



Production et consommation d'énergie frigorifique dans la filière viande

Intérêt technico-économique de solutions d'amélioration de la production-consommation d'énergie frigorifique en abattage-découpe-transformation de viandes bovines.

Ecrit par : MASSOULIER F., RISPAL O., HUFFSCHMIDT D. (Oméga Concept)

La production et consommation d'énergie frigorifique représentent un coût de plus en plus important pour les industriels de la filière viande. L'étude réalisée par l'ADIV et financée par INTERBEV a permis, après un état des lieux technique, de hiérarchiser l'intérêt, en termes d'économies possibles, de différentes pistes d'amélioration de la production – utilisation du froid en abattage – découpe – transformation, en tenant compte du contexte prévisible d'évolution du coût de l'énergie.

Le secteur agroalimentaire est responsable à lui seul de 57% de la consommation industrielle nationale d'électricité consacrée à la production de froid : le secteur des viandes et produits carnés en est l'un des premiers consommateurs. L'évolution du contexte économique d'accès à l'énergie mais aussi, tout simplement, les limites de l'efficacité énergétique des systèmes disponibles actuels justifient de s'interroger sur les possibilités d'améliorations techniques et économiques de la production de froid. De plus, la production et l'application du froid mobilisent une part importante des investissements nécessaires en abattage – découpe – transformation des viandes. La production frigorifique mobilise, selon le niveau d'activité et l'espèce, entre 50 et 70% du total de la consommation électrique des outils d'abattage-découpe-transformation. Le tarif de l'électricité ne cessant d'augmenter depuis 2000, l'enjeu économique pour le secteur est donc loin d'être négligeable.

Etat de l'art

Un système très répandu.

Les systèmes frigorifiques les plus répandus et les plus efficaces sont à l'heure actuelle les systèmes à compression. Ils sont, à une majorité écrasante, les plus installés en applications industrielles quels que soient leurs types d'architecture.

Le cycle frigorifique se déroule en plusieurs phases successives au travers de 4 composants principaux (compresseur, condenseur, détendeur et évaporateur) :

- la compression du fluide gazeux,
- la condensation du fluide gazeux,
- la détente du fluide liquide,
- la vaporisation du fluide liquide/gazeux (production du froid).

Les enjeux de qualité (conséquences de non-homogénéité des conditions de traitement en chambre froide,...), de sécurité et d'environnement (au regard des fluides utilisés ou des installations aéroréfrigérantes) peuvent aussi justifier des changements des conditions de production et d'utilisation du froid.

Le contexte réglementaire, et notamment l'interdiction définitive de l'usage des fluides de type HCFC au 1er janvier 2015, autorise également à s'interroger sur les solutions possibles de remplacement pour les industriels.

L'objectif du projet est, après un état des lieux technique, de hiérarchiser l'intérêt, en termes d'économies possibles, de différentes pistes d'amélioration de la production – utilisation du froid en abattage – découpe – transformation, en tenant compte du contexte prévisible d'évolution du coût de l'énergie.

Le refroidissement est dit par détente directe lorsque le fluide frigorigène détendu pénètre directement dans l'évaporateur placé dans le milieu à refroidir.

En détente indirecte, le froid produit par le groupe frigorifique est transféré dans le milieu à refroidir à l'aide d'un fluide frigoporteur circulant dans un circuit clos communiquant par échangeurs avec d'une part, le système frigorifique où le fluide frigoporteur se refroidit et d'autre part, la chambre froide où le fluide frigoporteur cède le froid qu'il a transporté.

Ces systèmes de production sont évolutifs essentiellement au niveau des différents composants. Ainsi, de nombreux équipementiers proposent des améliorations au niveau du

compresseur (automatisation, variation de vitesse), du condenseur (haute pression flottante), de la distribution (vannes 2 ou 3 voies, boucle eau glycolée pour dégivrage). Ces évolutions permettent pour l'essentiel des économies d'énergie en améliorant l'efficacité des systèmes.

D'autres méthodes pas encore adaptées à la filière viande :

Les nouvelles techniques de production de froid (par effet thermo-acoustique, thermoélectrique, magnétique et ad ou absorption) ne sont pas, à l'état actuel de leur développement, adaptées pour des unités d'abattage, découpe et transformation des viandes bovines. Elles sont encore expérimentales, réservées à des installations de très petite puissance (faible rendement énergétique) ou très onéreuses.

Les nouvelles méthodes d'utilisation du froid présentent également à court et moyen termes peu d'intérêt pour la filière. La réfrigération par immersion, même si elle est théoriquement intéressante en termes notamment de

Des contextes réglementaires et économiques particuliers

Au vu de ces constats et des contextes réglementaire (réglementation évolutive et de plus en plus restrictive sur l'utilisation des fluides frigorigènes) et énergétique (augmentation du tarif de l'électricité), les pistes d'évolutions retenues sont des améliorations des systèmes actuels, proposées en complément.

Ces solutions peuvent être différentes selon les outils (niveau de filière, tonnage,...), et donc les systèmes de base installés, mais permettent :

Analyse technico-économique

Le choix des cas types

Différents cas types ont été choisis par niveaux de filière en concertation avec les fédérations professionnelles concernées (FNEAP, FNICGV, SNIV, CFBCT) afin de couvrir le maximum d'entreprises de la filière :

Les solutions étudiées

Une consultation d'équipementiers a permis de proposer pour chaque cas type une solution de base appropriée avec options éventuelles correspondant à des solutions techniques d'amélioration de la production et de la consommation d'énergie frigorifique.

Les différentes solutions proposées sont basées sur des bilans frigorifiques précis pour chaque salle.

Solutions de base : Selon les cas types, différents systèmes de production ont été proposés :

- **Système frigorifique à détente directe à air avec HFC**
 - Groupe de condensation par air à faible charge de HFC (R404a) pour froid positif et négatif.

Plusieurs techniques de récupération de chaleur (thermo-frigopompe, pompe à chaleur, désurchauffe, refroidissement d'huile sur compresseurs industriels) sont envisageables à partir de ce système de production. Elles permettent de répondre aux besoins des industriels principalement en production d'eau chaude.

rendement énergétique, pose de nombreuses difficultés sanitaires et réglementaires. La réfrigération par injection n'est, elle, qu'au stade expérimental et de nombreux problèmes techniques, organoleptiques et réglementaires devront être surmontés.

Les méthodes de travail différentes éventuellement envisageables (travail à chaud, réfrigération longue durée,..) n'apportent rien, elles non plus, en termes d'amélioration de la production et consommation frigorifique. Ces méthodes de travail répondent essentiellement à l'amélioration de la qualité de la viande.

- des économies d'énergie par l'amélioration du rendement énergétique de l'installation,
- l'utilisation de fluides autorisés et non polluants,
- des récupérations d'énergie,
- une rationalisation de la consommation énergétique par association d'outils de comptage d'énergie associés à des outils de supervision.

- 3 cas types abattoir de bovins : 5000 Tec/an, 15000Tec/an et 25000 Tec/an
- 3 cas types ateliers de découpe de viandes bovines 1000 Tec/an, 5000 Tec/an et 10000 Tec/an
- 2 cas types ateliers de transformation (VH et/ou UVCI) : 1500 Tec/an et 6000 Tec/an
- 1 cas type boucherie artisanale.

- Système adapté pour des installations nécessitant de faibles puissances.
- **Système frigorifique à détente indirecte à air avec HFC :**
 - Groupe refroidisseur de liquide de type monobloc à condensation par air et implantation extérieure fonctionnant à faible charge de HFC (R410a).
 - Système centralisé et adapté pour des installations nécessitant une puissance électrique totale consommée inférieure à 150 kW.

- Système frigorifique à détente indirecte à eau avec HFC ou NH3 (ammoniac) :
 - Groupe refroidisseur de liquide de type monobloc à implanter en local technique fonctionnant à faible charge de HFC (R134a) ou NH3 en confinement avec évaporateur noyé et évacuation des calories par drycooler ou par tour aéroréfrigérante (TAR).
 - Système adapté pour des installations nécessitant une puissance électrique totale consommée supérieure à 150 kW et permettant un meilleur échange thermique et une baisse de la consommation électrique,
 - Évacuation des calories sur drycooler permettant toutes les solutions de récupération de chaleur (celle par tour aéroréfrigérante permet d'assurer une pression de condensation plus basse et d'obtenir un régime de

fonctionnement des compresseurs plus économique).

- Utilisation d'une tour aéroréfrigérante obligeant l'inscription à la rubrique 2921 de la nomenclature des ICPE et nécessitant une consommation d'eau traitée.

L'utilisation de tel ou tel fluide frigorigène selon les systèmes frigorifiques correspond à des orientations des constructeurs d'équipements.

Des techniques de maîtrise des coûts (consommation électrique, maintenance,..) sont directement intégrées à ces solutions de base comme par exemple un pilotage optimisé (automatisation), un système régulant la haute pression de condensation (haute pression flottante), ou encore une alimentation des salles en fonction de leur demande en froid par un système de vanne 2 ou 3 voies sur le réseau de fluide secondaire.

Evolutions techniques proposées

Les pistes d'évolutions retenues sont donc des améliorations des systèmes actuels conduisant à des économies d'énergie tout en permettant la préservation de l'environnement. Elles sont proposées en complément sur les installations.

Selon les cas types et donc les systèmes de production installés, on retrouve :

- Une récupération de chaleur par désurchauffe permettant de récupérer de la chaleur entre le compresseur et le condenseur à l'aide d'un équipement spécifique et donc de préchauffer de l'eau chaude sanitaire (40/45°C).

- Un système de variation de vitesse du compresseur en fonction de la demande frigorifique qui permet de consommer moins d'énergie et également de préserver les équipements. L'économie d'énergie est cependant difficilement chiffrable car dépend de chaque outil et de son mode de fonctionnement.
- Un système de dégivrage par boucle de distribution eau glycolée chaude (EGCR) permettant de supprimer les résistances électriques de dégivrage et procurant ainsi un gain de puissance électrique et donc une économie d'électricité.

Synthèse par cas types des solutions étudiées

Abattoirs

Cas types	Solutions de base	Options (solutions d'amélioration)
5000 Tec/an	Détente indirecte : Refroidisseur de liquide monobloc à condensation par air	Option 1 : Récupération de chaleur par désurchauffe
15000 Tec/an	Détente indirecte : Refroidisseur de liquide à condensation par eau glycolée de refroidissement sur drycooler	Option 1 : Récupération de chaleur par désurchauffe
		Option 2 : Variation de vitesse des compresseurs
		Option 3 : Dégivrage par boucle EGCh
25000 Tec/an	Détente indirecte : Refroidisseur de liquide à condensation par eau glycolée de refroidissement sur drycooler	Option 1 : Récupération de chaleur par désurchauffe
		Option 2 : Variation de vitesse des compresseurs
		Option 3 : Dégivrage par boucle EGCh
25000 Tec/an (Variante)	Détente indirecte : Refroidisseur de liquide à condensation par eau glycolée de refroidissement sur tour aéroréfrigérante	Option 1 : Récupération de chaleur par désurchauffe
		Option 2 : Variation de vitesse des compresseurs

Le cumul des options est techniquement possible.

Ateliers de découpe

Cas types	Solutions de base	Options (solutions d'amélioration)
1000 Tec/an	Détente indirecte : Refroidisseur de liquide monobloc à condensation par air	Option 1 : Récupération de chaleur par désurchauffe
5000 Tec/an	Détente indirecte : Refroidisseur de liquide monobloc à condensation par air	Option 1 : Récupération de chaleur par désurchauffe
10000 Tec/an	Détente indirecte : Refroidisseur de liquide monobloc à condensation par air	Option 1 : Récupération de chaleur par désurchauffe
10000 Tec/an (Variante)	Détente indirecte : Refroidisseur de liquide à condensation par eau glycolée de refroidissement sur drycooler	Option 1 : Récupération de chaleur par désurchauffe

Une seule des solutions d'amélioration proposées est applicable aux cas types de découpe. Les puissances installées ne sont pas assez importantes pour envisager des systèmes de variation des compresseurs ou des

systèmes permettant de dégivrer les évaporateurs par une boucle eau glycolée chaude réchauffée sur le circuit de récupération des calories.

Ateliers de transformation

Cas types	Solutions de base	Options (solutions d'amélioration)
1500 Tec/an	Détente indirecte : Refroidisseur de liquide monobloc à condensation par air	Option 1 : Récupération de chaleur par désurchauffe
6000 Tec/an	Détente indirecte : Refroidisseur de liquide monobloc à condensation par air	Option 1 : Récupération de chaleur par désurchauffe
6000 Tec/an (variante)	Détente indirecte : Refroidisseur de liquide à condensation par eau glycolée de refroidissement sur drycooler	Option 1 : Récupération de chaleur par désurchauffe

Comme pour les ateliers de découpe, une seule des solutions d'amélioration proposées est applicable.

Boucherie artisanale

Cas type	Type de production frigorifique pour froid positif
Boucherie type	Détente directe : Groupe de condensation à air

Aucune option n'est envisageable au vu de la faiblesse des puissances nécessaires.

Intérêt économique

Intérêt économique des solutions d'améliorations

Les figures 1 à 3 indiquent pour chaque cas type et chaque solution d'amélioration, le coût d'investissement des différentes solutions ainsi que le gain annuel qu'elles permettent.

L'industrie de la viande est un secteur pour lequel la valeur ajoutée des produits et les capacités

- Des économies d'énergie importantes au regard de l'investissement
Un temps de récupération de l'investissement très intéressant dans tous les cas (de 0,16 à 1,52 ans selon les options et/ou le cumul ou non de celles-ci).

d'investissements des entreprises sont relativement faibles. La rentabilité économique des solutions proposées est donc primordiale. Ainsi, lorsque le temps de récupération est < 2 ans, l'investissement s'avère extrêmement intéressant. Pour ce type d'équipements, il reste encore très incitatif jusqu'à 5 ans.

- Des économies d'énergie moins importantes que pour les abattoirs
- Des temps de récupération de l'investissement intéressant à partir d'un tonnage suffisant (>2 ans jusqu'à 10000 Tec/an).

Figure 1 : Gain annuel permis par les options/coût investissement – Abattoirs

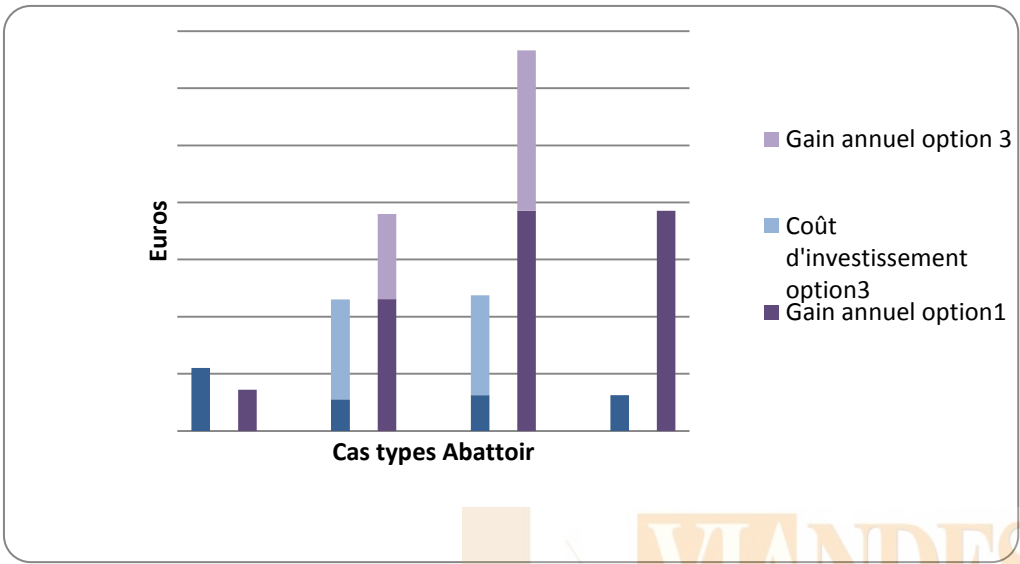


Figure 2 : Gain annuel permis par les options/coûts investissements – Découpe

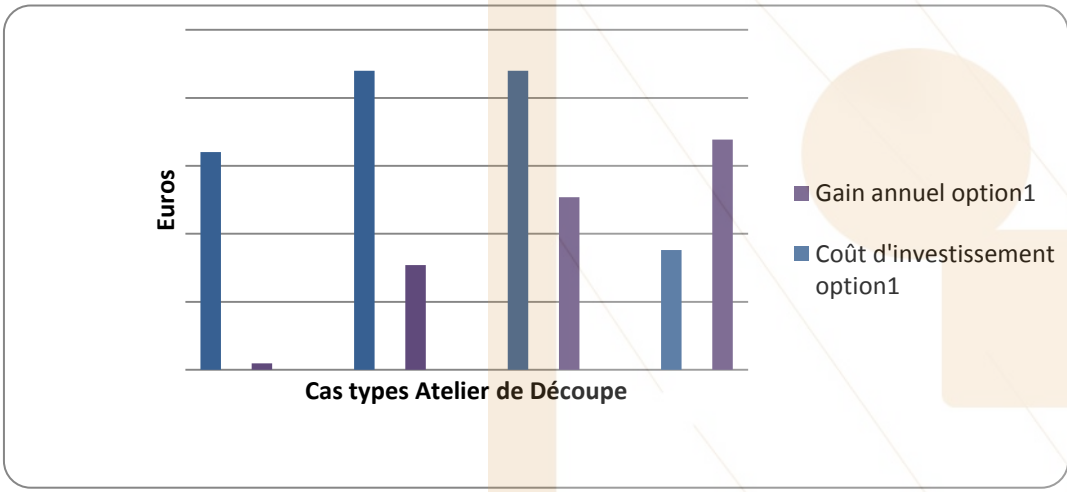
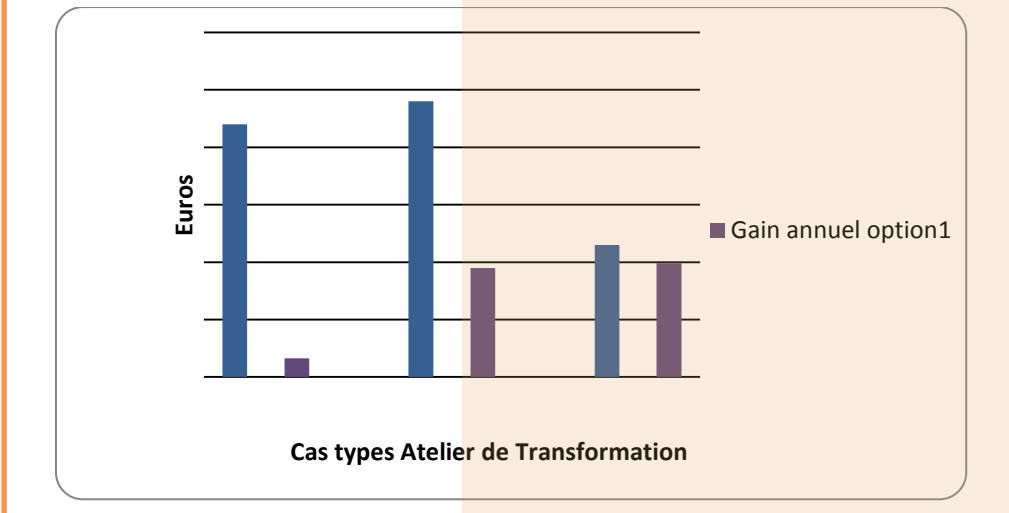


Figure 3 : Gain annuel permis par les options/coûts investissements – Transformation



- Tout comme pour les ateliers de découpe, les économies d'énergie sont moindres que pour les abattoirs.

Un temps de récupération de l'investissement intéressant (<2 ans) pour la solution à 6000 Tec/an avec variante (refroidisseur de liquide à condensation par eau glycolée de refroidissement sur drycooler).

Synthèse

La hiérarchisation des pistes d'évolution n'est pas apparue pertinente car dépendante du système de base installé et donc du type d'outils et de son activité.

Il est ainsi plus intéressant de proposer, pour différents cas types représentatifs des filières, une fiche reprenant les coûts d'investissement et de fonctionnement des différentes solutions envisageables.

Ces fiches reprennent par cas type pour la solution de base la plus adaptée et le(s) option(s) d'améliorations proposées :

- Le coût d'investissement
- Les charges annuelles de fonctionnement :
 - Charge d'investissement
 - Coût de maintenance
 - Coût d'électricité

L'intérêt économique de(s) option(s) est indiqué selon :

- Le gain économique total de(s) option(s)
- Le temps de récupération de l'investissement de(s) option(s)

À titre d'exemple, la fiche pour le cas type Abattoir 15000 t/an :



Cas type abattoir 15 000 Tec/an

	Solution base : Détente indirecte à eau (NH3)		Option 1 : Récupération calorifique		Option 2 : variation vitesse compresseurs		Option 3 : Dégivrage boucle distribution	
	€	€/Tec	€	€/Tec	€	€/Tec	€	€/Tec
Coût investissement	794 284	53,0	11 000	0,7	9 500	0,6	35 000	2,3
Charges annuelles totales	277 201	18,5	1 675	0,1	1 446	0,2	5 328	0,4
<i>dont investissement</i>	97 697	6,5	1353	0,1	1 169	0,1	4 305	0,3
<i>dont maintenance</i>	23 222	1,5	322	0	278	0	1 023	0,1
<i>dont électricité</i>	156 282	10,4	/	/	/	/	/	/
Gain d'électricité			/		NC		30 822	
Gain de gaz¹			46 440		/		/	

1 : Gain permis par l'installation plafonné au besoin réel de l'outil en ECS

- Gain économique annuel total² sur le fonctionnement permis par les options proposées: 75917€/an
- Temps de récupération³ de l'investissement des options proposées : 0,61 an
 - Gain économique annuel total² sur le fonctionnement - option 1 : 46 118€/an
 - Temps de récupération³ de l'investissement - option 1 : 0,24 an
 - Gain économique annuel total² sur le fonctionnement - option 3 : 29 799€/an
 - Temps de récupération³ de l'investissement - option 3 : 1,17 ans
 - Le gain économique de l'option 2 n'est pas chiffré car dépendant du fonctionnement de l'outil.

2= Gain permis par option – coût maintenance option

3= Coût d'investissement option/Gain économique total annuel

Point complémentaire : le remplacement du R22

Le R22 est un composé de type hydrofluorocarbure (HCFC) très largement utilisé dans les installations frigorifiques de petites, moyennes et grandes puissances dans le secteur carné. Ses caractéristiques permettent également de l'employer pour des applications à basse température (-40°C) en réfrigération et en surgélation / congélation.

Depuis le 1er Janvier 2010, suivant le règlement européen 2037/2000 sur les CFC et HCFC, la commercialisation de

R22 neuf a été arrêtée. L'utilisation de R22 recyclé est autorisée jusque fin 2014 pour les besoins de complément de charge (fuites, réparations, ...).

Au delà, il ne sera plus autorisé de mettre du fluide R22 même recyclé ou régénéré dans une machine. Il est important de souligner que l'approvisionnement en R22 recyclé n'est pas garanti par les professionnels frigoristes et que plusieurs situations de rupture d'approvisionnement

ont déjà eu lieu en 2011. Dans ces cas le dépannage des installations n'a donc pas été possible.

Le nouveau règlement 1005/2009 du 16 septembre 2009, paru au journal officiel de l'Union Européenne le 31/10/2009, abroge le règlement 2037/2000 et est applicable depuis le 1er janvier 2010. Ce nouveau règlement énonce les règles ainsi que les informations à communiquer sur les substances qui appauvrissent la couche d'ozone (dont HCFC).

Les principales modifications ou ajouts par rapport au règlement 2037/2000 portent essentiellement sur :

- l'interdiction de fournir des HCFC recyclés à titre gratuit ou onéreux (Article 11-4).
- l'obligation pour l'opérateur et le détenteur de l'équipement de tenir un registre des mouvements des HCFC recyclés, régénérés ou détruits (Article 11-7).

Les solutions possibles pour les industriels encore équipés avec du R22 sont, outre la conservation des équipements en place avec risque de rupture du stock de fluide R22 recyclé d'ici le 1^{er} janvier 2015 et non possibilité de réaliser des compléments de charge au-delà, le retrofit (modification d'une installation existante pour la faire fonctionner avec un autre fluide) ou le remplacement des installations R22 par des installations neuves.

- Retrofit R22 :

Il s'agit donc d'une modification d'une installation existante pour la faire fonctionner avec un autre fluide.

Cette solution présente l'avantage de conserver les équipements en place, moyennant quelques adaptations.

La reconversion nécessite cependant des fluides avec des caractéristiques proches du R22 (pression, chaleur latente de vaporisation, masse volumique, miscibilité avec les huiles frigorigènes). Les fluides type R404a et R134a conviennent sur les installations industrielles fonctionnant en régime noyé, mais avec perte de puissance frigorigène. Ils nécessitent une étude au cas par cas. Les ISCEON MO 29 – 59 – 79 sont utilisés dans les installations de type détente directe mais nécessitent un remplacement de l'huile.

Cette solution est envisageable sur des installations récentes (années 1990) et en bon état. Ces installations doivent également fonctionner en régime noyé, pour produire du froid positif et avec une puissance importante donc pour des outils industriels importants comme les cas types abattoir 15/25000 Tec/an; découpe 10000 Tec/an; Transfo 6000 Tec/an de cette étude.

Cette solution est également envisageable pour les petites unités en détente directe comme le type boucherie.

Pour conclure

Les nouvelles techniques de production ou d'utilisation de froid ne sont pas encore adaptées ou ne présentent que peu d'intérêt pour la filière viande à leur stade actuel de développement.

L'évolution possible des méthodes de travail n'apporte rien, elle non plus, en termes d'amélioration de la production et consommation frigorigène.

- *Prestations nécessaires :*

- coût retraitement R22/huile
- charge en nouveau fluide
- modifications de l'installation
- mise en service

- *Coût de retrofit (correspondant aux prestations nécessaires)*

- Pour les installations fonctionnant en régime noyé, froid positif, puissance importante : 30€/kg de R22 remplacé.
- Pour les installations fonctionnant en détente directe : de 35€ à 50€/kg de R22 remplacé selon les quantités.

- Remplacement des installations R22 par installations neuves

Il s'agit du remplacement des installations frigorigènes par des installations neuves fonctionnant avec des fluides type HFC (R134a, R507, R410a) ou naturels (NH₃ et CO₂) selon la puissance ou les applications (froid positif ou négatif).

Cette solution présente l'avantage d'être pérenne dans le temps et offre des possibilités d'optimisation des consommations électriques des installations ainsi que de solutions de récupération calorifique.

Elle nécessite cependant un phasage des travaux pour éviter un arrêt de production et présente un coût important. Elle est inévitable sur des installations vétustes ou en fin de vie mais également sur les installations qui ne répondent pas aux critères énumérés pour la solution de retrofit.

Les petites et moyennes unités en détente indirecte mais à condensation à air sont concernées.

Dans le cadre de l'étude, ce sont les cas types abattoir 5000 Tec/an, ateliers de découpe 1000 et 5000 Tec/an et atelier de transformation 1500 Tec/an.

Les installations neuves, pour les cas types concernés, ont été décrites en solutions de base dans la première partie de cette étude (cf. analyse technico-économique).

- *Coût:*

- Pour l'abattoir 5000 Tec/an : 56,5€/tec
- Pour les ateliers de découpe 1000 et 5000 Tec/an : 169,3 €/tec et 63,6 €/tec
- Pour l'atelier de transformation 1500 Tec/an : 205,5€/tec

Au vu de ces constats et des contextes réglementaire et énergétique, les pistes d'évolutions retenues sont des améliorations des systèmes actuels, proposées en complément.

L'analyse technico-économique réalisée a permis, pour différents cas types représentatifs des filières, d'établir le bilan économique de la situation actuelle de production-

distribution de froid, et d'estimer l'avantage économique éventuel procuré par les pistes d'évolution.

L'étude a permis de déterminer, pour chacun des cas types, la solution de base la plus adaptée actuellement. Les coûts d'investissement et de fonctionnement de ces systèmes de base ont ainsi été approchés.

Il ressort également de l'étude qu'à l'exception du cas type « boucherie artisanale », des solutions d'améliorations peuvent être proposées.

Les solutions envisagées permettent, pour les outils d'abattage, des économies d'énergie importantes au regard de l'investissement. Les temps de récupération de

Des fiches récapitulatives par cas types ont pu être établies.

L'intérêt économique des options est indiqué au travers du temps de récupération de l'investissement.

Chaque industriel de la filière pourra ainsi connaître une estimation des investissements et du coût de

Méthodologie

Etat de l'art technique

Ce bilan technique a pour objectif de proposer les solutions d'améliorations de la production-consommation frigorifique les plus adaptées à la situation actuelle.

Il repose sur :

- le descriptif technique des solutions classiques de production de froid
- l'amélioration des systèmes classiques actuels de production (compresseurs, évaporateurs, condenseurs, ...);

Analyse technico-économique

L'analyse technico-économique reprend, pour différents cas types représentatifs des filières, la situation actuelle de production-distribution de froid, les évolutions envisageables et leurs intérêts éventuels.

- Choix des cas types :

Les différents cas types ont été choisis par niveaux de filière en concertation avec les fédérations professionnelles concernées (FNEAP, FNICGV, SNIV, CFBCT) afin de couvrir le maximum d'entreprises de la filière.

Pour un cas type, un dimensionnement technique a été établi comme cahier des charges de consultation des équipementiers.

- Définition des solutions étudiées par cas types :

La consultation d'équipementiers permet de proposer pour chaque cas type une solution de base appropriée avec options éventuelles correspondant à des solutions techniques d'amélioration de la production et de la consommation d'énergie frigorifique.

Les différentes solutions proposées sont basées sur des bilans frigorifiques précis pour chaque salle. Ces bilans sont calculés à partir des données d'activité indiquées dans le cahier des charges de consultation.

l'investissement sont très intéressants dans tous les cas et ce, quelles que soient les options et/ou le cumul ou non de celles-ci. Pour les outils de découpe et de transformation, le temps de récupération de l'investissement n'est intéressant qu'à partir d'un tonnage seuil. Cependant, l'existence fréquente de sites industriels regroupant abattoir + découpe + éventuellement atelier de transformation doit élargir le champ potentiel d'intérêt économique de ces solutions.

L'intérêt économique des options sera d'autant plus renforcé dans un contexte d'augmentation des énergies.

fonctionnement des différentes solutions qui lui sont proposées.



- l'utilisation de solutions alternatives pour la production - application du froid (immersion, injection, ...);
- la modification des conditions d'utilisation du froid (travail à chaud, à tiède, ...).

A l'aide de cet état de l'art et sur la base du contexte réglementaire et économique des pistes d'évolutions sont proposées.

- Analyse économique :

Calculs des coûts de production et de consommation d'énergie frigorifique

Ces coûts sont évalués pour les systèmes de base classiquement proposés actuellement par les équipementiers et pour les évolutions d'améliorations envisagées.

Les coûts pris en considération sont ceux qui sont impactés potentiellement par les évolutions techniques envisagées. Ces indicateurs sont donc le coût d'investissement et les charges annuelles liées à l'investissement en équipements et au fonctionnement (entretien/maintenance, électricité).

Estimation de l'intérêt économique des pistes d'évolution

Le coût des pistes d'évolution envisagées est confronté au gain économique annuel qu'elles apportent.

Ce calcul permettra de connaître le temps de récupération de l'investissement d'une solution technique d'amélioration de la production et de la consommation d'énergie frigorifique, + le coût d'investissement prenant en compte le coût de l'argent.