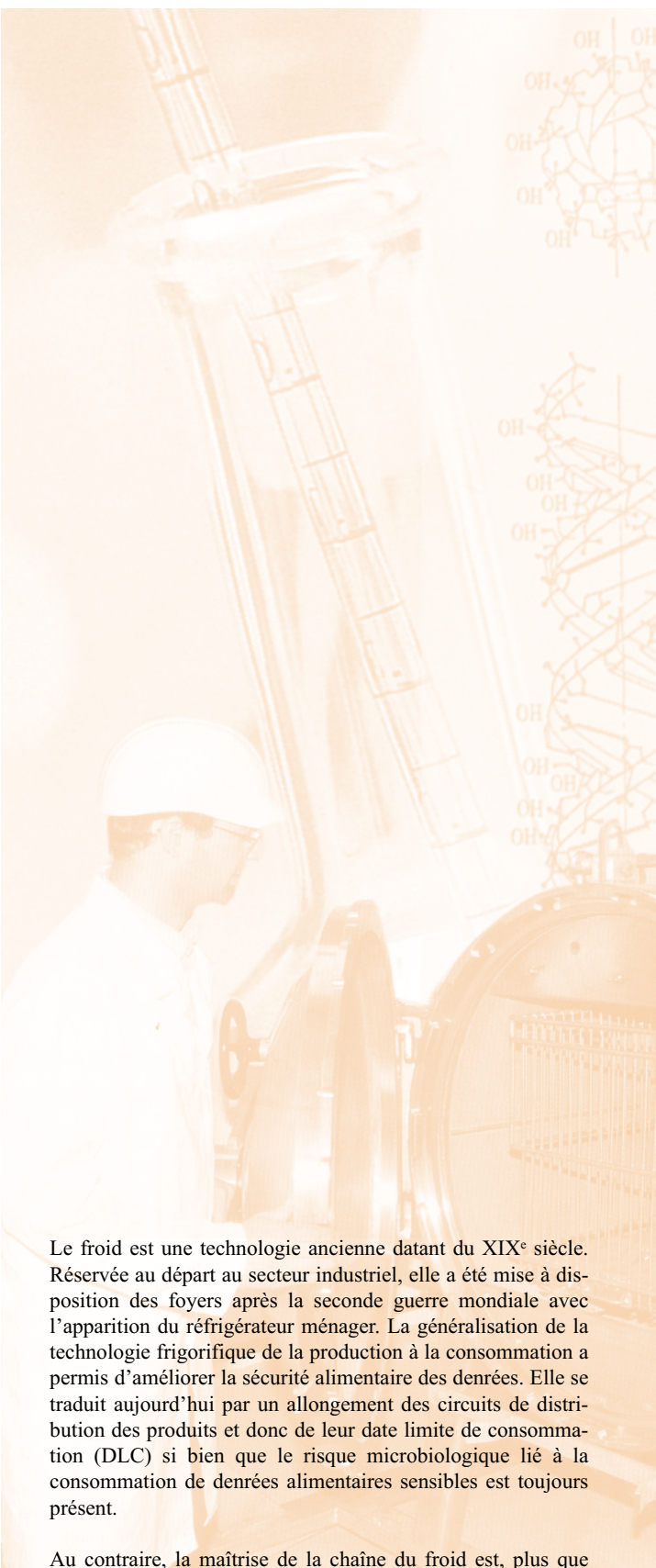


Le froid dans l'industrie des viandes

La gestion des compromis

La réfrigération est une technique complexe. Sa mise en place nécessite la prise en compte de nombreux paramètres pas toujours très compatibles. Aussi l'industriel doit-il appliquer des compromis, compromis d'autant plus difficiles à trouver que l'installation frigorifique est ancienne.



Le froid est une technologie ancienne datant du XIX^e siècle. Réservée au départ au secteur industriel, elle a été mise à disposition des foyers après la seconde guerre mondiale avec l'apparition du réfrigérateur ménager. La généralisation de la technologie frigorifique de la production à la consommation a permis d'améliorer la sécurité alimentaire des denrées. Elle se traduit aujourd'hui par un allongement des circuits de distribution des produits et donc de leur date limite de consommation (DLC) si bien que le risque microbiologique lié à la consommation de denrées alimentaires sensibles est toujours présent.

Au contraire, la maîtrise de la chaîne du froid est, plus que jamais, essentielle et concerne toute la filière, qu'il s'agisse de l'abatteur, du découpeur, du transformateur, du distributeur et du consommateur.

PICGIRARD L.⁽¹⁾ PUECH J.-M.⁽²⁾

⁽¹⁾ Adiv, 10 rue Jacqueline Auriol, 63039 CLERMONT-FERRAND cedex 2

⁽²⁾ SICAREV, 107 Route de Charlieu – 42200 ROANNE

Au niveau de l'industrie des viandes, on distingue trois applications majeures de la réfrigération :

- le ressuage : opération de refroidissement des carcasses immédiatement après abattage, dans une ambiance fortement ventilée et une température maximale de + 3 °C ;
- la conservation : opération de maintien de la température des viandes en cours de stockage dans une ambiance comprise entre 0 et + 3 °C ;
- la climatisation : opération de maintien de la température des ambiances de travail.

Pour ces trois usages, la première fonction de la réfrigération est d'améliorer la conservation des aliments et de ralentir leur évolution microbiologique. Cependant, son utilisation à échelle industrielle engendre plusieurs problématiques qui doivent toutes être prises en compte :

- problématique de qualité,
- problématique économique,
- problématique environnementale,
- problématique de sécurité.

La réfrigération va intervenir à plusieurs niveaux sur la qualité des viandes.

Les figures 1 et 2 ci-après récapitulent l'incidence du ressuage et de la conservation sur les caractéristiques qualitatives des viandes. Elles sont commentées ci-après.

Pour ce qui est du ressuage, la température, la vitesse de l'air mais aussi la masse de la carcasse vont conditionner la cinétique de descente en température de la carcasse et donc retarder l'évolution des germes pathogènes ou d'altération apportés lors de l'abattage. Cependant, si celle-ci est trop rapide, les ions calcium du réticulum sarcoplasmique des fibres musculaires sont libérés rapidement et abondamment au contact des myofibrilles ce qui déclenche la formation rapide et irréversible du complexe actomyosine. La viande devient dure : c'est le phénomène du « cold shortening ». L'activité des enzymes de maturation de la viande s'amenuise car l'accessibilité aux sites d'attaque des protéines est réduite : la maturation est ralentie.

À l'inverse, si la cinétique de refroidissement est trop lente, la chute du pH dans les zones musculaires profondes est rapide. La conjonction du pH bas et de la température élevée dans ces zones conduit à la reproduction d'un phénomène de viande PSE

(Pale Soft Exsudative) et donc à une décoloration et une exsudation de la viande voire même à son durcissement (phénomène de « heat shortening »).

La température de l'air, sa vitesse, le format de la carcasse (rapport surface/volume) et l'hygrométrie vont également influencer les pertes de poids ce qui peut représenter des manques à gagner économiques importants pour l'abatteur. Les freintes habituelles valent 2,2 à 2,7% au ressuage pour des carcasses de porc, 1,2 à 1,8% pour des gros bovins.

Enfin, les trois caractéristiques de l'air vont influencer également le niveau de dessiccation de la surface de la carcasse c'est-à-dire son Aw (Water Activity) avec une incidence directe sur l'évolution microbiologique de surface (conditionnée également par la cinétique de descente en température) et l'aspect de surface de la carcasse et plus partiellement sa couleur, caractéristique importante pour des carcasses de veaux en particulier.

Au niveau de la conservation, la température de l'ambiance va, bien sûr, définir l'aptitude du produit à se conserver en freinant, si elle est basse, l'évolution des micro-organismes en surface des muscles. A contrario, une température d'ambiance faible va ralentir la maturation de la viande. En ce qui concerne l'hygrométrie et la vitesse de l'air, ces deux grandeurs agissent de manière simultanée sous la forme d'un couple. Ainsi, un couple vitesse d'air élevée/hygrométrie haute peut avoir les mêmes effets sur la viande qu'un couple vitesse d'air basse/hygrométrie basse. Dans tous les cas, le couple influence l'évolution de l'Aw de surface de la viande nue donc sa couleur et sa microbiologie. Elle agit du même coup sur les pertes de poids des produits.

Au niveau économique, la production de froid représente entre 50 et 70 % selon les espèces, de la consommation d'électricité des entreprises. Cette dépense ne représente que 4 % des achats et charges externes des industries des viandes mais constitue 115 % du résultat net comptable du secteur. Le froid est donc un poste très important qui peut avoir des répercussions très significatives sur les résultats comptables des entreprises, ceci d'autant plus que le coût de l'énergie électrique augmente. Entre 2000 et 2006, le coût de l'élec-

tricité s'est accru de 50 % en valeur alors que dans le même temps, la performance énergétique des installations frigorifiques, c'est-à-dire la quantité d'énergie frigorifique produite (en kW) pour un kW d'énergie électrique consommé (appelé aussi COP) a peu évolué. Des réflexions de fond doivent donc être engagées pour réduire la facture énergétique liée à la consommation frigorifique.

Au niveau environnemental, la maintenance d'installations frigorifiques existantes ou la mise en place de nouveaux équipements nécessitent de prendre des précautions importantes. Outre leur consommation énergétique, ces systèmes utilisent des fluides frigorigènes dont les propriétés peuvent être négatives : altération de la couche d'ozone quantifiée par l'ODP (ozone depletion potential) et contribution à l'effet de serre quantifiée par le GWP (global warming potential).

Avant 2015, le règlement européen n° 2037/2000 prévoit l'interdiction totale des hydrochlorofluorocarbones (HCFC), molécules nuisibles à la couche d'ozone. Il ne resterait, après cette date, que des molécules exemptes de chlore : les HFC (hydrofluorocarbones), l'ammoniaque ou le CO₂. Or, beaucoup d'installations frigorifiques fonctionnent actuellement au R22, HCFC très répandu et le remplacement de ce fluide par des HFC est peu séduisant. Ces molécules ont, en effet, un GWP très important et nul ne connaît la durée pendant laquelle elles seront encore utilisées. De plus, la mise en place de systèmes frigorifiques fonctionnant avec de l'ammoniaque, même en détente indirecte, est très coûteuse.

Enfin, afin d'améliorer l'efficacité énergétique de leur production frigorifique, certains industriels ont opté pour des systèmes de condensations aéro-évaporatifs, plus performants que des condenseurs à air. Or, l'entretien de ces dispositifs doit être très rigoureux pour éviter la prolifération dans leur circuit d'eau de légionnelles qui peuvent être dispersées dans l'environnement extérieur par voie aéroportée.

Enfin, le froid, qu'il s'agisse de réfrigération ou de climatisation, s'est étendu à l'ensemble des locaux des entreprises pour éviter, tant faire se peut, les ruptures de température et il devient désormais difficile pour les

salariés de ces unités de travailler dans ces ambiances. La mise en place de règles de travail rigoureuses (pauses fréquentes) et d'équipements adaptés tant au niveau des opérateurs (vêtements chauds) que des locaux (gaines textiles de ventilation fixées en sortie d'évaporateurs telles que proposées par Matal GEA, Clauger...) sont des solutions facilement applicables pour améliorer le confort des opérateurs.

Des solutions plus complexes mais plus coûteuses en investissement sont disponibles ou en cours de développement pour appliquer le froid de manière localisée dans les zones de séjour des produits et ainsi permettre aux opérateurs de travailler dans des atmosphères à température plus élevée. De telles technologies sont apparues suite à un programme de Recherche et Développement, dénommé UNIR. Il s'est traduit par des applications dans les salles blanches de tranchage ou de conditionnement de produits microbiologiquement sensibles mais elles ne seraient vraisemblablement pas encore optimales pour permettre une réelle élévation de la température des ambiances de travail des opérateurs. Le Cemagref de Rennes et notamment l'Unité Écotechnologies et Agro systèmes (département METFRI) poursuit des recherches dans ce domaine.

CONCLUSION

En conclusion, la réfrigération est une technologie complexe. Elle nécessite la maîtrise de nombreux paramètres qui ne sont pas toujours compatibles :

- comment stabiliser au mieux la microbiologie de surface des carcasses sans trop perdre de poids?
- comment éliminer les remontées de température dues aux cycles de dégivrage, pourtant nécessaire à l'optimisation du fonctionnement des évaporateurs?
- comment maintenir une température constante dans les locaux sans prendre en glace les batteries froides?

Il s'agit donc bien souvent pour l'industriel d'appliquer des compromis, compromis qui peuvent être difficiles à trouver lorsque l'installation frigorifique est ancienne. En effet, les caractéristiques de l'air que l'on souhaite appliquer aux aliments ou aux ambiances dépendent intimement du système frigorifique disponible et des

Figure 1
INCIDENCE DU RESSUAGE
SUR LA QUALITÉ DES VIANDES

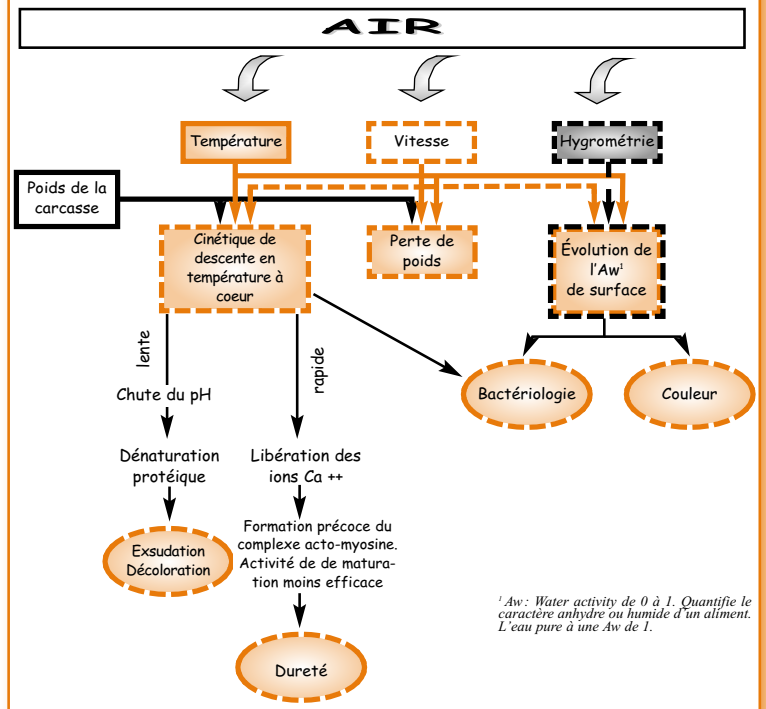
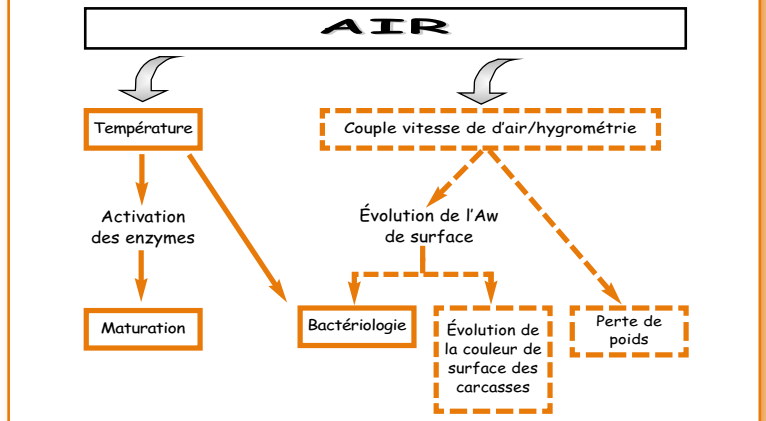


Figure 2
INCIDENCE DE LA RÉFRIGÉRATION
SUR LA QUALITÉ DES VIANDES



choix techniques effectués lors de son installation. Sur un équipement existant, il est, en effet, très délicat de contrôler et maîtriser l'hygrométrie de l'air traversant les frigorifères, puisque le local est équipé d'une surface d'échange figée (évaporateur) et dans laquelle circule un fluide frigorifère dont la température d'évaporation est peu modifiable.

De ce fait, la conception ou la rénovation d'une installation frigorifique doivent intégrer dès le départ toutes les contraintes inhérentes au produit à traiter (tendreté, couleur, assèche-

ment de surface,...) mais aussi les préoccupations d'ordre environnemental, économique ou de confort du personnel. À ce titre, le seul dimensionnement d'une installation frigorifique sur la base du bilan thermique est trop restrictif.

Si la prise en compte de l'ensemble des contraintes peut conduire à choisir des solutions avec des surcoûts d'investissement, elle peut s'avérer, à plus ou moins long terme, être une source d'économie de fonctionnement pour l'industriel. Elle sera donc amortie d'autant plus rapidement.