

Année 2016



**ICEDD  
ASBL**

**Rapport de l'étude de FEVIA pour la réalisation d'une  
Roadmap sectorielle 2050**



**Mission réalisée dans le cadre des Accords de Branche de Deuxième  
Génération pour FEVIA**

**ACCORDS DE BRANCHE DE 2ÈME GÉNÉRATION**

**RAPPORT CONFIDENTIEL**

Stéphanie MARCHANDISE  
+32 (0)81 25 04 80  
sm@icedd.be

## Table des matières

1. Introduction .....	2
1.1 Rappel du cadre .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.2 Objectifs d'une roadmap .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.3 Contenu du rapport .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.4 Méthodologie appliquée.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2. Scénarios.....	3
3. Mesures .....	7
3.1 Mesures classiques d'efficacité énergétique .....	8
3.2 Mesures innovantes d'efficacité énergétique .....	28
5. Trajectoires.....	41
6. Conclusion .....	58

# 1. Introduction

## 1.1 Rappel du cadre

Dans le cadre des accords de branche de deuxième génération, les fédérations professionnelles représentatives de l'industrie wallonne se sont engagées à réaliser une étude visant à établir s'il est pertinent ou non de réaliser une « Roadmap » sectorielle 2050.

En 2014, FEVIA a réalisé cette étude de pertinence qui a identifié l'intérêt de la réalisation d'une roadmap 2050 au niveau wallon.

## 1.2 Objectifs d'une roadmap

Une roadmap est une étude qualitative élaborant une réflexion sur le devenir du secteur concerné dans la perspective d'une société bas-carbone à l'horizon 2050 (c'est-à-dire une société se caractérisant par une réduction de l'ordre de 80 à 95% des émissions de gaz à effet de serre – GES – par rapport à 1990).

En d'autres termes, une roadmap doit représenter des chemins à parcourir et des étapes à franchir pour pouvoir anticiper les évolutions des technologies, des marchés et des exigences réglementaires afin d'être prêt à adapter les procédés de fabrication des entreprises et à concevoir des produits/services ayant des performances supérieures à ceux d'aujourd'hui mais jugées atteignables par le secteur.

## 1.3 Contenu de la Roadmap

Afin de répondre aux exigences de la note méthodologique des accords de branche de deuxième génération de l'industrie wallonne – Rév 2 / Janvier 2016, le contenu de la roadmap sectorielle 2050 doit inclure les points suivants (extrait du point 6.3.2. de la note méthodologique) :

- ✓ Répondre aux questions identifiées dans l'étude de pertinence en utilisant les données requises ;
- ✓ Construire le rapport de la roadmap ;
- ✓ Soumettre le rapport de la roadmap à une lecture critique par des experts et par le secteur ;
- ✓ Communiquer les résultats de la roadmap au Comité Directeur. Lors de ce Comité Directeur, une réflexion sera menée sur la communication de cette roadmap vers l'extérieur (autorités, public, ...) ;
- ✓ Dans le cadre de l'évaluation approfondie en fin de période des accords de branche en 2020, faire une relecture du rapport de la roadmap et le cas échéant en actualiser le contenu et les conclusions.

## 1.4 Méthodologie appliquée.

Cette roadmap se base sur une revue de la littérature et des études préalablement menées, les résultats des audits accords de branche et l'expertise du secteur pour mettre en avant l'évolution attendue de l'industrie agro-alimentaire, ainsi que la réduction des émissions de CO<sub>2</sub>

Plutôt que de répondre point par point aux questions de l'étude de pertinence (toutes reprises en annexes), nous avons souhaité que ce document constitue une synthèse détaillée qui établit un état des lieux, la vision d'avenir du secteur et les besoins qui en découlent.

Ce rapport comprend les parties suivantes :

- ✓ Les scénarios retenus ;
- ✓ Les mesures retenues ;
- ✓ Les trajectoires envisageables ;
- ✓ Une conclusion.

Notons également qu'un point important concernant la méthodologie suivie pour cette Roadmap consiste en le fait qu'elle ne « descend » pas dans le détail des différents sous-secteurs. Cette Roadmap reste bien une étude menée au niveau « sectoriel » et considère de ce fait que la représentativité des différents sous-secteurs reste telle qu'aujourd'hui dans le futur.

## 2. Scénarios

L'objectif des scénarios est d'évaluer les émissions de CO<sub>2</sub> résultant de l'activité industrielle des entreprises de l'agro-alimentaire en Wallonie en 2005 et en 2050.

La construction des scénarios doit se baser sur une série de « macro drivers ». Ceux-ci sont définies comme étant des variables dont les trends ne sont pas (à quelques exceptions près) influençables directement par les individus (entreprises, consommateurs, politiques, etc.) et influencent directement le niveau d'activité du secteur en 2050 et donc le niveau de décarbonisation à atteindre (et aussi les moyens d'y arriver indirectement).

Une analyse de la littérature a été menée dans le cadre de cette Roadmap pour l'identification et la quantification de ces macro-drivers. Cette revue de la littérature a permis d'analyser les différents scénarios déjà construits dans le cadre de secteur industriel agro-alimentaire. Cette revue de la littérature se trouve, pour information, en Annexe 1.

Les macro drivers ont été sélectionnées et peuvent se regrouper sous plusieurs dimensions.

Les 3 premiers macro-drivers qui sont considérés jouent un rôle important du côté de la demande ;

- la démographie ;
- l'économie ;
- les préférences du consommateur.

Les 2 suivants impactent l'offre du marché ;

- la disponibilité des inputs ;
- la technologie

Enfin, l'on prendra également en considération le macro-driver lié à la gouvernance, et qui impacte tant la demande que l'offre.

De la tendance de ces macro-drivers pourra être dérivée une tendance générale du secteur à l'horizon 2050.

#### **a) la démographie**

D'après les perspectives démographiques, la population devrait croître en moyenne de 0,37% par année. Si l'on se réfère à la structure de cette population en termes d'âge, on s'attend notamment à un léger vieillissement.

D'après les perspectives démographiques mondiales, on s'attend à une augmentation soutenue de la population dans les BRICs ainsi qu'une croissance du phénomène d'urbanisation, qui, tous deux, contribueront à renforcer la demande de biens alimentaires au niveau globale.

#### **b) l'économie**

La demande interne peut être caractérisée à partir des tendances du PIB (Produit Intérieur Brut).

Pour réaliser l'évaluation des impacts économiques sur la demande interne en biens alimentaire, une projection de l'économie belge est à considérer pour la période 2005-2050.

Entre 2005 et 2030, le PIB devrait croître sur un rythme de 1,5%/an. Ensuite, entre 2030 et 2050, cette croissance devrait être légèrement supérieure, soit de 1,7%/an. On supposera dès lors que demande interne suivre la même croissance que cette tendance prédictive.

Au niveau de la demande externe, étant donné la difficulté de prédire son évolution, l'on se basera sur deux scénarios<sup>1</sup> :

- Le premier consiste à considérer une demande externe « haute » ; c'est-à-dire que l'on se place dans des conditions de marché global sans restrictions au commerce, et donc en croissance. Dans un tel contexte, l'industrie belge devrait pouvoir gagner des parts de marché, ce qui permettrait dès lors de considérer une évolution du taux de croissance à 0,3%/an par rapport à la « normale ».
- Le second scénario, à l'inverse du premier, considère une demande externe « basse » ; c'est-à-dire qu'on se place dans un contexte où l'on observe de plus en plus de restrictions au commerce, qu'on s'attend à une population qui croît plus légèrement à ce qui avait été prévu, ou encore que la richesse des pays soit stagnante. Dans un tel scénario, l'industrie belge peinerait à garder ses parts du marché et on considère dès lors une réduction de 0,3%/an par rapport à la « normale ».

#### **c) Gouvernance**

La gouvernance est un macro-driver qu'il importe de considérer. Par exemple, la politique vis-à-vis du climat pourrait indirectement impacter l'évolution du secteur agro-alimentaire. Néanmoins, dans le

---

<sup>1</sup> WSP Parsons Brinckerhoff, and DNV GL. 2015. "Industrial Decarbonisation & Energy Efficiency Roadmaps to 2050 – Food and Drink - Appendices.")

cadre de cette roadmap, nous faisons l'hypothèse que malgré les objectifs plus ou moins contraignants en termes d'émissions de CO<sub>2</sub>, cela ne devrait pas être mesure d'impacter la compétitivité de l'industrie belge.

Un autre point qui pourrait également porter à conséquence sur l'évolution du secteur serait la mise en place de réglementations plus restrictives notamment en termes de healthy foods, ce qui pourrait conduire à une réduction de la demande pour certains biens (on cite par exemple les boissons sucrées). Néanmoins ces réglementations pourraient, dans un même temps, pousser la demande à la hausse pour d'autres biens de consommation du type « sain ». Ainsi, dans le cadre de cette roadmap, l'on considèrera un impact globalement neutre de la gouvernance sur la croissance du secteur. Cette hypothèse n'exclut pour autant pas une éventuelle modification de la composition du secteur.

#### **d) Technologie**

La technologie est également un macro-driver qui pourrait impacter le secteur, mais que l'on considère à nouveau neutre dans le cadre de cette roadmap. Ainsi, l'hypothèse avancée est qu'aucune innovation (process, produits, ...) d'ici à 2050 ne serait en mesure d'impacter l'offre du marché. Autrement dit, les innovations qui pourraient être mises en place améliorant la notion d'efficacité énergétique/rejets CO<sub>2</sub> (voir chapitre Mesure) sont jugées neutres en termes de compétitivité.

#### **e) Préférences du consommateur**

Les préférences du consommateur sont essentielles à prendre en considération étant donné qu'elle pourrait évoluer soit vers des produits à plus haute valeur ajoutée, soit vers des produits de niche, ou encore des produits plus respectueux de l'environnement. Ainsi, ces tendances pourraient influencer la structure de la demande.

Dans le cadre de cette roadmap, l'on se basera sur 2 scénarios ;

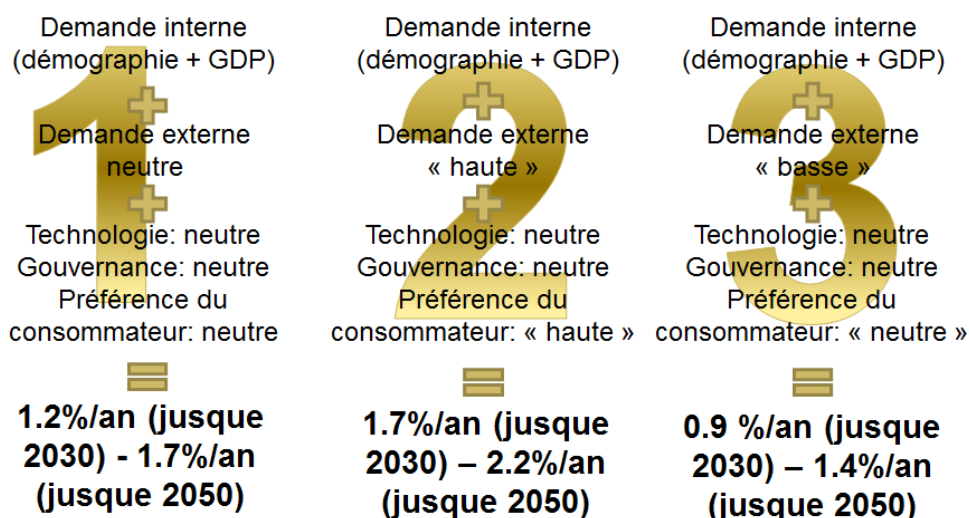
- Le premier considère une évolution à la « hausse », ce qui signifie que l'industrie belge serait en mesure de capter ce changement. Ainsi l'on considèrera un « moteur » de croissance de +0,2%/an par rapport à la « normale ».
- Le second considère une situation « neutre » c'est-à-dire qu'aucun changement n'aurait lieu, ou du moins, pas en mesure d'impacter de manière significative l'évolution du secteur. Ce scénario n'exclut néanmoins pas les modifications de préférence, mais qui dans ce cas impacterait la composition du secteur.

### **Construction des scénarios (synthèse)**

Basant la construction des scénarios sur les hypothèses relatives aux différents macro-drivers définis ci-dessus, plusieurs scénarios peuvent être construits tout en s'assurant de la cohérence du récit. En effet, les macro-drivers ne sont pas tous indépendants les uns des autres, mais il importe de définir les tendances de manière cohérentes entre les différentes variables.

Sur base de la littérature, les tendances peuvent être estimées de manière quantitative. De là découlera la tendance global du secteur en termes d'émissions CO<sub>2</sub> vers 2050.

Dans le cadre de cette roadmap, 3 scénarios seront étudiés et peuvent être résumés comme suit :



Afin de quantifier en tonnes d'émissions CO<sub>2</sub> l'objectif à atteindre par le secteur en 2050, l'on se basera en grande partie sur les données de consommations et d'émissions venant des Accords de Branche.

Les consommations d'énergie primaire et émissions CO<sub>2</sub> à l'année de référence (2005) sont celles-ci :

Données de consommations et d'émissions		
Consommation année de référence (2005)	16.859.186	GJp
Emissions année de référence	986.894	tonnes de CO <sub>2</sub>

Pour la suite de cette roadmap, on partira sur l'hypothèse que les entreprises AdB comptent pour globalement 80% de la consommation totale du secteur agro-alimentaire. Afin de s'en persuader, et de donner une valeur précise face à cette répartition, l'on se base sur les chiffres ressortissant des bilans énergétique pour l'industrie en 2014. Cette année-là, les entreprises AdB ont consommées 18.789.313 GJp, contre 23.039.193 GJp pour la totalité du secteur ; ce qui confirme l'hypothèse avancée des 80% des consommations issues des entreprises AdB.

À partir de ces chiffres, il est à présent possible d'approximer les émissions de CO<sub>2</sub> du secteur alimentaire totale sur l'année de référence (2005) :

$$986.894 * (23.039.193 / 18.789.313) = 1.210.116 \text{ Tonnes de CO}_2$$

Si l'on confronte ce résultat aux 3 scénarios présentés précédemment, alors on s'attend à atteindre les niveaux d'émissions suivants en 2050 :

Choix du scénario *	Scénario I	
	Émissions de CO2 des entreprises AdB (Tonnes de CO2)	Émissions de CO2 du secteur alimentaire total (Tonnes de CO2)
2005	986.894	1.210.116
2050	1.872.159	2.295.616

Choix du scénario *	Scénario II	
	Émissions de CO2 des entreprises AdB (Tonnes de CO2)	Émissions de CO2 du secteur alimentaire total (Tonnes de CO2)
2005	986.894	1.210.116
2050	2.335.835	2.864.168

Choix du scénario *	Scénario III	
	Émissions de CO2 des entreprises AdB (Tonnes de CO2)	Émissions de CO2 du secteur alimentaire total (Tonnes de CO2)
2005	986.894	1.210.116
2050	1.638.534	2.009.148

### 3. Mesures

Ce chapitre vise à mettre en évidence les différentes mesures existantes, qu'il est envisageable d'activer en vue d'assurer les objectifs de réduction CO<sub>2</sub> d'ici à 2050. Il est évident que la mise en place de chacune de ces mesures influencera plus ou moins fortement la trajectoire du secteur. Cette étude a dès lors pour intérêt de quantifier l'impact de l'activation de chacune des mesures ; pour ainsi déterminer ses répercussions vis-à-vis de l'objectif bas-carbone. Pour ce faire, on se basera sur les données issues de la littérature et des Accords de Branches.

Les mesures d'amélioration peuvent être classifiées en deux grandes classes que l'on détaillera plus largement dans la suite de ce document :

- Les mesures classiques d'efficacité énergétique ;
- Les mesures innovantes d'efficacité énergétique.



### 3.1 Mesures classiques d'efficacité énergétique

Les mesures classiques d'efficacité énergétique (mesures URE) concernent l'ensemble des mesures d'amélioration sur des technologies existantes, et largement déployés dans le domaine industriel. Les mesures d'amélioration mises en évidence dans cette roadmap proviennent des mesures identifiées lors des audits AdB. Ainsi, la collecte de ces données nous permet d'identifier les gains CO<sub>2</sub> résultant de la mise en place de la mesure. Il ne serait pas ailleurs pas correct d'en tirer la conclusion qu'il s'agirait là du potentiel de gains CO<sub>2</sub> pour la globalité du secteur. En effet, il existe probablement encore du potentiel non identifié lors des audits. Autrement dit, lorsqu'une piste d'amélioration a été mise en évidence, celle-ci pourrait tout aussi bien s'appliquer à d'autres entreprises, sans pour autant qu'elle ait été mise en avant au moment de l'audit.

À des fins d'évaluation du potentiel de gains CO<sub>2</sub> appliqué à l'échelle globale du secteur, la méthodologie appréhendée dans cette roadmap est de comptabiliser le nombre d'entreprise concernée par ladite mesure d'amélioration, et celles qui l'ont déjà réalisés. Partant du nombre total d'entreprises AdB, il est dès lors possible de déterminer par soustraction là où cette mesure n'a pas encore été envisagée, et donc quantifier le nombre d'entreprises dans lesquelles la mesure est encore applicable. Rappelons également que les 116 entreprises AdB comptent pour 80% des consommations du secteur. Ainsi, au potentiel d'économie CO<sub>2</sub> évalué pour les entreprises AdB est pris en compte les gains CO<sub>2</sub> potentiellement applicables aux autres entreprises du secteur.

Les mesures spécifiques d'améliorations relatives aux « process » et aux énergies renouvelables ne seront par ailleurs pas prises en compte de la même manière pour obtenir le potentiel approximatif de gain CO<sub>2</sub> du secteur. En effet, pour ce qui est des améliorations « process », on remarquera que la plupart de ces équipements sont généralement spécifique à l'entreprise, et les améliorations identifiées sur ces processus ne sont dès lors applicables qu'à une minorité d'autres entreprises. Concernant les énergies renouvelables, la rentabilité de ces équipements sont propres aux conditions de travail de l'entreprise, et dépendent parfois aussi de paramètres sur lesquels ils n'ont pas toujours la main tels que leur emplacement, leur exposition au soleil, au vent, etc. Pour les trajectoires étudiées par la suite, on posera donc l'hypothèse que 50% des entreprises sont dans des conditions favorables à la mise en œuvre de ces mesures d'amélioration.

En définitive, cette approche permettra de fournir une indication sur le potentiel maximal existant pour le secteur, mais en principe, malgré les hypothèses prises en compte, ne sera jamais atteint à son maximum étant donné qu'une piste d'amélioration réalisable chez l'un ne l'est pas forcément chez l'autre. En effet, certains projets visant à faire des économies d'énergies ne sont pas toujours rentables sur leur durée de vie, et dépend fortement de l'application en question.


Les classes de mesures d'amélioration considérées dans cette roadmap sont listées ci-dessous :

- Favoriser les contrats de fourniture d'énergie verte ;
- Introduction des énergies renouvelables sur site ;
- Optimisation de l'efficacité énergétique du système d'air comprimé ;
- Optimisation de l'isolation thermique ;
- Réduction de la consommation des installations d'éclairage ;
- Sensibilisation aux économies d'énergie ;
- Optimisation chaufferie ;
- Optimisation des installations HVAC ;

- Optimisation des moteurs électriques ;
- Mise en place d'une comptabilité énergétique (monitoring) ;
- Améliorations « process » ;
- Récupération et valorisation de chaleur « process » ;
- Optimiser l'installation frigorifique ;
- Optimiser le réseau de chaleur ;
- Optimiser les réseaux électriques industriels.

Chacune de ces mesures classiques d'efficacités énergétiques sont détaillées dans la suite de ce document. De plus, les gains escomptés sur base des audits AdB seront mis en évidence, et de là seront déduit ceux qu'on imagine applicable à l'entièreté du secteur.

La liste ci-dessous pourrait par ailleurs faire l'objet d'un Vade Mecum spécifique à transmettre aux entreprises. Aujourd'hui encore, le secteur est demandeur d'avoir des informations concrètes (Réunion plénière de juin 2016) sur ces mesures classiques, plus facilement applicables et plus transversales que les mesures innovantes.

<p><b>Favoriser les contrats de fourniture d'énergie verte</b></p>	
<p><b>Description</b></p>	
<p>L'introduction des énergies renouvelables dans un système énergétique est un incontournable en vue d'une société bas-carbone à l'horizon 2050. Cette mesure d'amélioration, visant à favoriser les contrats de fourniture d'énergie verte, se situe non pas à l'échelle du site industriel, mais plutôt à l'échelle du réseau belge. Elle n'est donc pas directement impactée par les industriels du secteur, mais dépend plutôt de la vision politique belge vis-à-vis des objectifs européens d'ici à 2050.</p>	
<p>Actuellement, la part d'énergie verte qu'un fournisseur d'énergie s'engage contractuellement à fournir aux entreprises du secteur n'est pas comptabilisé dans les tonnes de CO<sub>2</sub> émis par les entreprises. Autrement dit, que l'électricité ou le gaz acheté soit vert ou non, le facteur d'émission CO<sub>2</sub> associé à cet achat reste identique.</p>	
<p>Néanmoins, il importe pour le secteur de prendre en considération cette mesure. En effet, au sens propre du terme, lorsqu'une entreprise achète de l'énergie verte, qu'elle soit produite ou non sur site, les émissions CO<sub>2</sub> de l'énergie consommée est nettement différent qu'elle soit verte ou non. De plus, il est tout à fait possible que dans les prochaines années, cet aspect soit pris en compte dans le comptage des tonnes CO<sub>2</sub> émis par les entreprises. Nous soulignons donc l'importance de prendre en considération ce facteur, et interviendra, dans le cadre de cette roadmap, comme une mesure portant sur une trajectoire classique à plus basse probabilité, étant donné que son effet n'est pas encore pour dans l'immédiat.</p>	
<p><b>Gain escompté</b></p>	

Les gains escomptés découlent d'une analyse portée sur les bilans énergétiques industriels.

- Pour l'électricité : sachant qu'en 2014, l'achat d'électricité compte pour 16% de la part totale d'énergie finale consommée par les entreprises du secteur, alors, partant de l'hypothèse que cette répartition restera constante dans le temps, on suppose que ce pourcentage correspond au potentiel maximal de gain CO<sub>2</sub> que le secteur puisse encore atteindre. Dans quel cas, le système électrique serait complètement dépendant des EnR.
- Pour le gaz : le même exercice peut être fait en supposant dès lors que le gaz serait complètement remplacé par du biogaz. L'on parle donc bien ici d'un potentiel de gain max, mais en pratique, il faut bien être conscient du fait que ce maximum ne sera jamais atteint étant donné la disponibilité limitée en matière organique.

Pistes futures d'amélioration	Gain CO <sub>2</sub> (%)
Achat d'électricité verte	16%
Intégration du biogaz dans le réseau de distribution de gaz	40%

### Potentiels d'application

Comme indiqué précédemment, le taux d'applicabilité précisé ci-dessous a pour but d'intervenir dans le cadre d'une trajectoire classique à basse probabilité.

Étant donné les ambitions à l'échelle européenne visant à réduire les émissions de CO<sub>2</sub> de 80% d'ici à 2050, l'on peut partir du principe que les EnR interviendront sur le réseau électrique pour 80% de la production en 2050.

Pour ce qui est du biogaz, il est plus difficile d'en tirer cette même conclusion étant donné qu'elle dépend fort de la disponibilité en matière organique. De ce fait, et par prudence, nous fixons ce taux à 20%.

Pistes futures d'amélioration	Taux hypothétique d'applicabilité de la mesure
Achat d'électricité verte	80%
Intégration du biogaz dans le réseau de distribution de gaz	20%

## Introduction d'énergie renouvelable



### Description

Comme évoqué ci-avant, l'introduction d'énergie renouvelable est un incontournable en vue d'une société bas-carbone à l'horizon 2050. Cette mesure, à l'inverse de la précédente, considère que les énergies

renouvelables sont produites directement sur le site. Autrement dit, c'est l'entreprise même qui investit dans l'installation et en retire tous les bénéfices. Les 9 énergies renouvelables retenues comme faisable dans les industries du secteur agroalimentaire sont listés ci-dessous :

1. Installation d'une unité de cogénération
2. Installation d'une pompe à chaleur
3. Installation de panneaux photovoltaïque
4. Installation de panneaux solaires thermiques
5. Installation d'une éolienne
6. Installation d'une chaudière biomasse
7. Installation d'une unité géothermique
8. Installation d'une unité hydroélectrique
9. Installation d'une unité de biométhanisation

#### Gain escompté sur base des audits AdB

Pistes futures d'amélioration	Investissement	Économie sur le coût de l'énergie	Gain Énergétique (GJ <sub>p</sub> )	Gain CO <sub>2</sub> (Tonnes)
Unité de cogénération	13.642.921 €	4.474.599 €	379.261	20.156
Pompe à chaleur	1.073.900 €	150.781 €	11.823	746
Panneaux photovoltaïque	6.159.799 €	781.288 €	20.561	1.188
Panneaux solaires thermiques	3.129.242 €	62.355 €	4.973	262
Éolienne	13.750.000 €	1.865.533 €	102.141	5.936
Chaudière biomasse	13.312.000 €	1.143.590 €	63.997	14.988
Unité géothermique	8.801.357 €	942.112 €	71.103	5.035
Unité hydroélectrique	359.000 €	82.537 €	5.840	326
Unité de biométhanisation	21.676.735 €	4.012.175 €	165.356	19.355

#### Optimisation de l'efficacité énergétique du système d'air comprimé



#### Description

L'air comprimé se rencontre pratiquement sur chaque site industriel. Dans l'industrie agroalimentaire, la consommation d'électricité de ce poste représente en moyenne 5% sur la facture, mais peut évidemment varier fortement d'une entreprise à l'autre, selon le type d'activité.

Les 10 points critiques relatif aux systèmes d'air comprimé où peuvent s'appliquer des économies d'énergie sur un réseau d'air comprimés sont listés ci-dessous :

#### 1. Renouvellement du système à air comprimé

Il n'est pas rare de rencontrer des installations dont le rendement se limite à 10%-15%. Ces installations peuvent soit être optimisées comme suggérés dans les autres points abordés ci-dessous, ou encore en s'appropriant un nouveau système d'air comprimé plus performant et économe en énergie.

## **2. Optimiser la régulation du système d'air comprimé**

La régulation la plus simple d'un compresseur est un système « Marche-Arrêt ». Cette solution conviendra uniquement si le compresseur n'est pas amené à se remettre en charge plus de 15 fois par heure, sinon, le moteur risque des surchauffes. La plupart du temps donc, le compresseur en régime fonctionne en alternant des phases de marche en charge et marche à vide (en jouant sur la position des clapets à l'aspiration d'air). Dans ce cas précis, une régulation peut s'avérer intéressante car elle vise à réduire le temps de marche à vide, qui consomme tout de même une part non-négligeable d'électricité.

## **3. Optimiser la taille du réservoir tampon**

Un réservoir trop petit risque de forcer les compresseurs à se remettre en fonctionnement trop fréquemment. Un fonctionnement qui risque d'user prématurément les compresseurs, et qui en plus n'est pas des plus adéquat en terme de consommation d'énergie. Idéalement, un volume de stockage requiert une réserve d'une minute. Néanmoins, il faut retenir qu'un réservoir n'est jamais jugé trop petit.

## **4. Détection des fuites**

Établir un programme de repérage des fuites est souvent nécessaire pour éviter les consommations superflues d'électricité. En effet, il faut se rendre compte qu'un minuscule petit trou de ½ mm de diamètre provoque une fuite de 1 m<sup>3</sup>/h ; soit entre 250 à 500 € par an.

## **5. Prise d'air frais**

En règle générale, les compresseurs puisent l'air dans le local technique qui les abrite. Idéalement, l'air d'aspiration des compresseurs devrait être puisé à l'extérieur (de préférence, au nord et à l'ombre). Aspirer de l'air extérieur permet effectivement d'abaisser en moyenne sa température de 10°C et d'économiser 3,5% d'électricité. D'un point de vue pratique, il suffit parfois de placer une simple gaine flexible pour y arriver.

## **6. Réduction du niveau de pression**

Les machines pneumatiques requièrent généralement des pressions de l'ordre de 6 bars. Si la pression nominale du système est supérieure à cette valeur et que les besoins effectifs de l'entreprise n'atteignent pas ce niveau de pression alors il peut s'avérer intéressant de diminuer la pression du réseau. En règle générale, on considère qu'une diminution de la pression de 1 bar génère quelques 5% d'économie d'électricité.

## **7. Arrêt du compresseur en dehors des périodes de production**

Il est fréquent d'observer qu'une installation soit maintenue en pression même lorsque l'entreprise n'est pas en période de production (nuits, week-end, jours fériés). Le réseau ne nécessite donc pas d'être maintenue en pression durant ces périodes. En effet, vu l'existence de fuites, les compresseurs vont consommer de l'électricité tout à fait superflue. Il faut bien évidemment veiller au fait qu'aucune application ne nécessite d'être impérativement maintenue en pression. Ces interruptions peuvent être automatisées par un système de coupure régulé par horloge.

## **8. Isoler les sections non-utilisées du réseau d'air comprimé**

Dans un réseau d'air comprimé, il importe d'identifier les sections non utilisées. En effet, celles-ci sont inutilement maintenues en pression. De plus, placer des vannes d'isolement sur un réseau air comprimé

peut également servir à isoler une partie du réseau qui n'a pas besoin d'être maintenu en pression durant les périodes d'inactivités de l'entreprise.

### 9. Remplacement de l'air comprimé par un autre vecteur

Une amélioration possible en terme de consommation d'énergie consiste à faire produire l'air nécessaire aux procédés non pas par un compresseur mais par une turbine (ventilateur) ayant un débit suffisant. En effet, certains équipements de procédé pneumatiques peuvent souvent fonctionner sans forcément utiliser de l'air comprimé à 6 bars mais par de l'air à pression ambiante ou légèrement comprimé et à fort débit. Le rendement de ce dispositif n'est plus de 15 % mais plutôt de 70 à 80%.

#### Gain escompté sur base des audits AdB

Pistes futures d'amélioration	Investissement (€)	Économie sur le coût de l'énergie (€)	Gain Énergétique (GJ <sub>p</sub> )	Gain CO <sub>2</sub> (Tonnes)
Renouvellement du système d'air comprimé	255.125	79.270	7.020	396
Optimiser la régulation du système d'air comprimé	58.000	24.610	2.517	141
Optimiser la taille du réservoir tampon	24.000	11.399	1.141	64
Détection des fuites	81.700	129.178	14.519	807
Prise d'air frais	7.000	1.924	212	12
Réduction du niveau de pression	25.000	29.289	2.728	152
Arrêt du compresseur en dehors des périodes de production	4.000	5.759	504	29
Isoler les sections non-utilisées du réseau d'air comprimé	4.000	9.595	405	23
Remplacement de l'air comprimé par un autre vecteur	3.905	7.539	883	49

### Réduction de la consommation des installations d'éclairage



#### Description

L'éclairage en industrie n'est certes pas le poste de consommation électrique le plus élevé, mais n'en

représente pas pour autant un part négligeable. En effet, ce poste représente en moyenne 15% de la facture totale d'électricité. Il vaut donc la peine d'accorder une plus grande attention à la gestion de l'éclairage et d'envisager la possibilité d'assainir les anciennes installations d'éclairage.

Les mesures d'améliorations identifiées sur ce poste se répartissent en deux sous-mesures qui sont d'une part la bonne gestion de l'éclairage et d'autre part les travaux d'investissement en vue d'un changement total ou partiel du système d'éclairage vers un système plus performant.

### 1. Relighting complet ou partiel

La rénovation partielle consiste à remplacer les organes les plus énergivores d'une installation d'éclairage. En d'autres termes, cette mesure vise à remplacer les éléments peu performants tels que les lampes, ballasts, etc. sans pour autant remplacer l'intégralité de l'installation existante. Le relighting complet, certes plus onéreux, conduit généralement à une plus grande économie d'énergie. Il permet d'élargir la sélection des appareils et de réaliser des choix mieux adaptés aux besoins.

Dans ce cadre-ci, des mesures typiques d'améliorations consiste à :

- remplacer les anciennes lampes ;
- remplacer des ballasts électromagnétiques existants par des ballasts électroniques (dimmable) ;
- remplacer les optiques existantes par des optiques performantes.

Ces travaux d'investissement s'appliquent généralement aux halls de production, halls de stockage, ateliers (de production, maintenance), postes de travail ou de contrôle intégrés dans des halls de production. Il s'applique aussi aux espaces annexes aux halls et ateliers : espaces réfrigérés, douches, couloirs, escaliers, issues de secours, quais, éclairage extérieur.

### 2. Gestion de l'éclairage

Les consommations électriques d'une installation d'éclairage sont largement influencées par une bonne gestion. Les systèmes de gestions dont il est question sont cités ci-dessous :

- la gestion en fonction d'un horaire ;
- la gestion en fonction de la présence ;
- la gestion en fonction de l'apport en éclairage naturel.

#### Gain escompté sur base des audits AdB

Pistes futures d'amélioration	Investissement	Économie sur le coût de l'énergie	Gain Énergétique (GJ <sub>p</sub> )	Gain CO <sub>2</sub> (Tonnes)
<b>Relighting</b>	4.140.950 €	203.403 €	18.245	1.017
<b>Gestion de l'éclairage</b>	205.709 €	67.075 €	6.112	341

## Optimisation de l'isolation thermique



### Description

Parmi les petits gestes qui permettent de diminuer les consommations d'énergies dues au chauffage, l'isolation des tuyauteries et des réservoirs à chaud et à froid s'avère un aménagement incontournable, tant par la facilité d'exécution que par les gains rapides qui font suite à ces améliorations.

L'isolation de l'enveloppe consiste également en l'un des choix porteurs en termes d'économies d'énergie. Sans forcément devoir partir dans des investissements complets, l'amélioration partielle de l'isolation des bâtiments est souvent très bénéfique à la consommation énergétique.

Les 3 domaines sur lesquelles l'isolation peut être appliquées et permettre des économies d'énergie sont listés ci-dessous :

- 1. Isolation des tuyaux et accessoires en chaufferie**
- 2. Isolation industrielle, tuyauterie et réservoir, chaud et froid**
- 3. Isolation enveloppe**

### Gain escompté sur base des audits AdB

Pistes futures d'amélioration	Investissement	Économie sur le coût de l'énergie	Gain Énergétique (GJ <sub>p</sub> )	Gain CO <sub>2</sub> (Tonnes)
Isolation des tuyaux et accessoires en chaufferie	522.146 €	425.512 €	50.699	3.004
Isolation industrielle, tuyauterie et réservoir, chaud et froid	644.660 €	400.207 €	38.314	2.173
Isolation enveloppe	2.054.800 €	234.810 €	22.885	1.305



## Sensibilisation aux économies d'énergie



### Description

Les campagnes de sensibilisation visent à modifier le comportement des acteurs d'une entreprise afin d'optimiser les consommations d'énergie. Une installation, aussi performante soit-elle, ne permettra pas les économies attendues si elle est mal utilisée. En effet, la sensibilisation doit aller de pair avec les améliorations techniques, afin que « chacun » puisse assumer sa part du travail.

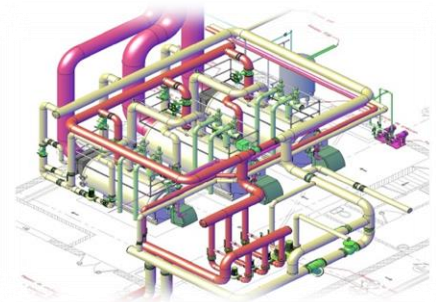
Outre les mesures techniques, les campagnes de sensibilisation permettent généralement des économies de 6% à 15% supplémentaires.

En pratique, la campagne de sensibilisation aux économies d'énergie est un travail de longue haleine qui nécessite surtout un investissement en temps et en informations considérable.

### Gain escompté sur base des audits AdB

Pistes futures d'amélioration	Investissement	Économie sur le coût de l'énergie	Gain Énergétique (GJ <sub>p</sub> )	Gain CO <sub>2</sub> (Tonnes)
Campagne de sensibilisation	€ 15.500	€ 4.506	289,00	5,40

## Optimisation chaufferie



### Description

Lorsqu'on parle d'optimisation énergétique à la chaufferie, soit l'investissement à consentir est faible, et directement remboursé par les économies, soit les équipements sont performants mais leurs qualités ne sont pas exploitées correctement (mauvais réglage). En particulier, l'optimisation d'une chaufferie peut se faire dans l'amélioration des équipements, dans le remplacement des chaudières, voire dans

l'amélioration de la régulation.

Les pistes d'améliorations proposées pour les industries du secteur agroalimentaire sont listées ci-dessous<sup>2</sup> :

### **1. Remplacement des vieilles chaudières**

Il est difficile, voire impossible de prévoir la fin de la vie d'une chaudière. Il vaut donc mieux programmer son remplacement par souci d'économie d'énergie et remplacer les vieilles chaudières par des chaudières performantes. Le remplacement des chaudières est par ailleurs l'occasion de repenser l'entièreté de l'installation de production et l'installation de régulation. Il n'est par exemple pas cohérent de remplacer une chaudière existante par une même chaudière plus moderne, en conservant le même surdimensionnement ou la même régulation sommaire.

### **2. Améliorer la performance des équipements**

Dans une optique d'optimisation énergétique à la chaufferie, il est envisageable d'améliorer la performance des équipements associés au système de production. Pour ce faire, il est par exemple possible :

- d'installer l'entrée d'air en hauteur dans la chaufferie, là où l'air est plus chaud.
- d'installer un brûleur modulant permettant d'éviter les cycles d'arrêt-redémarrage. Cette mesure permet d'améliorer le rendement d'une chaudière d'environ 2 %.

### **3. Améliorer le pilotage de l'installation**

L'amélioration du pilotage de l'installation sous-entend mettre en œuvre des pratiques telles que :

- Optimiser la combustion en ajustant la quantité d'air en excès, en fonction de la composition gazeuse des fumées (CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, CO) et du combustible utilisé. Pour ce faire, il faut installer des sondes O<sub>2</sub> (dites "lambda") dans le conduit d'évacuation des fumées, un variateur de vitesse sur le ventilateur, ainsi qu'un automate pilotant l'ensemble. Cette mesure permet de générer jusqu'à 5% d'économies d'énergie.
- Équiper les chaudières de capteurs (de pression, de température, de débit...) pour permettre le suivi et l'optimisation des performances.
- Réduire la température de sortie au minimum requis par le procédé.
- Optimiser la gestion des chaudières lorsqu'elles sont plusieurs installées en parallèle : prévoir un fonctionnement séquentiel en fonction de la demande et l'arrêt automatique des chaudières non utilisées.

### **4. Modification d'une chaufferie existante par passage au gaz**

Le fioul est parmi les carburants qui pèsent le plus lourd en termes de rejet de gaz à effet de serre. L'impact environnemental est de ce fait significatif lorsqu'on modifie le brûleur d'une chaudière

<sup>2</sup> <http://www.ademe.fr/entreprises-monde-agricole/reduire-impacts/maitriser-lenergie-atelier-production/utilites-industrielles/dossier/vapeur-chaufferie/systeme-vapeur-optimiser-production-ameliorer-distribution>

existante pour qu'elle puisse fonctionner au gaz plutôt qu'au fioul.

Coefficient d'émission de CO <sub>2</sub> par combustible		
Fioul	$C_{\text{mazout}} = 306$	[kg CO <sub>2</sub> / MWh <sub>p</sub> ]
Gaz naturel	$C_{\text{GN}} = 251$	[kg CO <sub>2</sub> / MWh <sub>p</sub> ]

Outre l'aspect environnemental, une chaudière au gaz naturel permet d'atteindre des rendements à la chaudière plus élevés.

#### Gain escompté sur base des audits AdB

Pistes futures d'amélioration	Investissement	Économie sur le coût de l'énergie	Gain Énergétique (GJ <sub>p</sub> )	Gain CO <sub>2</sub> (Tonnes)
Remplacement des vieilles chaudières	€ 2.823.425	€ 657.207	24.998,00	1.567,23
Améliorer la performance des équipements	€ 3.000	€ 1.304	148,00	8,20
Améliorer le pilotage de l'installation	€ 370.550	€ 356.133	39.736,00	2.218,30
Modification d'une chaufferie existante par passage au gaz	€ 3.875.000	€ 1.093.530	18.264,00	4.649,50

## Optimisation des installations HVAC



### Description

Comme pour les pistes d'améliorations proposées à la chaufferie, l'optimisation énergétique des installations de ventilation et de climatisation peut se faire dans l'amélioration des équipements (voire le remplacement) ou encore dans l'amélioration de la gestion de l'installation.

Ainsi, les mesures d'amélioration prises en compte pour les installations d'HVAC sont listées ci-dessous :

- **Améliorer la performance des équipements / Renouveler l'installation HVAC**

Une nouvelle installation HVAC est généralement plus performante qu'une ancienne notamment via des systèmes de régulation plus performants, mais aussi grâce à une technologie plus avancée qui permet de limiter les pertes (moteur, transmission, ventilateur). Le renouvellement d'une installation passe également par l'optimisation du circuit de distribution de l'air (pulsion et extraction) qui peut se voir

améliorer en limitant les pertes de charge du circuit.

- **Améliorer le pilotage de l'installation**

Parmi les améliorations de pilotage d'une installation HVAC, on notera que l'efficacité d'un système HVAC peut être améliorée notamment via la mise en place d'un horaire, permettant de ne faire fonctionner les installations qu'en période d'utilisation des lieux, voire mieux encore, commander l'installation via des sondes CO2, sonde hygrométrique, sonde de température, ...

- **Prévaloir les systèmes de ventilation naturels (free-cooling)**

Le free-cooling consiste à refroidir un bâtiment par ventilation en utilisant l'énergie gratuite de l'air extérieur lorsque celui-ci présente une température inférieure à la température intérieure. Cette méthode permet ainsi de faire des économies d'énergie en limitant le recours aux systèmes de ventilation/climatisation.

**Gain escompté sur base des audits AdB**

Pistes futures d'amélioration	Investissement	Économie sur le coût de l'énergie	Gain Énergétique (GJ <sub>p</sub> )	Gain CO <sub>2</sub> (Tonnes)
Améliorer la performance des équipements / Renouveler l'installation HVAC	891.395 €	73.475 €	5.464,00	305,70
Améliorer le pilotage de l'installation	907.240 €	363.502 €	32.166,00	1.906,90
Prévaloir les systèmes de ventilation naturels (free-cooling)	80.700 €	29.143 €	2.621,00	145,90

## Optimisation des moteurs électriques



### Description

Les moteurs électriques sont les équipements les plus répandus dans une industrie. On estime généralement à 70% la part d'électricité dans une industrie qui sert à actionner des moteurs électriques. Ainsi, il importe d'optimiser leur fonctionnement pour réduire l'impact énergétique de ce poste.

Les mesures d'amélioration suivantes sont à entreprendre pour réaliser des économies sur la consommation électrique d'un moteur :

#### 1) Installer un moteur à haut rendement.

Cette mesure permet de minimiser les pertes aux moteurs. En effet, les moteurs à haut rendement sont constitués d'une plus grande masse de matières actives (cuivre et tôle) de sorte à diminuer les inductions, les densités de courant, et ainsi réduire les pertes cuivre et fer. Pour ce faire, les tôles magnétiques utilisées sont à faible perte, ils sont également munis d'encoches spéciales et tant la partie mécanique que la ventilation a été révisée, ce qui réduit les échauffements et le bruit. Cet investissement permet des économies d'énergie de 2 à 4,5%.

#### 2) Optimiser la régulation du moteur :

En termes de régulation, une mesure d'optimisation consiste à rajouter un variateur de vitesse sur un moteur existant. Cette mesure est d'autant plus importante que le moteur est souvent amené à fonctionner en charge partielle. En effet, les variateurs de vitesse permettent d'économiser de l'énergie uniquement lors des phases de fonctionnement en charge partielle.

Pour les moteurs sur lesquels un variateur de vitesse ne se justifie pas, il peut par contre être intéressant d'implémenter un horaire de fonctionnement lorsque celui ne doivent pas forcément être continuellement maintenu en état de marche. En effet, il est fréquent d'observer certains moteurs électriques qui fonctionnent inutilement en continu pendant que l'usine est à l'arrêt (WE, nuit, etc...)

### Gain escompté sur base des audits AdB

Pistes futures d'amélioration	Investissement	Économie sur le coût de l'énergie	Gain Énergétique (GJ <sub>p</sub> )	Gain CO <sub>2</sub> (Tonnes)
Installer un moteur à haut rendement	€ 459.108	€ 142.132	14.570,00	792,73
Optimiser la régulation du moteur	€ 273.850	€ 118.146	11.978,00	670,21

## Mise en place d'une comptabilité énergétique (monitoring)



### Description

Un système de comptabilité énergétique met en place un suivi actif et précis des consommations énergétique pour chaque produit, service ou entité de l'entreprise. En outre, elle permet :

- de constituer un outil de décision pour la gestion énergétique ;
- de contrôler les dérives et dérapages de consommations ;
- de détecter des anomalies de fonctionnement des installations ;
- de mesurer les effets d'améliorations énergétiques apportés aux installations ;
- d'établir des ratios de consommation.

Il existe pour ce faire différents types de monitoring énergétique, adaptés aux différents besoins des industriels.

### Gain escompté sur base des audits AdB

Pistes futures d'amélioration	Investissement	Économie sur le coût de l'énergie	Gain Énergétique (GJ <sub>p</sub> )	Gain CO <sub>2</sub> (Tonnes)
Mise en place d'une comptabilité énergétique	€ 651.409	€ 194.391	18.154,00	1.023,90

## Améliorations « process »



### Description

Les améliorations au niveau des procédés industriels peuvent s'articuler autour de deux axes :

- Des améliorations sur les équipements.
- Une optimisation de la gestion des procédés.

Mais nous pouvons aussi citer les mesures suivantes :

- La séquestration du carbone : gazéification du combustible, transformation chimique (etc.) dans le cas de la précombustion ; la capture par un solvant dans le cas de la postcombustion ou encore le lavage et déshydratation des fumées dans le cas de l'oxycombustion.
- L'utilisation de combustibles « verts » (*déjà mentionné dans le descriptif relatif au renouvelable*)
- La récupération de chaleur (déjà développé dans le descriptif « Récupération de chaleur « process »)

Afin de structurer les différentes mesures celles-ci ont été déclinées selon le vecteur énergétique concerné.

#### Électricité et combustibles : Equipements

- Remplacement par des équipements plus performants et/ou moins consommateurs : stérilisation à froid, osmoseur, cuves de refonte, fours, désinfection à l'acide plutôt qu'à l'eau chaude, remplacer l'utilisation de la vapeur.
- Amélioration d'équipements existants : variateur de fréquence, redimensionnement, revamping des moteurs, automatisation des purges.
- Suppression de certains équipements (réduction du nombre de bassins STEP)
- Révision de la configuration des réseaux (de chaleur, de froid, d'air comprimé) : centralisation, mise en parallèle, etc.

#### Électricité et combustibles : Gestion

- Optimisation des paramètres : revoir les températures de consignes, diminution de pressions, mise en cascade, optimiser le débit, etc.
- Optimisation de la conduite des équipements de production : diminuer la vitesse de passage des produits, la répétition de certaines étapes de fabrication, etc.
- Mise à l'arrêt des équipements en période de non-production.

**Gain escompté sur base des audits AdB**

Pistes futures d'amélioration	Investissement	Économie sur le coût de l'énergie	Gain Énergétique (GJ <sub>p</sub> )	Gain CO <sub>2</sub> (Tonnes)
<b>Électricité : Équipements</b>	13 586 733 €	863 782 €	102 841	5794
<b>Électricité : Gestion</b>	2 870 190 €	752 105 €	77 372	4464
<b>Combustible : Équipements</b>	15 063 826 €	2 035 803 €	213 422	15934
<b>Combustible : Gestion</b>	5 930 000 €	1 627 775 €	154 170	8660

## Récupération et valorisation de chaleur « process »



### Description

La récupération et la valorisation de la chaleur issue du process en industrie constituent un potentiel intéressant de gains en termes d'efficacité énergétique et d'émission de gaz à effet de serre.

En effet, lors du fonctionnement d'un procédé de production ou de transformation, l'énergie thermique produite grâce à l'énergie apportée n'est pas utilisée dans sa totalité. Cependant, cette chaleur, couramment appelée chaleur fatale, peut être récupérée et valorisée de deux manières différentes :

- Tout d'abord pour répondre à des besoins de chaleur en interne (besoins propres à l'entreprise) ou en externe, via un réseau de chaleur. En effet, la chaleur récupérée sur un procédé peut servir à en alimenter un autre ou encore elle peut aussi constituer une source d'approvisionnement en chaleur pour un bassin d'activité industrielle, tertiaire ou résidentiel.
- Mais encore, la chaleur récupérée peut aussi être transformée en électricité.

Voici les différentes sources de récupérations identifiées dans le secteur de l'industrie agro-alimentaire :

- 1. Récupération en chaufferie : fumées.**
- 2. Récupération sur réseau de chaleur (vapeur et eau chaude) : flash, condensats.**
- 3. Récupération de chaleur au condenseur (Installation frigorifique)**
- 4. Récupération de chaleur sur compresseur**
- 5. Récupération sur process :**
  - a. Équipements : fours, sécheurs, étuves, refroidisseurs, blancheurs, etc.**
  - b. Produits, intrants et sortants : produit à refroidir, à décongeler, à réchauffer, etc.)**

Pour que ces pistes de récupérations apportent un réel gain en termes d'émissions de gaz à effet de serre, elles doivent être accompagnées d'un potentiel de valorisation. Il faut ajouter qu'il faut s'assurer de la simultanéité entre la production de chaleur fatale et la demande en chaleur.



Ci-dessous une liste non-exhaustive des valorisations en chaleur les plus couramment rencontrées :

- Production de l'eau chaude sanitaire
- Traitement thermique des produits et des intrants ou encore pour l'eau chaude process.
- Chauffage des bâtiments (déstratificateurs, rideau d'air, PAC, etc.)
- Production d'électricité : Cycle ORC
- Préchauffage de l'air comburant
- Préchauffage des équipements process (fours, sécheurs, tourailles, etc.)

**Gain escompté sur base des audits AdB**

Récupération de chaleur :	Investissement	Économie sur le coût de l'énergie	Gain Énergétique (GJ <sub>p</sub> )	Gain CO <sub>2</sub> (Tonnes)
<b>Chaufferie</b>	1.116.219 €	397.078 €	44.344	2.493
<b>Réseau de chaleur</b>	650.000 €	248.288 €	29.954	1.681
<b>Installation frigorifique</b>	1.371.105 €	248.162 €	17.886	1.337
<b>Compresseurs</b>	155.673 €	51.746 €	4.861	252
<b>Equipements et Produits process</b>	4.410.437 €	1.530.861 €	168.953	9.454

**Optimiser l'installation frigorifique**



**Description**

La machine frigorifique permet d'évacuer vers l'extérieur la chaleur excédentaire d'un milieu. Ce poste représente un cinquième des consommations d'électricité du secteur ; ce qui n'est négligeable.

Les pistes d'améliorations sont les suivantes :

**Renouveler l'installation complète**

L'objectif de cette mesure est précisément d'atteindre un COP annuel plus performant qu'avec une ancienne installation. Cette piste d'amélioration est souvent accompagnée d'un regroupement de plusieurs anciennes installations pour n'en faire qu'une seule plus performante et correctement dimensionnée de par des investissements supplémentaires en amont qui de base ont permis de diminuer

les besoins en froid de l'entreprise.

### Améliorer la performance des équipements

L'amélioration de la performance des équipements d'une installation de froid a pour but d'optimiser l'efficacité énergétique des équipements pris indépendamment sur un système frigorifique. Des mesures d'amélioration peuvent ainsi être portées sur le condenseur, le compresseur, le détendeur, ou encore l'évaporateur du circuit frigo.

### Optimiser la gestion de l'installation

La gestion d'une installation frigorifique peut être développée via des mesures d'amélioration qui vise à optimiser les paramètres (tels que revoir les températures de consignes au condenseur et à l'évaporateur, diminution de pressions, optimiser le débit, etc.), à optimiser la régulation de puissance de l'installation (régulation par variation de vitesse) ou encore minimiser les mises en marche, voire mettre à l'arrêt l'installation en période de non-production.

### Gain escompté sur base des audits AdB

Récupération de chaleur :	Investissement	Économie sur le coût de l'énergie	Gain Énergétique (GJ <sub>p</sub> )	Gain CO <sub>2</sub> (Tonnes)
<b>Renouveler l'installation complète</b>	1.023.390 €	66.918 €	6.330,00	346,20
<b>Améliorer la performance des équipements</b>	381.000 €	47.408 €	3.820,00	218,24
<b>Optimiser la gestion de l'installation</b>	246.229 €	224.918 €	19.623,00	1.097,45

### Optimiser le réseau de chaleur



#### Description

L'optimisation d'un réseau de chaleur nécessite :

- **Soit d'agir sur la gestion des réseaux de chaleur :**

Il s'agit essentiellement d'agir sur la maintenance du réseau c'est-à-dire optimiser la gestion des purges, colmater les fuites de vapeur lorsqu'elles sont identifiées, traiter régulièrement les

systèmes de tuyauteries, renforcer le programme d'inspection des purgeurs défectueux, etc. ou encore agir sur la mise à l'arrêt des réseaux de chaleur en période de non-production.

En outre, il s'agit également de revoir à la baisse la pression du réseau. En effet, s'il y a des détendeurs à l'entrée de tous les consommateurs, un réseau haute pression n'est pas nécessaire.

- **Soit d'agir sur l'optimisation des équipements des réseaux de chaleur :**

Optimiser énergétiquement un réseau de chaleur sur ces équipements nécessite par exemple d'installer des vannes de sectionnement sur les machines consommatrices utilisé en dehors des régimes de fonctionnement ou encore installer un accumulateur de vapeur si la demande est variable ; de sorte à réduire le nombre de démarrage des chaudières, et ainsi utiliser les chaudières à leur puissance nominale le plus souvent possible.

De plus, une mesure d'amélioration qui permet des gains énergétique très favorable sur les réseaux de chaleur est la mise en place une ligne de retour condensats. En effet, la chaleur contenue dans ces derniers est importante et facilement récupérable. Installer une bache alimentaire (réservoir spécialisé) pour les collecter et les réintroduire dans la chaudière vapeur est donc très rentable.

**Gain escompté sur base des audits Adb**

Réseau de chaleur	Investissement t	Économie sur le coût de l'énergie	Gain Énergétique (GJ <sub>p</sub> )	Gain CO <sub>2</sub> (Tonnes)
<b>Gestion du réseau de chaleur</b>	€ 341.600	€ 161.908	11.318	686
<b>Équipements</b>	€ 120.870	€ 21.252	1.446	97

**Optimiser les réseaux électriques industriels**



**Description**

Les réseaux électriques industriels sont en permanence modifiés pour satisfaire les besoins d'adaptation et de modernisation des équipements industriels. L'optimisation des procédés et l'amélioration de leurs performances entraînent souvent une surconsommation énergétique car la conversion de l'énergie se fait dans un temps plus court. En effet, les pertes électriques au niveau des transformateurs sont indéniables.

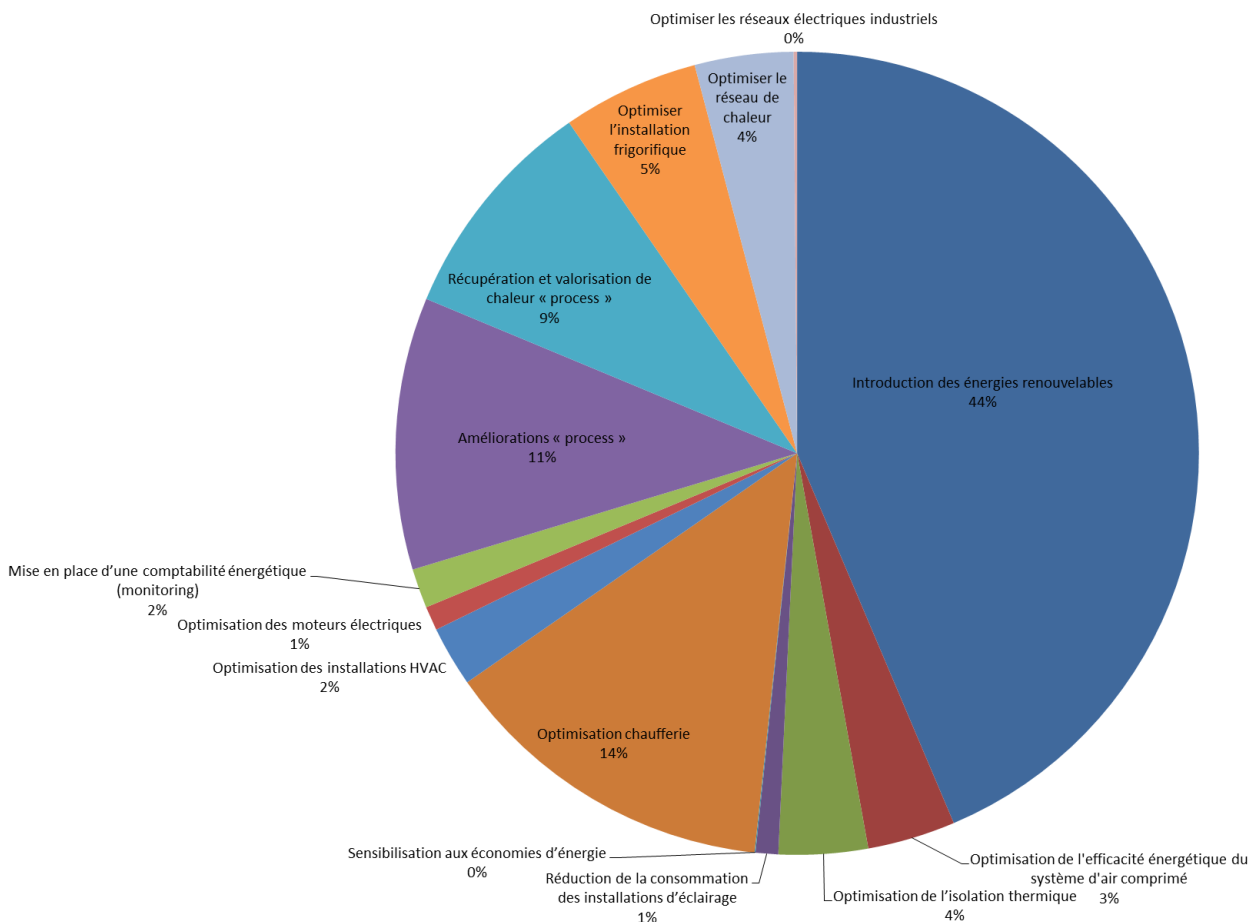
Il est dès lors essentiels de veiller à rationaliser le nombre de transformateur de l'entreprise, et ce au regard des besoins réels de l'entreprise.

Une autre mesure d'optimisation consiste à limiter les pertes électriques à la terre. Pour ce faire, l'entreprise doit continuellement s'assurer qu'aucun défaut d'isolement n'est présent sur ces circuits électriques.

#### Gain escompté sur base des audits AdB

Pistes futures d'amélioration	Investissement	Économie sur le coût de l'énergie	Gain Énergétique (GJ <sub>p</sub> )	Gain CO <sub>2</sub> (Tonnes)
Limiter les pertes au transformateur	€ 8.601,00	€ 3.091	331,00	18,50
Détection des défauts d'isolements	€ 7.000,00	€ 1.527,00	105,00	5,86

**En résumé**, si l'on base sur les gains CO<sub>2</sub> que permettent chacune des mesures classiques d'efficacité énergétique, alors l'on obtient la répartition suivante, qui permet de mettre en évidence les mesures contribuant efficacement à la réduction des émissions de CO<sub>2</sub> du secteur.



## 3.2 Mesures innovantes d'efficacité énergétique

Les mesures innovantes d'efficacité énergétique concernent l'ensemble des mesures qui sont soit encore au stade du laboratoire, avec des avantages environnementaux bien connus mais dont l'aspect financier est encore méconnu à plus large échelle, soit déjà présent sur le marché dont on connaît également bien les avantages environnementaux mais dont l'aspect financier reste un frein à son développement.

Ce chapitre a pour objectif de présenter les mesures innovantes en cours de développement, et qui devrait prochainement émerger sur le marché, ainsi que celles déjà existantes mais dont les économies d'énergie ne permettent pas d'assurer la rentabilité du projet d'investissement.

Les mesures d'amélioration innovantes considérées dans cette roadmap concernent les postes listés ci-dessous :

- Procédé innovant d'homogénéisation ;
- Augmenter l'utilisation d'enzymes ;
- Nouvelle technologie de pasteurisation et de stérilisation ;
- Technologie innovante de « Nettoyage-en-place » (NEP) ;
- Nouvelle technologie de four à cuisson ;
- Nouvelle technologie de sécheur ;
- Compression Mécanique de Vapeur (CMV) ;
- Nouvelle technologie de réfrigération ;
- Captage et Stockage du dioxyde de carbone (CCS).

Chacune de ces mesures innovantes d'efficacité énergétique est détaillée dans la suite de ce document. Les informations relatives à ces mesures proviennent en grande partie d'une étude de type « Roadmap » réalisée pour le secteur agro-alimentaire en Angleterre<sup>3</sup>, du bureau d'expertise Oakdene Hollins qui a été consulté ponctuellement dans le cadre de la présente étude et sinon, de différentes sources référencées au cas par cas ci-dessous. Les investissements requis et les gains CO<sub>2</sub> escomptés de par la mise en place de ces technologies novatrices seront mis en évidence dans chacune des fiches descriptives présentées ci-dessous, à nouveau essentiellement sur base des chiffres ressortant de la **roadmap anglaise**<sup>4</sup>.

Les économies CO<sub>2</sub> précisées pour chacune des mesures décrites ci-dessous tiennent compte de leur potentiel maximal de déploiement. Autrement dit, les gains CO<sub>2</sub> escomptés prennent en considération l'ensemble des gains réalisables là où les mesures sont applicables en pratique. Une des hypothèses prise en compte est de considérer que la répartition des entreprises du secteur au Royaume-Unis est similaire à la répartition des entreprises du secteur belge vu que les données relatives à ce potentiel maximal de déploiement proviennent également de la roadmap anglaise.

---

<sup>4</sup> DECC (UK Department of Energy and Climate Change) & BIS (UK Department of Business, Innovation and Skills). 2015. Industrial Decarbonisation & Energy Efficiency Roadmaps to 2050. Food and Drink Appendices. MARCH 2015.  
Disponible à : [https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/416672/Food\\_and\\_Drink\\_Report.pdf](https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/416672/Food_and_Drink_Report.pdf)

## Procédé d'homogénéisation



### Description

Le procédé d'homogénéisation est un procédé dans lequel une émulsion (mélange intime de deux substances liquides non miscibles tel que l'eau et l'huile) est stabilisée. Le mélange présente ainsi un aspect macroscopiquement homogène, mais est microscopiquement hétérogène. Dans une émulsion, l'un des deux fluides est présent en phase dispersée (phase dite discontinue) sous la forme de microgouttelettes au sein de l'autre fluide constituant une phase continue.

Le procédé habituellement rencontré est l'homogénéisation à haute pression, qui consiste à chasser un produit liquide par haute pression au travers de petites ouvertures. Par la pression et l'accélération, les particules formant la phase discontinues sont réduites.

L'application la plus connue dans le secteur agro-alimentaire est l'homogénéisation du lait où les particules grasses de son contenant (graisse butyrique) sont réduites à un faible diamètre de sorte que cette réduction supprime la force ascendante des particules de graisse, car plus légère que les éléments non gras du lait. L'homogénéisation permet ainsi de maintenir en place ces particules et le lait garde son aspect homogène<sup>5</sup>.

Quelques procédés d'homogénéisation innovants sont présentés ci-dessous :

#### a) Homogénéisation par ultrason

Ce procédé utilise des ondes sonores pour agiter l'émulsion, ce qui réduit la taille des particules contenues dans la phase continue. Cette technique connue sous le nom de cavitation ultrasonique génère ainsi des forces de cisaillement élevées qui cassent les agglomérats de particules en des particules dispersées uniques.<sup>6</sup>

Cette technologie est principalement développée pour travailler à l'échelle du laboratoire. Ceci dit, elle déjà d'application à l'échelle industrielle dans certains sous-secteur de l'industrie agro-alimentaire, mais n'est par exemple que très rarement répandue dans l'industrie laitière.

L'homogénéisation par ultrason présente une haute efficacité énergétique, mais aucun chiffre précis n'apparaît dans la littérature proposée par les différents fabricants.

#### b) Homogénéisation partielle

L'homogénéisation partielle permet des économies d'énergie dans le sens où cette méthode vise à stabiliser une phase unique, plutôt que l'entièreté du produit. Des recherches menées sur les industries laitières du Royaume-Unis ont montré que le passage d'une homogénéisation standard à une homogénéisation partielle permettait de réduire les émissions de CO<sub>2</sub> de 2,2 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> à 0,7 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> (soit une réduction de 32%)<sup>7</sup>.

<sup>5</sup> <http://www.inex.be/fr/cowtogglass/Homogeneisation-du-lait>. Consulté le 09/12/2016

<sup>6</sup> [https://www.hielscher.com/fr/homogenize\\_01.htm](https://www.hielscher.com/fr/homogenize_01.htm). Consulté le 09/12/2016.

<sup>7</sup> Carbon Trust. Industrial Energy Efficiency Accelerator. Guide to the dairy sector. Disponible à : <https://www.carbontrust.com/media/206472/ctg033-dairy-industrial-energy-efficiency.pdf>

### c) Émulsification membranaire

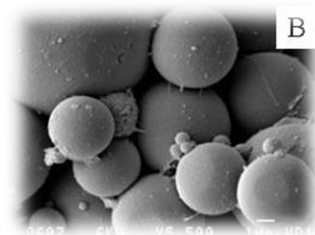
La technique d'émulsification membranaire consiste à exploiter les pores d'une membrane afin d'obtenir des nanogouttelettes de taille calibrée. Ces procédés permettent ainsi d'obtenir des nanoémulsions fines homogènes et stables à moindre coût énergétique.

Cette technologie présente par ailleurs encore certains inconvénients pour certains produits tels que le lait, où les particules de graisse peuvent rapidement s'agglomérer sur les pores de la membrane, et venir les bloquer.

#### Gain escompté

Technologies innovantes	Investissement (cas particulier d'une ferme laitière typique)	Gain CO <sub>2</sub> (%)
<b>Procédé innovant d'homogénéisation</b>	270.000 € – 680.000 €	2,5%

### Augmenter l'utilisation d'enzymes



#### Description

Les enzymes industrielles ont un énorme potentiel car elles permettent d'accélérer les réactions. Ainsi, les procédés de production peuvent être réalisés en beaucoup moins de temps, à des températures et des pressions plus basses.<sup>8</sup> Leurs utilisations permettent donc de réduire les besoins énergétiques des procédés de production. Accroître leur utilisation pourrait donc conduire à de plus grands gains sur la facture énergétique des entreprises du secteur, et donc de leurs émissions.

#### Gain escompté

Technologies innovantes	Investissement (cas particulier d'une ferme laitière typique)	Gain CO <sub>2</sub> (%)
<b>Augmenter l'utilisation d'enzymes</b>	1.360.000 – 2.730.000 €	5%

<sup>8</sup> [https://www.megazyme.com/docs/default-source/analytical-applications-downloads/enzymes\\_industrial\\_and\\_analytical\\_appliation\\_fra.pdf?sfvrsn=4](https://www.megazyme.com/docs/default-source/analytical-applications-downloads/enzymes_industrial_and_analytical_appliation_fra.pdf?sfvrsn=4)  
Consulté le 9/12/2016

## Pasteurisation et stérilisation



### Description

La pasteurisation et la stérilisation alimentaire sont des techniques de décontamination. Elles ont pour but de conserver un produit dans le temps.

La pasteurisation est un traitement dont le but est de détruire des micro-organismes notamment les bactéries pathogènes non sporulés. La stérilisation fait également partie des traitements thermiques, bien qu'il s'agisse d'une technique de décontamination plus sévère car elle permet de détruire la plupart des micro-organismes dont les spores microbiennes.

Plusieurs équipements industriels peuvent permettre de pasteuriser ou de stériliser :

#### a) Pasteurisateur et stérilisateur à tunnel :

Technologie très largement utilisée depuis des dizaines d'années, notamment dans les brasseries. Le tunnel permet de pasteuriser et stériliser en continu. Ainsi au cours du traitement, les produits passent par une phase de chauffage, de maintien en température et de refroidissement.

#### b) Pasteurisateur et stérilisateur autoclave :

Les autoclaves ont été conçus pour les emballages alimentaires (cannette, sachet, ...). Ces équipements sont entièrement fermés et isolés, 90% des entrées d'énergie (provenant d'un échangeur de chaleur externe) sont utilisées pour chauffer et refroidir les produits. L'efficacité énergétique est optimisée en assurant le retour des condensats de vapeur à la chaudière, la récupération et la réutilisation de l'eau de refroidissement et la réduction des besoins en air comprimé.

En règle générale, les traitements de pasteurisation et de stérilisation sont des procédés très énergivores, et d'ailleurs l'une des plus grandes sources d'émission de CO<sub>2</sub> des industries tels que les laiteries et brasseries. Pour cette principale raison, une large variété de techniques innovantes est en cours de développement.

Parmi ces technologies innovantes, l'on a par exemple :

#### a) Pasteurisation et stérilisation à haute pression

Ce traitement constitue une alternative au procédé de pasteurisation thermique. Le traitement par hautes pressions est un procédé par batch qui consiste à appliquer une pression sur un produit (pouvant aller jusqu'à 6000 fois la pression atmosphérique)<sup>9</sup>. Plus la pression appliquée est élevée et plus le temps de maintien est long, plus l'inactivation microbienne est importante.

<sup>9</sup> <http://genie-alimentaire.com/spip.php?article112>. Consulté le 09/12/2016.



### b) Champs électriques pulsés

Le procédé des champs électriques pulsés consiste à soumettre des produits alimentaires à des champs électriques de très forte intensité, de manière répétée (pulsé), pendant des temps très courts (de l'ordre de la microseconde), en vue de détruire les micro-organismes qu'ils contiennent<sup>10</sup>. Cette innovation en est encore au stage du laboratoire.

### c) Pasteurisation et stérilisation à ultrason

Comme pour les procédés d'homogénéisation, les ultrasons peuvent être utilisés en vue de détruire les micro-organismes contenus dans des produits alimentaires. L'intensité des ultra-sons est généralement le paramètre sur lequel on interviendra pour détruire les micro-organismes.

### d) Pasteurisation et stérilisation par plasma froid

Les produits à pasteuriser et stériliser sont soumis aux électrons, ions et photons issus d'un plasma.

### e) Pasteurisation à basse température

L'efficacité énergétique du procédé de pasteurisation peut être améliorée par faible réduction de la température du traitement.

En 2014, le fournisseur d'emballages Tetra Pak a précisé que l'abaissement de température, de la deuxième étape de pasteurisation, de 95 à 80°C s'est avéré être efficace pour les jus de fruits à forte teneur en acide sans impact sur la qualité du produit. Une telle réduction permet de réaliser 20% d'économie sur les consommations d'énergie<sup>11</sup>. Chaque situation est donc à analyser au cas par cas afin de déterminer si cette baisse de température affecte ou non la qualité du produit à pasteuriser.

#### Gain escompté

Technologies innovantes	Investissement	Gain CO <sub>2</sub> (%)
<b>Nouvelle technologie de pasteurisation et de stérilisation</b>	0 € - 9.550.000 €	2,5%

<sup>10</sup> [http://www.revmedvet.com/2002/RMV153\\_547\\_556.pdf](http://www.revmedvet.com/2002/RMV153_547_556.pdf), Consulté le 09/12/2016.

<sup>11</sup> Tetra Pak launches energy saving juice pasteurisation process. *Food & Drink Technology*. March 2014, Vol. 13 Issue 6, p34-34.

## “Cleaning In Place (CIP)” – “Nettoyage en place (NEP) »



### Description

Un Nettoyage en place (NEP) est un système automatique de nettoyage des installations sans démontage. Il est habituellement directement intégré à la machine lors de la conception. Ainsi, les cuves, tuyaux ou autres machines sont lavés par cycle en parallèle à l'aide d'un circuit d'eau de rinçage et produits de lavage. L'efficacité de ces dispositifs de lavage est en évolution constante au cours du temps.

Les pistes innovantes qu'il est envisageable d'abordé pour réduire les émissions de CO<sub>2</sub> sont décrites ci-dessous :

#### a) Activation électrochimique

Cette technologie utilise de l'eau, du sel et de l'électricité pour produire un désinfectant et un détergent naturel et puissant. En plus de réduire l'utilisation de produits chimiques nocifs, cette technologie permettrait d'économiser de l'énergie, car elle peut être appliquée à température ambiante.<sup>12</sup>

Un nouveau système CIP ECA (Electro Chemical Activation) mis à l'essai par la société sud-africaine de brassage SABMiller a permis de réduire de 83% la consommation d'eau et de 98% la consommation d'énergie<sup>13</sup>.

#### b) « Green CIP » - Réutilisation des agents de nettoyage

Au lieu d'un premier rinçage à l'eau froide (normalement dans le cas du CIP traditionnel), les tuyaux et les réservoirs sont directement rincés à l'aide d'un détergent chaud. La matière organique contenue dans le liquide résultant est séparé en utilisant un réactif à base d'argile, ainsi l'on obtient au final d'un côté un agent de nettoyage régénéré et d'un autre, une boue solide, qui peut être elle aussi réutilisée et répandue sur les terres agricoles comme engrais ou même nourrir les animaux. Ainsi, suivant cette technologie, l'utilisation de produits chimiques peut être réduite de 90%. Cette technique permet aussi de réduire les consommations d'eau de 50%, ainsi que de moitié la consommation d'énergie ; résultant du fait que la tuyauterie n'est pas refroidie au début, de sorte que de l'énergie n'est pas nécessaire pour réchauffer le système après le nettoyage. Cela réduit également les temps d'arrêt coûteux. D'autres économies d'énergie et financières proviennent de l'évitement de la nécessité de nettoyer les effluents toxiques dans une station de traitement des eaux usées coûteuse avant d'être déversés dans les drains municipaux.<sup>14</sup>

#### c) « Ice pigging »

Cette nouvelle technologie utilise les propriétés abrasives naturelles de la glace pour enlever des canalisations les sédiments et autres corps étrangers. Ce procédé implique la circulation de glace pilée, à travers des tuyaux et des réservoirs pour récupérer mécaniquement le produit résiduel utilisable. La glace peut circuler dans tout le système, autour des virages, à travers des diamètres étroits, à travers les échangeurs de chaleur, etc.

<sup>12</sup> <http://www.radicalwaters.com/what-is-eca/>. Consulté le 09/12/2016

<sup>13</sup> WRAP (UK Waste and Resources Action Programme). 2012. *Clean-In-Place. Case Study: Drinks Sector*. Disponible à : <http://www.wrap.org.uk/sites/files/wrap/CIP%20guidance%20FINAL%20010512%20AG.pdf>

<sup>14</sup> European Commission. 2015. *Best Environmental Management Practice for the Food and Beverage Manufacturing Sector*. Marco Dri, Ioannis Antonopoulos, Paolo Canfora, Pierre Gaudillat. Disponible à : <http://susproc.jrc.ec.europa.eu/activities/emas/documents/FoodBeverageBEMP.pdf>

En outre, étant donné que les produits chimiques sont évités, les résidus de produits alimentaires commercialisables (environ 80% du matériel collé aux tuyaux qui auraient été perdus par les effluents) peuvent être récupérés et vendus.

La production de glace est un processus intensif en énergie, mais les économies d'eau et de produit réalisées compenseraient la consommation d'énergie plus élevée.<sup>15</sup>

#### **d) CIP avec l'ozone**

Le gaz d'ozone (O<sub>3</sub>) a des propriétés fortement oxydantes et donc antimicrobiennes. Ainsi, il peut être utilisé pour le nettoyage puisqu'il se décompose rapidement en oxygène (O<sub>2</sub>). De plus, l'ozone ne laisse pas de résidus, le volume d'eau utilisé dans le nettoyage est réduit, et aucun détergent ne doit être rincé.

En outre, le nettoyage de l'ozone fonctionne à température ambiante, évitant dès lors les consommations d'énergie généralement nécessaire pour chauffer l'eau et les détergents dans les procédés de nettoyage traditionnels.<sup>16</sup>

#### **e) Lavage à ultrason**

Comme déjà décrit dans plusieurs mesures innovantes, les ultrasons peuvent également servir aux opérations de nettoyage. Des ondes à haute fréquence (30 000 cycles / seconde) sont ainsi transmises à travers l'eau provoquant la cavitation et forçant l'eau à se séparer, créant de la chaleur et des vibrations qui éliminent les particules contaminantes. Les coûts initiaux sont environ 20% plus élevés que le nettoyage à jet traditionnel, mais les machines pourraient bénéficier de coûts opérationnels plus faibles en raison de l'utilisation de produits chimiques plus dilués.

### **Gain escompté**

Technologies innovantes	Investissement	Gain CO <sub>2</sub> (%)
<b>Technologie innovante de "Nettoyage en Place" (CIP)</b>	0 € - 270.000 €	5%

<sup>15</sup> Carbon Trust. 2015. Ice pigging for dairy applications. Disponible à : <http://www.carbontrust.com/media/628609/cts400-ice-pigging-for-dairy-applications.pdf>.

<sup>16</sup> European Commission. 2015. *Best Environmental Management Practice for the Food and Beverage Manufacturing Sector*. Marco Dri, Ioannis Antonopoulos, Paolo Canfora, Pierre Gaudillat. Disponible à : <http://susproc.jrc.ec.europa.eu/activities/emas/documents/FoodBeverageBEMP.pdf>

## Fours de cuisson



### Description

Les technologies de fours innovants sont brièvement présentées ci-dessous.

#### a) Fours à micro-ondes

Les micro-ondes, obtenues par conversion d'énergie électrique en ondes électromagnétiques, pénètrent de façon pratiquement instantanée dans les aliments non conducteurs. Les aliments absorbent les micro-ondes et s'échauffent via la friction des molécules polaires (eau, glucides et protéines) entre elles.

À l'inverse des méthodes de cuisson conventionnelles (procédé thermique), qui engendrent de forte déperdition d'énergie, les micro-ondes n'en génèrent pas et donc améliorent la rentabilité énergétique, mais leur inconvénient est qu'elle ne pénètre pas suffisamment en profondeur dans le produit.

#### b) Cuisson au champ électrique pulsé (Pulse electrical field – PEF)

Comme indiqué ici plus haut, les champs électriques pulsés trouvent déjà une application pour la pasteurisation des aliments. Dans le domaine de la cuisson, la technologie PEF a également été développée mais pour des applications à petite échelle telles que la cuisson de la viande, du poisson et des légumes (par exemple dans les points de vente au détail, les restaurants et dans les maisons des consommateurs). Cette technologie n'a donc pas encore été conçue pour pouvoir fonctionner à l'échelle industrielle. Le principe de cette technologie est de cuire les aliments via un champ électrique pulsé. De récente analyse montre que la technologie pourrait utiliser jusqu'à 75% moins d'énergie que la cuisson conventionnelle au gaz ou à l'induction électrique.

#### c) Chauffage par radiofréquence

L'utilisation du chauffage par radiofréquence existe depuis longtemps mais n'a jamais été appliquée à grande échelle dans l'industrie. À l'inverse des micro-ondes, les ondes radio pénètrent un peu plus en profondeur, jusqu'à sept centimètres, et conviennent donc mieux à certains produits alimentaires.<sup>17</sup>

### Gain escompté

Technologies innovantes	Investissement	Gain CO <sub>2</sub> (%)
<b>Fours de cuisson</b>	0 € – 9.550.000 €	1,25%

<sup>17</sup> <http://www.processalimentaire.com/Procedes/Ameliorer-les-rendements-en-charcuterie-avec-les-radiofrequences-23411>. Consulté le 09/12/2016.

## Sécheurs



### Description

Jusqu'à 75% de l'énergie utilisée dans la transformation des aliments est liée au séchage<sup>18</sup>. Plusieurs techniques innovantes de séchage sont brièvement présentées ci-dessous.

#### a) Déshydratation avant le séchage

Il va sans dire que des économies substantielles d'énergie peuvent être réalisées si une partie de l'eau contenue dans les aliments peut être éliminée avant le séchage à chaud.

Parmi les technologies existantes, les fours à vide font généralement partie des équipements utilisés pour la déshydratation, mais certaines nouvelles technologies émergent également vers du séchage à basse température. Par exemple, en chassant l'eau des produits au travers d'une membrane poreuse.

#### b) Séchage à la vapeur surchauffée

Lorsque de la vapeur surchauffée est au contact d'un produit humide, l'eau contenue dans ce dernier se vaporisera et sera absorbée par la vapeur environnante qui aura alors tendance à se refroidir et à revenir à l'état de saturation. La vapeur surchauffée (à une température comprise entre 130°C et 180°C) peut agir jusqu'à deux fois plus vite qu'un flux d'air chaud à la même température. Outre les économies d'énergie qu'il permet, la vapeur, une fois saturée, peut redevenir « séchante » par un simple réchauffage. En outre, des gains énergétiques supplémentaires peuvent s'envisager dans le cas où cette technologie serait associée à un système de compression mécanique de vapeur.<sup>19</sup>

#### c) Sécheur à lit fluidisé

Les produits traités dans un sécheur en lit fluidisé "flottent" sur un coussin d'air. L'air circule alors à travers le lit de matières solides à une vitesse suffisamment élevée pour supporter le poids des particules dans un état fluidisé. Le taux de transfert thermique très élevés qu'offre cette méthode est le résultat du contact intime entre les particules individuelles de matières à sécher et l'air fluidisant.

### Gain escompté

<sup>18</sup> Science and Technology Options Assessment. 2013. *Technology options for feeding 10 billion people. Options for sustainable food processing. State of the art report* IC STOA 2013/122. November 2013.

Disponible à : [http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/etudes/join/2013/513533/IPOL-JOIN\\_ET\(2013\)513533\\_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/etudes/join/2013/513533/IPOL-JOIN_ET(2013)513533_EN.pdf)

<sup>19</sup> [http://www.ree.see.asso.fr/IMG/pdf/0141fb9354/pdf03/1995\\_0003\\_04.pdf](http://www.ree.see.asso.fr/IMG/pdf/0141fb9354/pdf03/1995_0003_04.pdf). Consulté le 09/12/2016

Technologies innovantes	Investissement	Gain CO <sub>2</sub> (%)
Déshydratation avant le séchage	0 € – 270.000 €	20%
Sécheur à lit fluidisé	680.000 € – 1.190.000 €	6,3%
Autres technologies innovantes de sécheurs tq. séchage à la vapeur surchauffée	270.000 € – 680.000 €	24,5%

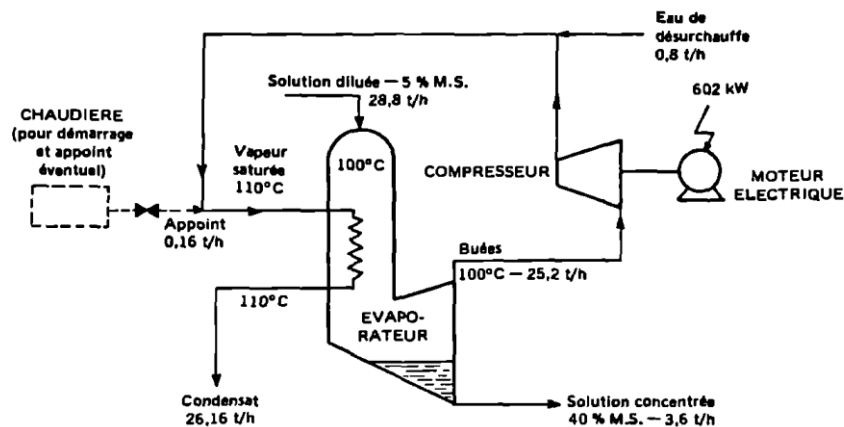
## Compression mécanique de vapeur (CMV)



### Description

La CMV est une technique visant à économiser de l'énergie et qui consiste à récupérer la chaleur fatale contenue dans les vapeurs (buées) issus d'un procédé de concentration ou de séchage pour le chauffage du processus lui-même.

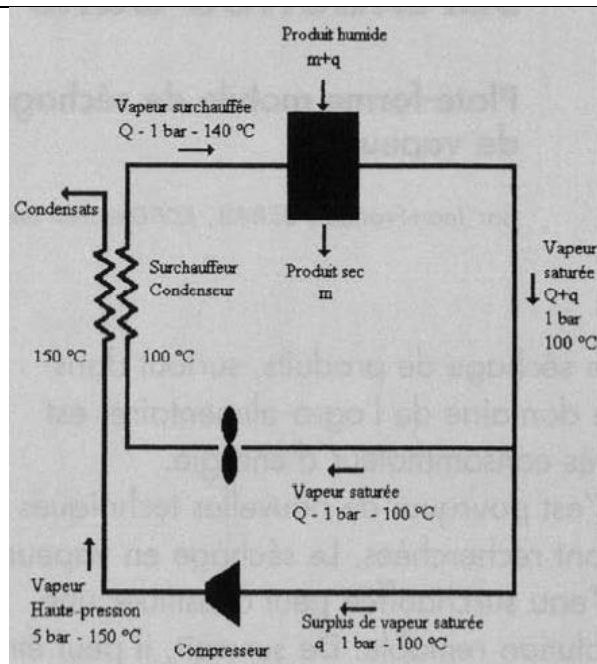
- Dans le cas d'un processus de concentration :



À titre illustratif, un tel projet a été mené dans une laiterie française et a permis de générer 22% de gains sur la facture énergétique.<sup>20</sup>

- Dans le cas d'un processus de séchage :

<sup>20</sup> [http://atee.fr/sites/default/files/ATEE/MDE/fiche\\_industrie\\_upclweb.pdf](http://atee.fr/sites/default/files/ATEE/MDE/fiche_industrie_upclweb.pdf). Consulté le 09/12/2016.



### Gain escompté

Technologies innovantes	Investissement	Gain CO <sub>2</sub> (%)
<b>Compression mécanique de vapeur</b>	595.000 € – 1.190.000 €	14%

### Captage et Stockage du dioxyde de carbone (CCS)



#### Description

Le Captage et Stockage du dioxyde de carbone a pour but de séquestrer le dioxyde de carbone, pour limiter la contribution néfaste de ce gaz à effet de serre.

Cette technologie n'en est qu'à ses premières expérimentations, mais les annonces de projets de démonstration de captage et stockage de CO<sub>2</sub> issu de différents secteurs industriels se multiplient malgré les coûts d'investissement nécessaires au déploiement de cette technique qui restent très importants. Ainsi, les projets sont généralement multi-acteurs de sorte à partager ces coûts.

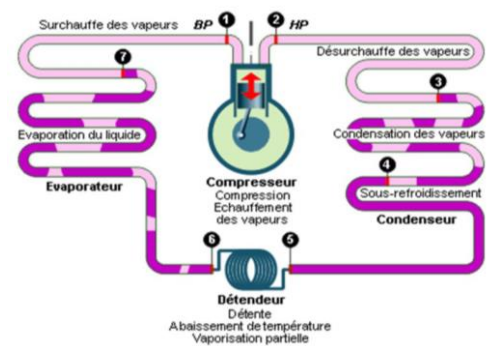
En pratique, la technologie CCS serait en mesure de séquestrer la moitié des émissions de CO<sub>2</sub> d'un site industriel. Ainsi, si l'on considère qu'on peut capter les émissions de CO<sub>2</sub> liés à la consommation de

combustibles fossiles, de bois et de biomasse d'une chaudière classique et sachant que la consommation de ces 3 énergies représentent 50% de la consommation énergétique totale, on pourra donc considérer que le potentiel de réduction des émissions de CO<sub>2</sub> est de 25%.

### Gain escompté

Technologies innovantes	Investissement	Gain CO <sub>2</sub> (%)
<b>Captage et Stockage du dioxyde de carbone</b>	2.380.000 € – 8.300.000 €	25%

## Nouvelles technologies de réfrigération



### Description

Un cinquième des consommations électriques du secteur agro-alimentaire concerne la production de froid. Outre les mesures URE déjà abordé précédemment sur le sujet, il existe toute une série de pistes d'amélioration plus innovantes qui permettrait de larges économies d'énergie, et donc mènerait à d'importantes réductions des émissions de CO<sub>2</sub>.

Certaines de ces mesures innovantes sont décrites ci-dessous à titre informatif :

#### a) Ajout de nanoparticules dans le fluide réfrigérant

De récentes études ont permis de montrer que la dispersion de nanoparticules d'oxyde de cuivre en faible concentration dans un lubrifiant de polyester et combiné au fluide R134a permette d'améliorer nettement le transfert de chaleur dans les échangeurs du système de réfrigération.

Ces additifs seraient par ailleurs déjà disponibles sur le marché, et les fournisseurs affirment que l'utilisation de leurs produits permette des économies d'énergie allant jusqu'à 18% de la consommation globale d'énergie du système.

#### b) Système CO<sub>2</sub>

Les systèmes de réfrigération au CO<sub>2</sub> sont des solutions qui peuvent conduire à des économies d'énergie, en plus de réduire les impacts environnementaux actuellement causés par les systèmes de réfrigération industrielle traditionnels.



Malgré son besoin d'être maintenu sous haute pression, le CO<sub>2</sub> reste une solution intéressante du point de vue énergétique. En effet, d'après l'entreprise Canadienne « Carnot refrigeration », les économies d'énergie annuelles des supermarchés qui sont passé à la réfrigération au CO<sub>2</sub> ont réalisés des économies de l'ordre de 22%. Les systèmes de réfrigération industrielle, peu importe leur utilisation, étant relativement similaires, les gains énergétiques peuvent être supposés du même ordre de grandeur.

### c) Réfrigération magnétique

La réfrigération magnétique est considérée comme l'une des alternatives pour remplacer les systèmes de réfrigération traditionnels. Son principe repose sur la propriété physique de certains matériaux magnétiques qui voient leur température intrinsèque s'élever quand ils sont soumis à un champ magnétique. L'un des principaux obstacles au déploiement de cette technologie est le champ magnétique particulièrement élevé qu'il faut générer pour pouvoir obtenir des rendements intéressants.<sup>21</sup>

D'après l'un des fabricants de cette technologie (Cooltech Applications), les économies d'énergie découlant de la mise en place de cette technologie peuvent aller jusqu'à 50% de la consommation globale d'énergie du système.

### d) « Super-isolation » des chambres froides

Les panneaux isolants sous vide (PIV) présentent des performances qui pourrait être jusqu'à 5 fois meilleur que celui des isolants « classiques » utilisés en masse aujourd'hui (laine de verre, laine de roche, polystyrène...). En effet, le coefficient de conductivité thermique de ces isolants de nouvelles générations avoisine les 0,005 W/m.K tandis qu'il peut être considéré que d'environ 0,028 W/m.K avec les isolants traditionnels.

En outre, la mise en place de panneaux super-isolant s'accompagne généralement d'une diminution de l'épaisseur d'isolant (vu leur coût plus important) jusqu'à généralement 3 cm. Tandis qu'avec des isolants traditionnels, on est de l'ordre de 10cm. Ainsi, les déperditions sont de l'ordre de 0,28 W/m<sup>2</sup>.K avec des isolants traditionnels tandis qu'il n'est que de 0,17 W/m<sup>2</sup>.K avec une isolation PIV ; soit 40% d'économie.

Quelques produits à base de ces super-isolants sont déjà commercialisés mais certains freins doivent encore être contournés, notamment leur résistance mécanique et leur durabilité pour pouvoir les utiliser comme procédés d'isolation thermique à plus grande échelle.

### Gain escompté

Technologies innovantes	Investissement	Gain CO <sub>2</sub> (%)
<b>Nouvelle technologie de réfrigération</b>	0 € – 240.000 €	6,7%

<sup>21</sup> Article : "Transition-metal-based magnetic refrigerants for room-temperature applications", O. Tegus, K. H. J. Buschow, F. R. de Boer, E. Brück, Nature 415, 150-152 (10 January 2002)

### 3.3 Mesures « Produits »

Une quantification de mesures « produits » étant complexe, nous nous limiterons ici à une brève revue de la littérature.

Au niveau des améliorations CO<sub>2</sub> concernant les produits, la littérature traite principalement de l'écoconception et d'améliorations CO<sub>2</sub> possibles au niveau de différentes étapes du cycle de vie du produit<sup>22</sup> :

- Liens avec les agriculteurs;
- Chasse aux déchets (pour nourrir les personnes puis autres utilisations);
- Eau;
- Emballage;
- Transport.

Quelques exemples de projets de recherche peuvent être trouvés par ailleurs<sup>23</sup> :

- Avancées technologiques au niveau des process de stabilisation/préservation et technologies d'emballage permettent de réduire les pertes;
- Création de VA aux coproduits et déchets pour réutilisation dans l'industrie
- Utilisation de senseurs « smart » pour produits de consommation « prêt à consommer » dans les supermarchés, « first expired first out »... ;
- Technologie de séparation permettant la création de « fractions fonctionnelles », ce qui permettrait d'engendrer des économies ; en eau et en énergie;
- Développement d'alternatives pour la production de viande par les industriels :
  - Protéines de source végétale ;
  - Les insectes (l'impact environnemental des protéines est a priori beaucoup plus faible), algues, etc. ;
  - Technologies de process pour que ces aliments rencontrent les goûts des consommateurs (3<sup>ème</sup> génération des remplaçants à la viande).

On parle effectivement beaucoup publiquement de l'impact environnemental important des protéines animales (combiné au fait que la FAO suppose que les besoins en viande, sur la période 2000-2050, passeront de 235 à 463 millions de tonnes). Ceci dit, il ne faut certainement pas uniquement se concentrer sur ce produit en particulier au risque de masquer d'autres opportunités/problématiques en termes de réductions des impacts CO<sub>2</sub> liées au produit. En effet, dans le cas où il y aurait une pénurie au niveau de l'approvisionnement énergétique, il y aura certes

---

<sup>22</sup>STOA Workshop « How to feed the world in 2050 » - presentation of FOODDRINKEUROPE

<sup>23</sup> STATE OF THE ART REPORT « OPTIONS FOR SUSTAINABLE FOOD PROCESSING » - EUROPEAN PARLIAMENT

d'autres produits dont la consommation pourrait être réglementée (nourriture animaux de compagnie, boissons alcoolisées,...).

### 3.4 Mesures « Matières Premières »

Comme pour les mesures « produits », la quantification de mesures « matières premières » étant complexe, nous nous limiterons ici à une brève revue de la littérature.

La littérature existante à ce sujet<sup>24</sup> donne quelques éléments à prendre en compte au niveau des matières premières dans cette vision d'une société bas carbone en 2050 :

- La question « nourriture » vs « énergie » entraîne un stress supplémentaire sur la disponibilité des MP.
- Challenge d'une augmentation de la demande en nourriture et en produits bio-basés (dont biomasse pour énergie) vs les contraintes des sols (superficie limitée, consommation en eau, en éléments nutritifs et minéraux.
- Une piste pour l'agro-alimentaire est d'explorer des MP peu ou pas encore utilisées (régulés par « New Food Regulation »)

---

<sup>24</sup> STATE OF THE ART REPORT « OPTIONS FOR SUSTAINABLE FOOD PROCESSING » - EUROPEAN PARLIAMENT

## 5. Trajectoires

À partir d'une trajectoire de référence, construite sur base des scénarios, plusieurs voies hypothétiques peuvent être construites. Chacune d'elles se compose alors d'options de décarbonisation déployées au fil du temps (entre 2005 et 2050).

La construction des trajectoires utilise les données issues de la littérature et des Accords de Branches pour créer un ensemble de « voies » de décarbonisation, visant à informer des mesures stratégiques à entreprendre en vue d'une société bas-carbone à l'horizon 2050.

Dans le cadre de cette roadmap sectorielle, plusieurs trajectoires sont envisagées :

- La Trajectoire classique « basse » ;
- La Trajectoire classique « haute » ;
- La Trajectoire avec rupture « basse » ;
- La Trajectoire avec rupture « haute ».

La **trajectoire classique « basse »** correspond à la trajectoire la plus probable d'application à l'horizon 2050. En effet, elle ne prend en compte que les mesures d'amélioration identifiées lors des audits AdB, et celles-ci sont alors considérées comme étant appliquée avant 2050.

Pour ce qui est de la **trajectoire classique « haute »**, l'hypothèse réalisée est que toutes les entreprises du secteur auront réalisé l'ensemble des mesures classiques d'efficacité énergétique identifiées lors d'audit AdB. En pratique, ce cas de figure sera difficilement atteignable étant donné qu'il existe des mesures qui ne peuvent pas s'appliquer à certaines industries, ou simplement qu'elle est applicable mais que certaines entreprises ne l'auront pas encore réalisés d'ici à 2050. Nous conservons néanmoins cette trajectoire tel quel afin de se rendre compte du panel disponible d'amélioration entre la trajectoire classique dite « basse », et celle dite « haute ». De la sorte, nous aurons une vision sur le minimum et le maximum envisageable par le secteur suivant une voie d'évolution classique ; c'est-à-dire où les mesures identifiées sont bien connues par le secteur et que leurs mises en place sont du ressort des entreprises.

Ensuite, l'on abordera **les trajectoires dites de « rupture »**. Ces trajectoires font apparaître tout un panel de mesures innovantes d'efficacité énergétique. L'on distinguera à nouveau une trajectoire avec rupture dite « basse » et une autre dite « haute ». Dans le cas d'une trajectoire avec rupture « basse », l'on considérera que 25% des entreprises du secteur réaliseront les mesures d'amélioration innovantes. En effet, leur déploiement reste difficile à évoquer à l'horizon 2050 en raison des coûts élevés liés à ces technologies. Pour ce qui est de la trajectoire avec rupture « haute », l'on prendra cette fois en considération que l'ensemble des mesures innovantes seront mises en œuvre par toutes les entreprises du secteur où ces mesures sont applicables, dans quel cas l'on suppose que le surcoût associé au déploiement de ces technologies n'est pas un obstacle.

Avant d'aborder plus en détail chacune de ces trajectoires, il importe de définir le concept de « taux d'applicabilité ». Ce taux permet de mettre en évidence le pourcentage d'entreprises où la mesure d'amélioration sera mise en œuvre d'ici 2050. Si ce taux est de 100%, cela signifie que la mesure a été mise en œuvre par toutes les entreprises là où elle est applicable.

De plus, précisons que dans le cadre de cette roadmap les trajectoires seront décrites selon le premier scénario, c'ad celui qui considère l'ensemble des drivers comme étant neutre, excepté pour les drivers démographique et économique, qui comme pour les autres scénarios, sont supposés en évolution constante entre 2005 et 2050. Ces trajectoires seront comparées à une trajectoire de référence correspondant au cas où les entreprises ne réalisent aucune mesure d'amélioration depuis l'année de référence (2005).

### 1) Trajectoire classique « basse »

La trajectoire classique « basse » permet de rendre compte de la situation à 2050 si toutes les mesures d'amélioration identifiés lors des audits AdB sont mises en œuvre par les entreprises concernées par ces audits. A priori, les entreprises AdB sont supposées mettre en œuvre ces mesures avant 2020. C'est a priori donc le minimum obligatoire.

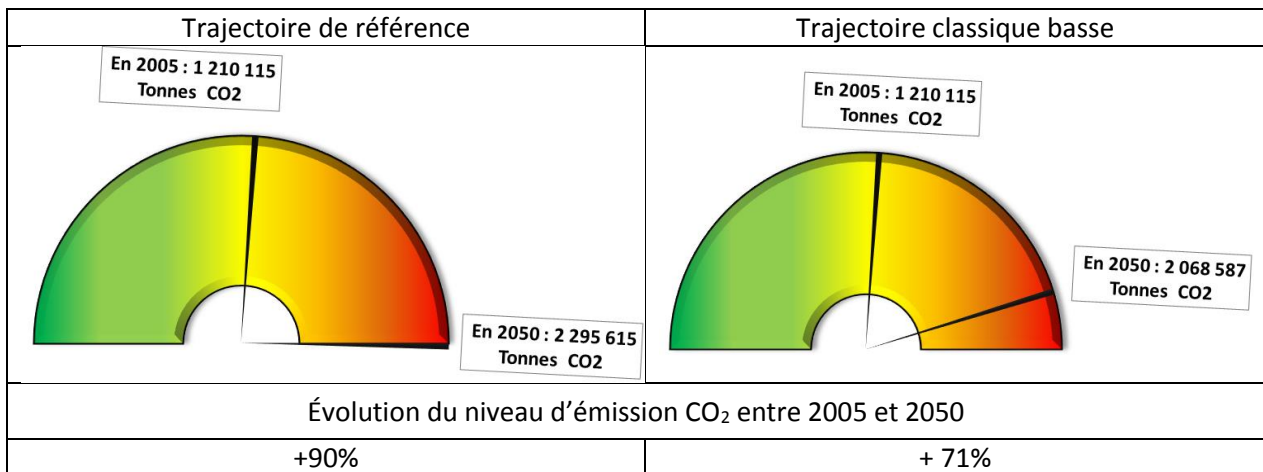
Les taux d'applicabilité mis en évidence ci-dessous démontrent du potentiel encore existant dans les entreprises du secteur malgré la mise en œuvre de ces mesures là où elles ont été identifiés lors des audits AdB. (Par exemple, si on prend l'installation d'une unité de cogénération (première ligne du tableau ci-dessous), les audits AdB ont permis d'identifier un potentiel d'applicabilité de 33% ; signifiant donc qu'il resterait un potentiel de 67% encore existant).

<b>Mesure classique d'efficacité énergétique</b>	<b>1</b>	<b>Introduction des énergies renouvelables</b>	Taux d'applicabilité (%)	
		Installation d'une unité de cogénération	33%	
		Installation d'une pompe à chaleur	19%	
		Installation de panneaux photovoltaïque	30%	
		Installation de panneaux solaires thermiques	12%	
		Installation d'une éolienne	8%	
		Installation d'une chaudière biomasse	25%	
		Installation d'une unité géothermique	4%	
		Installation d'une unité hydroélectrique	4%	
		Installation d'une unité de biométhanisation	11%	
		<b>2</b>	<b>Optimisation de l'efficacité énergétique du système d'air comprimé</b>	Taux d'applicabilité (%)
			Renouvellement du système d'air comprimé	7%
			Optimiser la régulation du système d'air comprimé	4%
			Optimiser la taille du réservoir tampon	1%
			Détection des fuites	17%
			Prise d'air frais	2%
			Réduction du niveau de pression	7%
			Arrêt du compresseur en dehors des périodes de production	3%
			Isoler les sections non-utilisées du réseau d'air comprimé	1%
			Remplacement de l'air comprimé par un autre vecteur	1%
		<b>3</b>	<b>Optimisation de l'isolation thermique</b>	Taux d'applicabilité (%)
			Isolation des tuyaux et accessoires en chaufferie	23%
			Isolation industrielle, tuyauterie et réservoir, chaud et froid	17%
			Isolation enveloppe	12%
		<b>4</b>	<b>Réduction de la consommation des installations d'éclairage</b>	Taux d'applicabilité (%)
			Relighting	17%
		Gestion de l'éclairage	13%	
	<b>5</b>	<b>Sensibilisation aux économies d'énergie</b>	Taux d'applicabilité (%)	
		Campagne de sensibilisation	2%	
	<b>6</b>	<b>Optimisation chaufferie</b>	Taux d'applicabilité (%)	
		Remplacement des vieilles chaudières	22%	

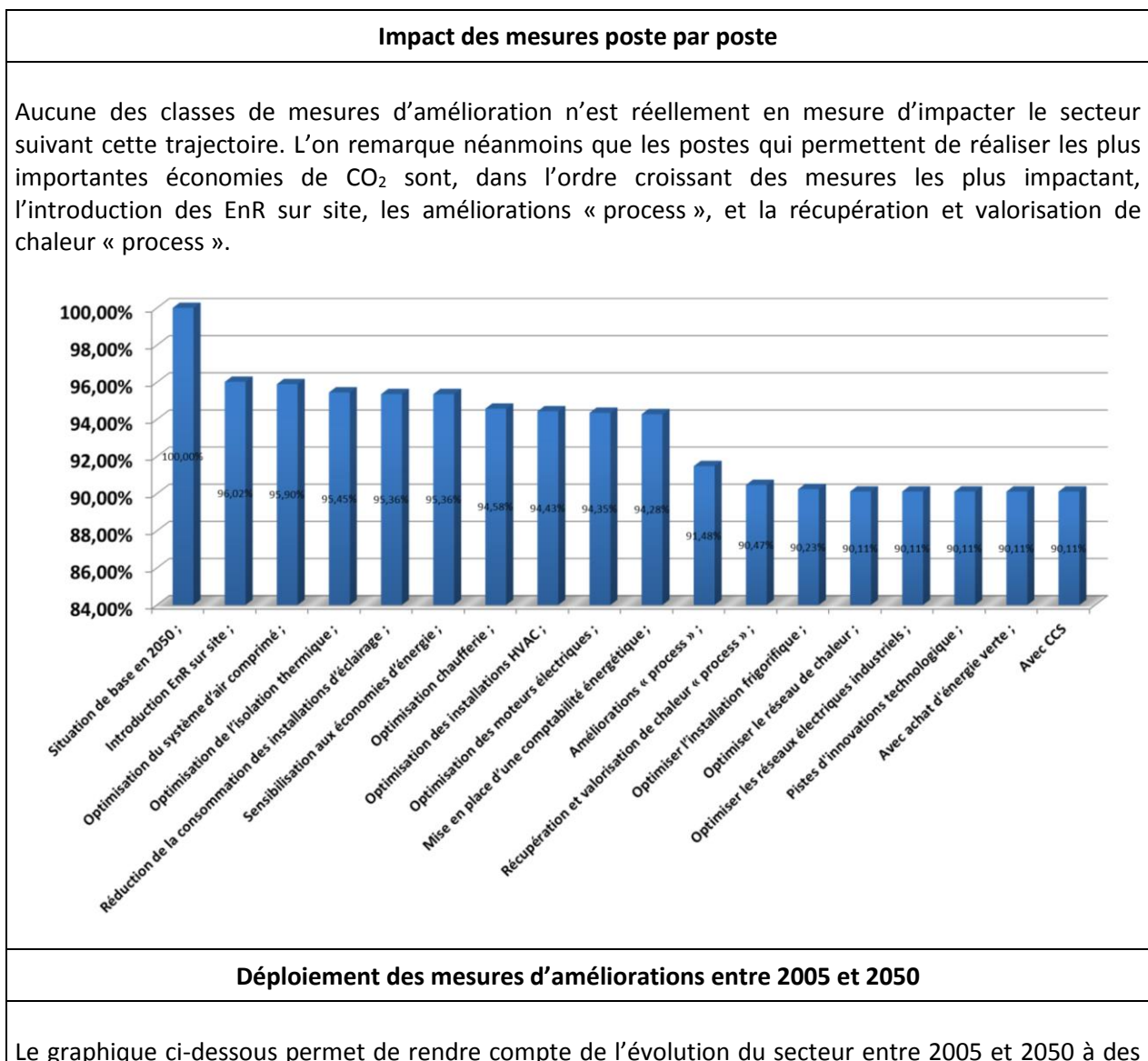
		Améliorer la performance des équipements	2%
		Améliorer le pilotage de l'installation	19%
		Modification d'une chaufferie existante par passage au gaz	5%
	7	<b>Optimisation des installations HVAC</b>	Taux d'applicabilité (%)
		Améliorer la performance des équipements / Renouveler l'installation HVAC	5%
		Améliorer le pilotage de l'installation	14%
		Prévaloir les systèmes de ventilation naturels (free-cooling)	3%
	8	<b>Optimisation des moteurs électriques</b>	Taux d'applicabilité (%)
		Installer un moteur à haut rendement	14%
		Optimiser la régulation du moteur	12%
	9	<b>Mise en place d'une comptabilité énergétique (monitoring)</b>	Taux d'applicabilité (%)
		Mise en place d'une comptabilité énergétique	7%
	10	<b>Améliorations « process »</b>	Taux d'applicabilité (%)
		Électricité : Équipements	70%
		Électricité : Gestion	81%
		Combustible : Équipements	19%
		Combustible : Gestion	51%
	11	<b>Récupération et valorisation de chaleur « process »</b>	Taux d'applicabilité (%)
		Chaufferie	19%
		Réseau de chaleur	12%
		Installation frigorifique	8%
		Compresseurs	4%
		Equipements et Produits process	26%
	12	<b>Optimiser l'installation frigorifique</b>	Taux d'applicabilité (%)
		Renouveler l'installation complète	3%
		Améliorer la performance des équipements	6%
		Optimiser la gestion de l'installation	23%
	13	<b>Optimiser le réseau de chaleur</b>	Taux d'applicabilité (%)
		Gestion	15%
		Équipements	3%
	14	<b>Optimiser les réseaux électriques industriels</b>	Taux d'applicabilité (%)
		Limiter les pertes au transformateur	2%
	Détection des défauts d'isollements	1%	
<b>Mesure innovante d'efficience énergétique</b>	15	<b>Piste d'innovation technologique</b>	Taux d'applicabilité (%)
		Technologies innovantes d'homogénéisation	0%
		Augmenter l'utilisation d'enzymes	0%
		Nouvelles technologies de "Pasteurisation et stérilisation"	0%
		Technologies innovantes de "Nettoyage en Place" (CIP)	0%
		Nouvelles technologies de fours à cuisson	0%
		Déshydratation avant le séchage	0%
		Sécheur à lit fluidisé	0%
		Autres technologies novatrices de sècheurs	0%
		Compression mécanique de vapeur (CMV)	0%
		Nouvelle technologie de réfrigération	0%
	16	<b>Carbon Capture &amp; Storage</b>	Taux d'applicabilité (%)
	Captage du carbone des fumées (CCS)	0%	
<b>Contrat de fourniture d'énergie</b>	17	<b>Achat énergie "verte"</b>	Taux d'applicabilité (%)
		Achat d'électricité verte	0%
		Intégration du biogaz dans le réseau de distribution de gaz	0%

Selon ces taux d'applicabilité, l'on retrouve les résultats suivant en termes de gains CO<sub>2</sub> :

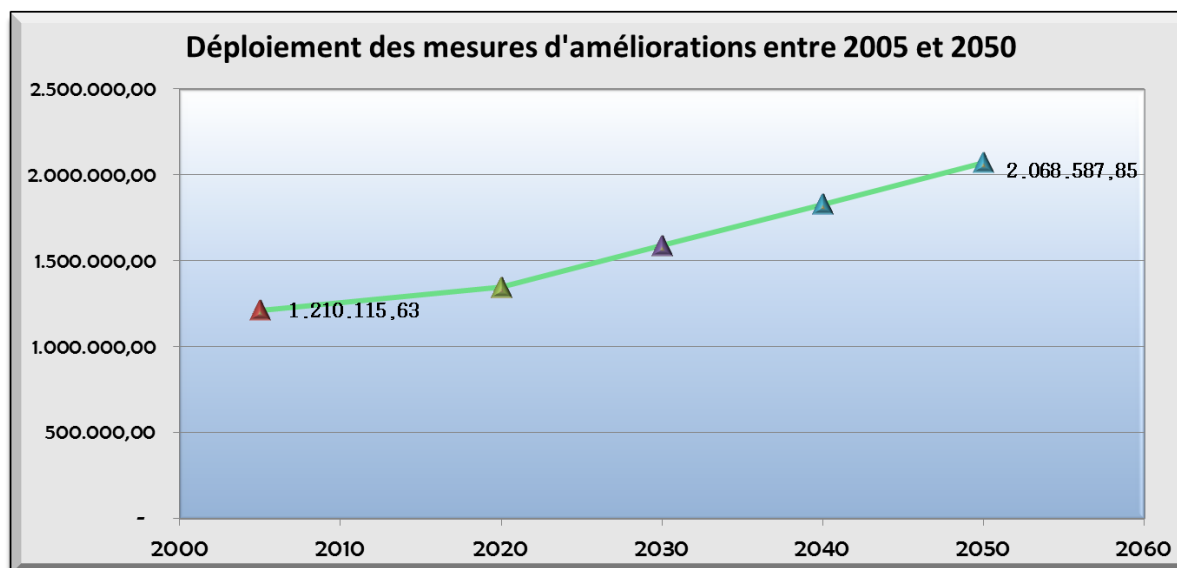
**Scénario 1 : 1,2%/an (jusque 2030) – 1,7%/an (jusque 2050)**



Suivant cette trajectoire, le niveau d'émission CO<sub>2</sub> passerait de +90% à +71% ; ce qui correspond à environ 200.000 TCO<sub>2</sub> d'épargner.



périodes intermédiaires. Suivant cette trajectoire, et conformément à ce qui est prévu dans les AdB, l'ensemble des mesures classiques d'efficiences énergétiques identifiées lors des audits AdB doivent au plus tard être mis en œuvre en 2020. Autrement dit, tout le potentiel identifié dans cette trajectoire est supposé mis en œuvre pour 2020, et puis au-delà, cette trajectoire suppose que le secteur ne procèdera plus à aucune amélioration visant à économiser de l'énergie. Ce cas de figure est bien entendu non réaliste, mais nous permet de voir comment le secteur évoluerait au minimum.



## 2) Trajectoire classique « haute »

Comme déjà évoqué dans la partie mesure, la trajectoire classique « haute » tient compte du fait qu'à partir du moment où une mesure d'amélioration a été identifiée sur un équipement d'une entreprise, alors cette mesure peut certainement s'appliquer partout ailleurs, à quelques exceptions près. C'est principalement le cas pour tous les équipements « utilities » c'est-à-dire ceux qui ne sont pas propre au process en lui-même et qu'on retrouve généralement partout quel que soit l'entreprise du secteur concernée. Les exceptions, dont on parle ci-avant, sont tout ce qui a trait aux mesures « process » et aux énergies renouvelables. En effet, les mesures « process » sont généralement propre à chacune des industries. Il est donc dur d'imaginer que le potentiel d'économie CO<sub>2</sub> soit identique d'une entreprise à l'autre. Ainsi, nous prendrons en compte un facteur de proportionnalité équivalent à 50% ; ce qui signifie que les mesures « process » identifiées lors des audits AdB est applicable, au même ordre de grandeur d'économie CO<sub>2</sub>, dans 50% des autres entreprises AdB. Pour ce qui est des énergies renouvelables, on supposera ce même facteur d'applicabilité. En effet, la faisabilité et la rentabilité d'une technologie permettant la production d'énergie renouvelable est souvent dépendante des conditions dans lesquels l'entreprise travaille, voire des conditions d'exposition à des facteurs externes tels que l'exposition au soleil, au vent, la présence d'un cours d'eau, etc. Les taux d'applicabilité pour ces deux classes de mesures d'amélioration (process et EnR) sont par ailleurs également fixés à 100% étant donné que ce taux est représentatif du potentiel maximal existant pour le secteur.



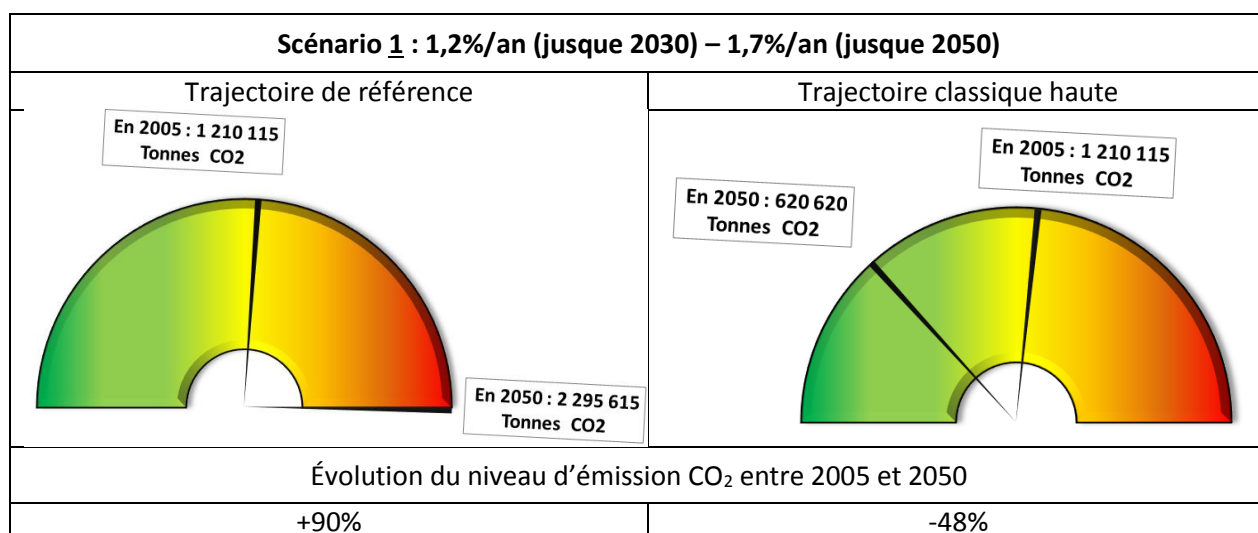
Cette trajectoire prend également en compte les contrats de fourniture d'énergie « verte ». On considère donc que les entreprises seront en mesure d'acheter de l'électricité « verte » et/ou du biogaz à partir du réseau, et que ces achats auront un impact sur leur quota d'émission CO<sub>2</sub>.

Le tableau ci-dessous résume les taux d'applicabilité pris en compte dans le cadre d'une trajectoire classique « haute » :

<b>Mesure classique d'efficacité énergétique</b>	1	<b>Introduction des énergies renouvelables</b>	Taux d'applicabilité (%)
		Installation d'une unité de cogénération	100%
		Installation d'une pompe à chaleur	100%
		Installation de panneaux photovoltaïque	100%
		Installation de panneaux solaires thermiques	100%
		Installation d'une éolienne	100%
		Installation d'une chaudière biomasse	100%
		Installation d'une unité géothermique	100%
		Installation d'une unité hydroélectrique	100%
		Installation d'une unité de biométhanisation	100%
	2	<b>Optimisation de l'efficacité énergétique du système d'air comprimé</b>	Taux d'applicabilité (%)
		Renouvellement du système d'air comprimé	100%
		Optimiser la régulation du système d'air comprimé	100%
		Optimiser la taille du réservoir tampon	100%
		Détection des fuites	100%
		Prise d'air frais	100%
		Réduction du niveau de pression	100%
		Arrêt du compresseur en dehors des périodes de production	100%
		Isoler les sections non-utilisées du réseau d'air comprimé	100%
		Remplacement de l'air comprimé par un autre vecteur	100%
	3	<b>Optimisation de l'isolation thermique</b>	Taux d'applicabilité (%)
		Isolation des tuyaux et accessoires en chaufferie	100%
		Isolation industrielle, tuyauterie et réservoir, chaud et froid	100%
		Isolation enveloppe	100%
	4	<b>Réduction de la consommation des installations d'éclairage</b>	Taux d'applicabilité (%)
		Relighting	100%
		Gestion de l'éclairage	100%
	5	<b>Sensibilisation aux économies d'énergie</b>	Taux d'applicabilité (%)
		Campagne de sensibilisation	100%
	6	<b>Optimisation chaufferie</b>	Taux d'applicabilité (%)
		Remplacement des vieilles chaudières	100%
		Améliorer la performance des équipements	100%
		Améliorer le pilotage de l'installation	100%
		Modification d'une chaufferie existante par passage au gaz	100%
	7	<b>Optimisation des installations HVAC</b>	Taux d'applicabilité (%)
		Améliorer la performance des équipements / Renouveler l'installation HVAC	100%
		Améliorer le pilotage de l'installation	100%
		Prévaloir les systèmes de ventilation naturels (free-cooling)	100%
	8	<b>Optimisation des moteurs électriques</b>	Taux d'applicabilité (%)
		Installer un moteur à haut rendement	100%
	Optimiser la régulation du moteur	100%	
9	<b>Mise en place d'une comptabilité énergétique (monitoring)</b>	Taux d'applicabilité (%)	
	Mise en place d'une comptabilité énergétique	100%	
10	<b>Améliorations « process »</b>	Taux d'applicabilité (%)	
	Électricité : Équipements	100%	
	Électricité : Gestion	100%	
	Combustible : Équipements	100%	

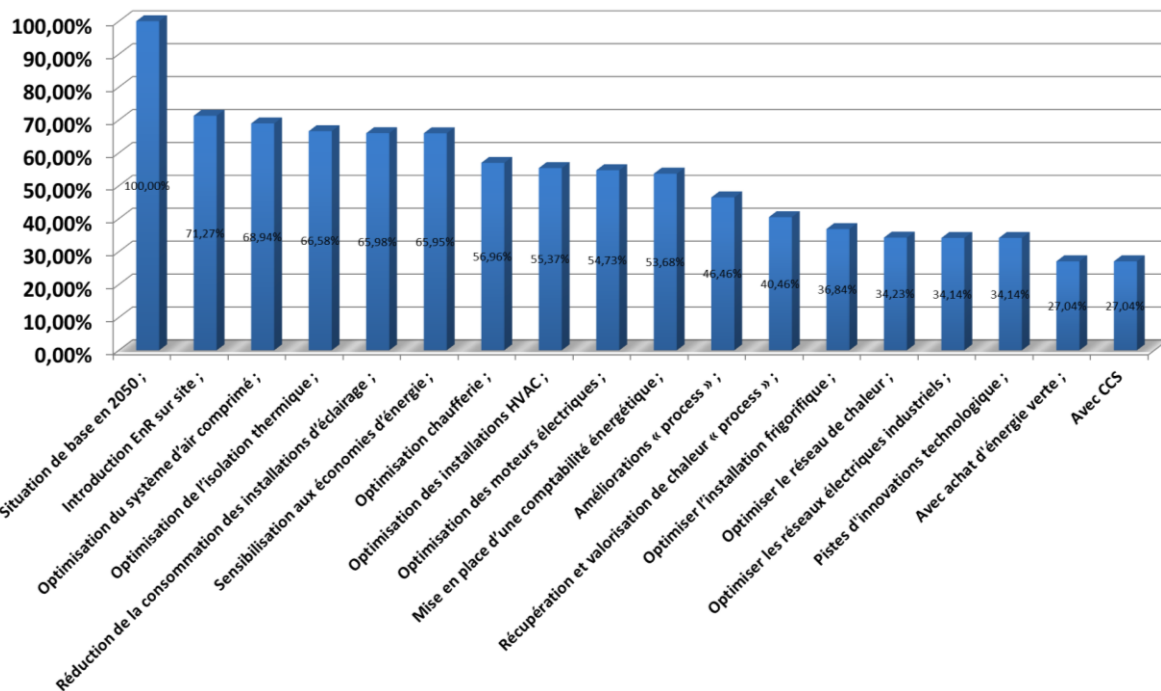
		Combustible : Gestion	100%
	11	<b>Récupération et valorisation de chaleur « process »</b>	Taux d'applicabilité (%)
		Chaufferie	100%
		Réseau de chaleur	100%
		Installation frigorifique	100%
		Compresseurs	100%
		Equipements et Produits process	100%
	12	<b>Optimiser l'installation frigorifique</b>	Taux d'applicabilité (%)
		Renouveler l'installation complète	100%
		Améliorer la performance des équipements	100%
		Optimiser la gestion de l'installation	100%
	13	<b>Optimiser le réseau de chaleur</b>	Taux d'applicabilité (%)
		Gestion	100%
		Équipements	100%
14	<b>Optimiser les réseaux électriques industriels</b>	Taux d'applicabilité (%)	
	Limiter les pertes au transformateur	100%	
	Détection des défauts d'isollements	100%	
<b>Mesure innovante d'efficience énergétique</b>	15	<b>Piste d'innovation technologique</b>	Taux d'applicabilité (%)
		Technologies innovantes d'homogénéisation	0%
		Augmenter l'utilisation d'enzymes	0%
		Nouvelles technologies de "Pasteurisation et stérilisation"	0%
		Technologies innovantes de "Nettoyage en Place" (CIP)	0%
		Nouvelles technologies de fours à cuisson	0%
		Déshydratation avant le séchage	0%
		Sécheur à lit fluidisé	0%
		Autres technologies novatrices de sècheurs	0%
		Compression mécanique de vapeur (CMV)	0%
		Nouvelle technologie de réfrigération	0%
	16	<b>Carbon Capture &amp; Storage</b>	Taux d'applicabilité (%)
	Captage du carbone des fumées (CCS)	0%	
<b>Contrat de fourniture d'énergie</b>	17	<b>Achat énergie "verte"</b>	Taux d'applicabilité (%)
		Achat d'électricité verte	80%
		Intégration du biogaz dans le réseau de distribution de gaz	20%

Sous ces diverses hypothèses, l'on peut formuler les conclusions suivantes :



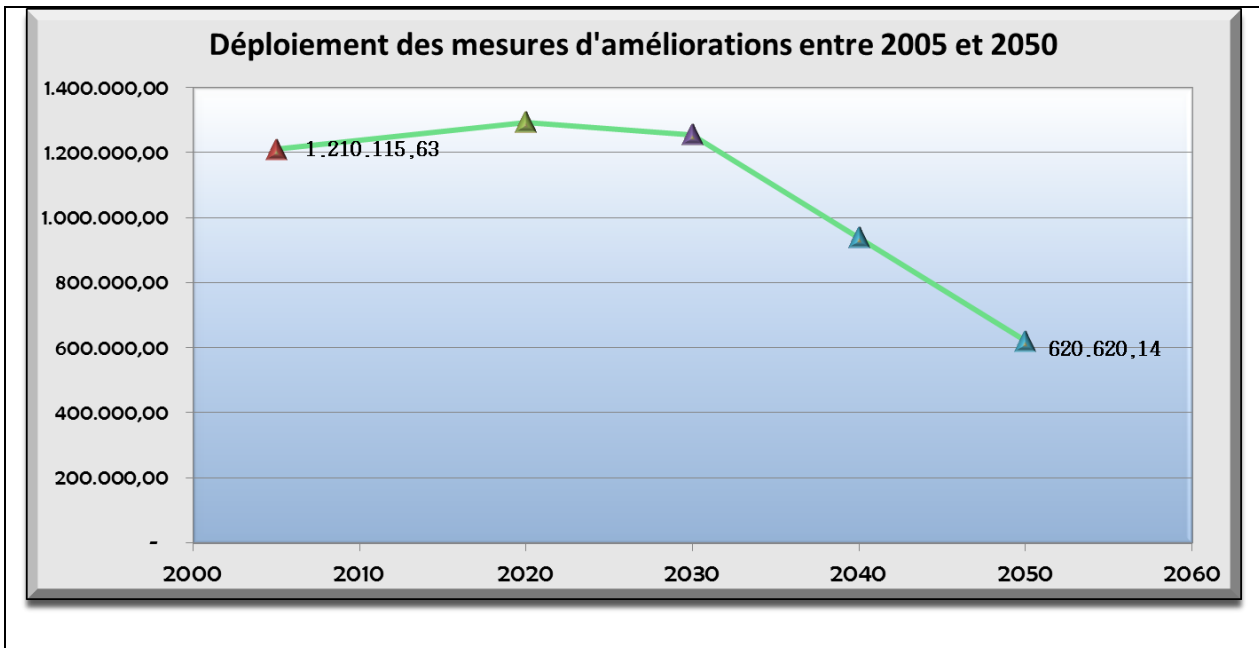
### Impact des mesures poste par poste

Cette trajectoire montre que c'est l'effet des énergies renouvelables qui contribue le plus efficacement à la réduction des émissions de gaz à effet de serre d'ici à 2050. Elle permet, à elle seule, de réduire de 30% les émissions CO<sub>2</sub>. Les autres mesures d'amélioration impacte également le secteur mais dans une moindre mesure. En outre, remarquons que c'est principalement les optimisations en chaufferie, les améliorations « process », la récupération et valorisation de chaleur « process », et l'achat d'énergie « verte » qui impacte le plus significativement le secteur chacune à hauteur de 5% à 10%.



### Déploiement des mesures d'améliorations entre 2005 et 2050

Contrairement à la trajectoire classique « basse », la mise en place des mesures classiques d'efficiences énergétiques là où elle n'a pas directement été identifiée lors des audits AdB seront en principe mis en application que dans un second temps, soit après 2020. Ainsi, en réalisant l'hypothèse que ce n'est qu'à partir de 2030 que les entreprises du secteur commenceront à mettre en place l'ensemble de ces mesures alors la trajectoire suivante pourrait être observée :



### 3) Trajectoire avec rupture « basse »

La trajectoire avec rupture « basse » se base sur la trajectoire classique « haute », à laquelle on vient rajouter l'impact de certaines avancées technologique. Pour rappel, l'hypothèse prise en compte pour l'élaboration de cette trajectoire est que les mesures innovantes seront mises en place dans 25% des entreprises qui peuvent faire l'objet de cette réalisation. Ces mesures ne sont par ailleurs pas sans effet pour les autres mesures dites classiques. En effet, la mise en place de mesures innovantes sur les procédés va sans doute diminuer la proportion applicable de mesures classiques portant sur le même équipement. Étant donné que les pistes innovantes concernent les équipements de process et les groupes frigorifique, alors les taux d'application spécifiques aux mesures classiques de ces équipements sont fixés comme pour dans la trajectoire classique « basse » c'ad que ces mesures seront appliqués uniquement là où les audits AdB ont identifiés des sources d'amélioration.

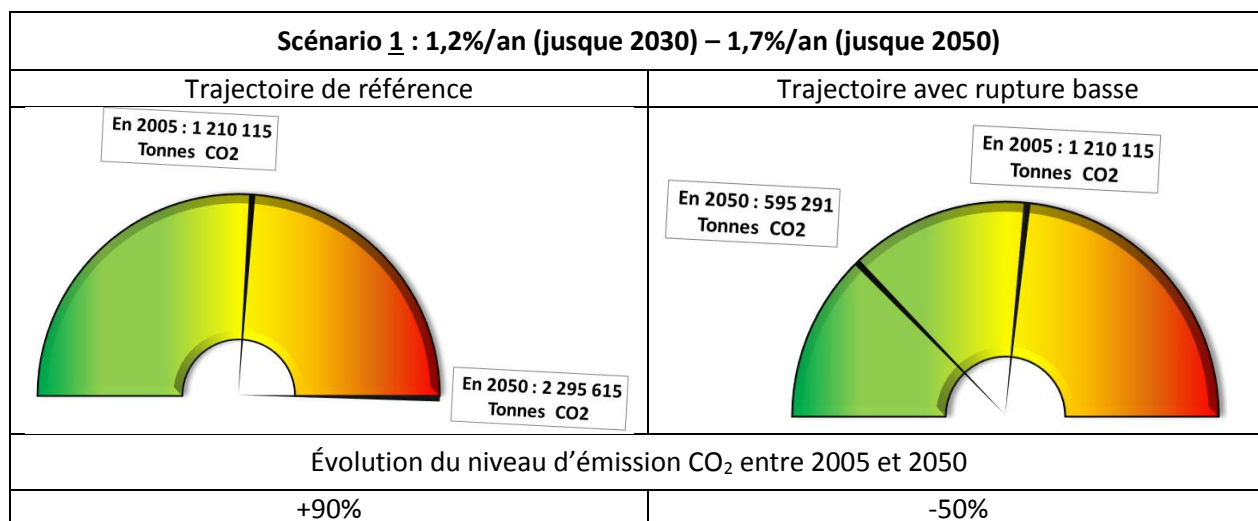
Les taux d'application ainsi définis sont listés ci-dessous :

<b>Mesure classique d'efficacité énergétique</b>	1	<b>Introduction des énergies renouvelables</b>	Taux d'applicabilité (%)
		Installation d'une unité de cogénération	100%
		Installation d'une pompe à chaleur	100%
		Installation de panneaux photovoltaïque	100%
		Installation de panneaux solaires thermiques	100%
		Installation d'une éolienne	100%
		Installation d'une chaudière biomasse	100%
		Installation d'une unité géothermique	100%
		Installation d'une unité hydroélectrique	100%
		Installation d'une unité de biométhanisation	100%
	2	<b>Optimisation de l'efficacité énergétique du système d'air comprimé</b>	Taux d'applicabilité (%)
		Renouvellement du système d'air comprimé	100%
		Optimiser la régulation du système d'air comprimé	100%

	Optimiser la taille du réservoir tampon	100%
	Détection des fuites	100%
	Prise d'air frais	100%
	Réduction du niveau de pression	100%
	Arrêt du compresseur en dehors des périodes de production	100%
	Isoler les sections non-utilisées du réseau d'air comprimé	100%
	Remplacement de l'air comprimé par un autre vecteur	100%
3	<b>Optimisation de l'isolation thermique</b>	Taux d'applicabilité (%)
	Isolation des tuyaux et accessoires en chaufferie	100%
	Isolation industrielle, tuyauterie et réservoir, chaud et froid	100%
	Isolation enveloppe	100%
4	<b>Réduction de la consommation des installations d'éclairage</b>	Taux d'applicabilité (%)
	Relighting	100%
	Gestion de l'éclairage	100%
5	<b>Sensibilisation aux économies d'énergie</b>	Taux d'applicabilité (%)
	Campagne de sensibilisation	100%
6	<b>Optimisation chaufferie</b>	Taux d'applicabilité (%)
	Remplacement des vieilles chaudières	100%
	Améliorer la performance des équipements	100%
	Améliorer le pilotage de l'installation	100%
	Modification d'une chaufferie existante par passage au gaz	100%
7	<b>Optimisation des installations HVAC</b>	Taux d'applicabilité (%)
	Améliorer la performance des équipements / Renouveler l'installation HVAC	100%
	Améliorer le pilotage de l'installation	100%
	Prévaloir les systèmes de ventilation naturels (free-cooling)	100%
8	<b>Optimisation des moteurs électriques</b>	Taux d'applicabilité (%)
	Installer un moteur à haut rendement	100%
	Optimiser la régulation du moteur	100%
9	<b>Mise en place d'une comptabilité énergétique (monitoring)</b>	Taux d'applicabilité (%)
	Mise en place d'une comptabilité énergétique	100%
10	<b>Améliorations « process »</b>	Taux d'applicabilité (%)
	Électricité : Équipements	70%
	Électricité : Gestion	81%
	Combustible : Équipements	19%
	Combustible : Gestion	51%
11	<b>Récupération et valorisation de chaleur « process »</b>	Taux d'applicabilité (%)
	Chaufferie	100%
	Réseau de chaleur	100%
	Installation frigorifique	100%
	Compresseurs	100%
	Équipements et Produits process	100%
12	<b>Optimiser l'installation frigorifique</b>	Taux d'applicabilité (%)
	Renouveler l'installation complète	3%
	Améliorer la performance des équipements	6%
	Optimiser la gestion de l'installation	23%
13	<b>Optimiser le réseau de chaleur</b>	Taux d'applicabilité (%)
	Gestion	100%
	Équipements	100%
14	<b>Optimiser les réseaux électriques industriels</b>	Taux d'applicabilité (%)
	Limiter les pertes au transformateur	100%

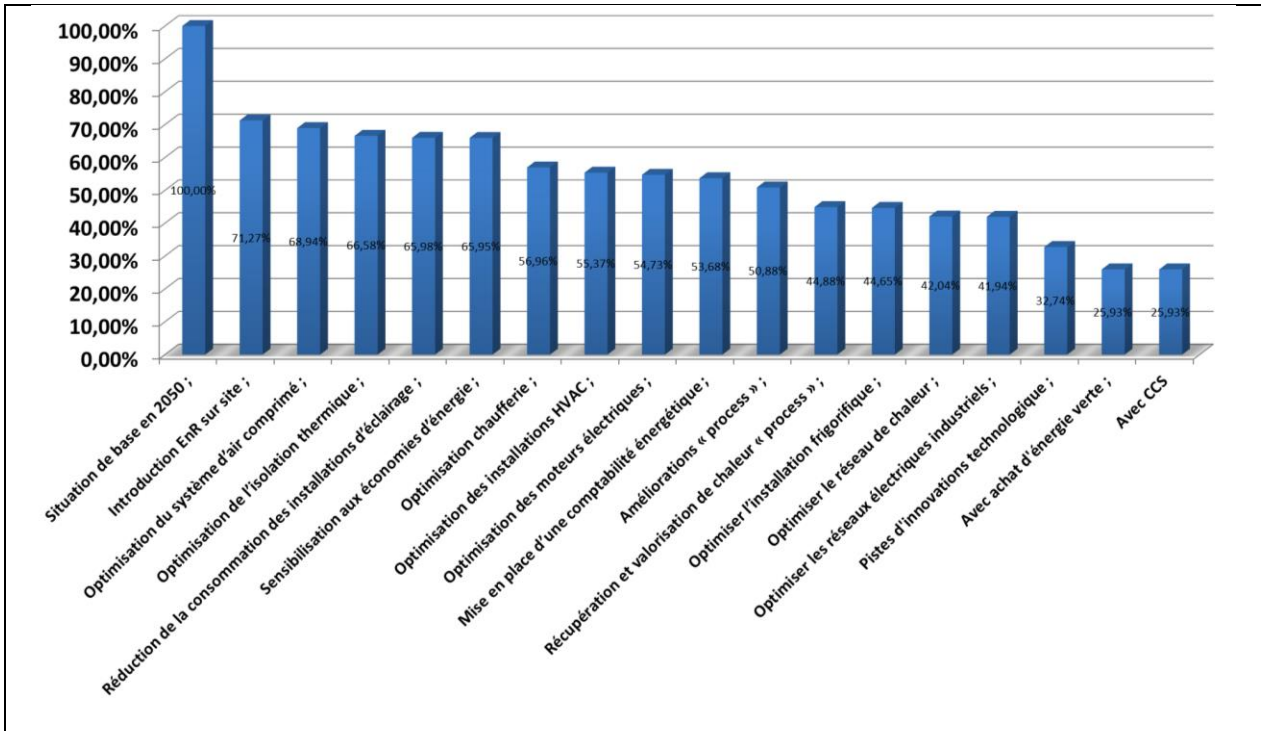
		Détection des défauts d'isollements	100%
<b>Mesure innovante d'efficacité énergétique</b>	15	<b>Piste d'innovation technologique "process"</b>	Taux d'applicabilité (%)
		Technologies innovantes d'homogénéisation	25%
		Augmenter l'utilisation d'enzymes	25%
		Nouvelles technologies de "Pasteurisation et stérilisation"	25%
		Technologies innovantes de "Nettoyage en Place" (CIP)	25%
		Nouvelles technologies de fours à cuisson	25%
		Déshydratation avant le séchage	25%
		Sécheur à lit fluidisé	25%
		Autres technologies novatrices de sécheurs	25%
		Compression mécanique de vapeur (CMV)	25%
		Nouvelle technologie de réfrigération	25%
		16	<b>Carbon Capture &amp; Storage</b>
	Captage du carbone des fumées (CCS)	0%	
<b>Contrat de fourniture d'énergie</b>	17	<b>Achat énergie "verte"</b>	Taux d'applicabilité (%)
		Achat d'électricité verte	80%
		Intégration du biogaz dans le réseau de distribution de gaz	20%

De ces taux d'applicabilité résultent les tendances suivantes :



### Impact des mesures poste par poste

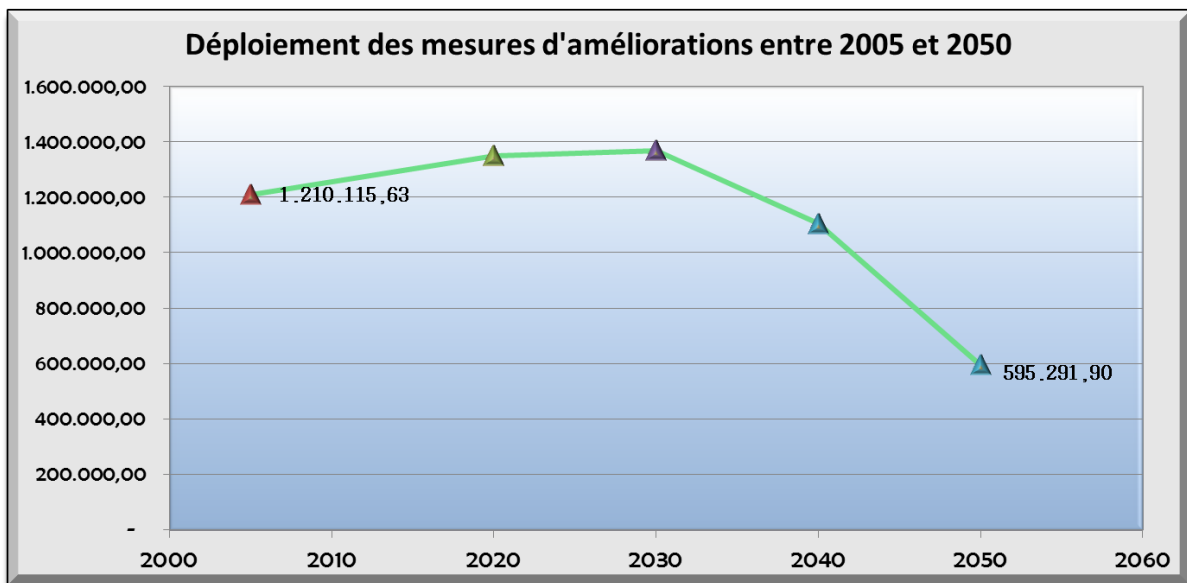
Comme pour les trajectoires classiques, ce sont les énergies renouvelables qui impactent le plus significativement l'avenir du secteur en termes de rejets CO<sub>2</sub>. Ensuite, ce sont à nouveaux les optimisations en chaufferie, les améliorations « process », la récupération et valorisation de chaleur « process » et l'achat d'énergie « verte » qui impacte le plus nettement l'avenir du secteur. À ces facteurs viennent se greffer l'effet des mesures innovantes d'efficacité énergétique qui contribuent également à baisser les émissions CO<sub>2</sub> d'environ 7%.



### Déploiement des mesures d'améliorations entre 2005 et 2050

Conformément à ce qui a été présenté précédemment, les mesures classiques d'efficacité énergétique identifiées lors des audits AdB sont considérées comme étant mis en œuvre avant 2020. Au-delà, l'on considère que la mise en place des mesures classiques là où du potentiel est encore présent seront d'application principalement entre 2030 et 2050. Enfin, on fait l'hypothèse que les mesures innovantes seront pour leur part qu'en mesure d'influencer la trajectoire qu'à partir de 2040 ; raison pour laquelle la pente de la droite entre 2040 et 2050 est légèrement plus inclinée qu'entre 2030 et 2040.

Suivant ces faits hypothétiques, la trajectoire attendue serait celle-ci :



#### 4) Trajectoire avec rupture « haute »

La trajectoire avec rupture « haute » reprend le même constat de départ que celui défini pour la trajectoire avec rupture « basse », notamment en ce qui concerne les avancées technologies. L'on prendra néanmoins des hypothèses plus optimistes dans le sens où l'on posera non plus l'hypothèse que 25% des entreprises réaliseront ces avancées technologiques d'ici 2050, mais plutôt 100% ; ce qui la rend la trajectoire nettement plus surréaliste mais comme pour les trajectoires classiques nous permet d'identifier le panel d'amélioration disponible entre une trajectoire dite « basse » et « haute ». En outre, cette trajectoire prendra en compte d'autres mesures innovantes mais plus incertaines (ex. CCS).

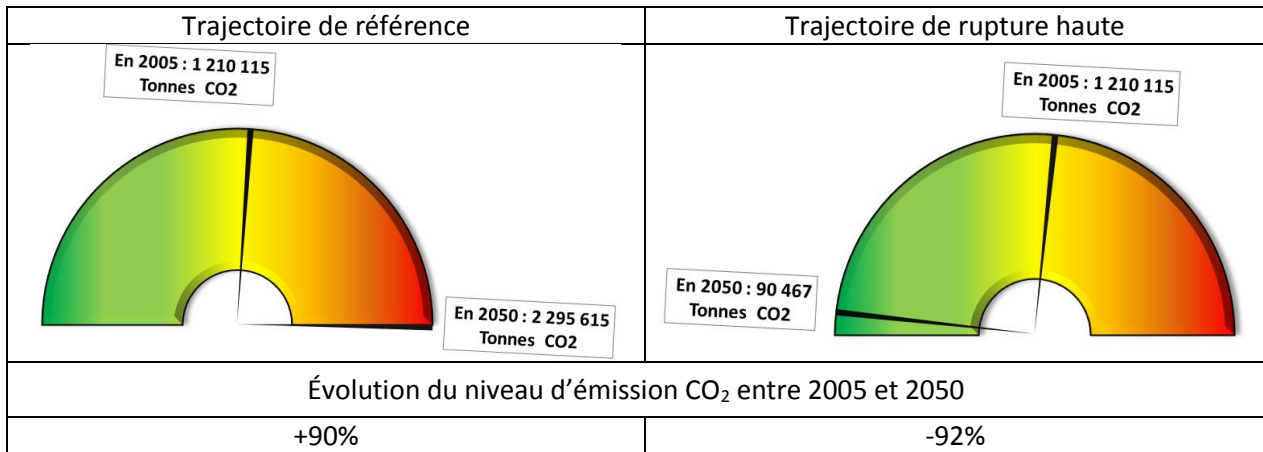
Les taux d'applicabilité propres à chacune des mesures d'améliorations sont résumés ci-dessous :

<b>Mesure classique d'efficacité énergétique</b>	<b>1</b>	<b>Introduction des énergies renouvelables</b>	Taux d'applicabilité (%)	
		Installation d'une unité de cogénération	100%	
		Installation d'une pompe à chaleur	100%	
		Installation de panneaux photovoltaïque	100%	
		Installation de panneaux solaires thermiques	100%	
		Installation d'une éolienne	100%	
		Installation d'une chaudière biomasse	100%	
		Installation d'une unité géothermique	100%	
		Installation d'une unité hydroélectrique	100%	
		Installation d'une unité de biométhanisation	100%	
		<b>2</b>	<b>Optimisation de l'efficacité énergétique du système d'air comprimé</b>	
			Renouvellement du système d'air comprimé	100%
			Optimiser la régulation du système d'air comprimé	100%
			Optimiser la taille du réservoir tampon	100%
			Détection des fuites	100%
			Prise d'air frais	100%
			Réduction du niveau de pression	100%
			Arrêt du compresseur en dehors des périodes de production	100%
			Isoler les sections non-utilisées du réseau d'air comprimé	100%
			Remplacement de l'air comprimé par un autre vecteur	100%
		<b>3</b>	<b>Optimisation de l'isolation thermique</b>	
			Isolation des tuyaux et accessoires en chaufferie	100%
			Isolation industrielle, tuyauterie et réservoir, chaud et froid	100%
			Isolation enveloppe	100%
		<b>4</b>	<b>Réduction de la consommation des installations d'éclairage</b>	
			Relighting	100%
			Gestion de l'éclairage	100%
		<b>5</b>	<b>Sensibilisation aux économies d'énergie</b>	
			Campagne de sensibilisation	100%
		<b>6</b>	<b>Optimisation chaufferie</b>	
			Remplacement des vieilles chaudières	100%
			Améliorer la performance des équipements	100%
			Améliorer le pilotage de l'installation	100%
			Modification d'une chaufferie existante par passage au gaz	100%



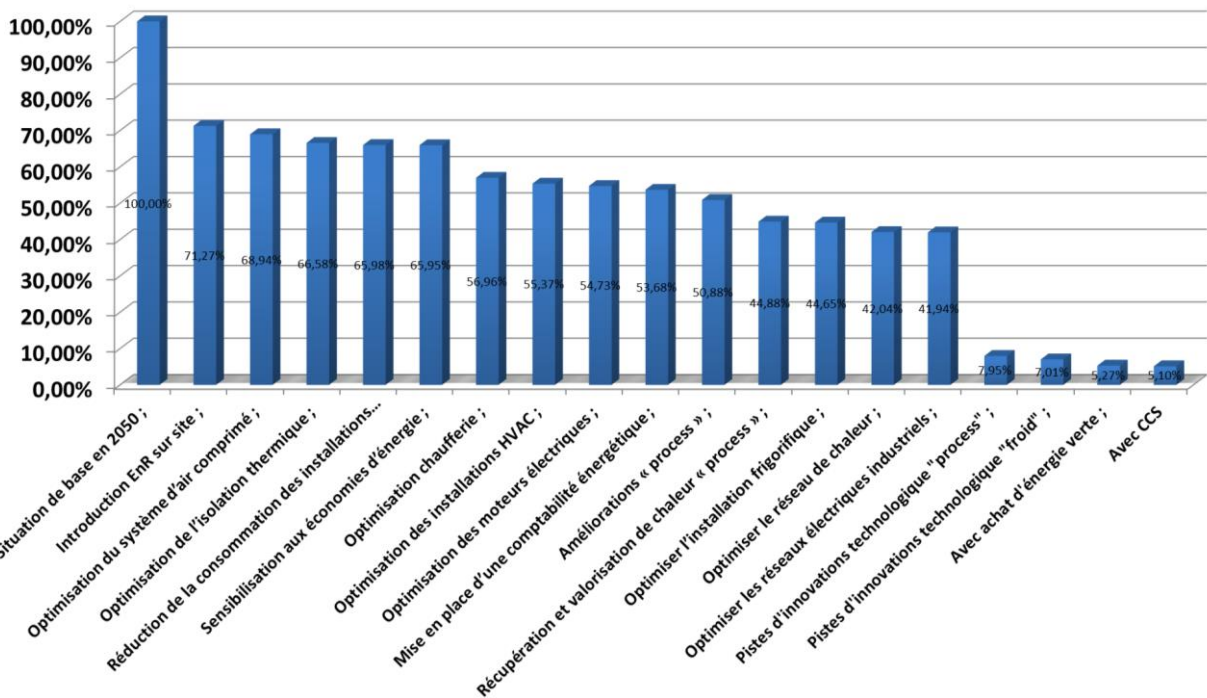
	7	<b>Optimisation des installations HVAC</b>	
		Améliorer la performance des équipements / Renouveler l'installation HVAC	100%
		Améliorer le pilotage de l'installation	100%
		Prévaloir les systèmes de ventilation naturels (free-cooling)	100%
	8	<b>Optimisation des moteurs électriques</b>	
		Installer un moteur à haut rendement	100%
		Optimiser la régulation du moteur	100%
	9	<b>Mise en place d'une comptabilité énergétique (monitoring)</b>	
		Mise en place d'une comptabilité énergétique	100%
	10	<b>Améliorations « process »</b>	
		Électricité : Équipements	70%
		Électricité : Gestion	81%
		Combustible : Équipements	19%
		Combustible : Gestion	51%
	11	<b>Récupération et valorisation de chaleur « process »</b>	
		Chaufferie	100%
		Réseau de chaleur	100%
		Installation frigorifique	100%
		Compresseurs	100%
		Equipements et Produits process	100%
12	<b>Optimiser l'installation frigorifique</b>		
	Renouveler l'installation complète	3%	
	Améliorer la performance des équipements	6%	
	Optimiser la gestion de l'installation	23%	
13	<b>Optimiser le réseau de chaleur</b>		
	Gestion	100%	
	Équipements	100%	
14	<b>Optimiser les réseaux électriques industriels</b>		
	Limiter les pertes au transformateur	100%	
	Détection des défauts d'isollements	100%	
<b>Mesure innovante d'efficacité énergétique</b>	15	<b>Piste d'innovation technologique "process"</b>	
		Technologies innovantes d'homogénéisation	100%
		Augmenter l'utilisation d'enzymes	100%
		Nouvelles technologies de "Pasteurisation et stérilisation"	100%
		Technologies innovantes de "Nettoyage en Place" (CIP)	100%
		Nouvelles technologies de fours à cuisson	100%
		Déshydratation avant le séchage	100%
		Sécheur à lit fluidisé	100%
		Autres technologies novatrices de sécheurs	100%
		Compression mécanique de vapeur (CMV)	100%
		Nouvelle technologie de réfrigération	100%
16	<b>Carbon Capture &amp; Storage</b>		
	Captage du carbone des fumées (CCS)	10%	
<b>Contrat de fourniture d'énergie</b>	17	<b>Achat énergie "verte"</b>	
		Achat d'électricité verte	80%
		Intégration du biogaz dans le réseau de distribution de gaz	20%

**Scénario 1 : 1,2%/an (jusque 2030) – 1,7%/an (jusque 2050)**



### Impact des mesures poste par poste

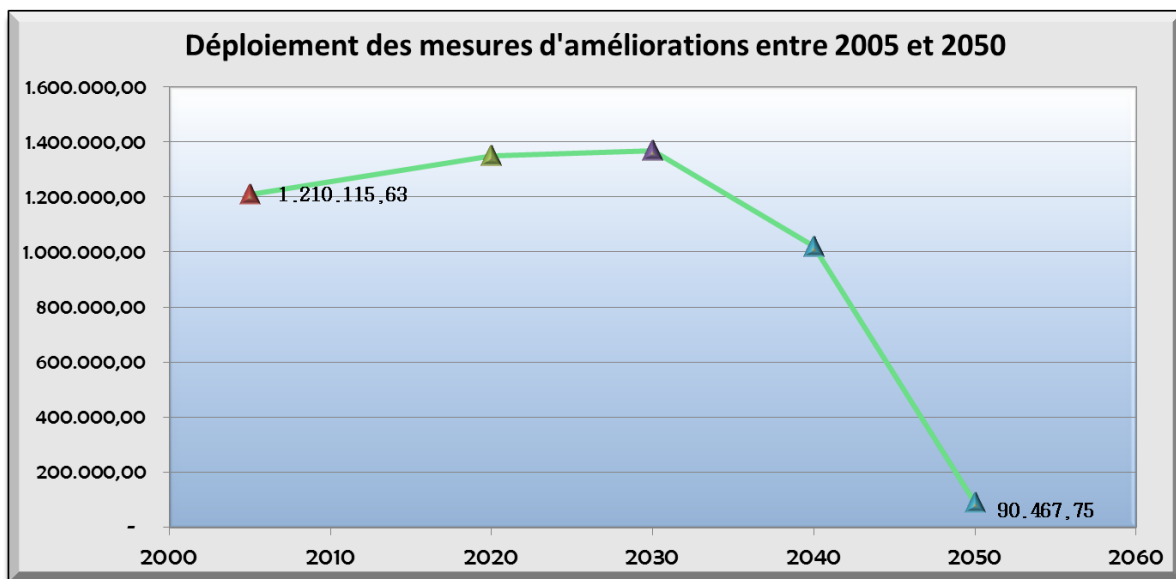
Les observations d'une trajectoire avec rupture « basse » concernant l'impact des mesures poste par poste peuvent être réappropriées dans le cas d'une trajectoire avec rupture « haute ». L'on s'aperçoit en outre que l'impact du CCS apparaît très faible. Ceci s'explique notamment par le fait que son taux d'application n'a été considéré qu'à 10%, mais en plus de cela, la séquestration du carbone ne porte que sur le CO<sub>2</sub> émis après la mise en œuvre de toutes les autres mesures. Autrement dit, si les entreprises du secteur parviennent en amont à réduire leurs émissions de CO<sub>2</sub>, alors le CCS n'aura plus qu'à séquestrer le carbone encore émis, mais en bien moins large quantité.



### Déploiement des mesures d'améliorations entre 2005 et 2050

Comme pour la trajectoire avec rupture « basse », le déploiement des mesures d'améliorations entre

2005 et 2050 peut être considéré identique. Néanmoins, à l'inverse de cette dernière, l'impact des mesures innovantes est nettement plus significatif entre 2040 et 2050. En effet, ces mesures sont supposés largement plus déployées dans le cadre de cette trajectoire avec rupture « haute ».



## 6. Conclusion

Ce rapport de roadmap vise à fournir une indication sur le devenir du secteur et permet de donner des éléments concrets de réflexion quant à l'évolution du secteur vers une société bas-carbone d'ici à 2050. Cette Roadmap peut ainsi fournir une indication au secteur, aux entreprises, mais peut également fournir des éléments au secteur en termes de recommandations/demandes au politique pour aider/soutenir le secteur dans cette voie d'une société bas-carbone en 2050.

La Roadmap s'appuie notamment sur une revue des mesures d'améliorations et de réductions des émissions de CO<sub>2</sub> pouvant être mises en œuvre. De nombreuses mesures « classiques » d'efficacité énergétique peuvent aujourd'hui encore être mises en œuvre dans les entreprises et une sensibilisation à ce sujet peut certes encore être menée. D'un autre côté, de nouvelles technologies au niveau process/utilities apparaissent et gagnent certainement à se faire connaître pour être développées plus avant, devenir abordables et être ensuite déployées dans les entreprises wallonnes.

Au niveau des conclusions à tirer des trajectoires calculées dans la présente Roadmap, on constate que, face aux objectifs européens qui visent à réduire de 80% les émissions de CO<sub>2</sub> du secteur, il importe de venir se placer dans une trajectoire avec rupture. Cette roadmap a effectivement démontré l'intérêt de sélectionner une trajectoire avec rupture idéalement placée entre la voie « basse » et la voie « haute » pour coller au mieux à ces objectifs européens.

L'exercice de cette roadmap reste par ailleurs très théorique, et se base entre autre sur les valeurs de gains CO<sub>2</sub> quantifié au niveau des audits AdB puis extrapolé pour la globalité du secteur pour ce qui est des mesures classiques, et sur les valeurs provenant de la roadmap anglaise pour ce qui est des

mesures innovantes. Ainsi, plusieurs cas de figures ont pu être construits au travers de plusieurs trajectoires hypothétiques.

**Remarque pratique :**

En pratique, l'outil sur lequel ces analyses sont basés sera mis à disposition du secteur, afin que celui-ci puisse librement opter pour l'une ou l'autre hypothèse et de là identifier l'impact de la mise en place de telle ou telle mesure d'amélioration de l'efficacité énergétique. Cet outil a effectivement pour vocation d'être continuellement utilisé et modifié d'année en année en fonction du déploiement prévu de telle ou telle technologie, et d'ainsi quantifier l'impact de ce déploiement sur les émissions de CO<sub>2</sub> du secteur agro-alimentaire. La version Excel de l'outil reste toutefois à usage privé de la FEVIA. Pour ce qui est de la partie du rapport décrivant les mesures, celle-ci pourrait faire l'objet d'une publication/d'un rapport spécifique pouvant être transmis aux entreprises.