÉLIORATIONS :

LA CONSOMMATION EN EAU

1. Les pertes par purges

Une purge régulière permet de réduire l'accumulation de divers éléments néfastes au bon fonctionnement du système, mais implique la décharge d'une certaine quantité en eau, qu'il s'agit de limiter :

- analyser en continu la qualité de l'eau (dureté, conductivité, etc.), de manière à optimiser la fréquence, respectivement le débit des purges (requiert un certain niveau d'expérience). L'encrassement des capteurs de conductivité est à surveiller, car celui-ci peut rapidement fausser les mesures des sondes et ainsi la régulation,
- éviter le plus possible la stagnation de l'eau (propice au développement bactériologique) dans le circuit par une architecture et une maintenance appropriée,
- traiter chimiquement l'eau en fonction des substances et des concentrations présentes (adoucissant, anti-corrosion, etc.).

2. Les pertes par éclaboussures

- veiller à ce que la tour soit fermée des quatre côtés, de manière à ce que l'eau retombe dans le bassin de récupération,
- veiller à l'étanchéité de la tour, celle-ci peut se dégrader ou se déformer au fil du temps.

3. Les pertes par fuites de composants

- tenir compte des vibrations, celles-ci peuvent provoquer des ruptures ou des déplacements de raccords,
- faire fonctionner l'installation à la température et à la pression prévue pour éviter des contraintes anormales,
- veiller à la qualité de l'eau et à l'état de corrosion du matériel, à la rigueur, utiliser des produits anti-corrosion.



LES MESURES D'AMÉLIORATIONS :

LE TRAITEMENT DE L'EAU

1. Les mesures générales

- optimiser le débit du système : un débit minimum permet d'éviter la stagnation et les dépôts, alors qu'un débit trop élevé peut mener à des problèmes de corrosion par érosion,
- effectuer un nettoyage régulier de l'intérieur des composants (balle-éponge, jet d'eau, etc.), réduisant l'encrassement, le tartre et le biofilm à l'intérieur des conduites,
- vider, dans la mesure du possible, le circuit d'eau quand celui-ci n'est pas utilisé sur une longue période, pour éviter les dépôts de substances et le développement d'organismes (tenir compte de la surpression côté condenseur).

2. Les mesures anti-corrosion

- contrôler le niveau pH du système : une alcalinité trop élevée n'est pas nécessairement bénéfique pour le système, car elle est propice à l'encrassement. En pratique, la valeur du pH se situe généralement entre un pH de 8,8 à 9,1 pour le secteur tertiaire, et entre 7,5 à 8 pour le secteur industriel et agro-alimentaire,
- les produits à base de chromate, en raison de leur toxicité élevée, ne devraient plus être utilisés. Les produits actuels sont composé soit de phosphates, de molybdates, de silicates, de nitrites ou d'azoles aromatiques.



3. Les traitements anti-tartre

- réaliser le dosage des produits contre les sels en fonction de la conductivité électrique de l'eau, celle-ci étant fonction de la concentration saline du milieu. (intérêt : adaptation du dosage aux besoins réels, inconvénients : coûts supplémentaires et imprécision de la relation dosage / conductivité).

4. Les mesures anti-organismes

- élever de manière rapide la température de l'eau (en cas d'arrêt de l'installation pour maintenance), de manière à réaliser une désinfection thermique,
- traiter l'eau par des rayons UV (nécessite cependant une eau assez claire) ou par ozone (peut réagir avec d'autres produits de traitement),
- réaliser une maintenance régulière de la tour de refroidissement, car c'est un endroit propice au développement d'organismes (lumière, oxygène, etc.),
- adapter les biocides en fonction des types d'organismes, des éventuels changements saisonniers, de la qualité de l'eau et de sa température,
- fermer le robinet de purge lors d'un dosage « choc », pour éviter l'émission de produits encore actifs,
- optimiser le dosage du traitement « choc » contre les microorganismes: une limite inférieure trop faible risque de ne pas remplir les conditions minimales de concentration, alors qu'une limite supérieure trop élevée entraîne un rejet important de biocides dans le milieu naturel lors de la purge, si la mesure précédente ne peut être réalisée,
- conserver un certain niveau de température des eaux de purges, car l'hydrolyse des biocides non-oxydants s'y voit accélérée.



LES NUISANCES SONORES DES SYSTÈMES DE CONDENSATION

LES IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX

Le bruit, selon son amplitude et sa fréquence, peut avoir un impact néfaste sur l'environnement humain. Aussi bien le voisinage que les personnes se trouvant sur le site émetteur peuvent en être incommodé (réduction du niveau de vie), ou même, selon le cas, se retrouver avec des séquelles au niveau de l'ouïe. Bien que les installations frigorifiques possèdent plusieurs sources émettrices (pompes, compresseurs, etc.), c'est au niveau des tours de refroidissement, respectivement des aérorefroidisseurs que le bruit est particulièrement à surveiller.

Le niveau sonore de toute installation doit être tenu à un strict minimum.

LES MESURES D'AMÉLIORATIONS - MESURES DE PRÉVENTION

- effectuer une maintenance régulière du système, un dysfonctionnement de composant peut être la source de bruits additionnels (p.ex. hélice de ventilateur déformée, moteurs en surrégime, tôle mal fixée).





Centre de Ressources des Technologies pour l'Environnement (CRTE)
Centre de Recherche Public Henri Tudor

Technoport | 66, rue de Luxembourg
BP 144 | L-4002 Esch-sur-Alzette

tél : +352 42 59 91 - 1 | fax : +352-54 55 80 - 555
info@crite.lu | <http://www.crite.lu>