



# Analyse du cycle de vie du jambon cuit après traitement par hautes pressions et biopréservation

**Impact environnemental d'un traitement par hautes pressions pour la conservation du jambon cuit.**

**Mots-clés :** hautes pressions, jambon, nitrites, biopréservation

**Auteur :** Gaëlle Petit<sup>1</sup>, Marie de Lamballerie<sup>1</sup>, Vanessa Jury<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Oniris, Université de Nantes, CNRS, GEPEA, UMR 6144, F-44000 Nantes, France

**L'introduction des hautes pressions et de la biopréservation pour la conservation du jambon cuit n'a pas d'impact environnemental additionnel significatif**

## **Résumé :**

Dans le cadre du projet BLac HP, un nouveau procédé de stabilisation des produits carnés à teneur réduite en nitrites a été développé. L'objectif de cette étude est d'évaluer l'impact environnemental du cycle de vie du jambon cuit traité au moyen d'une combinaison biopréservation par des bactéries lactiques et traitement par hautes pressions, et de le comparer à celui d'un jambon cuit conventionnel. Les résultats de l'analyse de cycle de vie du jambon ont montré que l'introduction des hautes pressions et de la biopréservation n'a pas d'impact environnemental additionnel significatif.

## **Abstract: Environmental impact of high pressure treatment for the preservation of cooked ham.**

Within the framework of the ANR BlacHP project, a new stabilization process for reduced nitrite meat products has been developed. The objective of this study was to assess the environmental impact of the life cycle of cooked ham treated with a combination of biopreservation by lactic bacteria and high pressure treatment, and compare it to a conventional cooked ham. The results of the life cycle assessment of the ham show that the introduction of high pressure and biopreservation has no significant additional environmental impact.

## INTRODUCTION ET CONTEXTE DE L'ETUDE

L'agroalimentaire doit faire face à de nouveaux enjeux répondant aux attentes sociétales actuelles : produire des aliments de haute qualité (nutritionnelle, organoleptique, sanitaire...), tout en respectant l'environnement. D'après l'étude européenne EIPRO (Tukker *et al.*, 2006), les produits alimentaires génèrent entre 20 à 30% de l'impact environnemental de la consommation des Européens. Dans ce contexte, l'élevage est actuellement sujet à controverse car ce secteur exerce une pression sur les écosystèmes, avec notamment la consommation des ressources naturelles et le rejet de gaz à effet de serre (Steinfeld *et al.*, 2006). Les systèmes de production de l'industrie agroalimentaire, qui étaient jusqu'à maintenant optimisés en vue de proposer des

produits répondant à des critères de qualité et satisfaisant aux demandes économiques, doivent aujourd'hui prendre en compte les impacts environnementaux, en les réduisant au maximum. Il existe différentes méthodes pour étudier l'impact environnemental d'un produit. Une des méthodes les plus utilisées à travers le monde est l'Analyse de Cycle de Vie (ACV). Cette méthode intègre les impacts de toutes les phases d'élaboration d'un produit sur différents indicateurs (Wognum *et al.*, 2011). Elle est utilisée dans cette étude afin de déterminer l'impact environnemental potentiel du jambon produit de manière conventionnelle et produit par des technologies innovantes.

### I. OBJECTIF DE L'ETUDE

Cette étude a pour but d'évaluer et de comparer l'impact environnemental du cycle de vie du jambon cuit traité au moyen de nouvelles technologies et de le comparer avec le jambon cuit conventionnel. Une ACV a été utilisée pour estimer l'effet sur l'environnement du procédé hautes pressions ainsi que de la biopréservation comme étapes supplémentaires de la transformation de produits carnés depuis la production de matières premières jusqu'à la mise en marché des produits auprès du consommateur. Pour mettre en œuvre l'approche ACV, il s'agit d'identifier et de quantifier l'énergie et les flux de matières compris dans plusieurs scénarios de fabrication de jambon comparés. Les scénarios

suivants sont considérés : fabrication conventionnelle et réduction de nitrites avec traitement hautes pressions (600 MPa, 3 min) et biopréservation à l'aide de bactéries lactiques. Les données utilisées pour le modèle sont obtenues sur la base de l'unité fonctionnelle production et consommation d'un kg de jambon cuit tranché conventionnel emballé. Les données primaires sont obtenues et/ou fournies par les partenaires du projet BLacHP, pour les spécifications et modalités des procédés de référence comme les procédés innovants. Elles sont complétées grâce aux bases de données et à la bibliographie disponibles pour le parcours technologique de référence.

### II. DEFINITION DU PERIMETRE DE L'ETUDE

Le produit modèle choisi est le jambon tranché cuit supérieur conventionnel. Les quatre étapes majeures prises en compte sont : la production de matière première, la fabrication du jambon cuit, la distribution et la phase de consommation. Les étapes modifiées par les nouvelles technologies étudiées dans le projet BLacHP sont incluses. La Figure 1 détaille les frontières du système et les étapes comprises dans l'étude.

La biopréservation intervient juste après l'étape de cuisson. Le traitement hautes pressions se situe dans le système de production entre le conditionnement et le stockage. La viande de porc, l'eau, les sels, les arômes et conservateurs sont les ingrédients principaux entrant dans la fabrication du jambon. Pour l'étude, un élevage de porc

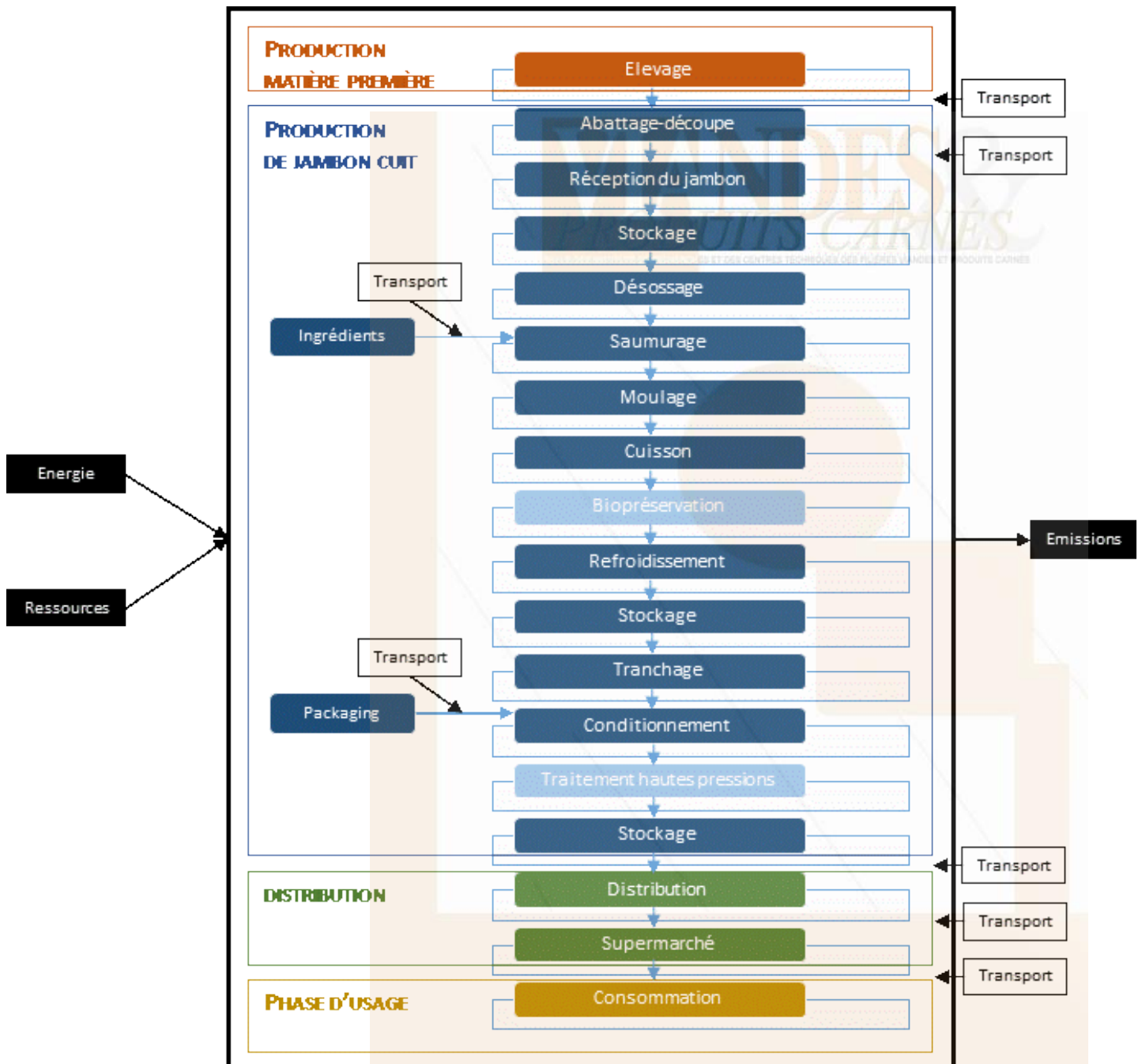
classique disponible dans la base de données AgriBALYSE a été considéré car c'est le modèle prédominant en France et en Europe (version 2.0, 2015). Le système prend également en compte la production, le transport (allers/retours, norme européenne d'émission EURO 4), le traitement des déchets et les scénarios de fin de vie des emballages. Le nettoyage des différents sites de production et distribution est intégré à l'étude, mais pas la production des équipements. L'étape de consommation couvre le transport des produits du supermarché vers le foyer du consommateur (urbain), le stockage des produits dans le réfrigérateur d'étiquette énergétique de type A (7 jours) ainsi qu'un gaspillage de 3,15% du produit (Garrot *et al.*, 2014).

### III. ANALYSE DU CYCLE DE VIE DU JAMBON CUIT EMBALLE

L'ACV est une méthode d'évaluation normalisée (ISO 14040 et ISO 14044) permettant de réaliser un bilan environnemental multicritère et global d'un système (produit, service, entreprise ou procédé) sur l'ensemble de son cycle de vie. Elle évite les transferts de pollution d'une étape à une autre du cycle de vie mais également d'une catégorie d'impact à une autre.

Comme le montre la Figure 2, la mise en œuvre de l'ACV s'appuie sur 4 étapes pour l'ensemble du cycle de vie du produit : la définition de l'objectif et du champ de l'étude, l'analyse de l'inventaire, l'évaluation de l'impact et l'interprétation.

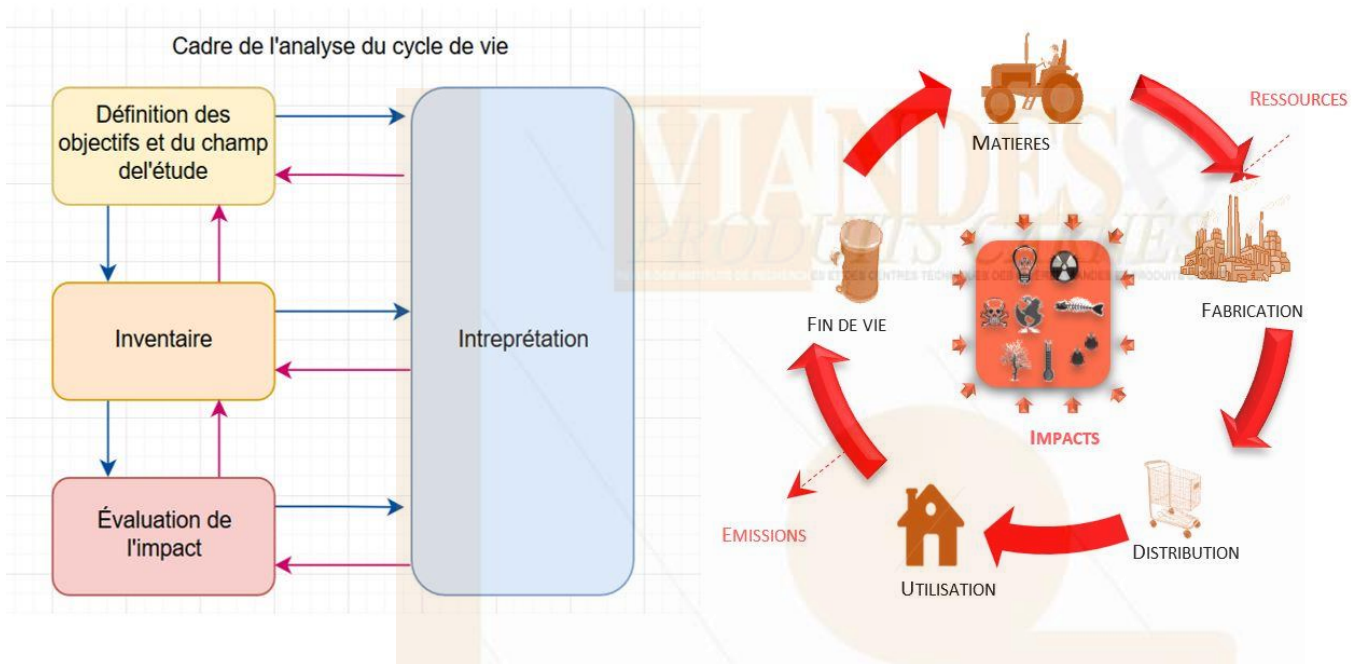
**Figure 1. Limites du système cycle de vie du jambon cuit**



L'inventaire recense les flux de matières et d'énergie dans les limites des frontières du système. Le logiciel SimaPro 8.0.2 (Pré consultants, Amersfoort, Pays-Bas) est utilisé pour modéliser le cycle de vie du jambon cuit. La méthode ReCiPe (version 1.9) a été sélectionnée pour évaluer les catégories d'impact suivantes : changement climatique, acidification, eutrophisation, épuisement de l'eau et épuisement des ressources abiotiques. La demande cumulative d'énergie renouvelable et non renouvelable est déterminée par la

méthode « Cumulative energy demand » version 1.08. Après l'application des facteurs de caractérisation, des indicateurs d'impact environnementaux parmi les plus utilisés selon Tukker et Jansen (2006) sont estimés et présentés pour chaque scénario. Le scénario de référence (1) correspond au jambon cuit tranché conventionnel consommé en France. Le scénario 2 représente le jambon cuit tranché traité par hautes pressions et par biopréservation consommé en France.

**Figure 2. Méthodologie de l'ACV.**

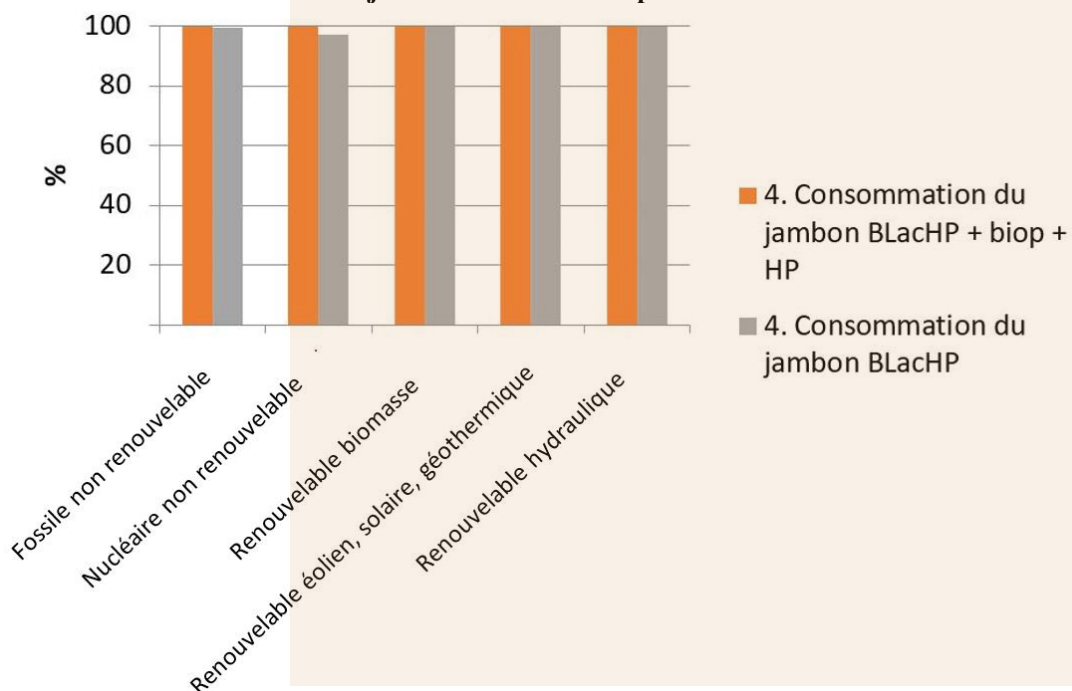


#### IV. DEMANDE ENERGETIQUE CUMULEE

Cette catégorie d'impact représente toutes les sources d'énergie non renouvelable (énergie nucléaire, pétrole, charbon, gaz naturel, ...) potentiellement utilisées dans l'ensemble du cycle de vie de l'aliment. La consommation totale d'énergie primaire pour produire 1 kg de jambon est d'environ 175 MJ pour un produit conventionnel, environ 177 MJ pour un jambon avec un double traitement hautes pressions et biopréservation. Pour cet indicateur, les traitements innovants visant à réduire la quantité de nitrites nécessaires à la préservation du jambon, représentent environ 1% d'impact en plus ramené à l'unité fonctionnelle de

produit. Dans tous les cas, environ 35% de cette énergie non renouvelable est issue d'énergies fossiles. 23 à 24% de cette énergie est issue de l'industrie nucléaire, ce qui semble logique au vu de la composition du mix énergétique français. La biomasse comme énergie renouvelable représente autour de 40% pour les deux scénarios. La Figure 3 met en évidence la comparaison de la consommation d'énergie en MJ pour la production et la consommation d'un jambon conventionnel et pour la production d'un jambon avec double traitement hautes pressions et biopréservation.

**Figure 3. Comparaison de la Demande énergétique cumulée pour un jambon conventionnel et un jambon avec HPP + biopréservation**





Après l'étape de l'élevage, la production d'un jambon cuit conventionnel implique la consommation de 1,27 kWh d'électricité et de 0,31 kWh de gaz naturel par kilo de produit. Pour le jambon avec biopréservation, l'énergie requise pour la production du ferment (estimation à 25 ppm de ferment

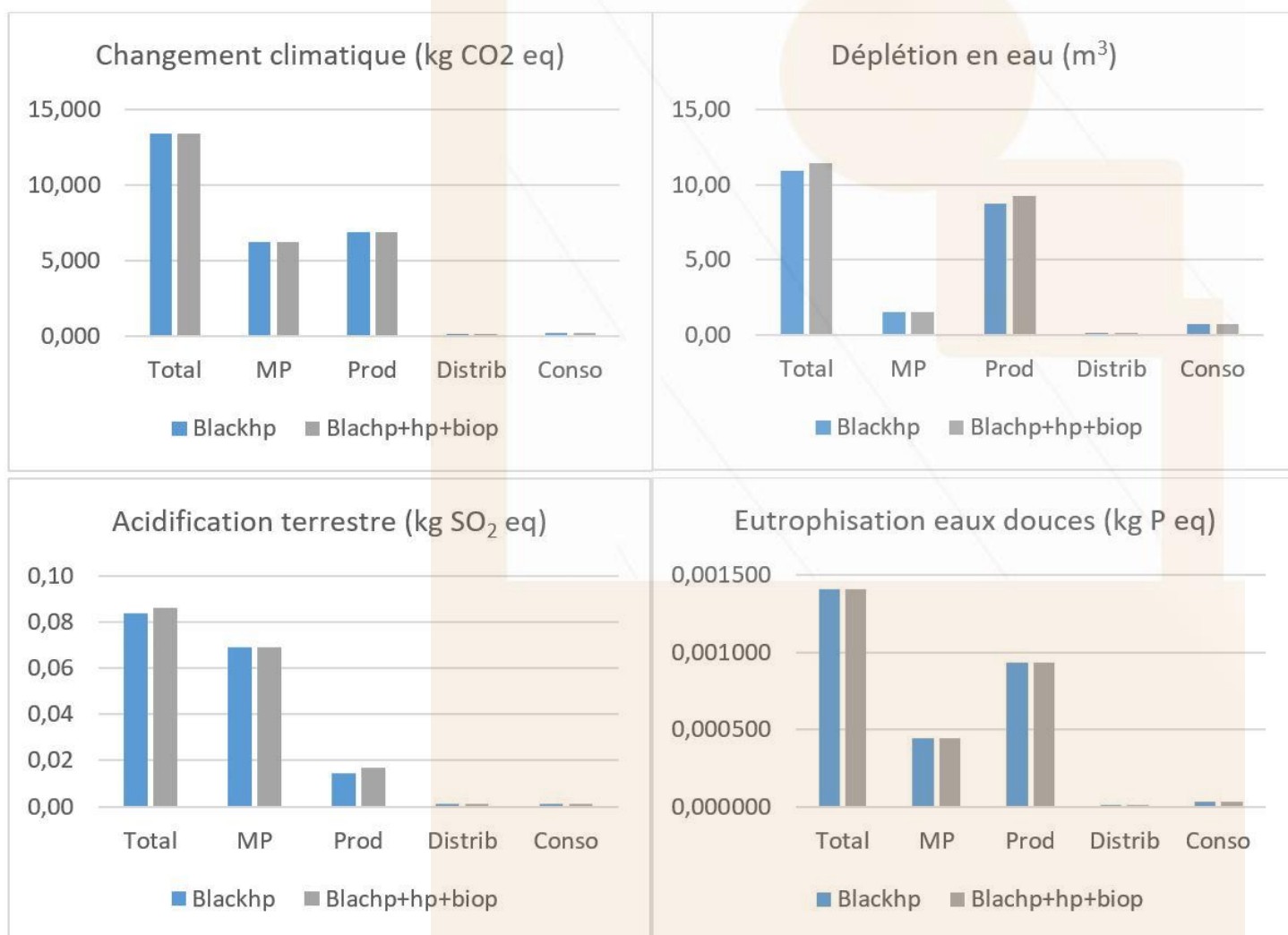
pour la préservation d'un kg de jambon) doit être ajoutée. Elle représente de 0,003 kWh d'électricité et 0,006 kWh de gaz naturel par kilo de produit étudié. Pour cette étude, l'éclairage des installations, la ventilation, le chauffage des locaux, etc. ; n'ont pas été pris en compte.

## V. INDICATEURS ENVIRONNEMENTAUX

La Figure 4 montre les résultats de la caractérisation de 4 indicateurs environnementaux (changement climatique, déplétion des ressources métalliques, déplétion d'eau, acidification terrestre, eutrophisation des eaux douces et marines) des pour les différents scénarios envisagés. Le

scénario Blackhp correspond au jambon conventionnel (1) et Blackhp+hp+biop au jambon traité par hautes pressions et par biopréservation (2).

**Figure 4. Contributions potentielles du cycle de vie du jambon à 4 indicateurs environnementaux**



Total : Indicateur total additionnant la contribution des matières premières (MP), de la production (Prod), de la distribution (Distrib) et de la consommation (Conso)

### V.1. Changement climatique

Le potentiel total de contribution au réchauffement planétaire est d'environ 13,4 kg d'équivalent CO<sub>2</sub> par kg de produit pour tous les jambons. L'impact des hautes pressions et de la biopréservation comme étape supplémentaire du cycle de vie du jambon est négligeable. Ils représentent chacun une contribution de 0,1 % au cycle de vie du jambon cuit. Les émissions associées au traitement (600 MPa, 3 min) sont de 9 g CO<sub>2</sub>.kg<sup>-1</sup> de jambon. D'après Pardo et Zufia (2012), la

contribution des hautes pressions est de 84,5 g CO<sub>2</sub>.kg<sup>-1</sup> de plat préparé (550 MPa, 8 min). L'écart constaté peut être expliqué en partie par la prédominance d'énergie nucléaire dans le mix énergétique français, car elle réduit les émissions de gaz à effet de serre dues à la consommation énergétique. Sur cet indicateur de réchauffement climatique, les étapes de distribution et la consommation sont négligeables pour les deux scénarios. La production des matières premières représente 46% de l'impact potentiel sur le réchauffement climatique ; et la transformation représente quant à elle 51% pour les deux scénarios.

## V.2. Déplétion en eau

Le jambon conventionnel (scénario 1) représente un besoin de 10,96 m<sup>3</sup> d'eau. La production de matière première utilise 14% de cet indicateur (1,50 m<sup>3</sup>.kg<sup>-1</sup> de produit consommé). Les étapes de post-sevrage et d'engraissement des porcs sont responsables de ce chiffre. L'étape de production de jambon cuit contribue pour 80% (8,71 à 9,22 m<sup>3</sup>.kg<sup>-1</sup> de produit consommé) à cette catégorie d'impact, dont 0,72 m<sup>3</sup> pour l'opération d'abattage-découpe. La distribution et l'étape d'utilisation représentent respectivement 0,14% et de 6,36 à 6,64% de l'impact potentiel. Le jambon cuit traité par hautes pressions (scénario 2) représente un impact similaire à celui du jambon conventionnel. Le procédé hautes pressions implique un besoin additionnel de 0,285 m<sup>3</sup> d'eau par kg de jambon cuit. Le procédé de biopréservation implique un besoin additionnel de 0,003 m<sup>3</sup> d'eau par kg de jambon cuit.

## V.3. Dégradation des milieux terrestres et aquatiques

Ces indicateurs sont représentés dans la Figure 4 par l'acidification terrestre et l'eutrophisation des eaux douces. L'indicateur d'acidification représente l'augmentation de la concentration des substances acidifiantes (polluants atmosphériques) provoquant le dépérissement des arbres, exprimé en g de dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>) équivalent. La production de matière première est l'étape la plus

contributrice dans tous les scénarios, représentant de 79,89% (scénarios 2 et 3) à 82,10% (scénario 1) de l'impact potentiel à cause des émissions ayant lieu lors de l'élevage de porcs. L'étape de production de jambon cuit contribue de 17,31 (scénario 1) à 19,57% (scénario 3) à cet indicateur. Les étapes de distribution et de consommation ont un effet nul sur l'acidification terrestre. La contribution du traitement hautes pressions est négligeable, de même que celle de la biopréservation car elles ne représentent une majoration de l'impact que de 2%.

Les indicateurs d'eutrophisation (eaux douces et marines), reflètent la quantité de nutriments libérés dans l'environnement favorisant la prolifération de certaines espèces et qui provoque la perturbation des écosystèmes. La production de matière première contribue entre 31,3% et 31,4% à cet indicateur selon les scénarios pour l'eau douce et entre 95,39% et 95,89% à cet indicateur pour l'eau marine. La transformation est le premier poste contributeur pour l'eau douce, et le second poste pour l'eau marine. Le traitement hautes pressions contribue à cet impact à hauteur de 8,65.10<sup>-8</sup> kg P eq.kg<sup>-1</sup> de produit pour les eaux douces et 3,73.10<sup>-7</sup> kg S eq.kg<sup>-1</sup> de produit pour les eaux marines. Son impact potentiel est donc négligeable au regard des résultats de l'ensemble du cycle de vie. De même, le traitement de biopréservation contribue à cet impact à hauteur de 1,91.10<sup>-6</sup> kg P eq.kg<sup>-1</sup> de produit pour les eaux douces et kg S eq.kg<sup>-1</sup> de produit pour les eaux marines. Son impact potentiel est également négligeable.

## CONCLUSION

L'étude montre que l'introduction d'une combinaison telle que hautes pressions plus biopréservation dans le cycle de vie du jambon cuit n'a pas d'impact environnemental additionnel significatif. Dans tous les scénarios évalués, l'étape de production de matière première est la principale source d'impacts potentiels au regard des catégories étudiées. Ces résultats sont conformes aux études antérieures de la littérature démontrant l'intérêt potentiel du jambon traité par

hautes pressions (Duranton *et al.*, 2012; Myers *et al.*, 2013a; 2013b). La production des aliments pour l'élevage de porc est notamment responsable des émissions. Toutefois, l'étape de production de jambon cuit influence également de manière indirecte car le rendement technologique au cours de la fabrication du jambon cuit supérieur définit la contribution de la première étape.

## Références :

- Duranton F., Guillou S., Simonin H., Chéret R., de Lamballerie M. (2012). Combined use of high pressure and salt or sodium nitrite to control the growth of endogenous microflora in raw pork meat. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 16, 373–380.
- Garrot G., Ministère de l'agriculture et de l'alimentation. (2014). LUTTE CONTRE LE GASPILLAGE ALIMENTAIRE : PROPOSITIONS POUR UNE POLITIQUE PUBLIQUE. Page consultée le 13 juin 2018. [En ligne] <http://agriculture.gouv.fr/file/rapport-gaspillage-alimentairecle0ea927pdf>.
- Myers K., Cannon J., Montoya D., Dickson J., Lonergan S. (2013). Effects of high hydrostatic pressure and varying concentrations of sodium nitrite from traditional and vegetable-based sources on the growth of *Listeria*. *Meat Science*, 94, 69–76.
- Myers K., Montoya D., Cannon J., Dickson J., Sebranek J. (2013). The effect of high hydrostatic pressure, sodium nitrite and salt concentration on the growth of *Listeria monocytogenes* on RTE ham and turkey. *Meat Science*, 93, 263–268.
- Pardo G., Zufía J. (2012). Life cycle assessment of food-preservation technologies. *Journal of Cleaner Production* 28, 198–207.
- Steinfeld H., Gerber P., Wassenaar T. D., Caste, V., Rosales M., Rosales M., de Haan, C. (2006). Livestock's long shadow: environmental issues and options. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). <http://www.fao.org/3/a0701e/a0701e00.htm>
- Tukker A., Huppes G., Guinée J., Heijungs R., de Koning A., van Oers L., Suh S., Geerken T., van Holderbeke M., Jansen B., Nielsen P. (2006). Environmental impact of products (EIPRO). Analysis of the Life Cycle Environmental Impacts Related to the Final Consumption of the EU-25. Ispra.
- Tukker A., Jansen B. (2006). Environmental impacts of products: A detailed review of studies. *Journal of Industrial Ecology*, 10, 159–182.

Wognum P.M.N., Bremmers H., Trienekens J.H., van der Vorst J. G.A.J., Bloemhof, J.M. (2011). Systems for sustainability and transparency of food supply chains–Current status and challenges. *Advanced Engineering Informatics*, 25, 65–76.