



# **Bilan économique et environnemental relatifs au projet de décarbonatation du SEDIF**

**RAPPORT FINAL – VOLET 2**

Avril 2019

*Le Syndicat des Eaux d'Ile-de-France – Direction Générale des Services  
Techniques*

## Mentions légales

---

La présente étude a été réalisée par Deloitte Conseil et IRH à partir de données produites par le SEDIF, d'études publiques et d'observations et d'entretiens des experts dont la liste figure en annexe. De fait, les données utilisées ne sont pas auditées, ni vérifiées. Notre mission ne couvre pas de travaux de vérification de ces données, par conséquent, nous ne sommes pas en mesure de garantir l'exactitude et l'exhaustivité des informations qui nous sont fournies.

Les procédures que Deloitte Conseil met en œuvre en exécution de la présente mission sont uniquement réalisées à la demande du SEDIF dans le cadre d'un contrat avec le SEDIF ; *Marché n°2017-79: Etude calcaire*. A ce titre, Deloitte Conseil n'accepte aucune responsabilité dans le cas où la présente étude devait être remise à des tiers ou si des éléments étaient extraits et utilisés en tout ou partie ou pour tout autre motif que ceux expressément et préalablement acceptés par Deloitte Conseil. Nos travaux ne sont pas destinés à remplacer les diligences qu'il appartient, le cas échéant, aux tiers ayant eu communication de cette étude de mettre en œuvre au regard de leurs propres besoins.

### Citation du rapport

SEDIF (Anne-Laure COLON) ; Deloitte Développement Durable (Sébastien SOLEILLE, Mary Ann KONG, Alima KOITE, Robert ANGOUILLANT) ; IRH Ingénieur Conseil (Thierry PICHARD), 2018. *Bilan économique et environnemental relatifs au projet de décarbonation du SEDIF*. 119 pages.

---

Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite selon le Code de la propriété intellectuelle (art. L 122-4) et constitue une contrefaçon réprimée par le Code pénal. Seules sont autorisées (art. 122-5) les copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé de copiste et non destinées à une utilisation collective, ainsi que les analyses et courtes citations justifiées par le caractère critique, pédagogique ou d'information de l'œuvre à laquelle elles sont incorporées, sous réserve, toutefois, du respect des dispositions des articles L 122-10 à L 122-12 du même Code, relatives à la reproduction par reprographie.

## Préambule

---

Le présent rapport s'inscrit dans le cadre de l'étude *Etat des lieux du traitement du calcaire dans le monde*, mené par Deloitte Développement Durable (DDD) en partenariat avec IRH Ingénieur Conseil (IRH) pour Le Syndicat des Eaux d'Ile-de-France (SEDIF).

Ce rapport est le livrable final du volet 2, "Bilan économique et environnemental relatifs au projet de décarbonatation du SEDIF". Le rapport présente :

- L'ensemble des économies liées à la décarbonatation, directes et indirectes et un bilan énergétique global chez les usagers;
- L'ensemble des impacts environnementaux et sanitaires, quantifiés selon la fiabilité des données disponibles ;
- Les données et les hypothèses détaillées servant à calculer ou estimer les impacts ;
- Les résultats avec des fourchettes de valeurs et une estimation de l'incertitude pour chaque valeur; et
- Une mise en avant des impacts économiques et énergétiques pour les usagers de l'eau du SEDIF par rapport à des estimations de coûts d'investissement et d'exploitation et de consommation d'énergie de la décarbonatation collective.

# Table des matières

---

<b>1. Introduction</b>	<b>5</b>
1.1 Contexte	5
1.2 Objectifs	5
1.3 Champ de l'étude	5
<b>2. Méthodologie</b>	<b>7</b>
2.1 Méthode d'analyse	7
2.1.1 Scénarios de dureté	8
2.1.2 Scénarios d'usage	8
2.2 Méthode de calcul	9
<b>3. Situation de référence</b>	<b>12</b>
3.1 Données de référence	12
3.1.1 Caractéristiques des usines	12
3.1.2 Profil d'usagers	13
3.1.3 Consommation de l'eau	14
3.1.4 Autres valeurs de référence	20
<b>4. Bilan économique et environnemental : usages domestiques</b>	<b>24</b>
4.1 Impacts environnementaux	24
4.1.1 Consommation énergétique des équipements ménagers	24
4.1.2 Durée de vie des équipements	31
4.1.3 Volume de déchets générés par l'achat de bouteilles d'eau	34
4.1.4 Consommation de produits d'entretien	36
4.1.5 Emissions de CO <sub>2</sub>	38
4.1.6 Utilisation d'adoucisseurs individuels	51
4.2 Impacts socio-économiques	52
4.2.1 Gains liés à la réduction de la consommation d'énergie	52
4.2.2 Gains liés au prolongement de la durée de vie des équipements	53
4.2.3 Gains sur les achats de bouteilles d'eau	55
4.2.4 Gains sur les achats de produits d'entretien	56

4.2.5	Gains liés à l'arrêt de l'adoucissement	57
4.2.6	Satisfaction des usagers	59
4.2.7	Résultats globaux	59
4.3	Impacts sanitaires	68
4.3.1	Besoins en minéraux	68
4.3.2	Dissolution des métaux lourds	69
4.3.3	Formation de tartre et développement de microorganismes	70
4.3.4	Problèmes cutanés	70
4.3.5	Développement de pathogènes	70
5.	Bilan économique et environnemental de quatre professionnels	73
5.1	Les impacts environnementaux	73
5.1.1	Consommation des ressources	73
5.1.2	Quantité de saumures rejeté dans l'environnement	75
5.1.3	Emissions de GES liées à l'adoucissement	77
5.1.4	Consommation d'eau	79
5.1.5	Synthèse des impacts environnementaux pour les quatre professionnels	79
5.2	Les impacts économiques	80
6.	Synthèse des résultats	85
6.1	Bilan économique – usages domestiques	85
6.2	Bilan énergétique – usages domestiques	88
6.3	Synthèse des résultats pour les usages domestiques	90
6.4	Bilan économique et environnemental des quatre professionnels	93
7.1	Analyse critique des résultats	95
7.2	Les pistes à approfondir	96
8.	Annexe	99
9.	Références	125

## Liste des figures

Figure 1 : Le cadre d'analyse .....	8
Figure 2 : Répartition du nombre d'usagers par territoire (%), 2017 .....	13
Figure 3 : Répartition de volume d'eau consommée (%), par type d'usagers, 2017.....	14
Figure 4 : Répartition des utilisations domestiques de l'eau (CIEAU, 2017) .....	15
Figure 5 : Consommation d'eau en usage domestique, par poste (%) .....	17
Figure 6 : Répartition de volume d'eau consommée par les professionnels, 2017.....	18
Figure 7 : Réduction de consommation énergétique des équipements (kWh/an) .....	30
Figure 8 : Economies d'énergie (kWh/an), par catégorie d'utilisateur.....	30
Figure 9 : Scénario A – Réduction des émissions de CO <sub>2</sub> (tCO <sub>2</sub> eq/an).....	50
Figure 10 : Scénario B – Réduction des émissions de CO <sub>2</sub> (tCO <sub>2</sub> e/an).....	50
Figure 11 : Réduction totale des émissions de CO <sub>2</sub> (%) .....	51
Figure 12 : Economies totales – usages domestiques : scénario A et scénario B .....	62
Figure 13 : Economies réparties par poste de consommation (€/an/foyer) pour un foyer sans adoucisseur et consommant l'eau du robinet .....	66
Figure 14 : Impacts du scénario A sur quelques postes de consommation.....	67
Figure 15 : Réduction des émissions de GES (kgCO <sub>2</sub> e/an).....	79
Figure 16 : Economies liées à la réduction des réactifs d'adoucissement (€/an) .....	81
Figure 17 : Economies liées au traitement des chlorures (€/an) .....	82
Figure 18 : Consommation d'eau par poste (m <sup>3</sup> /an), usine de Méry-sur-Oise .....	116
Figure 19 : Bilan des coûts et bénéfices, usine de Méry-sur-Oise .....	117
Figure 20 : Consommation d'eau par poste (m <sup>3</sup> /an), usine de Choisy-le-Roi.....	118
Figure 21 : Bilan des coûts et des bénéfices, usine de Choisy-le-Roi .....	119
Figure 22 : Consommation d'eau par poste (m <sup>3</sup> /an), usine de Neuilly-sur-Marne .....	120
Figure 23 : Bilan des coûts et bénéfices, usine de Neuilly-Sur-Marne .....	121
Figure 24 : Consommation d'eau par poste (m <sup>3</sup> /an), usine d'Arvigny .....	122
Figure 25: Bilan des coûts et bénéfices, usine d'Arvigny .....	123

## Liste des tableaux

Tableau 1 : Paramètres techniques des usines .....	12
Tableau 2 : Profil d'usagers et principaux postes de consommation.....	13
Tableau 3 : Volume de l'eau consommée par type d'usagers, 2017.....	14
Tableau 4 : Consommation d'eau par catégorie d'utilisateur et par usine, 2017 .....	14
Tableau 5 : Répartition du volume d'eau consommée par type d'usages domestiques ...	16
Tableau 6 : Bilan de la consommation de l'eau - usages domestiques, par poste (m <sup>3</sup> /an) sur l'ensemble du territoire du SEDIF, 2017 .....	16
Tableau 7 : Volume d'eau consommé par les professionnels, 2017.....	18
Tableau 8 : Paramètres des acteurs industriels évalués .....	19
Tableau 9 : Répartition des usages de l'eau des secteurs industriels évalués.....	19
Tableau 10 : Indicateurs de référence pour l'évaluation des impacts .....	22
Tableau 11 : Hypothèses associées aux usages domestiques de l'eau .....	25
Tableau 12 : Corrélation entre consommation énergétique et dureté de l'eau .....	26
Tableau 13 : Impact des scénarios – consommation énergétique du lave-linge.....	27
Tableau 14 : Impact des scénarios – consommation énergétique du lave-vaisselle.....	28
Tableau 15 : Impact des scénarios – consommation énergétique du chauffe-eau .....	28
Tableau 16 : Impact des scénarios – consommation énergétique de la bouilloire .....	28
Tableau 17 : Impact des scénarios – consommation énergétique de la machine à café..	29
Tableau 18 : Gains énergétiques totaux, par usine .....	30
Tableau 19 : Corrélation entre la durée de vie des équipements et la dureté de l'eau ....	31
Tableau 20 : Impact des scénarios – durée de vie équipements (résultats pas ajustées)	32

Tableau 21 : Impact du scénario A – durée de vie équipements (résultats ajustés).....	33
Tableau 22 : Impact du scénario B – durée de vie équipements (résultats ajustés).....	33
Tableau 23 : Impacts des scénarios de dureté sur le volume des déchets .....	35
Tableau 24 : Corrélation entre la consommation de produits d’entretien et la dureté.....	36
Tableau 25 : Corrélation entre la consommation de produits d’entretien et la dureté.....	36
Tableau 26 : Réduction (kg/foyer/an) de volume des produits d’entretien.....	37
Tableau 27 : Quantité de CO <sub>2</sub> générées par les équipements (hors phase d’utilisation)..	38
Tableau 28 : Quantité de CO <sub>2</sub> générées par les produits d’entretien .....	39
Tableau 29 : Impact du scénario A sur les émissions de CO <sub>2</sub> liées à la consommation d’énergie des équipements domestiques.....	41
Tableau 30 : Impact du scénario B sur les émissions de CO <sub>2</sub> liées à la consommation d’énergie des équipements domestiques.....	43
Tableau 31 : Impact du scénario A sur les émissions de CO <sub>2</sub> liées à la durée de vie des équipements.....	44
Tableau 32 : Impact du scénario B sur les émissions de CO <sub>2</sub> liées à la durée de vie des équipements.....	45
Tableau 33 : Impact des scénarios de dureté sur les émissions de CO <sub>2</sub> liées à la consommation de produits d’entretien.....	46
Tableau 34 : Impact des scénarios de dureté sur les émissions de CO <sub>2</sub> liées à la réduction de la consommation de bouteilles d’eau.....	47
Tableau 35 : Impact du scénario A sur les émissions de CO <sub>2</sub> .....	48
Tableau 36 : Impact du scénario B sur les émissions de CO <sub>2</sub> .....	48
Tableau 37 : Economies (€/an) liées à la réduction de la consommation énergétique ....	52
Tableau 38 : Scénario A - économies liées au prolongement de la durée de vie des équipements.....	53
Tableau 39 : Scénario B - économies liées au prolongement de la durée de vie des équipements.....	54
Tableau 40 : Tableau récapitulatif – économies liées au prolongement de la durée de vie des équipements des deux scénarios de dureté .....	55
Tableau 41 : Economies liées à l’arrêt de l’achat de bouteilles d’eau .....	56
Tableau 42 : Economies liées à la baisse de l’achat de produits d’entretien .....	56
Tableau 43 : Economies liées à l’arrêt de l’adoucissement individuel .....	59
Tableau 44 : Economies totales par usine et par scénario de dureté.....	60
Tableau 45 : Economies totales liées à la décarbonatation (€/foyer/an).....	61
Tableau 46: Détails des économies, par poste de consommation (€/an/foyer).....	66
Tableau 47 : Réduction de la consommation de sel – secteur pharmaceutique .....	74
Tableau 48 : Réduction de la consommation de sel – secteur agroalimentaire .....	74
Tableau 49 : Réduction de la consommation de sel – nettoyage professionnelle .....	74
Tableau 50 : Réduction de la consommation de chaux – secteur agroalimentaire.....	75
Tableau 51 : Réduction de la quantité de chlorures rejetée dans l’environnement.....	77
Tableau 52 : Synthèse des impacts environnementaux – trois secteurs industriels.....	79
Tableau 53 : Economies liées à la réduction adoucissement de l’eau pour les quatre professionnels de trois secteurs industriels évalués.....	83
Tableau 54 : Volumes d’eau consommés communiqués par le SEDIF (m <sup>3</sup> /an) .....	86
Tableau 55 : Bilan des coûts et bénéfices – scénario A (€/an) .....	86
Tableau 56 : Bilan des coûts et bénéfices – scénario A (€/m <sup>3</sup> consommés).....	87
Tableau 57 : Bilan des coûts et bénéfices – scénario B (€/an) .....	87
Tableau 58 : Bilan des coûts et bénéfices – scénario B (€/m <sup>3</sup> consommés) .....	87
Tableau 59 : Gains en énergie – scénario A .....	89
Tableau 60 : Gains en énergie – scénario B .....	89
Tableau 61: Récapitulatif des gains et consommations énergétiques, par usine .....	89
Tableau 62 : Bilan environnemental et économique – usages domestiques (particuliers, collectivités, gestionnaires d’immeuble).....	91
Tableau 63 : Synthèse des impacts environnementaux pour les usages domestiques (particuliers, collectivités, gestionnaires d’immeuble).....	92

Tableau 64 : Synthèse des impacts économiques et sanitaires – usages domestiques ...	92
Tableau 65 : Bilan global des quatre acteurs professionnels évalués .....	94
Tableau 66 : Valeurs de référence – usages domestiques (particulier, collectivité, gestionnaire d'immeuble) .....	104
Tableau 67 : Valeurs de référence – usages industriels (professionnels) .....	106
Tableau 68 : Bilan environnemental et économique, usine de Méry-sur-Oise.....	116
Tableau 69 : Economies (€/an), usine de Méry-sur-Oise.....	117
Tableau 70 : Bilan environnemental et économique, usine de Choisy-le-Roi .....	118
Tableau 71 : Economies (€/an), usine de Choisy-le-Roi .....	119
Tableau 72 : Bilan environnemental et économique, usine de Neuilly-sur-Marne.....	120
Tableau 73 : Economies (€/an), usine de Neuilly-sur-Marne.....	121
Tableau 74 : Bilan environnemental et économique, usine d'Arvigny.....	122
Tableau 75 : Economies (€/an), usine d'Arvigny.....	123

## Liste des annexes

Annexe 1 : Description des catégories et indicateurs d'impact.....	100
Annexe 2 : Valeurs de référence.....	104
Annexe 3 : Données d'impact et hypothèses employés.....	108
Annexe 4 : Détails des impacts par usine .....	116

# **OBJECTIFS ET METHODOLOGIE**

# 1. Introduction

---

## 1.1 Contexte

Afin de répondre à l'évolution des attentes de ses abonnés et de la société civile (en matière de qualité organoleptique de l'eau distribuée (chlore et calcaire) et d'économies (dépenses publiques, facture de l'utilisateur), mais aussi de maîtrise des risques sanitaires (pesticides et micropolluants émergents) et d'impact environnemental (contribution à la transition écologique), le SEDIF a engagé depuis 2015 une réflexion prospective sur l'évolution de ses filières de production d'eau potable.

L'eau distribuée par les usines du SEDIF est de bonne qualité et respecte les exigences réglementaires. Cependant, sa teneur en calcaire diffère en fonction de la ressource. La dureté d'une eau ou titre hydrotimétrique correspond à la concentration en calcium et en magnésium dans l'eau. Le titre hydrométrique de l'eau produite dans les usines du SEDIF est sujet à de fortes fluctuations et peut dépasser les 30 °f (par ex. Choisy-Le-Roi, Neuilly-Sur-Marne et Arvigny). L'optimisation de la dureté de l'eau est donc l'un des volets clés du projet du SEDIF, avec l'élimination des micropolluants et la réduction de la chloration en réseau. Pour répondre à ces 3 objectifs, le SEDIF a fait le choix d'un traitement membranaire par osmose inverse basse pression sur ses filières de traitement.

La présente étude se focalise sur le volet décarbonation du projet. Le SEDIF travaille aujourd'hui sur les objectifs qu'il souhaite se fixer en matière de dureté de l'eau produite. Il souhaite quantifier les bénéfices économiques et environnementaux attendus de la décarbonation en fonction des différents scénarios de dureté. Cela lui permettra de confirmer la proportionnalité de ces bénéfices par rapport à l'objectif qu'il se sera fixé et aux investissements consentis, mais aussi de pouvoir les communiquer de manière efficace auprès des consommateurs (sensibilisation à une éventuelle modification de la facture d'eau, changement de comportements, etc.).

Le SEDIF compte parmi ses 592 000 abonnés<sup>1</sup> appartenant à de multiples catégories d'utilisateurs : foyers et ménages habitant en logement collectif ou individuel, gestionnaires d'immeuble (copropriétés très majoritairement composées de logements), collectivités qui regroupent les points de service desservant les communes (e.g. les établissements publics, les établissements scolaires, les établissements publics de santé) et le secteur industriel.

## 1.2 Objectifs

La présente étude a pour objectif d'établir un bilan économique et environnemental du projet de décarbonation du SEDIF. Plus particulièrement, cette étude vise à quantifier les impacts économiques, environnementaux et énergétiques engendrés chez l'utilisateur par la présence du calcaire dans l'eau potable distribuée actuellement sur le territoire du SEDIF – par rapport à l'eau décarbonatée collectivement qui sera distribuée ultérieurement.

## 1.3 Champ de l'étude

Le champ de cette étude couvre les impacts environnementaux, sanitaires et socio-économiques attendus de la décarbonation pour quatre usines du territoire du SEDIF. Ces usines alimentent en eau potable les 4,5 millions d'habitants des secteurs

---

<sup>1</sup> Au 1<sup>er</sup> janvier 2017, incluant : 11 Etablissements Publics Territoriaux, 5 Communautés d'agglomérations, 29 Communes à titre individuel, les Syndics de copropriétés ou mandataire désigné, les Propriétaires.

géographiques du SEDIF. Les usines et les communes d'implantation considérées dans cette étude sont les suivantes :

- Usine de Choisy-le-Roi : 600 000 m<sup>3</sup>/j de capacité maximale de production ; elle dessert le secteur Seine (ou Sud) pour 1,87 million d'habitants ;
- Usine de Neuilly-sur-Marne : 600 000 m<sup>3</sup>/j de capacité maximale de production ; elle dessert le secteur Marne (ou Est) pour 1,67 million d'habitants ;
- Usine de Méry-sur-Oise : 340 000 m<sup>3</sup>/j de capacité de production maximale ; elle dessert le secteur Oise (ou Nord) pour 0,85 million d'habitants ;
- Usine d'Arvigny : la plus petite des quatre usines et située hors du territoire syndical à Savigny-le- Temple. L'usine alimente 5 communes de la boucle sud du SEDIF. Elle distribue l'eau pompée dans la nappe du calcaire du Champigny à raison de 22 000 m<sup>3</sup>/j en moyenne et 50 000 m<sup>3</sup>/j en capacité maximale.

Cette analyse prend en compte l'ensemble impacts pertinents pour les différents abonnés du SEDIF, et ce sur la base d'une revue critique des données disponibles et d'hypothèses en cas de manque de données.

## 2. Méthodologie

---

Le déroulement de la méthodologie du volet 2 se compose de trois tâches principales:

- Définition du cadre/méthode d'analyse ;
- Analyse critique des données, collecte d'informations complémentaires et hypothèses de simplification ; et
- Calcul des impacts, des surcoûts et consolidation du bilan global.

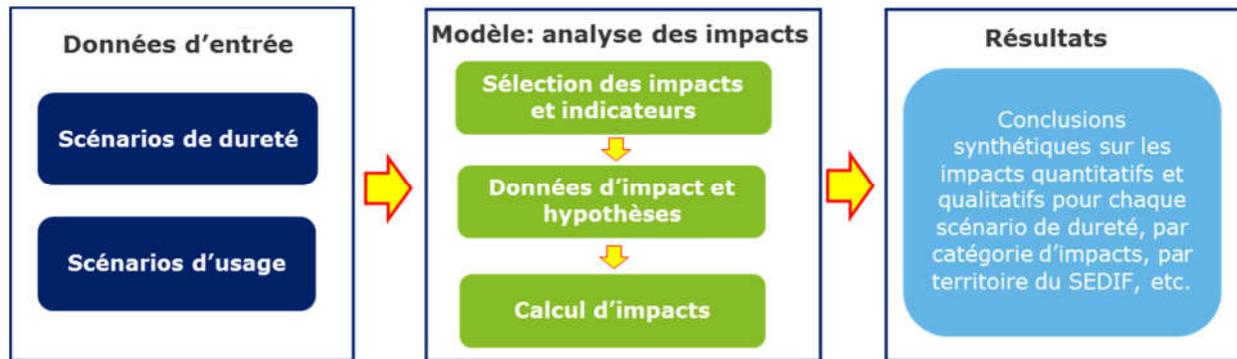
### 2.1 Méthode d'analyse

Notre approche pour l'analyse des impacts s'appuie sur un cadre d'analyse, établi avec l'objectif d'encadrer le déroulement de l'évaluation (Figure 1). Il intègre un modèle (outil Excel) permettant de comparer les impacts attendus du projet de décarbonation du SEDIF pour chaque usine et par catégorie d'impacts. La définition du cadre d'analyse passe par la définition :

- **Des données de référence** : Cela fait référence aux valeurs de base ou de référence (par ex. les principales catégories d'utilisateur concernées et leurs postes de consommation, le volume d'eau consommé par catégorie d'utilisateur et par usines, le nombre d'utilisateur desservi par chaque usine, etc.) qui permettent de comparer les résultats des scénarios de dureté cibles avec la situation actuelle. Le chapitre 3 présente les données de référence ; l'Annexe 2 inclut les informations détaillées pour ces valeurs de référence.
- **Des catégories d'impacts et indicateurs associés** : Les impacts environnementaux, socio-économiques et sanitaires sont les trois principales catégories d'impact qui sont analysées. Des indicateurs spécifiques à chaque catégorie ont été définis afin de quantifier autant que possible les impacts potentiels du projet de décarbonation du SEDIF. Une description détaillée de tous les indicateurs évalués dans le cadre de l'étude est disponible en Annexe 1.
- **Des facteurs de modélisation** : Les facteurs de modélisation sont des facteurs permettant de quantifier les impacts i.e. les corrélations entre la dureté de l'eau et la consommation énergétique des équipements ménagers, la consommation des produits d'entretien, etc. Pour cela l'équipe projet a :
  - Collecté les données complémentaires en cas de données manquantes ou peu fiables – suite aux entretiens avec les experts et une recherche bibliographique exhaustive ;
  - Formulé des hypothèses de simplification robustes dans certains cas quand les données n'étaient pas disponibles ou peu fiables ;
  - Distingué les indicateurs quantitatifs et les indicateurs qualitatifs ; et
  - Déterminé la fiabilité des résultats (en fonction des sources utilisées, en comparaison avec d'autres études similaires et via une analyse de sensibilité).

Toutes les hypothèses et calculs employés pour mesurer les impacts du projet de décarbonation sont décrits dans le bilan économique et environnemental et récapitulés dans l'Annexe 3.

Figure 1 : Le cadre d'analyse



### 2.1.1 Scénarios de dureté

Les données d'entrée établissant le scénario de référence (ou situation actuelle) sont classées en deux catégories principales : les scénarios de dureté (réelle et cible) et les scénarios d'usage. Les scénarios de dureté sur laquelle l'évaluation des impacts du projet de décarbonation du SEDIF se base, incluent :

- Les valeurs de dureté actuelles : la dureté de l'eau en moyenne distribuée par les quatre usines étudiées (voir Tableau 1, section 3.1.1) ; et
- Les scénarios de dureté cibles : deux scénarios de dureté cibles reflétant les objectifs du SEDIF:

**Scénario de dureté A : TH = 10 °f**

**Scénario de dureté B : TH = 15 °f**

### 2.1.2 Scénarios d'usage

Les scénarios d'usage sont basés sur les données socio-économiques relatives au périmètre d'activité du SEDIF, notamment les grandes catégories d'usagers représentatives des abonnés du SEDIF et qui seront potentiellement impactées par le projet : les particuliers, les gestionnaires d'immeuble, les collectivités et les professionnels.

Les scénarios d'usage prennent également en compte la quantité d'eau consommée ainsi que les **postes de consommation** (et leur conditions d'utilisation) les plus pertinents pour chaque catégorie d'usager (voir Tableau 2). Par exemple, pour les particuliers, l'eau est plutôt utilisée à des fins **domestiques** notamment pour l'alimentation, l'hygiène personnelle et l'électroménager (linge, vaisselle, machine à café et bouilloire) tandis que pour les acteurs représentés dans la catégorie des professionnels, les postes de consommation d'eau concernent plutôt les **usages industriels** (eaux de procès, usages techniques, production de vapeur, etc.).

**La couverture d'utilisation** pour certains postes de consommation a également été définie en se basant sur des données issues de L'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME)<sup>2</sup> et le Groupement des marques d'appareils pour la maison (GIFAM)<sup>3</sup>. Ceci est valable en particulier pour les équipements domestiques (appareils électroménagers et chauffe-eau). En effet, la fréquence d'utilisation ainsi que la couverture des usagers de tels équipements varient d'un foyer à l'autre : tous les usagers n'ont pas

<sup>2</sup> ADEME, 2017. *Guide pratique pour réduire sa facture d'électricité.*

<sup>3</sup> GIFAM, 2018. *Fiches techniques sur le lave-linge, le lave-vaisselle, la machine à café et la bouilloire.*

forcément un chauffe-eau électrique à leur domicile, il en est de même pour les lave-vaisselles. Des hypothèses ont donc été formulées sur les paramètres de couverture (par ex. 100 % des foyers ont accès à un lave-linge alors que 63 % des foyers ont un lave-vaisselle) et la fréquence d'utilisation de tels équipements (si disponible). Les hypothèses de calcul associées à chaque poste de consommation sont présentées en Annexe 3.

Enfin, concernant **la catégorie des professionnels**, il a été décidé de réaliser l'évaluation des impacts sur **une sélection d'acteurs clés** de cette catégorie en raison de la nature très hétérogène des activités représentées (par ex. postes de consommation). Dans le contexte des opérations du SEDIF, la catégorie des professionnels regroupe les points de service ne desservant ni les logements, ni le segment collectivité. Elle est donc très large et s'étend du salon de coiffure et de la boulangerie au site industriel (i.e. fabricant des boissons, produits pharmaceutiques, etc.). Au vu de l'hétérogénéité significative de cette catégorie d'utilisateurs, les résultats des impacts calculés sur ces consommateurs sont **présentés séparément** et ne sont donc pas extrapolés à l'ensemble des consommateurs industriels, ni aux autres catégories d'utilisateurs (particuliers, collectivités, gestionnaires d'immeuble). L'évaluation des impacts a été effectuée sur une sélection des quatre acteurs, représentant trois secteurs industriels de cette catégorie. L'analyse a pris en compte la diversité des industries représentées, le degré d'impact estimé sur leurs activités industrielles, ainsi que la quantité d'eau consommée en 2017. À ce titre, **quatre acteurs** représentés dans **trois secteurs industriels** ont été sélectionnés pour l'évaluation des impacts attendus du projet de décarbonation :

- Pharmaceutique : un industriel du secteur
- Agroalimentaire (fabrication des boissons) : deux industriels du secteur
- Nettoyage industriel : un industriel du secteur

Plus des détails sur ces catégories d'utilisateurs et les éléments mentionnés ci-dessus sont fournis dans la section 3.1.2 et l'Annexe 2.

## 2.2 Méthode de calcul

Un modèle a été établi sous format Excel, prenant en compte les facteurs décrits précédemment (scénarios de dureté et scénarios d'usage), et qui permet de quantifier les impacts potentiels du projet de décarbonation sur le territoire du SEDIF.

Le modèle Excel développé permet de sélectionner les différents scénarios de dureté (les valeurs cibles de dureté et les valeurs actuelles de référence) et de visualiser les résultats par usine, par indicateur et le bilan global intégrant les 3 catégories d'utilisateurs (particuliers, gestionnaires d'immeuble et collectivités). Un onglet a également été créé uniquement pour la catégorie des professionnels. Le modèle a été conçu en se basant sur les données issues d'études évaluant les impacts du calcaire chez les usagers (DTU management, 2009<sup>4</sup> ; WQRF, 2011<sup>5</sup> ; Godskesen, 2012<sup>6</sup>).

Pour chaque publication, les indicateurs ayant été étudiés sont principalement la consommation énergétique, la durée de vie des équipements ainsi que la quantité de détergents utilisés. L'effet du calcaire sur ces paramètres a été quantifié pour différents niveaux de dureté. Nous nous sommes donc basés sur ces données pour faire des graphes

<sup>4</sup> DTU management, 2009. Life Cycle Assessment on Central Softening of Drinking Water in Copenhagen. N.B. Pays de l'étude : Copenhague, Danemark.

<sup>5</sup> WQRF, 2011. Softened Water Benefits Study –Energy savings and detergent savings. N.B. Pays de l'étude : Etats-Unis.

<sup>6</sup> Godskesen, B. et al., 2012. Life cycle assessment of central softening of very hard drinking water. N.B. Pays de l'étude : Copenhague, Danemark.

afin de vérifier s'il existe une corrélation linéaire entre la dureté et ces indicateurs ( $R^2 \sim 1$ ). Les méthodes de calcul de chaque indicateur sont détaillées en Annexe 3.

Par ailleurs, avant d'évaluer les impacts, une autre étape a été d'identifier les indicateurs quantitatifs et les indicateurs qualitatifs. En effet, la quantification de tous les indicateurs n'était pas toujours possible – notamment dans le cas des indicateurs sanitaires, à cause de la qualité ou de l'indisponibilité des données requises. Dans ces cas, les résultats sont présentés qualitativement et sur la base d'informations pertinentes recueillies dans la littérature ou via des entretiens avec des experts. Pour les catégories d'impacts qui ont été quantifiées, on peut noter que :

- La quantification des impacts environnementaux de production, consommation et fin de vie des équipements endommagés ou de produits connexes (hygiène, entretien) prend en compte, **lorsqu'elles existent**, les données d'inventaire du cycle de vie de ce type de produit.
- En fonction des catégories d'impacts quantifiés, des fourchettes de valeur et des degrés de confiance ont été associés à la mesure de l'impact.

Dans la présentation des deux bilans environnementaux et économiques pour les usages domestiques de l'eau (chapitre 4) et les usages industriels de l'eau (chapitre 5), les méthodes de calcul sont clairement décrites, suivies des résultats des calculs effectués.

# SITUATION DE REFERENCE

## 3. Situation de référence

L'évaluation des impacts potentiels du projet de décarbonation est basée sur les duretés de l'eau distribuée par les quatre usines principales, ainsi que d'autres valeurs de référence. Ce chapitre présente les données de référence correspondant à la situation actuelle (où la situation de référence) sur le territoire Ile-de-France du SEDIF.

### 3.1 Données de référence

Afin de pouvoir comparer la situation actuelle aux impacts attendus des différents scénarios de dureté cibles du projet, un **scénario de référence** a été établi. Le scénario de référence prend en compte les données de référence suivantes :

- Caractéristiques des usines (dureté moyenne, nombre d'usagers desservis)
- Profils d'usagers
- Consommation de l'eau
- Autres paramètres de référence (consommation d'énergie, émissions de CO<sub>2</sub>)

#### 3.1.1 Caractéristiques des usines

Les caractéristiques techniques de chaque usine sont des informations clés car elles nous permettent d'estimer la magnitude des impacts globaux sur le territoire, par secteur géographique et selon le scénario de dureté cible. Le Tableau 1 précise les paramètres techniques de chaque usine tels que la dureté de l'eau moyenne et le nombre d'usagers desservis.

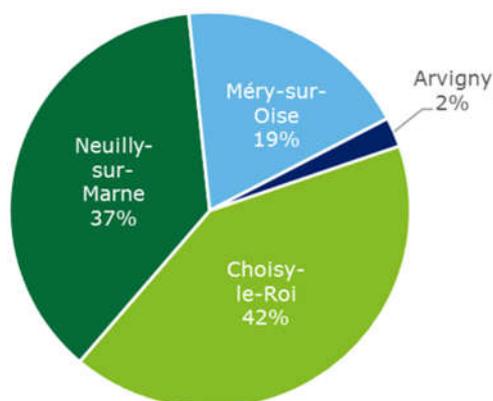
A noter qu'à l'heure actuelle, l'eau distribuée par les usines évaluées peut être considérée comme dure ou très dure (TH  $\geq$  15 °f). Le nombre d'usagers desservis par ces usines représente environ 4,5 million d'usagers. L'usine de Choisy-le-Roi représente la plus grande part du territoire en termes de nombre d'usagers desservis (42 %) (Figure 2)

Tableau 1 : Paramètres techniques des usines<sup>7</sup>

Territoire /usine	Dureté moyenne (°f), 2015	Capacité maximale (m <sup>3</sup> /j)	Nombre d'usagers desservis
<b>Choisy-le-Roi</b>	23	600 000	1,87 million
<b>Neuilly-sur-Marne</b>	27	600 000	1,67 million
<b>Méry-sur-Oise</b>	17	340 000	0,85 million
<b>Arvigny</b>	32	50 000	0,11 million
<b>Nombre total d'usagers desservis :</b>			<b>4,5 million</b>

A noter qu'un procédé de nanofiltration a été mis en place à l'usine de Méry-sur-Oise, permettant d'améliorer la dureté de l'eau produite par l'usine (passage de 30 °f à 17 °f). Sur demande du SEDIF, les impacts de la dureté à 30 °f seront évalués pour avoir une idée de l'impact de ce traitement. Uniquement les indicateurs de consommation énergétique et économies totales seront évalués.

<sup>7</sup> Selon les informations fournies par le SEDIF.

Figure 2 : Répartition du nombre d'utilisateurs par territoire (%), 2017<sup>8</sup>

### 3.1.2 Profil d'utilisateurs

Le SEDIF compte parmi ses abonnés, de multiples catégories d'utilisateurs définies en fonction de leurs usages de l'eau. Afin d'affiner l'évaluation, quatre grandes catégories d'utilisateurs ont été sélectionnées par rapport à leurs principaux postes de consommation : les particuliers, les gestionnaires d'immeuble, les collectivités et les professionnels (Tableau 2). En outre, deux principaux usages de l'eau peuvent être distingués : **les usages domestiques et les usages industriels**.

Tableau 2 : Profil d'utilisateurs et principaux postes de consommation

Catégorie d'utilisateur	Définition	Postes de consommation
<b>Gestionnaire d'immeuble</b>	Les gestionnaires d'immeuble sont principalement les copropriétés (e.g. les syndicats de copropriété) responsable pour la gestion de logements collectifs L'utilisation de l'eau est donc plutôt pour les usages domestiques.	<b>Usage domestique :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Alimentation (boisson et cuisine)</li> <li>Hygiène personnelle (bain et douche)</li> <li>Sanitaires (toilettes, nettoyage des domiciles)</li> <li>Linge</li> <li>Vaisselle</li> <li>Autres (machine à café, bouilloire)</li> </ul>
<b>Particulier</b>	Les particuliers sont des individus habitants dans un appartement ou une maison individuelle / pavillon, caractérisés par une consommation domestique de l'eau.	<b>Usage domestique :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Alimentation</li> <li>Sanitaires/ nettoyage</li> <li>Autres (machine à café, bouilloire)</li> </ul>
<b>Collectivité</b>	Les collectivités concernent les points de service desservant les communes : établissements publics (les mairies, caisse de dépôts...), établissements scolaires (écoles, lycées), services d'assainissement collectifs, etc.	<b>Usage domestique :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Alimentation</li> <li>Sanitaires/ nettoyage</li> <li>Autres (machine à café, bouilloire)</li> </ul>
<b>Professionnel</b>	Ce segment regroupe tout autre acteur et donc est très large et hétérogène en termes de type d'acteur. Selon les données du SEDIF, cette catégorie regroupe les bâtiments industriels, les commerces, les bureaux, les établissements de santé et les chantiers. Les acteurs utilisant le plus de l'eau dans cette catégorie sont les sites industriels (eau de process).	<b>Usage industriel :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Eau de process : l'eau d'alimentation des chaudières, de refroidissement pour les échangeurs de chaleur ou les moteurs, l'eau déminéralisée pour les dilutions de produits chimiques, etc.</li> </ul>

<sup>8</sup> Selon les informations fournies par le SEDIF.

### 3.1.3 Consommation de l'eau

En 2017, les gestionnaires d'immeubles (54%) et les particuliers (22%) représentaient 76% du volume total d'eau consommée sur le territoire du SEDIF. Les professionnels et les collectivités représentaient respectivement 16% et 8% de la consommation totale d'eau. Le Tableau 3 et la Figure 3 récapitulent la part de volume total d'eau consommée par catégorie d'usagers et par usine, communiqués par Veolia. Enfin le Tableau 4 présente la consommation d'eau des différentes catégories d'usagers par usine. Etant donné que nous ne disposons pas du nombre d'usagers par catégorie (nombre de collectivités, de gestionnaires d'immeuble, etc.), ces données de consommation d'eau servent de base pour évaluer les impacts par type d'usagers et à l'échelle des usines.

Les détails concernant la répartition des usagers relative à chacune des usines évaluées, sont disponibles en Annexe 4.

Tableau 3 : Volume de l'eau consommée par type d'usagers, 2017<sup>9</sup>

Catégorie d'usager	Volume de l'eau consommé (m <sup>3</sup> )
Gestionnaire d'immeuble	131 014 640
Particulier	52 413 645
Professionnel	39 758 858
Collectivité	20 382 171
<b>Total</b>	<b>243 569 314</b>

Figure 3 : Répartition de volume d'eau consommée (%), par type d'usagers, 2017<sup>9</sup>

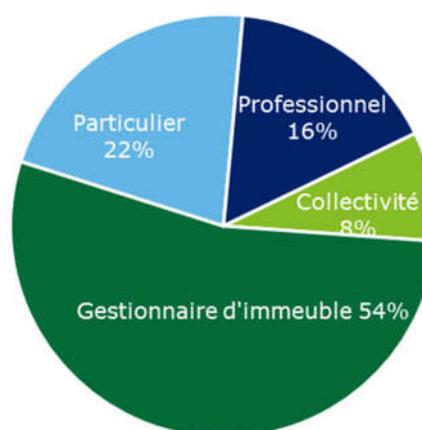


Tableau 4 : Consommation d'eau par catégorie d'usager et par usine, 2017<sup>9</sup>

Usines	Catégorie d'usagers, volume de l'eau consommé (m <sup>3</sup> )				Total (m <sup>3</sup> )
	Collectivité	Gestionnaire d'immeuble	Particulier	Professionnel	
Neuilly-sur-Marne	7 506 856 8 %	50 985 735 54 %	20 006 579 21 %	15 690 761 17 %	94 189 931 100 %
Choisy-le-Roi	9 396 504 9 %	60 219 516 58 %	16 526 333 16 %	18 007 446 17 %	104 149 799 100 %
Méry-sur-Oise	3 065 158 8 %	18 099 260 44 %	14 483 196 36 %	5 107 016 13 %	40 754 630 100 %
Arvigny	413 653 9 %	1 710 129 38 %	1 397 537 31 %	953 635 21 %	4 474 954 100 %
<b>Total (m<sup>3</sup>)</b>	<b>20 382 171</b>	<b>131 014 640</b>	<b>52 413 645</b>	<b>39 758 858</b>	<b>243 569 314</b>

<sup>9</sup> Données fournies par Veolia. Voir également l'onglet « Hypothèses et sources » du fichier de calculs Excel.

### 3.1.3.1 Usages domestiques – particuliers, gestionnaires d'immeuble, collectivités

**L'usage domestique** de l'eau désigne l'eau utilisée à des fins domestiques par exemple, pour boire, préparer de la nourriture, se laver et se brosser les dents, laver les vêtements, faire la vaisselle etc. Ce type d'usage et les postes de consommation associés concernent donc surtout trois catégories d'utilisateurs : **les particuliers, les collectivités et les gestionnaires d'immeuble.**

D'après les données du CIEAU<sup>10</sup>, les usages domestiques de l'eau concernent principalement l'alimentation qui couvre à la fois la boisson et la cuisine, la vaisselle, le linge, les sanitaires et le nettoyage des locaux, l'hygiène personnelle (bains et douches), le jardin et la voiture, et d'autres utilisations de l'eau notamment la machine à café et la bouilloire. Dans le cadre de cette étude, les postes de consommation « voiture et jardin » n'ont pas été évalués car nous estimons que la décarbonation aura peu ou pas d'effet sur ces postes. La répartition de ces différentes utilisations domestiques de l'eau est indiquée dans la Figure 4 ci-dessous. Ces % peuvent varier d'un foyer à l'autre, car la consommation d'eau dépend du matériel utilisé et des habitudes de chacun. Par exemple certains lave-vaisselles sont plus économes en eau que d'autres et certains appareils mal réglés peuvent entraîner une surconsommation d'eau, etc. De plus dans notre cas nous avons estimé que le poste de consommation « divers » ne concerne que l'eau utilisée pour la machine à café et la bouilloire.

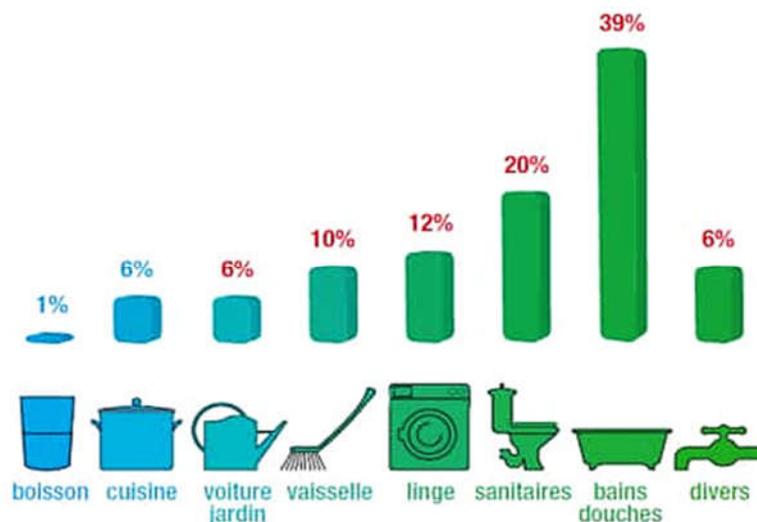


Figure 4 : Répartition des utilisations domestiques de l'eau (CIEAU, 2017)

Les données de consommation d'eau par catégorie d'utilisateurs (présentées dans la section 3.1.3 précédente) indiquent que l'usage domestique, qui est l'usage principal de l'eau pour les catégories des particuliers, collectivités et gestionnaires d'immeubles, est de loin l'utilisation d'eau la plus représentée sur le territoire du SEDIF.

Afin d'obtenir la consommation d'eau associée à chaque usage domestique, nous avons appliqué les % du CIEAU aux volumes d'eau consommée par les catégories d'utilisateurs présentés dans le Tableau 4. Par exemple pour déterminer le volume d'eau utilisée pour l'alimentation, nous avons multiplié par 7% la somme des consommations d'eau des collectivités, les particuliers et les gestionnaires d'immeuble.

Le tableau suivant présente la répartition de la consommation d'eau par type d'usages domestiques (susceptibles d'être impactés par le projet) et par usine. Les particuliers, les

<sup>10</sup> CIEAU, 2017. « Quelle est la consommation d'eau moyenne par ménage ? ». Disponible à l'adresse : [www.cieau.com/le-metier-de-leau/ressource-en-eau-eau-potable-eaux-usees/quels-sont-les-usages-domestiques-de-leau](http://www.cieau.com/le-metier-de-leau/ressource-en-eau-eau-potable-eaux-usees/quels-sont-les-usages-domestiques-de-leau)

collectivités et les gestionnaires d'immeuble ont été pris en compte dans les calculs concernant les postes de consommation alimentation, usages sanitaires et autres (machine à café et bouilloire). En revanche, pour la consommation d'eau associée à l'hygiène personnelle, le linge et la vaisselle, seuls les particuliers et les gestionnaires d'immeuble ont été considérés.

Tableau 5 : Répartition du volume d'eau consommée par type d'usages domestiques (susceptibles d'être impactés par la décarbonation) et par usine

Postes de consommation d'eau impactés et consommation d'eau (m <sup>3</sup> /an)							
Usines	Alimentation <sup>11</sup>	Hygiène	Sanitaires	Linge	Vaisselle	Autres <sup>12</sup>	Total (m <sup>3</sup> /an)
Neuilly	5 494 942	27 687 002	15 699 834	8 519 078	7 099 231	4 709 950	<b>69 210 037</b>
Choisy	6 029 965	29 930 881	17 228 471	9 209 502	7 674 585	5 168 541	<b>75 241 945</b>
Méry	2 495 333	12 707 158	7 129 523	3 909 895	3 258 246	2 138 857	<b>31 639 012</b>
Arvigny	246 492	1 211 990	704 264	372 920	310 767	211 279	<b>3 057 712</b>
<b>Total usages domestiques</b>	14 266 732	71 537 031	40 762 091	22 011 394	18 342 829	12 228 627	<b>179 148 704</b>

Sur la base de ces informations<sup>13</sup> et les hypothèses sur les scénarios d'usages, la répartition des usages domestiques sur le territoire du SEDIF est présentée dans le Tableau 6 et la Figure 5.

Tableau 6 : Bilan de la consommation de l'eau - usages domestiques, par poste (m<sup>3</sup>/an) sur l'ensemble du territoire du SEDIF, 2017

Poste de consommation impacté par la décarbonation	Consommation d'eau		Catégorie d'usager
	% (CIEAU)	m <sup>3</sup> /an	
Alimentation (boisson, cuisine)	8 %	14 266 732 m <sup>3</sup> /an	<ul style="list-style-type: none"> <li>Particuliers</li> <li>Gestionnaires d'immeuble</li> <li>Collectivités</li> </ul>
Hygiène personnelle (bain / douche)	40 %	71 537 031 m <sup>3</sup> /an	<ul style="list-style-type: none"> <li>Particuliers</li> <li>Gestionnaires d'immeuble</li> </ul>
Sanitaire (nettoyage, toilette)	23 %	40 762 091 m <sup>3</sup> /an	<ul style="list-style-type: none"> <li>Particuliers</li> <li>Gestionnaires d'immeuble</li> <li>Collectivités</li> </ul>
Linge	12 %	22 011 394 m <sup>3</sup> /an	<ul style="list-style-type: none"> <li>Particuliers</li> <li>Gestionnaires d'immeuble</li> </ul>
Vaisselle	10 %	18 342 829 m <sup>3</sup> /an	<ul style="list-style-type: none"> <li>Particuliers</li> <li>Gestionnaires d'immeuble</li> </ul>
Autre (machine à café, bouilloire)	7 %	12 228 627 m <sup>3</sup> /an	<ul style="list-style-type: none"> <li>Particuliers</li> <li>Gestionnaires d'immeuble</li> <li>Collectivités</li> </ul>
<b>Total</b>		<b>179 148 704 m<sup>3</sup>/an</b>	

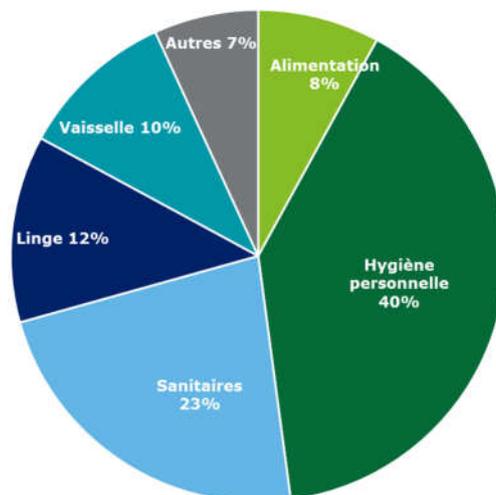
<sup>11</sup> Utilisation de l'eau pour la boisson et la cuisine

<sup>12</sup> Utilisation de l'eau pour la machine à café et la bouilloire

<sup>13</sup> Le Centre d'Information sur L'eau (CIEAU), « Quelle est la consommation d'eau moyenne par ménage ? »

L'analyse montre que l'hygiène personnelle représente l'usage domestique le plus conséquent en termes de volume d'eau consommée (40 %) en 2017. L'hygiène personnelle concerne la consommation d'eau chaude pour les bains / les douches et prend en compte l'utilisation de savon corporel.

Figure 5 : Consommation d'eau en usage domestique, par poste (%)



### 3.1.3.2 Usages industriels – professionnels

**Les usages industriels** de l'eau désignent à la fois l'eau d'alimentation des chaudières, l'eau de refroidissement pour les échangeurs de chaleur ou les moteurs, l'eau déminéralisée pour les dilutions de produits chimiques, etc. L'utilisation industrielle de l'eau concerne surtout l'eau de process, utilisée pour le fonctionnement d'un procédé (l'alimentation des générateurs de vapeurs) ou la fabrication d'un produit. L'usage industriel de l'eau s'adresse ainsi à un large éventail d'industries – alimentaire, papier, produits chimiques, pétrole raffiné, métaux primaires, bois, essence et huiles.

La dureté de l'eau est très importante dans beaucoup d'applications industrielles car certains sels (calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ), magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ ) et bicarbonate ( $\text{HCO}_3^-$ )) provenant de l'eau dure peuvent engendrer des problèmes d'entartrage dans les canalisations d'eau chaude, les appareillages d'eau potable et les systèmes de traitement de l'eau.

La **catégorie des professionnels**, dans le contexte du territoire du SEDIF, englobe une diversité d'acteurs différents et, par conséquent, des utilisations variées de l'eau. Comme expliqué précédemment, l'hétérogénéité des acteurs et des usages de l'eau très variables dans cette catégorie empêche une analyse plus approfondie et exhaustive des impacts pour tous les acteurs représentés. À ce titre, la sélection des acteurs à évaluer a été basée sur leur représentativité en termes de volume d'eau consommée en 2017, ainsi que les différents secteurs économiques présents sur le territoire du SEDIF qui pourraient être impactés par la décarbonation collective. Les trois secteurs industriels sélectionnés pour l'évaluation des impacts potentiels du projet de décarbonation sont :

- **L'industrie pharmaceutique** : Dans les industries pharmaceutiques, l'eau est utilisée en tant qu'eau purifiée ou **ultra pure**, pour la préparation de médicaments. La production d'eau ultra-pure consiste en la déminéralisation par filtration membranaire ou sur résines échangeuses d'ions, afin d'atteindre une certaine conductivité. L'eau déminéralisée est ensuite traitée sur résine à lit mélangé haute performance ou par électrodéionisation<sup>14</sup>.

<sup>14</sup> Lenntech, « L'eau Ultra Pure ». Disponible à : [www.lenntech.fr/applications/ultrapure/eau-ultra-pure.htm](http://www.lenntech.fr/applications/ultrapure/eau-ultra-pure.htm)

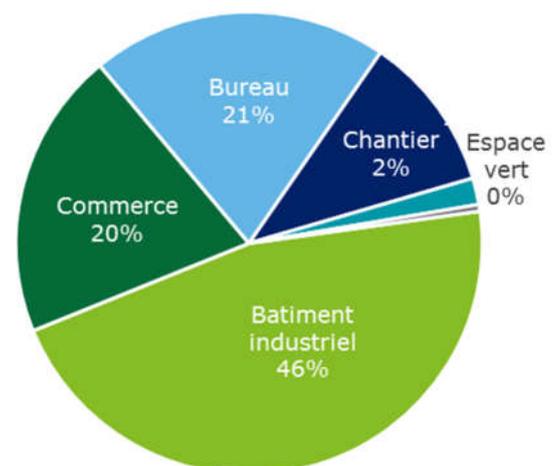
- L'industrie agroalimentaire** (fabrication des boissons) : L'eau est l'ingrédient principal à presque 90 % pour la fabrication de boissons gazeuses<sup>15</sup>. Les autres ingrédients sont l'acide citrique, le citrate de sodium, le benzoate de sodium, le sucre, la saveur, le dioxyde de carbone, etc. L'eau dans la fabrication des boissons est utilisée non seulement comme élément fondamental du produit fini mais également pour de nombreuses autres fonctions (pour le système de refroidissement, alimentation de chaudière, lavage de bouteilles, lavage de sol, pasteurisation, etc.). Cette ressource étant l'ingrédient clé des boissons gazeuses, le contrôle de la qualité de l'eau utilisée dans la fabrication de ces produits est essentiel. Cette eau peut affecter la qualité des boissons gazeuses en raison de la présence de calcium, de magnésium, de sel de potassium et d'autres éléments. L'industrie de la fabrication de boissons utilise donc des procédés de traitement de l'eau, notamment les techniques d'adoucissement, pour s'assurer que l'eau utilisée a un certain niveau de dureté et de qualité.
- Blanchisserie professionnelle** : L'eau est un élément essentiel dans toutes les opérations de lavage. Sa qualité et sa dureté peuvent avoir un effet direct sur l'apparence et la durée de vie des vêtements et des textiles, ainsi que sur la quantité de savon et de détergents synthétiques nécessaires au lavage. La dureté de l'eau augmente la difficulté d'élimination des tâches et peut avoir un effet négatif sur certains des produits chimiques utilisés dans le processus de lavage<sup>16</sup>. Il est donc très important que les opérateurs de blanchisserie professionnelle surveillent régulièrement la dureté de l'eau pour déterminer la quantité de produits chimiques nécessaires ou s'il faut installer un adoucisseur d'eau ou recharger un adoucisseur d'eau existant.

Comme indiqué dans le Tableau 2, sur le territoire du SEDIF, la catégorie des professionnels englobe les bâtiments industriels, les commerces, les bureaux, les établissements de santé, les espaces verts et les chantiers. Le Tableau 7 et la Figure 6 montrent la répartition du volume d'eau consommé en 2017 par ces six sous-catégories d'acteurs. Parmi les 100 plus grands consommateurs de l'eau dans cette catégorie, **le bâtiment industriel (ou le secteur industriel)** représente 46% de la consommation totale d'eau en 2017.

Tableau 7 : Volume d'eau consommé par les professionnels, 2017<sup>17</sup>

Type d'acteur	Volume de l'eau (m <sup>3</sup> )	Nombre d'acteur (100)
Bâtiment industriel	3 298 380	38
Commerce	1 441 574	17
Bureau	1 475 217	25
Etablissement de santé	781 763	17
Chantier	132 394	2
Espace vert	33 354	1
<b>TOTAL</b>	<b>7 162 682</b>	<b>100</b>

Figure 6 : Répartition de volume d'eau consommée par les professionnels, 2017<sup>17</sup>



<sup>15</sup> Hard and soft water website, 2014. « Importance of water conditioning for soft drinks », Disponible à l'adresse : <http://hardsoftwater.com/importance-of-water-conditioning-for-soft-drinks>

<sup>16</sup> Laundry Ledger, 2015. « How Hard Water Affects The Laundry Process ». Disponible à l'adresse : <http://laundryledger.com/how-hard-water-affects-the-laundry-process>

<sup>17</sup> Selon les informations fournies par le SEDIF.

Sur le volume total d'eau consommé par les acteurs du secteur industriel (38 sur 100 acteurs total), le producteur de médicaments (6,8 %), le fabricant de boissons A (6,8 %), le fabricant de boissons B (6,3 %) et le nettoyeur professionnel (2,8 %) représentent environ 23 % du volume consommé en 2017. Il convient également de noter que les quatre entreprises qui couvrent les trois secteurs industriels analysés se classent toutes parmi les 20 premiers consommateurs d'eau dans la catégorie des professionnels en 2017. En outre, les quatre industriels sont desservis par trois des quatre usines évaluées : Méry-sur-Oise, Neuilly-sur-Marne et Choisy-le-Roi. Le Tableau 8 récapitule les informations concernant leurs activités opérationnelles et le volume d'eau consommée.

Tableau 8 : Paramètres des acteurs industriels évalués

Secteur et type d'activité	Localisation / Usine	Consommation de l'eau <sup>18</sup>	
		Volume, 2017	Classement <sup>19</sup>
Pharmaceutique : fabricant de produits pharmaceutiques	Vitry-sur-Seine (Usine Choisy-le-Roi)	225 581 m <sup>3</sup>	4 / 100
Agroalimentaire : fabricant de boissons (A)	La Courneuve (Usine Neuilly-sur Marne)	223 334 m <sup>3</sup>	5 / 100
Agroalimentaire : fabricant de boissons (B)	Clamart (Usine Choisy-le-Roi)	208 968 m <sup>3</sup>	6 / 100
Blanchisserie professionnelle : location et entretien de linge	Bezons (Usine Méry-sur-Oise)	93 888 m <sup>3</sup>	17 / 100

Les estimations pour les deux fabricants de boissons (fabricant de boissons A et fabricant de boissons B) sont basées sur les données obtenues en internes pour le fabricant de boissons A, car nous n'avons pas pu obtenir les données pour le fabricant de boissons B. Les données collectées pour le fabricant de boissons A étant internes à l'entreprise, il nous a semblé assez solide de les extrapoler dans le cas du fabricant de boissons B, une entreprise du même secteur avec des activités similaires et volume d'eau consommée en 2017 (voir Tableau 8).

Les quatre acteurs industriels de la catégorie des professionnels évalués effectuent des techniques d'adoucissement de l'eau afin d'obtenir une certaine valeur de TH pour réaliser les différents process industriels associés. Le Tableau 9 liste les hypothèses établies sur la répartition des usages de l'eau afin d'évaluer les impacts des scénarios de duretés cibles sur les quatre acteurs professionnels de ces trois secteurs industriels.

Tableau 9 : Répartition des usages de l'eau des secteurs industriels évalués<sup>20</sup>

Secteur	Répartition des usages de l'eau		TH d'entrée et de sortie	
	Poste de consommation	Usage (%)	TH moyen d'entrée	TH moyen de sortie <sup>21</sup>
Pharmaceutique	Production de l'eau ultra pure <sup>22</sup>	60%	26 °f	0 °f
	Production de vapeur	20%	26 °f	0 °f
	Usages techniques	20%	26 °f	12 °f

<sup>18</sup> Pour les 100 plus gros consommateurs de l'eau dans la catégorie professionnels, 2017.

<sup>19</sup> Classement en termes de la quantité de l'eau consommée en 2017 sur les 100 plus grands consommateurs d'eau dans la catégorie d'usager professionnelle.

<sup>20</sup> Selon nos estimations basées sur les informations fournies par les entreprises et les hypothèses.

<sup>21</sup> Le TH moyen de l'eau adoucie se réfère au TH nécessaire pour réaliser le procédé industriel associé.

<sup>22</sup> Production de l'eau ultra pure par osmose inverse et la déminéralisation pour la préparation des produits pharmaceutiques.

Secteur	Répartition des usages de l'eau		TH d'entrée et de sortie	
	Poste de consommation	Usage (%)	TH moyen d'entrée	TH moyen de sortie <sup>21</sup>
<b>Agroalimentaire</b> <sup>23</sup>	Fabrication des boissons <sup>24</sup>	80%	28 °f	3 °f
	Usages techniques	20%	28 °f	6 °f
<b>Blanchisserie</b>	Production de vapeur pour lavage du linge	95%	20 °f	6 °f

Sur la base de l'analyse de la situation actuelle des acteurs industriels évalués ci-dessus, les principaux impacts environnementaux et économiques de la décarbonation collective identifiés comprennent la réduction de la quantité de sels utilisés pour le traitement de l'eau (adoucissement) et les économies associées. Enfin, il est supposé que la décarbonation collective aurait très peu d'impact sur la consommation d'énergie. En effet selon les experts, l'énergie consommée est principalement due au procédé d'osmose inverse (utilisée pour atteindre des valeurs de dureté très faibles), les industriels effectuent un prétraitement par adoucissement sur résines échangeuses d'ions en amont de l'osmose inverse afin de minimiser les effets du calcaire et consommer le moins d'énergie possible. A priori, le projet du SEDIF n'aura donc pas d'impact sur la consommation énergétique de ce procédé du fait du prétraitement en amont.

### 3.1.4 Autres valeurs de référence

En plus des caractéristiques des usines (valeurs de dureté réelles), les profils d'usagers, les informations sur la consommation d'eau et les principaux usages domestiques, d'autres paramètres de référence sont pris en compte dans le scénario de référence. Pour calculer les principaux **impacts de la décarbonation sur les particuliers, collectivités et les gestionnaires d'immeuble**, le scénario de référence intègre les données listées dans le

<sup>23</sup> Les hypothèses pour le fabricant de boissons B sont basées sur les informations obtenues en interne pour le fabricant de boissons A.

<sup>24</sup> L'industrie agroalimentaire effectue une étape de décarbonation à la chaux avant utilisation de l'eau pour la fabrication de boissons (environ 80% de l'eau).

Tableau 10.

Tableau 10 : Indicateurs de référence pour l'évaluation des impacts

Catégorie d'usager	Indicateur d'impact	Données associées
<b>Particulier, gestionnaire d'immeuble, collectivité</b>	Les économies d'énergie réalisées	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nombre moyen de personnes par foyer en Ile-de-France</li> <li>• Consommation énergétique des équipements électroménagers (lave-linge, lave-vaisselle, machine à café, bouilloire et chauffe-eau) en Ile-de-France</li> <li>• Fréquence d'utilisation des équipements électroménagers par foyer</li> <li>• Couverture des usagers des équipements électroménagers</li> <li>• Durée de vie moyenne des équipements électroménagers</li> </ul>
	La réduction des émissions de GES (kgCO <sub>2</sub> e/an)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Empreinte carbone de la consommation d'énergie électrique</li> <li>• Emissions de CO<sub>2</sub> des équipements électroménagers</li> <li>• Durée de vie moyenne des équipements électroménagers</li> <li>• Emissions de CO<sub>2</sub> liées à la consommation des détergents</li> <li>• Emissions de CO<sub>2</sub> liées à la consommation d'eau embouteillée</li> </ul>
	Les économies réalisées	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prix d'achat moyen de : <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Electricité</li> <li>◦ Electroménagers (unité)</li> <li>◦ Eau en bouteille (unité de 1,5 L)</li> </ul> </li> <li>• Durée de vie moyenne et couts de maintenance des équipements électroménagers</li> <li>• Couts liées à la mise en place des systèmes de décarbonation collective sur le territoire SEDIF</li> </ul>
<b>Professionnel</b> (4 acteurs du secteurs agroalimentaire, pharmaceutique et nettoyage industriel)	La réduction des émissions de GES (kgCO <sub>2</sub> e/an)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Quantité de chaux pour la décarbonation</li> <li>• Emissions de CO<sub>2</sub> liées à l'adoucissement (sel et chaux)</li> </ul>
	Réduction de la consommation des ressources	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Quantité de sel utilisée pour l'adoucissement</li> <li>• Quantité de chaux pour la décarbonation</li> </ul>
	Réduction du rejet de saumures dans l'environnement	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Quantité de chlorures rejetés dans l'environnement</li> <li>• Quantité de sodium rejeté dans l'environnement</li> </ul>
	Les économies (€/an)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prix d'achat moyen de : <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Sel pour adoucisseur industriel</li> <li>◦ La chaux hydratée pour l'adoucissement</li> </ul> </li> <li>• Coût de traitement des chlorures dans les eaux usées</li> <li>• Coût de la chaux utilisée pour la décarbonation</li> <li>• Couts liées à la mise en place des systèmes de décarbonation collective sur le territoire SEDIF</li> </ul>

Les valeurs spécifiques ainsi que les sources sont récapitulés dans le Tableau 66 pour les particuliers, les collectivités et les gestionnaires d'immeuble et le

Tableau 67 pour les professionnels (Annexe 2). Les détails sur les calculs et les hypothèses associés sont disponible dans l'Annexe 3.

# **BILAN ECONOMIQUE ET ENVIRONNEMENTAL :**

Particuliers, collectivités et  
gestionnaires d'immeuble

## 4. Bilan économique et environnemental : particuliers, collectivités et gestionnaires d'immeuble

---

Le bilan économique et environnemental relatif au projet de décarbonation du SEDIF pour les particuliers, les collectivités et les gestionnaires d'immeuble prend en compte les paramètres pertinents des quatre usines du SEDIF analysées. Ces différentes catégories utilisent l'eau à des fins domestiques, ce bilan présente donc les impacts sur les usages domestiques de l'eau. Les impacts par usine sont détaillés en Annexe 4.

Les impacts environnementaux sur les particuliers, les collectivités et les gestionnaires d'immeuble relatifs à la décarbonation collective concernent :

- La consommation d'énergie des équipements ménagers (électroménager et chauffe-eau)
- Les émissions de CO<sub>2</sub>
- La durée de vie des équipements ménagers
- La production de déchets
- La consommation de produits d'entretien
- Le traitement des eaux usées

### 4.1 Impacts environnementaux

#### 4.1.1 Consommation énergétique des équipements ménagers

##### 4.1.1.1 Méthode de calculs

L'analyse des impacts potentiels des scénarios de dureté sur la consommation énergétique des équipements ménagers concerne uniquement le chauffe-eau, le lave-linge, la bouilloire, le lave-vaisselle et la machine à café.

En se basant sur les données issues des études, nous avons considéré la consommation énergétique des équipements linéairement dépendante de la dureté ( $R^2 \sim 1$ ). Ces études ayant été effectuées au Danemark, il a fallu extrapoler les données au cas de la France avant toute exploitation. Ceci concernait la fréquence d'utilisation des équipements et la couverture des usagers en France.

Un autre facteur important est l'impact de l'eau dure sur la consommation d'énergie des chauffe-eau, l'effet du tartre sur cette dernière diffère en fonction de la nature du chauffe-eau. En effet, l'effet principal du tartre est de réduire la vitesse de transfert et de diffusion de la chaleur. Dans le cas des chauffe-eau électriques, la résistance électrique s'échauffe à la suite de l'entartrage, ce qui entraîne une réduction de sa conductivité. Ainsi le temps de chauffage de l'eau est un peu plus élevé, mais sans que cela n'impacte la consommation électrique. A noter cependant que la durée de vie de la résistance électrique est fortement impactée, nécessitant donc de la maintenance régulière ou un remplacement de l'appareil.

En revanche, dans le cas des chauffe-eau à combustible (notamment à gaz, au bois et au fioul), la chaleur étant transmise via un serpentin dans lequel l'eau circule en circuit fermé, l'entartrage de ce dernier entraîne une baisse du rendement énergétique et donc une

augmentation de la consommation d'énergie. Les deux paramètres impactés sont donc à la fois la consommation d'énergie et la durée de vie de l'équipement. Brazeau (2011), ont observé une réduction de l'efficacité des chauffe-eau à gaz de 27-30 % en seulement quelques jours et les prédictions ont montré une réduction du rendement énergétique pouvant atteindre jusqu'à 95 %. Compte tenu de ces éléments, uniquement les chauffe-eau à combustibles seront pris en compte dans l'évaluation des impacts du calcaire sur la consommation d'énergie des chauffe-eau. Les chauffe-eau électriques, utilisés par 46,5 % des foyers français<sup>25</sup>, ne sont pas impactés en termes de consommation d'énergie.

Les hypothèses établies sont récapitulées dans Tableau 11. Elles ont été formulées en se basant sur les données de l'ADEME<sup>26</sup> et du Gifam<sup>27</sup> :

- D'après les données 2016 de l'ADEME, 47,4 % des foyers disposent d'un chauffe-eau à gaz (38,4 %) et au fioul (9 %) à leur domicile avec une consommation d'eau de 40 m<sup>3</sup>/p/an dont 9,5 m<sup>3</sup> en sortie du chauffe-eau. Cette donnée a été utilisée pour évaluer les impacts totaux sur la consommation énergétique ainsi que les émissions de gaz à effet de serre (GES) des chauffe-eau à combustibles.
- Concernant le lave-linge, la couverture des usagers est de 100 % car on estime que tous les foyers ont accès à cet équipement, pour une fréquence d'utilisation de 3 fois/semaine/foyer en moyenne (ADEME, 2017).
- Pour le lave-vaisselle, d'après le Gifam, 63 % des foyers disposent de cet équipement à leur domicile avec une fréquence d'utilisation de 4 fois/semaine/foyer en moyenne.
- Enfin pour la bouilloire électrique, 61 % des foyers disposent de cet équipement d'après les données du Gifam et 100 % des foyers ont accès à une machine à café selon nos estimations.

Tableau 11 : Hypothèses associées aux usages domestiques de l'eau

Poste de consommation	Paramètres d'usage			
	Couverture	Fréquence d'utilisation	Autres indicateurs associés au poste	Consommation énergétique moyenne <sup>28</sup>
<b>Chauffe-eau à combustibles (à gaz et au fioul)</b>	47,4 % des usagers	Tous les jours	Quantité de savon corporel	1 500 kWh/foyer/an
<b>Lave-linge</b>	100 % des usagers	3 fois/semaine	Quantité de lessive	92 kWh/foyer/an
<b>Bouilloire</b>	61 % des usagers	Tous les jours	-	170 kWh/foyer/an
<b>Lave-vaisselle</b>	63 % des usagers	4 fois/semaine	Quantité de produit vaisselle	171 kWh/foyer/an
<b>Machine à café<sup>29</sup></b>	100 % des usagers	Tous les jours	-	120 kWh/foyer/an

En tenant compte des fréquences d'utilisation, nous avons établi les équations suivantes (les graphes détaillés sont présentés en Annexe 3) :

<sup>25</sup> ADEME, 2016. *L'eau chaude sanitaire*. Disponible à ce lien : <https://www.ademe.fr/expertises/batiment/passer-a-laction/elements-dequipement/leau-chaude-sanitaire>

<sup>26</sup> ADEME, 2017. *Guide pratique pour réduire sa facture d'électricité*.

<sup>27</sup> GIFAM, 2018. *Fiches techniques sur le lave-linge, le lave-vaisselle, la machine à café et la bouilloire*.

<sup>28</sup> Selon les sources ADEME, 2017 et GIFAM, 2018.

<sup>29</sup> Pour une machine à café à capsules.

Tableau 12 : Corrélations entre consommation énergétique et dureté de l'eau

Équipement	Relations linéaires entre la consommation énergétique (annuelle) et la dureté
Chauffe-eau	$6,44.D + 1293$ (kWh/foyer/an) <sup>30</sup>
Lave-linge	$0,67.D + 150$ (kWh/foyer/an)
Bouilloire	$0,33.D + 76$ (kWh/foyer/an)
Lave-vaisselle	$0,92.D + 205$ (kWh/foyer/an)
Machine à café	$0,53.D + 120$ (kWh/foyer/an)

Pour chaque équipement, l'impact sur la consommation énergétique représente la différence entre la consommation annuelle actuelle (en fonction de la dureté actuelle des usines) et la consommation d'énergie à dureté cible (scénario A et B). Les résultats obtenus par foyer ont été évalués par personne en utilisant la donnée de l'INSEE (2,3 personnes en moyenne par foyer en Ile de France) ; puis par catégorie d'utilisateurs (particuliers, gestionnaires d'immeuble et collectivités) à partir des données de consommation d'eau (voir Tableau 4) et en tenant compte des données de couverture des usagers par équipement (cf. Tableau 11). Par exemple pour évaluer le gain sur la consommation d'énergie des équipements de la catégorie des particuliers de l'usine de Choisy-le-Roi dans le cas du scénario A, nous avons utilisé la formule suivante :

#### Calcul du gain énergétique par catégorie d'utilisateurs

$$= \frac{\text{Gain énergie (par foyer)} * \% \text{ Ceau particuliers} * \text{nb habitant} * \% \text{ couverture d'usage}}{\text{nb de personne par foyer}}$$

Gain énergétique pour les chauffe-eau (à gaz et au fioul) dans le cas du **scénario A** :

$$= \frac{83,7 \text{ (kWh/an/foyer)} * 19\% * 1,87 \text{ millions (habitants)} * 47,4\%}{2,3 \text{ p/foyer}} = 6\,128\,740 \text{ kWh/an}$$

- $\% \text{ Ceau particuliers} = \text{Part de Volume d'eau consommée par les particuliers de l'usine de Choisy-le-Roi (cf. Tableau 4)}$
- $1,87 \text{ millions} = \text{nombre d'habitants de l'usine de Choisy-le-Roi (cf. Tableau 1)}$

Cette méthode de calcul a été utilisée pour chaque catégorie, puis l'impact total par usine a été estimé en additionnant ces valeurs. A partir des données par usine, l'impact sur l'ensemble du territoire a été évalué en additionnant les impacts sur les usines.

A noter que pour évaluer l'impact sur les collectivités, nous avons considéré que celles-ci n'utilisent pas de lave-linge, ni de lave-vaisselle. En effet, les collectivités utilisent l'eau pour alimenter principalement leurs bureaux et leurs locaux d'accueil du public. Les principaux usages sont donc l'alimentation (comprenant l'utilisation de machine à café et de bouilloire), l'hygiène personnelle et les sanitaires. Il existe d'autres usages notamment dans les hôpitaux, les écoles, l'arrosage des terrains de sport, le nettoyage des rues, les

<sup>30</sup> Vince F., Vidal A., 2010. *Influence du traitement de l'eau potable sur l'entartrage des ballons d'eau chaude sanitaire (ECS)*.

piscines, etc. Mais les impacts sur ces postes sont, soit peu significatifs (arrosage de terrains, nettoyage de rue, etc.), soit très souvent qualitatifs (impact de l'eau de piscine sur la peau, etc.). Dans le cas particulier des écoles et hôpitaux, il nous a été impossible d'obtenir la couverture de ces établissements par les équipements électroménagers. En revanche nous avons estimé que certains établissements des collectivités sont équipés de chauffe-eau (compris dans les 47,4 % des usagers), en faisant l'hypothèse que les collectivités utilisent le même système de chauffage que le résidentiel. Les équipements ayant été considérés pour cette catégorie sont donc : la machine à café, la bouilloire et le chauffe-eau.

#### 4.1.1.2 Résultats

Ces résultats montrent que la décarbonation collective permettrait une diminution du dépôt de tartre dans les équipements ménagers (électroménagers et certains chauffe-eau) entraînant une réduction de leur consommation d'énergie.

Les

Tableau 13, Tableau 14, Tableau 15, Tableau 16 et Tableau 17 présentent l'impact des scénarios de dureté sur la consommation énergétique des équipements (lave-linge, lave-vaisselle, chauffe-eau, bouilloire, machine à café), par foyer, par personne et par usine. Le signe « + » signifie les gains sur la consommation d'énergie chez les usagers.

Tableau 13 : Impact des scénarios – consommation énergétique du lave-linge

Consommation initiale (kWh/foyer/an)	Consommation finale (kWh/foyer/an)		Gain (kWh/foyer/an)		Gain (kWh/p/an)		GAIN TOTAL (MWh/an)	
	Scénario A	Scénario B	Scénario A	Scénario B	Scénario A	Scénario B	Scénario A	Scénario B
Choisy-le-Roi (TH = 23 °f) 165,4	156,7	160,1	+ 8,7	+ 5,3	+ 3,8	+ 2,3	+ 6 291	+ 3 872
Neuilly-sur- Marne (TH=27 °f) 168,1	156,7	160,1	+ 11,4	+ 8,0	+ 5,0	+ 3,5	+ 7 458	+ 5 265
Méry-sur-Oise (TH=17 °f) 161,4	156,7	160,1	+ 4,7	+ 1,3	+ 2,0	+ 0,6	+ 1 580	+ 451
Arvigny (TH=32 °f) 171,5	156,7	160,1	+ 14,7	+ 11,4	+ 6,4	+ 5,0	+ 620	+ 479
<b>TOTAL 666,4</b>	<b>627,0</b>	<b>640,4</b>	<b>+ 39,5</b>	<b>+ 26,0</b>	<b>+ 17,2</b>	<b>+ 11,3</b>	<b>+15 949</b>	<b>+10 067</b>

Tableau 14 : Impact des scénarios – consommation énergétique du lave-vaisselle

Commune (TH=°f)	Consommation initiale (kWh/foyer/an)	Consommation finale (kWh/foyer/an)		Gain (kWh/foyer/an)		Gain (kWh/p/an)		GAIN TOTAL (MWh/an)	
		Scénario A	Scénario B	Scénario A	Scénario B	Scénario A	Scénario B	Scénario A	Scénario B
Choisy-le-Roi (TH=23 °f)	226,2	214,2	218,8	+ 11,9	+ 7,3	+ 5,2	+ 3,2	+ 5 439	+ 3 347
Neuilly-sur- Marne (TH=27 °f)	229,8	214,2	218,8	+ 15,6	+ 11,0	+ 6,8	+ 4,8	+ 6 448	+ 4 551
Méry-sur- Oise (TH=17 °f)	220,6	214,2	218,8	+ 6,4	+ 1,8	+ 2,8	+ 0,8	+ 1 366	+ 390
Arvigny (TH=32 °f)	234,4	214,2	218,8	+ 20,2	+ 15,6	+ 8,8	+ 6,8	+ 536	+ 414
<b>TOTAL</b>	<b>911,0</b>	<b>856,8</b>	<b>875,3</b>	<b>+ 54,1</b>	<b>+ 35,7</b>	<b>+ 23,5</b>	<b>+ 15,5</b>	<b>+ 13 789</b>	<b>+ 8 702</b>

Tableau 15 : Impact des scénarios – consommation énergétique du chauffe-eau

Commune (TH=°f)	Consommation initiale (kWh/foyer/an)	Consommation finale (kWh/foyer/an)		Gain (kWh/foyer/an)		Gain (kWh/p/an)		GAIN TOTAL (MWh/an)	
		Scénario A	Scénario B	Scénario A	Scénario B	Scénario A	Scénario B	Scénario A	Scénario B
Choisy-le- Roi (TH=23 °f)	1 441,1	1 357,4	1 389,6	+ 83,7	+ 51,5	+ 36,4	+ 22,4	+ 32 264	+ 19 855
Neuilly-sur- Marne (TH=27 °f)	1 466,9	1 357,4	1 389,6	+ 109,5	+ 77,3	+ 47,6	+ 33,6	+ 37 679	+ 26 597
Méry-sur- Oise (TH=17 °f)	1 402,5	1 357,4	1 389,6	+ 45,1	+ 12,9	+ 19,6	+ 5,6	+ 7 897	+ 2 256
Arvigny (TH=32 °f)	1 499,1	1 357,4	1 389,6	+ 141,7	+ 109,5	+ 61,6	+ 47,6	+ 3 212	+ 2 482
<b>TOTAL</b>	<b>5 809,6</b>	<b>5429,6</b>	<b>5558,4</b>	<b>+380,0</b>	<b>+251,2</b>	<b>+ 165,2</b>	<b>+ 109,2</b>	<b>+ 81 052</b>	<b>+ 51 190</b>

Tableau 16 : Impact des scénarios – consommation énergétique de la bouilloire

Commune (TH=°f)	Consommation initiale (kWh/foyer/an)	Consommation finale (kWh/foyer/an)		Gain (kWh/foyer/an)		Gain (kWh/p/an)		GAIN TOTAL (MWh/an)	
		Scénario A	Scénario B	Scénario A	Scénario B	Scénario A	Scénario B	Scénario A	Scénario B
Choisy-le- Roi (TH=23 °f)	83,6	79,3	81,0	+ 4,3	+ 2,6	+ 1,9	+ 1,1	+ 2 119	+ 1 304

Consommation initiale (kWh/foyer/an)	Consommation finale (kWh/foyer/an)		Gain (kWh/foyer/an)		Gain (kWh/p/an)		GAIN TOTAL (MWh/an)		
	Scénario A	Scénario B	Scénario A	Scénario B	Scénario A	Scénario B	Scénario A	Scénario B	
Neuilly-sur-Marne (TH=27 °f)	84,9	79,3	81,0	+ 5,6	+ 3,9	+ 2,4	+ 1,7	+ 2 475	+ 1 747
Méry-sur-Oise (TH=17 °f)	81,6	79,3	81,0	+ 2,3	+ 0,7	+ 1,0	+ 0,3	+ 519	+ 148
Arvigny (TH=32 °f)	86,6	79,3	81,0	+ 7,2	+ 5,6	+ 3,1	+ 2,4	+ 211	+ 163
<b>TOTAL</b>	<b>336,7</b>	<b>317,2</b>	<b>324,0</b>	<b>+ 19,4</b>	<b>+ 12,8</b>	<b>+ 8,4</b>	<b>+ 5,6</b>	<b>+5 324</b>	<b>+3 362</b>

Tableau 17 : Impact des scénarios – consommation énergétique de la machine à café

Consommation initiale (kWh/foyer/an)	Consommation finale (kWh/foyer/an)		Gain (kWh/foyer/an)		Gain (kWh/p/an)		GAIN TOTAL (MWh/an)		
	Scénario A	Scénario B	Scénario A	Scénario B	Scénario A	Scénario B	Scénario A	Scénario B	
Choisy-le-Roi (TH=23 °f)	132,2	125,2	127,9	+ 7,0	+ 4,3	+ 3,0	+ 1,9	+ 5 674	+ 3 492
Neuilly-sur-Marne (TH=27 °f)	134,3	125,2	127,9	+ 9,1	+ 6,4	+ 4,0	+ 2,8	+ 6 626	+ 4 677
Méry-sur-Oise (TH=17 °f)	129,0	125,2	127,9	+ 3,8	+ 1,1	+ 1,7	+ 0,5	+ 1 389	+ 397
Arvigny (TH=32 °f)	137,0	125,2	127,9	+ 11,8	+ 9,1	+ 5,1	+ 4,0	+ 565	+ 436
<b>TOTAL</b>	<b>532,5</b>	<b>500,8</b>	<b>511,6</b>	<b>+ 31,7</b>	<b>+20,9</b>	<b>+ 13,8</b>	<b>+ 9,1</b>	<b>+14 254</b>	<b>+9 002</b>

#### 4.1.1.3 Résultats globaux

La décarbonation collective permettrait donc aux usagers de faire une économie d'énergie totale de plus de 130 000 MWh/an sur l'ensemble du territoire si l'on considère une dureté cible de 10 °f (scénario A), plus élevée comparée au scénario B qui permettrait un gain énergétique d'environ 82 000 MWh/an (

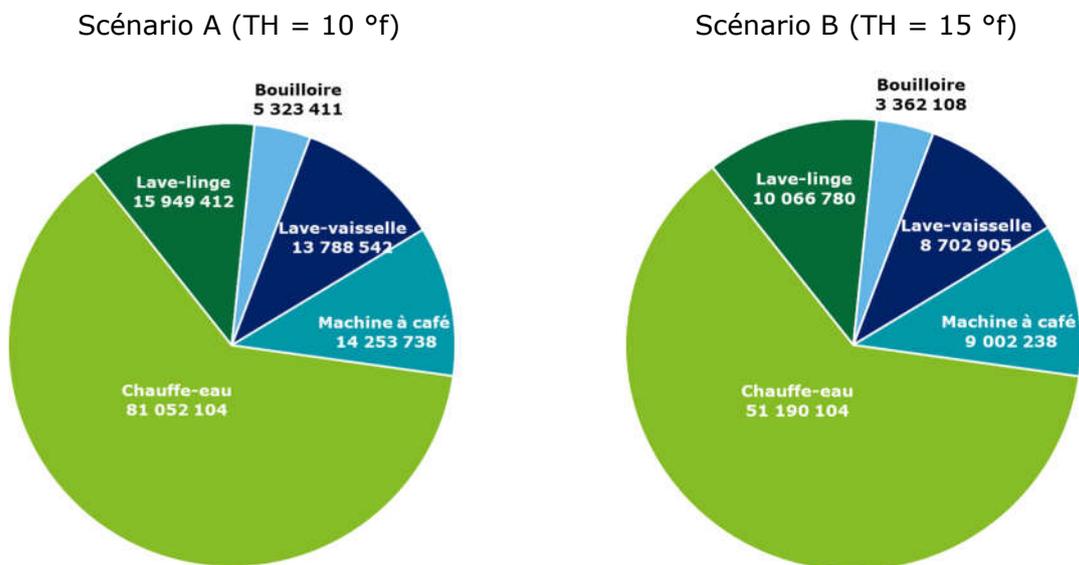
Tableau 18).

Dans les deux scénarios de dureté cibles, cette réduction de la consommation énergétique est plus significative pour les chauffe-eaux qui représentent environ 60 % de l'énergie consommée, comme le montre la Figure 7.

Tableau 18 : Gains énergétiques totaux, par usine

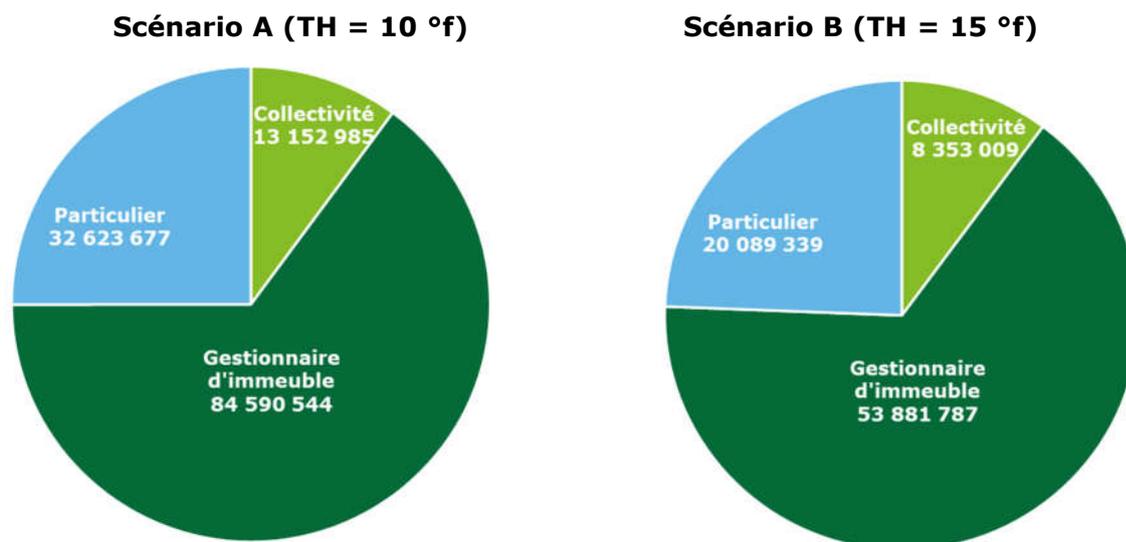
Usine	Gain énergétique total (tout équipement) (MWh/an)	
	Scénario A (TH=10 °f)	Scénario B (TH=15 °f)
Choisy-le-Roi (TH=23 °f)	51 787 MWh/an	31 869 MWh/an
Neuilly-sur-Marne (TH=27 °f)	60 686 MWh/an	42 837 MWh/an
Méry-sur-Oise (TH=17 °f)	12 750 MWh/an	3 643 MWh/an
Arvigny (TH=32 °f)	5 144 MWh/an	3 975 MWh/an
<b>GAIN TOTAL TERRITOIRE</b>	<b>130 367 MWh/an</b>	<b>82 324 MWh/an</b>

Figure 7 : Réduction de consommation énergétique des équipements (kWh/an)



En étudiant les gains énergétiques par catégorie d'usagers, on remarque que les économies sont beaucoup plus significatives pour les gestionnaires d'immeuble. Ce qui est cohérent puisque cette catégorie représente la majorité des abonnés du SEDIF.

Figure 8 : Economies d'énergie (kWh/an), par catégorie d'usager



## 4.1.2 Durée de vie des équipements

### 4.1.2.1 Méthode de calcul

Une eau dure peut former du calcaire et encrasser les équipements et les canalisations, en particulier si elle est chauffée. Les équipements tels que le lave-linge, la bouilloire, le lave-vaisselle ou le chauffe-eau se dégradent ainsi plus rapidement lorsque la dureté de l'eau augmente. En limitant l'entartrage, la décarbonation entraînerait un prolongement de la durée de vie opérationnelle de ces équipements.

Afin de quantifier l'impact du projet de décarbonation sur la durée de vie de ces équipements, nous avons procédé de la même manière que pour la consommation énergétique. Cet indicateur a été évalué en faisant la différence entre la durée de vie actuelle des équipements (en fonction de la dureté actuelle des usines) et la durée de vie à dureté cible (scénario A et scénario B). Les équations ayant servi pour le calcul, sont présentées dans le Tableau 19.

A noter que la durée de vie de l'ensemble des chauffe-eau est impactée par le calcaire (voir section 4.1.1.1 pour plus de détail), ainsi un taux de couverture de 100 % (comprenant aussi bien les chauffe-eau à combustibles et les chauffe-eau électriques) a été utilisé pour quantifier les bénéfices de l'allongement de la durée de vie des chauffe-eau.

Tableau 19 : Corrélation entre la durée de vie des équipements et la dureté de l'eau

Relations linéaires en fonction de la dureté (en années)	
Durée de vie du chauffe-eau	$-0,14.D + 15^{31}$
Durée de vie du lave-linge	$-0,37.D + 24^{32}$
Durée de vie de la bouilloire	$-0,41.D + 22^{32}$

<sup>31</sup> Selon les données issues de l'étude réalisée par WQRF, 2011. "Softened Water Benefits Study –Energy savings and detergent savings".

<sup>32</sup> Selon les formules employées dans l'étude de DTU management, 2009. "Life Cycle Assessment on Central Softening of Drinking Water in Copenhagen".

### Relations linéaires en fonction de la dureté (en années)

Durée de vie du lave-vaisselle	$-0,34.D + 22,5^{32}$
Durée de vie de la machine à café	$-0,41.D + 22^{32}$

#### 4.1.2.2 Résultats

Le

Tableau 20 résume les impacts des scénarios de dureté sur la durée de vie des équipements, selon les données de l'étude de DTU Management (Tableau 19).

Comme l'indiquent les résultats, l'allongement de la durée de vie est plus marqué dans le scénario A, et diffère selon les usines évaluées, car les estimations sont basées sur les duretés d'entrées actuelles de chaque usine. Globalement, les résultats indiquent un allongement de la durée de vie variant de 1 et 7 ans selon l'équipement, l'usine et le scénario de dureté.

Tableau 20 : Impact des scénarios – durée de vie équipements (résultats pas ajustées)

Usine	Choisy-le-Roi (TH = 23 °f)		Neuilly-sur-Marne (TH = 27 °f)		Méry-sur-Oise (TH = 17 °f)		Arvigny (TH = 32 °f)	
	A	B	A	B	A	B	A	B
Chauffe-eau	+2,4 ans	+1,5 ans	+3,3 ans	+2,3 ans	+1,2 ans	+0,3 an	+4,6 ans	+3,6 ans
Lave-linge	+3,5 ans	+2,1 ans	+5 ans	+3,5 ans	+1,6 ans	+0,5 an	+7,5 ans	+5,8 ans
Lave-vaisselle	+3,4 ans	+2,1 ans	+5 ans	+3,5 ans	+1,6 ans	+0,5 an	+7,4 ans	+5,7 ans
Bouilloire	+2,1 ans	+1,3 ans	+3,1 ans	+2,2 ans	+0,9 an	+0,3 an	+5 ans	+3,9 ans
Machine à café	+2,9 ans	+1,8 ans	+4,4 ans	+3,1 ans	+1,3 ans	+0,4 an	+7 ans	+5,4 ans

Les résultats présentés ci-dessus dans le

Tableau 20 sont à prendre avec précaution car après analyse, nous pouvons constater qu'il y a une **surestimation possible**. En effet, ces résultats ne considèrent que l'impact du calcaire sur la durée de vie des équipements. Or, hormis les pannes dues à l'entartrage des équipements, de nombreuses raisons pourraient emmener l'utilisateur à remplacer ses appareils notamment le prix, la défaillance technique du produit ou le désir de posséder un nouvel article doté de nouvelles fonctionnalités ou conforme aux dernières tendances. Par conséquent, si la qualité technique de ces produits est le principal déterminant de leur durée de vie, la préférence des consommateurs a également une influence<sup>33</sup>. De plus, l'utilisation de sels anticalcaires pour les lave-linges et lave-vaisselles est fortement répandue, ce qui réduit le remplacement de ces équipements à cause de l'entartrage. L'utilisation de ces sels n'a pas été quantifiée dans le cadre de cette étude.

<sup>33</sup> EEA, 2017. « Circulaire par conception, produits dans l'économie circulaire ».

Afin d'obtenir des résultats plus réalistes (et non surestimés) et prendre en compte, autant que possible, tous les facteurs susceptibles d'impacter la durée de vie des équipements, les gains sur la durée de vie ont été plafonnés : le plafond est de **2 ans** pour les gros équipements notamment le lave-vaisselle, le lave-linge et le chauffe-eau, et **1 an** pour les petits électroménagers comme la bouilloire et la machine à café, quel que soit le scénario de dureté. Ainsi dans le

Tableau 20, toutes les durées de vie supérieures à 2 ans pour les gros électroménagers passent à 2 ans et toutes les valeurs supérieures à 1 an pour les petits électroménagers passent à 1 an.

Les Tableau 21 et Tableau 22 présentent les **résultats ajustés** des impacts des scénarii de dureté sur la durée de vie des équipements prenant en compte, le plus possible, l'influence des autres facteurs, comme le comportement des consommateurs, sur la durée de vie réelle des équipements. Il en résulte une faible diminution des émissions de CO<sub>2</sub> « évitées » ainsi que des gains financiers pour les usagers.

Tableau 21 : Impact du scénario A – durée de vie équipements (résultats ajustés)

Scénario A		Usine			
Equipement	Durée de vie	Choisy-le-Roi (TH = 23 °f)	Neuilly-sur-Marne (TH = 27 °f)	Méry-sur-Oise (TH = 17 °f)	Arvigny (TH = 32 °f)
Chauffe-eau	Initiale	11,7 ans	11,1 ans	12,5 ans	10,4 ans
	Finale	13,6 ans (+1,9 ans)	13,1 ans (+2 ans)	13,7 ans (+1,2 ans)	12,4 ans (+2 ans)
Lave-linge	Initiale	15,2 ans	13,7 ans	17,4 ans	11,9 ans
	Finale	17,2 ans (+2 ans)	15,7 ans (+2 ans)	19,4 ans (+2 ans)	13,9 ans (+2 ans)
Lave-vaisselle	Initiale	14,4 ans	13,0 ans	16,5 ans	11,3 ans
	Finale	16,4 ans (+2 ans)	15,0 ans (+2 ans)	18,5 ans (+2 ans)	13,3 ans (+2 ans)
Bouilloire	Initiale	12,9 ans	11,2 ans	15,4 ans	9,1 ans
	Finale	13,9 ans (+1 an)	12,2 ans (+1 an)	16,4 ans (+1 an)	10,1 ans (+1 an)
Machine à café	Initiale	12,9 ans	11,2 ans	15,4 ans	9,1 ans
	Finale	13,9 ans (+1 an)	12,2 ans (+1 an)	16,4 ans (+1 an)	10,1 ans (+1 an)

Tableau 22 : Impact du scénario B – durée de vie équipements (résultats ajustés)

Scénario B		Usine			
Equipement	Durée de vie	Choisy-le-Roi (TH = 23 °f)	Neuilly-sur-Marne (TH = 27 °f)	Méry-sur-Oise (TH = 17 °f)	Arvigny (TH = 32 °f)
Chauffe-eau	Initiale	11,7 ans	11,1 ans	12,5 ans	10,4 ans
	Finale	12,8 ans (+ 1,1 an)	12,8 ans (+ 1,7 ans)	12,8 ans (+ 0,3 ans)	12,4 ans (+ 2,0 ans)
Lave-linge	Initiale	15,2 ans	13,7 ans	17,4 ans	11,9 ans

Scénario B		Usine			
		Choisy-le-Roi (TH = 23 °f)	Neuilly-sur-Marne (TH = 27 °f)	Méry-sur-Oise (TH = 17 °f)	Arvigny (TH = 32 °f)
Equipement	Durée de vie				
	Finale	17,2 ans (+ 2 ans)	15,7 (+ 2,0 ans)	18,1 (+ 0,7 an)	13,9 ans (+ 2,0 ans)
	Initiale	14,4 ans	13,0 ans	16,5 ans	11,3 ans
Lave-vaisselle	Finale	16,4 ans (+ 2 ans)	15,0 ans (+ 2,0 ans)	17,2 ans (+ 0,7 an)	13,3 ans (+ 2,0 ans)
	Initiale	12,9 ans	11,2 ans	15,4 ans	9,1 ans
Bouilloire	Finale	13,9 ans (+ 1 an)	12,2 ans (+ 1,0 an)	16,2 ans (+ 0,8 an)	10,1 ans (+ 1,0 an)
	Initiale	12,9 ans	11,2 ans	15,4 ans	9,1 ans
Machine à café	Finale	13,9 ans (+ 1 an)	12,2 ans (+ 1,0 an)	16,2 ans (+ 0,8 an)	10,1 ans (+ 1,0 an)
	Initiale	12,9 ans	11,2 ans	15,4 ans	9,1 ans

### 4.1.3 Volume de déchets générés par l'achat de bouteilles d'eau

#### 4.1.3.1 Méthode de calcul

Une proportion non négligeable d'usagers ne consomme pas l'eau du robinet pour de nombreuses raisons, en particulier, à cause de sa teneur en calcaire. Selon les enquêtes de satisfaction<sup>34</sup>, la présence de calcaire dans l'eau n'inspire pas la confiance à certains consommateurs qui préfèrent l'eau en bouteille. Ceci n'est pas sans conséquence, puisque la consommation élevée d'eau en bouteille génère une grande quantité de déchets (environ 150 000 tonnes d'emballages par an<sup>35</sup>). La décarbonation pourrait donc potentiellement augmenter le nombre de personnes buvant l'eau du robinet à la place de l'eau embouteillée et ainsi réduire le volume de déchets de bouteilles en plastique. Ce paramètre a été évalué uniquement pour : les particuliers vivant dans des maisons individuelles (catégorie d'utilisateur correspondant aux des particuliers), les particuliers vivant dans des immeubles collectifs (catégorie d'utilisateur correspondant aux gestionnaires d'immeubles) et les collectivités (notamment les écoles, bureaux, etc.).

La part de consommateurs susceptibles de changer leurs habitudes a été évaluée en se basant sur les résultats de l'enquête de satisfaction du SEDIF, réalisée en 2017<sup>34</sup>. Notre méthode de calcul s'appuie sur les hypothèses suivantes :

- La part des usagers qui ne boivent pas ou consomment très rarement l'eau du robinet a été estimée selon les résultats des réponses des particuliers abonnés, soit au total 30 % des usagers<sup>36</sup> : en 2017, 21 % des personnes interrogées ne boivent jamais d'eau du robinet et 9 % boivent de l'eau du robinet moins d'une fois par semaine ;
- La part des usagers qui ne boivent pas l'eau du robinet pour des raisons pouvant être directement ou indirectement liées à la dureté de l'eau, a été estimée selon les

<sup>34</sup> SEDIF, 2017. *Observatoire de la qualité de l'eau. Usagers –Rapport général.*

<sup>35</sup> Novethic, 27 mars 2018, « Eau du Robinet et Eau en Bouteille sur le ring de l'Ecologie ». Disponible à l'adresse : [www.novethic.fr/actualite/infographies/isr-rse/infographie-eau-du-robinet-et-eau-en-bouteille-sur-le-ring-de-l-ecologie-145618.html](http://www.novethic.fr/actualite/infographies/isr-rse/infographie-eau-du-robinet-et-eau-en-bouteille-sur-le-ring-de-l-ecologie-145618.html)

<sup>36</sup> SEDIF, 2017. *Observatoire de la qualité de l'eau.* Page 11 : Résultats sur l'habitude de consommation de l'eau / C1. « Buvez-vous l'eau du robinet ? ». Année 2017, Base du sondage : 2288 particuliers

résultats des réponses des particuliers abonnés, soit au total 57 % des usagers<sup>37</sup> : l'eau a un mauvais goût (18 %)<sup>38</sup>, l'eau sent trop le chlore (8 %), l'eau est trop calcaire (13 %) et pas de confiance en la qualité globale de l'eau (18 %) ;

- Les résultats issus des hypothèses décrites ci-dessus nous ont permis d'estimer la part d'usagers en plus, susceptibles de changer leurs habitudes de consommation d'eau, soit 17 % des abonnés (=57 % x 30 %)<sup>39</sup>.

La réduction du volume de déchets a ensuite été estimée sur la base de la quantité moyenne de déchets générés par la consommation d'eau en bouteille, soit environ 10 kg/an/personne de déchets<sup>35</sup>, et le nombre d'abonnés en plus susceptibles de consommer l'eau du robinet après la mise en place de la décarbonation collective (17 % des abonnés).

#### Calcul du volume de déchets générés par l'achat de bouteilles d'eau

$$= Nb \text{ habitants} * (\%C_{eau} \text{ particuliers} + \%C_{eau} \text{ gestionnaires immeuble}) * 17\% * 10(kg/an/pers)$$

Exemple pour l'usine de **Choisy-le-Roi** (même résultats pour les 2 scénarios) :

$$Quantité \text{ de déchets} = 1,87 \text{ millions} * (15,9\% + 57,8\%) * 17\% * 10 = 2 \text{ 343 t/an}$$

- **%C<sub>eau</sub> particuliers** : Part de Volume d'eau consommée par les particuliers de l'usine de Choisy-le-Roi (cf. Tableau 4).
- **%C<sub>eau</sub> gestionnaires immeuble** : Part de Volume d'eau consommée par les particuliers de l'usine de Choisy-le-Roi (cf. Tableau 4).

#### 4.1.3.2 Résultats

On estime qu'une certaine part des consommateurs abandonnera les bouteilles d'eau en faveur de l'eau du robinet à partir d'un TH moyen de 15 °f. Par conséquent, les résultats récapitulés dans le .

Tableau 23 sur la réduction du volume de déchets en bouteilles d'eau sont les mêmes dans les deux scénarios de dureté, mais varient en fonction de l'usine (et selon le nombre d'usagers desservis). La décarbonation permettrait donc une réduction des déchets de 5 767 tonnes/an quel que soit le scénario de dureté cible.

Tableau 23 : Impacts des scénarios de dureté sur le volume des déchets (t/an de bouteille plastique)

Scénario dureté	Usine			
	Choisy-le-Roi	Neuilly-sur-Marne	Méry-sur-Oise	Arvigny
Scénario A	Réduction de :	Réduction de :	Réduction de :	Réduction de :

<sup>37</sup> SEDIF, 2017. *Observatoire de la qualité de l'eau*. Page 12 : Résultats sur l'habitude de consommation de l'eau du robinet / C1B. « Pour quelles raisons ne buvez-vous pas d'eau du robinet ? ». Base du sondage : 481 particuliers abonnés ne boivent pas d'eau du robinet

<sup>38</sup> Il convient de noter que le résultat du sondage sur le mauvais goût comme raison donnée par les consommateurs à ne pas boire l'eau du robinet est 36%. Toutefois, les préférences gustatives des consommateurs étant très subjectives et pouvant n'avoir aucun lien avec la dureté de l'eau, nous n'avons appliqué qu'environ 50% du part de la réponse afin d'assurer que nos hypothèses sont le plus réalistes et pertinents que possible concernant la dureté de l'eau.

<sup>39</sup> Pour les particuliers, gestionnaires d'immeuble et collectivités

Scénario dureté	Usine			
	Choisy-le-Roi	Neuilly-sur-Marne	Méry-sur-Oise	Arvigny
Scénario B	2 343 tonnes/an	2 140 tonnes/an	1 155 tonnes/an	130 tonnes/an
<b>TOTAL TERRITOIRE</b>	Réduction de : <b>5 767 tonnes/an</b> de volume des déchets en bouteilles d'eau			

#### 4.1.4 Consommation de produits d'entretien

Les produits d'entretien couverts par cet indicateur et leurs postes de consommation respectifs sont la lessive (pour le linge), le produit vaisselle (pour la vaisselle) et le savon corporel (pour l'hygiène personnelle). A noter que la consommation de tout autre produit dont le dosage est lié à la dureté de l'eau, notamment les adoucissants, le shampoing et les produits anticalcaires, n'a pas été étudiée dans les publications analysées et n'est donc pas évaluée ici.

##### 4.1.4.1 Méthode de calcul

L'eau dure réduit le pouvoir moussant et nettoyant des savons et des détergents en les faisant précipiter, favorisant ainsi la consommation de ces produits. La décarbonation collective, en atténuant la teneur en calcaire, permettrait donc une baisse de la consommation de détergents et savons en améliorant leur pouvoir moussant. En se basant sur les informations disponibles dans la littérature, nous avons établi les équations indiquées dans le Tableau 24 qui serviront à évaluer les impacts.

Les résultats obtenus en kg/an/foyer ont été rapportés à l'échelle de l'usine à partir des données de consommation d'eau (cf. Tableau 4) et en prenant en compte uniquement les gestionnaires d'immeuble et les particuliers, car nous estimons que les collectivités utilisent très peu ces produits. A noter également que ces équations prennent en compte les fréquences d'utilisation de ces produits pour un foyer moyen en France (voir Tableau 11, pour plus de détail). Tableau 24 : Corrélation entre la consommation de produits d'entretien et la dureté.

Tableau 25 : Corrélation entre la consommation de produits d'entretien et la dureté

Produits d'entretien	Relations linéaires en fonction de la dureté de l'eau
Lessive (kg/foyer/an)	$0,24.D + 9$
Produit vaisselle (kg/foyer/an)	$0,004.D + 0,4$
Savon corporel (kg/foyer/an)	$0,09.D + 3,13$

##### 4.1.4.2 Résultats

La réduction de la consommation des produits d'entretien selon le scénario de dureté et les usines, est présentée dans le Tableau 26. Les résultats montrent que la décarbonation entrainerait en moyenne une réduction d'environ 9,5 kg par an par foyer de la consommation de produits d'entretien sur l'ensemble du territoire du SEDIF pour le scénario A, plus élevé par rapport au scénario B qui présente une réduction de 6 kg/foyer/an. La lessive et le savon corporel sont les plus impactés en termes de quantité et varient en fonction des usines – par exemple, jusqu'à 26 % de réduction de lessive et 27 % de réduction de l'usage de savon corporel dans le cas de l'usine de Neuilly-sur-Marne.

Tableau 26 : Réduction (kg/foyer/an) de volume des produits d'entretien<sup>40</sup>

Usine			Scénario A (TH = 10°f)		Scénario B (TH = 15°f)	
	Produit	Consommation initiale (kg/foyer/an)	Gain (kg/foyer/an)	Pourcentage de réduction (%) <sup>41</sup>	Gain (kg/foyer/an)	Pourcentage de réduction (%)
Choisy-le-Roi	Lessive	33,12	7,08	21%	4,36	13%
	Produit vaisselle	1,17	0,11	9%	0,07	6%
	Savon corporel	5,13	1,13	22%	0,70	15%
	<b>Total produits</b>	<b>39,5 kg/an/foyer</b>	<b>-8,3 kg/an/foyer</b> (soit - 3,61 kg/an/p)		<b>-5,1 kg/an/foyer</b> (soit - 2,22 kg/an/p)	
	<b>Total usine</b>	-	<b>- 6 023 t/an</b>		<b>- 3 707 t/an</b>	
Neuilly-sur-Marne	Lessive	35,30	9,25	26%	6,53	19%
	Produit vaisselle	1,21	0,14	12%	0,10	8%
	Savon corporel	5,48	1,48	27%	1,04	19%
	<b>Total produits</b>	<b>42 kg/an/foyer</b>	<b>-10,9 kg/an/foyer</b> (soit - 4,73 kg/an/p)		<b>-7,7 kg/an/foyer</b> (soit - 3,34 kg/an/p)	
	<b>Total usine</b>	-	<b>- 7 140 t/an</b>		<b>- 5 040 t/an</b>	
Méry-sur-Oise	Lessive	29,85	3,81	13%	1,09	4%
	Produit vaisselle	1,12	0,06	5%	0,02	1%
	Savon corporel	4,61	0,61	13%	0,17	4%
	<b>Total produits</b>	<b>35,5 kg/an/foyer</b>	<b>- 4,5 kg/an/foyer</b> (soit - 1,95 kg/an/p)		<b>- 1,3 kg/an/foyer</b> (soit - 0,55 kg/an/p)	
	<b>Total usine</b>	-	<b>- 1 512 t/an</b>		<b>- 432 t/an</b>	
Arvigny	Lessive	38,02	11,98	32%	9,25	24%
	Produit vaisselle	1,25	0,18	15%	0,14	11%
	Savon corporel	5,91	1,91	32%	1,48	25%
	<b>Total produits</b>	<b>45 kg/an/p</b>	<b>- 14,1 kg/an/foyer</b> (soit - 6,12 kg/an/p)		<b>- 10,9 kg/an/foyer</b> (soit - 4,73 kg/an/p)	
<b>Total usine</b>	-	<b>- 594 t/an</b>		<b>- 459 t/an</b>		
<b>MOYENNE TERRITOIRE</b>			<b>- 7,80 kg/an/foyer en moyenne</b>		<b>- 4,93 kg/an/foyer en moyenne</b>	

<sup>40</sup> Produit d'entretien = lessive, produit vaisselle et savon corporel<sup>41</sup> Par rapport à la dureté réelle moyenne de l'usine.

Usine			Scénario A (TH = 10°f)		Scénario B (TH = 15°f)	
	Produit	Consommation initiale (kg/foyer/an)	Gain (kg/foyer/an)	Pourcentage de réduction (%) <sup>41</sup>	Gain (kg/foyer/an)	Pourcentage de réduction (%)
			(Soit - 3,39 kg/an/p)		(soit -2,14 kg/an/p)	
<b>TOTAL TERRITOIRE</b>			<b>- 15 269 t/an</b>		<b>- 9 638 t/an</b>	

## 4.1.5 Emissions de CO<sub>2</sub>

### 4.1.5.1 Méthode de calcul

Les facteurs d'émissions considérés pour évaluer l'empreinte carbone sont la consommation d'énergie électrique, la durée de vie des équipements, la consommation d'eau en bouteille mais également la consommation de produits d'entretien et l'utilisation d'adoucisseurs individuels.

**Les émissions de CO<sub>2</sub> liées à l'utilisation d'adoucisseurs individuels** proviennent de la consommation de sels d'adoucissement et de la consommation énergétique des adoucisseurs. Cependant, de manière générale, les adoucisseurs d'eau consomment très peu d'énergie. Pour des modèles de contenance 20 l, l'énergie consommée peut être estimée à une moyenne de 25 kWh/an<sup>42</sup>. En ce qui concerne la consommation de sels d'adoucissement, il nous était impossible de l'évaluer du fait du manque de données. En effet, il aurait fallu trouver des publications qui estiment les économies de sels de régénération que réalisent les ménages disposant d'adoucisseurs individuels suite à la mise en œuvre de la décarbonation collective. Ce facteur d'émissions n'a donc pas été évalué.

**Emissions de CO<sub>2</sub> liées à la consommation énergétique des équipements** : Les émissions de CO<sub>2</sub> sont directement liées à la consommation énergétique des équipements domestiques (le chauffe-eau à combustibles uniquement et les équipements électroménagers) ; plus elle diminue plus les émissions de CO<sub>2</sub> générées lors de la production d'électricité sont faibles. Cette part d'émissions de CO<sub>2</sub> a donc été évaluée à partir des gains énergétiques présentés en section 4.1.1, selon l'hypothèse qu'1 kWh correspond à 64,7 gCO<sub>2e</sub>.<sup>43</sup>

**Emissions de CO<sub>2</sub> liées à la durée de vie des équipements** : Un autre facteur ayant un impact significatif sur le bilan carbone des ménages est la durée de vie des équipements domestiques. Plus la durée de vie est courte, plus les usagers achètent – ce qui génère plus de CO<sub>2</sub>. Les émissions de CO<sub>2</sub> liées à ce facteur ont été évaluées en tenant compte des résultats sur le prolongement de la durée de vie des équipements présentés en section 4.1.2 et en utilisant des données d'analyse de cycle de vie (ACV) disponibles dans la littérature (études européennes préparatoires à la directive Écoconception –EuP/ErP). Le Tableau 27 présente la quantité de CO<sub>2</sub> générée hors phase d'utilisation par le consommateur, la phase d'utilisation étant déjà évaluée via la consommation d'énergie des équipements. L'ensemble des chauffe-eau a été pris en compte pour la quantification de ce paramètre, en supposant que la durée de vie de tous les chauffe-eau est impactée par l'entartrage.

Tableau 27 : Quantité de CO<sub>2</sub> générées par les équipements (hors phase d'utilisation)

<sup>42</sup> <http://www.douce-h2o.fr/consommation-dun-adoucisseur-deau/>

<sup>43</sup> ADEME Centre de ressources sur les bilans de gaz à effet de serre / Site Bilan GES, Données issues du Base Carbone pour « Electricité - 2016 - mix moyen - consommation. » Disponible à l'adresse : <http://bilans-ges.ademe.fr/fr/basecarbone/donnees-consulter/liste-element/categorie/64>

Equipement	Quantité de CO <sub>2</sub> générées, hors phase d'utilisation (ACV)
Chauffe-eau	186,0 kgCO <sub>2</sub> eq <sup>44</sup>
Lave-linge	180,5 kgCO <sub>2</sub> eq <sup>45</sup>
Bouilloire	44,0 kgCO <sub>2</sub> eq <sup>46</sup>
Lave-vaisselle	168,9 kgCO <sub>2</sub> eq <sup>47</sup>
Machine à café	20,0 kgCO <sub>2</sub> eq <sup>48</sup>

A noter également que les ACV, issues de la littérature, ont été extrapolées au territoire du SEDIF :

- Chauffe-eau : les émissions de CO<sub>2</sub> correspondent à celles d'un chauffe-eau d'une capacité de 150L (capacité d'un chauffe-eau pour un foyer de 2,3p) ;
- Lave-linge : les émissions de CO<sub>2</sub> correspondent à celles d'un lave-linge d'une capacité de 5 kg (capacité moyenne pour un foyer de 2,3 personnes par lavage) ;
- Lave-vaisselle : les émissions de CO<sub>2</sub> correspondent à celles d'un lave-vaisselle d'une capacité de 9 couverts (capacité moyenne pour un foyer de 2,3 personnes)

**Emissions de CO<sub>2</sub> liées à la consommation de produits d'entretien :** Les émissions de CO<sub>2</sub> liées à la consommation de savon et de détergents ont été évaluées à partir des économies de produits évaluées en section 4.1.4.2 et des données d'analyse de cycle de vie disponibles dans la littérature. En effet plus les usagers réduisent leur consommation de produits, moins il y'aura de CO<sub>2</sub> provenant de la fabrication, du transport et de l'utilisation de ces produits. Le

Tableau 28 présente les quantités de CO<sub>2</sub> générées par la consommation des produits étudiés (pour 1 kg de produit).

A noter que pour le savon corporel, il n'était pas précisé si le savon est liquide ou solide, dans la base de données EcoInvent de Simapro. Concernant la lessive en poudre, il s'agit du « Ariel 2001 » dont l'analyse de cycle de vie a été réalisée avant mise sur le marché.

Tableau 28 : Quantité de CO<sub>2</sub> générées par les produits d'entretien (Fabrication, transport, distribution et élimination)

Produits	Quantité de CO <sub>2</sub> générées
Lessive en poudre	0,298 kgCO <sub>2</sub> eq <sup>49</sup>
Produit vaisselle	0,761 kgCO <sub>2</sub> eq <sup>50</sup>
Savon	4,669 kgCO <sub>2</sub> eq <sup>51</sup>

<sup>44</sup> Ecoinvent.

<sup>45</sup> Preparatory Studies for Ecodesign Requirements of EuPs: [https://www.eup-network.de/fileadmin/user\\_upload/Task\\_5\\_Definition\\_of\\_Base\\_Case.pdf](https://www.eup-network.de/fileadmin/user_upload/Task_5_Definition_of_Base_Case.pdf).

<sup>46</sup> Recommendations for the development of eco-design regulations in the European Union: [https://www.academia.edu/35526927/Life\\_cycle\\_environmental\\_evaluation\\_of\\_kettles\\_Recommendations\\_for\\_the\\_development\\_of\\_eco-design\\_regulations\\_in\\_the\\_European\\_Union](https://www.academia.edu/35526927/Life_cycle_environmental_evaluation_of_kettles_Recommendations_for_the_development_of_eco-design_regulations_in_the_European_Union).

<sup>47</sup> Preparatory Studies for Ecodesign Requirements of EuPs : [https://www.eup-network.de/fileadmin/user\\_upload/Task\\_5\\_Definition\\_of\\_Base\\_Case.pdf](https://www.eup-network.de/fileadmin/user_upload/Task_5_Definition_of_Base_Case.pdf).

<sup>48</sup> Preparatory Studies for Ecodesign Requirements of EuPs: [http://www.balas.org/BALAS\\_2013\\_proceedings\\_data/data/documents/p639212.pdf](http://www.balas.org/BALAS_2013_proceedings_data/data/documents/p639212.pdf).

<sup>49</sup> Dewaele, Joost, et al. "Comparative Life Cycle Assessment (LCA) of Ariel "Actif à froid" (2006), a laundry detergent that allows to wash at colder wash temperatures, with previous Ariel laundry detergents (1998, 2001)." *Procter & Gamble, Brussels Innovation Center, Central Product Safety-Environmental, Brussels* (2006).

<sup>50</sup> Kim, Jong Seok, et al. "The Effects of Eco-friendly Design of Dishwashing Detergent on Products Carbon Emission Reduction." *Journal of Korean Society of Environmental Engineers* 37.2 (2015): 87-91.

<sup>51</sup> Ecoinvent database, LCA of soap. <https://www.ecoinvent.org/>

**Emissions de CO<sub>2</sub> liées à la consommation de bouteilles d'eau :** Les émissions de CO<sub>2</sub> liées à ce facteur ont été évaluées en tenant compte de notre hypothèse sur la réduction dans la quantité de déchets générés par la consommation de bouteilles d'eau (voir section 4.1.3), suite à la mise en œuvre de la décarbonation. La méthode de calcul intègre également les facteurs suivants concernant l'ACV d'une bouteille d'eau en PET : volume = 1,5 litres (33 g) avec un potentiel de réchauffement climatique de 0,29 kgCO<sub>2</sub>e<sup>52</sup>.

#### 4.1.5.2 Résultats

**Emissions de CO<sub>2</sub> liées à la consommation d'énergie des équipements :** Le Tableau 29 (scénario A) et le

---

<sup>52</sup> Etude réalisé par BIO intelligence services en 2010 pour Ecoemballage

Tableau 30 (scénario B) présentent les résultats d'impact des scénarios de dureté cible sur les émissions de CO<sub>2</sub> (correspond aux émissions évitées) suite à la réduction de la consommation d'énergie des équipements. Environ 8 435 tCO<sub>2e</sub> seraient évitées chaque année, à l'issu de la mise en place de la décarbonation dans le scénario A, plus élevé comparé au scénario B qui entrainerait une réduction de 5 327 tCO<sub>2e</sub>/an. A noter que, uniquement les chauffe-eau à gaz et au fioul ont été pris en compte étant donné que la consommation d'énergie des chauffe-eau électriques n'est pas impactée par le calcaire, comme expliqué en section 4.1.1.1.

Tableau 29 : Impact du scénario A sur les émissions de CO<sub>2</sub> liées à la consommation d'énergie des équipements domestiques

Scénario A (TH = 10 °f)		Usine			
		Choisy-le-Roi (TH = 23 °f)	Neuilly-sur-Marne (TH = 27 °f)	Méry-sur-Oise (TH = 17 °f)	Arvigny (TH = 32 °f)
Chauffe-eau	Initiale (kgCO <sub>2</sub> /foyer)	93,2	94,9	90,7	97,0
	Finale (kgCO <sub>2</sub> /foyer)	87,8	87,8	87,8	87,8
	<b>Réduction</b> (kgCO <sub>2</sub> /foyer)	<b>- 5,4</b>	<b>- 7,1</b>	<b>- 2,9</b>	<b>- 9,2</b>
	<b>Réduction</b> (kgCO <sub>2</sub> /p)	- 2,3	- 3,1	- 1,3	- 4,0
Lave-linge	Initiale (kgCO <sub>2</sub> /foyer)	10,7	10,9	10,4	11,1
	Finale (kgCO <sub>2</sub> /foyer)	10,1	10,2	10,1	10,2
	<b>Réduction</b> (kgCO <sub>2</sub> /foyer)	<b>- 0,6</b>	<b>- 0,7</b>	<b>- 0,3</b>	<b>- 0,9</b>
	<b>Réduction</b> (kgCO <sub>2</sub> /p)	- 0,3	- 0,3	- 0,1	- 0,4
Lave-vaisselle	Initiale (kgCO <sub>2</sub> /foyer)	14,6	14,9	14,3	15,2
	Finale (kgCO <sub>2</sub> /foyer)	13,8	13,9	13,9	13,9
	<b>Réduction</b> (kgCO <sub>2</sub> /foyer)	<b>- 0,8</b>	<b>- 1,0</b>	<b>- 0,4</b>	<b>- 1,3</b>
	<b>Réduction</b> (kgCO <sub>2</sub> /p)	- 0,3	- 0,4	- 0,2	- 0,6
Bouilloire	Initiale (kgCO <sub>2</sub> /foyer)	5,4	5,5	5,3	5,6
	Finale (kgCO <sub>2</sub> /foyer)	5,1	5,1	5,2	5,1
	<b>Réduction</b> (kgCO <sub>2</sub> /foyer)	<b>- 0,3</b>	<b>- 0,4</b>	<b>- 0,1</b>	<b>- 0,5</b>
	<b>Réduction</b> (kgCO <sub>2</sub> /p)	- 0,1	- 0,2	- 0,04	- 0,2

<b>Scénario A (TH = 10 °f)</b>		<b>Usine</b>			
<b>Equipement</b>	<b>Quantité de CO<sub>2</sub></b>	Choisy-le-Roi (TH = 23 °f)	Neuilly-sur-Marne (TH = 27 °f)	Méry-sur-Oise (TH = 17 °f)	Arvigny (TH = 32 °f)
<b>Machine à café</b>	Initiale (kgCO <sub>2</sub> /foyer)	8,6	8,7	8,3	8,9
	Finale (kgCO <sub>2</sub> /foyer)	8,1	8,1	8,1	8,1
	<b>Réduction</b> (kgCO <sub>2</sub> /foyer)	<b>- 0,5</b>	<b>- 0,6</b>	<b>- 0,2</b>	<b>- 0,8</b>
	<b>Réduction</b> (kgCO <sub>2</sub> /p)	- 0,2	- 0,3	- 0,09	- 0,3
<b>GAIN TOTAL PAR USINE</b> (tCO <sub>2</sub> /an)		<b>- 3 351</b>	<b>- 3 926</b>	<b>- 825</b>	<b>- 333</b>
<b>GAIN TOTAL TERRITOIRE</b>		<b>- 8 435 tCO<sub>2</sub>/an</b>			

Tableau 30 : Impact du scénario B sur les émissions de CO<sub>2</sub> liées à la consommation d'énergie des équipements domestiques

Scénario B (TH = 15 °f)		Usine			
		Choisy-le-Roi (TH = 23 °f)	Neuilly-sur-Marne (TH = 27 °f)	Méry-sur-Oise (TH = 17 °f)	Arvigny (TH = 32 °f)
Équipement	Quantité de CO <sub>2</sub>				
Chauffe-eau	Initiale (kgCO <sub>2</sub> /an/foyer)	93,2	95,0	90,7	97,0
	Finale (kgCO <sub>2</sub> /an/foyer)	89,9	90,0	89,9	89,9
	<b>Réduction</b> (kgCO <sub>2</sub> /foyer)	<b>- 3,3</b>	<b>- 5,0</b>	<b>- 0,8</b>	<b>- 7,1</b>
	<b>Réduction</b> (kgCO <sub>2</sub> /p)	- 1,4	- 2,2	- 0,3	- 3,1
Lave-linge	Initiale (kgCO <sub>2</sub> /an/foyer)	10,7	10,9	10,4	11,1
	Finale (kgCO <sub>2</sub> /an/foyer)	10,4	10,4	10,3	10,4
	<b>Réduction</b> (kgCO <sub>2</sub> /foyer)	<b>- 0,3</b>	<b>- 0,5</b>	<b>- 0,1</b>	<b>- 0,7</b>
	<b>Réduction</b> (kgCO <sub>2</sub> /p)	- 0,13	- 0,2	- 0,04	- 0,3
Lave-vaisselle	Initiale (kgCO <sub>2</sub> /an/foyer)	14,6	14,9	14,3	15,2
	Finale (kgCO <sub>2</sub> /an/foyer)	14,1	14,2	14,2	14,2
	<b>Réduction</b> (kgCO <sub>2</sub> /foyer)	<b>- 0,5</b>	<b>- 0,7</b>	<b>- 0,1</b>	<b>- 1,0</b>
	<b>Réduction</b> (kgCO <sub>2</sub> /p)	- 0,2	- 0,3	- 0,04	- 0,4
Bouilloire	Initiale (kgCO <sub>2</sub> /an/foyer)	5,4	5,5	5,3	5,6
	Finale (kgCO <sub>2</sub> /an/foyer)	5,2	5,2	5,2	5,2
	<b>Réduction</b> (kgCO <sub>2</sub> /foyer)	<b>- 0,2</b>	<b>- 0,3</b>	<b>- 0,04</b>	<b>- 0,4</b>
	<b>Réduction</b> (kgCO <sub>2</sub> /p)	- 0,1	- 0,13	- 0,02	- 0,2
Machine à café	Initiale (kgCO <sub>2</sub> /an/foyer)	8,6	8,7	8,3	8,9
	Finale (kgCO <sub>2</sub> /an/foyer)	8,3	8,3	8,23	8,3
	<b>Réduction</b> (kgCO <sub>2</sub> /foyer)	<b>- 0,3</b>	<b>- 0,4</b>	<b>- 0,07</b>	<b>- 0,6</b>
	<b>Réduction</b> (kgCO <sub>2</sub> /p)	- 0,13	- 0,2	- 0,04	- 0,3

Scénario B (TH = 15 °f)		Usine			
Equipement	Quantité de CO <sub>2</sub>	Choisy-le-Roi (TH = 23 °f)	Neuilly-sur-Marne (TH = 27 °f)	Méry-sur-Oise (TH = 17 °f)	Arvigny (TH = 32 °f)
<b>GAIN TOTAL PAR USINE (tCO<sub>2</sub>/an)</b>		<b>- 2 062</b>	<b>- 2 772</b>	<b>- 236</b>	<b>- 257</b>
<b>GAIN TOTAL TERRITOIRE</b>		<b>- 5 327 tCO<sub>2</sub>/an</b>			

**Emissions de CO<sub>2</sub> liées à la durée de vie des équipements** : Ces émissions de CO<sub>2</sub> proviennent de l'extraction et la transformation des matériaux utilisés pour la phase de conception, la production de l'équipement, la distribution et l'élimination en fin de vie. La phase d'utilisation n'est pas considérée ici, car elle est déjà prise en compte dans le calcul de la consommation d'énergie (les émissions de CO<sub>2</sub> provenant de la phase d'utilisation des équipements sont principalement dues à la consommation d'énergie).

Les Tableau 31 et Tableau 32 présentent l'impact des scénarios de dureté sur les émissions de CO<sub>2</sub> liées à l'allongement de la durée de vie opérationnelle des équipements. A noter que le gain total sur les émissions de CO<sub>2</sub> est le même dans les deux scénarios pour l'usine d'Arvigny, ceci est dû au plafonnement des gains sur la durée de vie (on obtient les mêmes gains sur la durée de vie dans les 2 scénarios, après plafonnement).

Tableau 31 : Impact du scénario A sur les émissions de CO<sub>2</sub> liées à la durée de vie des équipements

Scénario A		Usine			
Equipement	Quantité de CO <sub>2</sub>	Choisy-le-Roi (TH = 23 °f)	Neuilly-sur-Marne (TH = 27 °f)	Méry-sur-Oise (TH = 17 °f)	Arvigny (TH = 32 °f)
Chauffe-eau	Initiale (kgCO <sub>2</sub> /an/foyer)	15,9	16,8	14,8	17,9
	Finale (kgCO <sub>2</sub> /an/foyer)	13,7	14,2	13,7	15,0
	<b>Réduction</b> (kgCO <sub>2</sub> /foyer)	<b>2,2</b>	<b>2,6</b>	<b>1,1</b>	<b>2,9</b>
	<b>Réduction</b> (kgCO <sub>2</sub> /p)	1,0	1,1	0,5	1,3
Lave-linge	Initiale (kgCO <sub>2</sub> /an/foyer)	11,9	13,2	10,4	15,2
	Finale (kgCO <sub>2</sub> /an/foyer)	10,5	11,5	9,3	13,0
	<b>Réduction</b> (kgCO <sub>2</sub> /foyer)	<b>1,4</b>	<b>1,7</b>	<b>1,1</b>	<b>2,2</b>
	<b>Réduction</b> (kgCO <sub>2</sub> /p)	0,6	0,7	0,5	1,0
Bouilloire	Initiale (kgCO <sub>2</sub> /an/foyer)	3,4	3,9	2,9	4,8
	Finale (kgCO <sub>2</sub> /an/foyer)	3,2	3,6	2,7	4,3
	<b>Réduction</b> (kgCO <sub>2</sub> /foyer)	<b>0,3</b>	<b>0,3</b>	<b>0,2</b>	<b>0,5</b>
	<b>Réduction</b> (kgCO <sub>2</sub> /p)	0,1	0,1	0,1	0,2
Lave-vaisselle	Initiale (kgCO <sub>2</sub> /an/foyer)	11,7	13,0	10,3	15,0
	Finale (kgCO <sub>2</sub> /an/foyer)	10,3	11,2	9,1	12,7
	<b>Réduction</b> (kgCO <sub>2</sub> /foyer)	<b>1,4</b>	<b>1,7</b>	<b>1,2</b>	<b>2,3</b>
	<b>Réduction</b> (kgCO <sub>2</sub> /p)	0,6	0,8	0,5	1,0
M a u s	Initiale (kgCO <sub>2</sub> /an/foyer)	1,6	1,8	1,3	2,2

Scénario A		Usine			
Equipement	Quantité de CO <sub>2</sub>	Choisy-le-Roi (TH = 23 °f)	Neuilly-sur-Marne (TH = 27 °f)	Méry-sur-Oise (TH = 17 °f)	Arvigny (TH = 32 °f)
	Finale (kgCO <sub>2</sub> /an/foyer)	1,5	1,6	1,2	2,0
	<b>Réduction</b> (kgCO <sub>2</sub> /foyer)	<b>0,11</b>	<b>0,15</b>	<b>0,08</b>	<b>0,2</b>
	<b>Réduction</b> (kgCO <sub>2</sub> /p)	0,05	0,06	0,03	0,1
<b>GAIN TOTAL PAR USINE (tCO<sub>2eq</sub>/an)</b>		<b>- 3 869</b>	<b>- 4 115</b>	<b>- 1 132</b>	<b>- 336</b>
<b>GAIN TOTAL TERRITOIRE</b>		<b>- 9 552 tCO<sub>2eq</sub>/an</b>			

Tableau 32 : Impact du scénario B sur les émissions de CO<sub>2</sub> liées à la durée de vie des équipements

Scénario B		Usine			
Equipement	Quantité de CO <sub>2</sub>	Choisy-le-Roi (TH = 23 °f)	Neuilly-sur-Marne (TH = 27 °f)	Méry-sur-Oise (TH = 17 °f)	Arvigny (TH = 32 °f)
Chauffe-eau	Initiale (kgCO <sub>2</sub> /an/foyer)	15,9	16,8	14,8	17,9
	Finale (kgCO <sub>2</sub> /an/foyer)	14,5	14,5	14,5	15,0
	<b>Réduction</b> (kgCO <sub>2</sub> /foyer)	<b>1,4</b>	<b>2,3</b>	<b>0,3</b>	<b>2,9</b>
	<b>Réduction</b> (kgCO <sub>2</sub> /p)	0,6	1,0	0,1	1,3
Lave-linge	Initiale (kgCO <sub>2</sub> /an/foyer)	11,9	13,2	10,4	15,2
	Finale (kgCO <sub>2</sub> /an/foyer)	10,5	11,5	10,0	13,0
	<b>Réduction</b> (kgCO <sub>2</sub> /foyer)	<b>1,4</b>	<b>1,7</b>	<b>0,4</b>	<b>2,2</b>
	<b>Réduction</b> (kgCO <sub>2</sub> /p)	0,6	0,7	0,2	1,0
Bouilloire	Initiale (kgCO <sub>2</sub> /an/foyer)	3,4	3,9	2,9	4,8
	Finale (kgCO <sub>2</sub> /an/foyer)	3,2	3,6	2,7	4,3
	<b>Réduction</b> (kgCO <sub>2</sub> /foyer)	<b>0,25</b>	<b>0,3</b>	<b>0,2</b>	<b>0,5</b>
	<b>Réduction</b> (kgCO <sub>2</sub> /p)	0,1	0,1	0,1	0,2
Lave-vaisselle	Initiale (kgCO <sub>2</sub> /an/foyer)	11,7	13,0	10,3	15,0
	Finale (kgCO <sub>2</sub> /an/foyer)	10,3	11,2	9,8	12,7
	<b>Réduction</b> (kgCO <sub>2</sub> /foyer)	<b>1,4</b>	<b>1,7</b>	<b>0,4</b>	<b>2,3</b>
	<b>Réduction</b> (kgCO <sub>2</sub> /p)	0,6	0,8	0,2	1,0

Scénario B		Usine			
Equipement	Quantité de CO <sub>2</sub>	Choisy-le-Roi (TH = 23 °f)	Neuilly-sur-Marne (TH = 27 °f)	Méry-sur-Oise (TH = 17 °f)	Arvigny (TH = 32 °f)
Machine à café	Initiale (kgCO <sub>2</sub> /an/foyer)	1,6	1,8	1,3	2,2
	Finale (kgCO <sub>2</sub> /an/foyer)	1,4	1,6	1,2	2,0
	<b>Réduction</b> (kgCO <sub>2</sub> /foyer)	<b>0,1</b>	<b>0,2</b>	<b>0,1</b>	<b>0,2</b>
	<b>Réduction</b> (kgCO <sub>2</sub> /p)	0,05	0,1	0,03	0,1
<b>GAIN TOTAL PAR USINE (tCO<sub>2</sub>/an)</b>		<b>- 3 240</b>	<b>- 3 903</b>	<b>- 433</b>	<b>- 336</b>
<b>GAIN TOTAL TERRITOIRE</b>		<b>- 7 912 tCO<sub>2</sub>eq/an</b>			

**Emissions de CO<sub>2</sub> liées à la consommation de produits d'entretien :** La décarbonation collective entraînerait une réduction de la consommation de produits d'entretien et donc de son empreinte carbone. Ces émissions de CO<sub>2</sub> proviennent notamment de la production des matières premières, leur transport, la fabrication et le transport du produit fini, l'utilisation du produit et l'élimination des déchets générés (traitement des eaux usées, élimination des emballages, etc.).

Le Tableau 33 suivant présente les résultats d'analyse des impacts, qui montrent un impact plus significatif pour le scénario A.

Tableau 33 : Impact des scénarios de dureté sur les émissions de CO<sub>2</sub> liées à la consommation de produits d'entretien

Usine	Produit	Scénario A (TH = 10°f)	Scénario B (TH = 15°f)
		Gain (kgCO <sub>2</sub> eq/an/foyer)	Gain (kgCO <sub>2</sub> eq/an/foyer)
Choisy-le-Roi	Lessive	17,29	10,64
	Produit vaisselle	0,08	0,05
	Savon corporel	5,28	3,25
	<b>Total produits</b>	<b>- 22,65 kgCO<sub>2</sub>eq/an/foyer</b> <i>(soit - 9,85 kgCO<sub>2</sub>eq/an/p)</i>	<b>- 13,94 kgCO<sub>2</sub>eq/an/foyer</b> <i>(soit - 6,06 kgCO<sub>2</sub>eq/an/p)</i>
	<b>Total usine</b>	<b>- 16 404 tCO<sub>2</sub>eq/an</b>	<b>- 10 095 tCO<sub>2</sub>eq/an</b>
Neuilly-sur-Marne	Lessive	22,61	15,96
	Produit vaisselle	0,11	0,08
	Savon corporel	6,90	4,87
	<b>Total produits</b>	<b>- 29,61 kgCO<sub>2</sub>eq/an/foyer</b> <i>(soit - 12,88 kgCO<sub>2</sub>eq/an/p)</i>	<b>-20,90 kgCO<sub>2</sub>eq/an/foyer</b> <i>(soit - 9,09 kgCO<sub>2</sub>eq/an/p)</i>
	<b>Total usine</b>	<b>- 19 446 tCO<sub>2</sub>eq/an</b>	<b>- 13 727 tCO<sub>2</sub>eq/an</b>
Méry-sur-Oise	Lessive	9,31	2,66
	Produit vaisselle	0,04	0,01
	Savon corporel	2,84	0,81

Usine		Scénario A (TH = 10°f)	Scénario B (TH = 15°f)
	Produit	Gain (kgCO <sub>2</sub> eq/an/foyer)	Gain (kgCO <sub>2</sub> eq/an/foyer)
	<b>Total produits</b>	<b>- 12,19 kgCO<sub>2</sub>eq/an/foyer</b> <i>(soit - 5,30 kgCO<sub>2</sub>eq/an/p)</i>	<b>- 3,48 kgCO<sub>2</sub>eq/an/foyer</b> <i>(soit - 1,51 kgCO<sub>2</sub>eq/an/p)</i>
	<b>Total usine</b>	<b>- 4 119 tCO<sub>2</sub>eq/an</b>	<b>1 177 tCO<sub>2</sub>eq/an</b>
Arvigny	Lessive	29,26	22,61
	Produit vaisselle	0,14	0,11
	Savon corporel	8,93	6,90
	<b>Total produits</b>	<b>- 38,32 kgCO<sub>2</sub>eq/an/foyer</b> <i>(soit - 16,66 kgCO<sub>2</sub>eq/an/p)</i>	<b>- 29,61 kgCO<sub>2</sub>eq/an/foyer</b> <i>(soit - 12,88 kgCO<sub>2</sub>eq/an/p)</i>
<b>Total usine</b>	<b>- 1 618 tCO<sub>2</sub>eq/an</b>	<b>1 250 tCO<sub>2</sub>eq/an</b>	
<b>MOYENNE TERRITOIRE</b>		<b>- 21,26 kgCO<sub>2</sub>eq/an/foyer</b> <i>(Soit - 9,24 kgCO<sub>2</sub>eq/an/p)</i>	<b>-13,42 kgCO<sub>2</sub>eq/an/foyer</b> <i>(Soit - 5,83 kgCO<sub>2</sub>eq/an/p)</i>
<b>TOTAL TERRITOIRE</b>		<b>- 41 587 tCO<sub>2</sub>eq/an</b>	<b>- 26 248 tCO<sub>2</sub>eq/an</b>

**Emissions de CO<sub>2</sub> liées à la réduction de la consommation de bouteilles d'eau :** La décarbonation collective permettrait une réduction des émissions de CO<sub>2</sub> liées à la réduction de l'achat et la consommation de bouteilles d'eau. En effet, comme indiqué précédemment, nous supposons que plus de consommateurs, par rapport à la situation actuelle, changeraient leurs habitudes en buvant plus fréquemment l'eau du robinet que l'eau en bouteille.

Le Tableau 34 présente l'impact des deux scénarios de dureté sur la consommation totale de bouteilles d'eau, par usine. Environ 50 000 tCO<sub>2</sub>eq seraient évitées chaque année suite à la décarbonation.

Tableau 34 : Impact des scénarios de dureté sur les émissions de CO<sub>2</sub> liées à la réduction de la consommation de bouteilles d'eau

	Usine			
	Choisy-le-Roi	Neuilly-sur-Marne	Méry-sur-Oise	Arvigny
<b>Scénario A (TH = 10°f)</b>	20 586	18 804	10 152	1 141
<b>Scénario B (TH = 15°f)</b>	tCO <sub>2</sub> eq/an	tCO <sub>2</sub> eq/an	tCO <sub>2</sub> eq/an	tCO <sub>2</sub> eq/an
<b>TOTAL TERRITOIRE</b>	<b>50 684 tCO<sub>2</sub>eq/an</b>			

## Résultats globaux pour les quatre usines évaluées

Les

Tableau 35 et Tableau 36 récapitulent l'impact de la décarbonation sur les émissions de CO<sub>2</sub>, par usine et par scénario. Une réduction annuelle de plus de 110 000 tCO<sub>2</sub>eq des émissions de CO<sub>2</sub> a été estimée en considérant une dureté finale de 10 °f, contre environ 90 000 tCO<sub>2</sub>eq dans le cas du scénario B. Ces chiffres sont à prendre avec précaution, notamment du fait des hypothèses formulées pour l'évaluation de certains indicateurs.

En effet la décarbonation collective va certes entrainer un allongement de la durée de vie opérationnelle des équipements, qui réduit donc considérablement les émissions de CO<sub>2</sub> liées au cycle de vie de l'appareil (hors phase d'usage), mais ceci ne permettra pas systématiquement, ou du moins n'est pas la seule raison pour éviter l'achat d'un nouvel équipement. Malgré le plafonnement effectué pour estimer les gains sur la durée de vie, l'impact réel du calcaire (en prenant en compte l'ensemble des facteurs pouvant engendrer le remplacement d'un appareil) n'a pas été quantifié (on ne connaît pas la part liée au calcaire). Aussi, il est possible que le volume de déchets provenant de la consommation de bouteilles d'eau ait été surestimé, car certains consommateurs ne vont pas forcément changer leurs habitudes de consommation après la mise en œuvre de la décarbonation.

Tableau 35 : Impact du scénario A sur les émissions de CO<sub>2</sub>

	Types d'impact	Usine				TOTAL TERRITOIRE
	Réduction des émissions de CO <sub>2</sub> liées à :	Choisy-le-Roi	Neuilly-sur-Marne	Méry-sur-Oise	Arvigny	
Scénario A (TH = 10 of)	La consommation d'énergie (tCO <sub>2</sub> e/an)	3 351	3 926	825	333	8 435 tCO <sub>2</sub> eq/an
	La consommation de bouteilles d'eau (tCO <sub>2</sub> e/an)	20 586	18 804	10 152	1 141	50 683 tCO <sub>2</sub> eq/an
	La durée de vie des équipements (tCO <sub>2</sub> e/an)	3 869	4 115	1 132	336	9 452 tCO <sub>2</sub> eq/an
	La consommation de produits d'entretien (tCO <sub>2</sub> e/an)	16 404	19 446	4 119	1 618	41 587 tCO <sub>2</sub> eq/an
	<b>TOTAL usine</b>	44 210 tCO <sub>2</sub> eq/an	46 291 tCO <sub>2</sub> eq/an	16 228 tCO <sub>2</sub> eq/an	3 428 tCO <sub>2</sub> eq/an	<b>110 157 tCO<sub>2</sub>eq/an</b>

Tableau 36 : Impact du scénario B sur les émissions de CO<sub>2</sub>

	Types d'impact	Usine				TOTAL TERRITOIRE
	Réduction des émissions de CO <sub>2</sub> liées à :	Choisy-le-Roi	Neuilly-sur-Marne	Méry-sur-Oise	Arvigny	
Scénario B (TH = 15 of)	La consommation d'énergie (tCO <sub>2</sub> e/an)	2 062	2 772	236	257	5 327 tCO <sub>2</sub> eq/an
	La consommation de bouteilles d'eau (tCO <sub>2</sub> e/an)	20 586	18 804	10 152	1 141	50 683 tCO <sub>2</sub> eq/an
	La durée de vie des équipements (tCO <sub>2</sub> e/an)	3 240	3 903	433	336	7 912 tCO <sub>2</sub> eq/an
	La consommation de produits d'entretien (tCO <sub>2</sub> e/an)	10 095	13 727	1 177	1 250	26 249 tCO <sub>2</sub> eq/an
	<b>TOTAL usine</b>	35 982 tCO <sub>2</sub> eq/an	39 206 tCO <sub>2</sub> eq/an	11 998 tCO <sub>2</sub> eq/an	2 984 tCO <sub>2</sub> eq/an	<b>90 171 tCO<sub>2</sub>eq/an</b>

Les Figure 9 et

Figure 10 présentent les résultats sous formes graphiques, par scénario et pour l'ensemble du territoire. Enfin la

Figure 11 montre pour chaque scénario de dureté, les parts de réduction totale des émissions de CO<sub>2</sub> liées à l’allongement de la durée de vie des équipements, la réduction de la consommation d’énergie des équipements, la réduction de la consommation de bouteilles d’eau et la réduction de la consommation de savons et détergents. Cette analyse montre qu’une grande partie de la réduction des émissions de CO<sub>2</sub> est due à la réduction de la consommation de bouteilles d’eau (en moyenne 50 % des émissions). L’impact sur le cycle de vie des équipements –représentée ici par la durée de vie (conception, la distribution et l’élimination) et la consommation d’énergie (phase d’utilisation) –est minoritaire (en moyenne 16 % des émissions). En ce qui concerne le choix de la valeur de dureté cible, le scénario A est le plus intéressant avec une réduction plus importante de l’empreinte carbone des usagers (20 000 tCO<sub>2</sub>eq/an de plus).

Figure 9 : Scénario A – Réduction des émissions de CO<sub>2</sub> (tCO<sub>2</sub>eq/an)

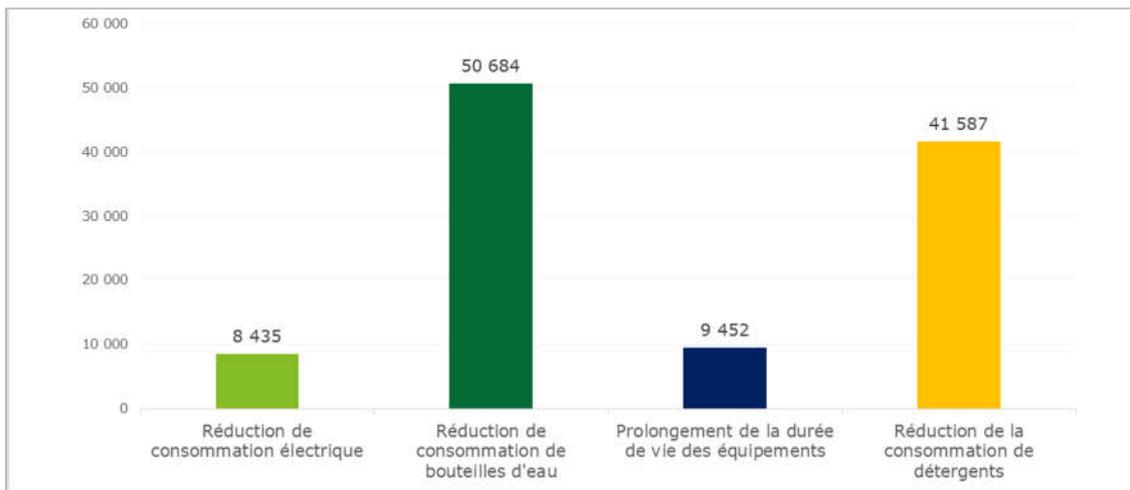


Figure 10 : Scénario B – Réduction des émissions de CO<sub>2</sub> (tCO<sub>2</sub>e/an)

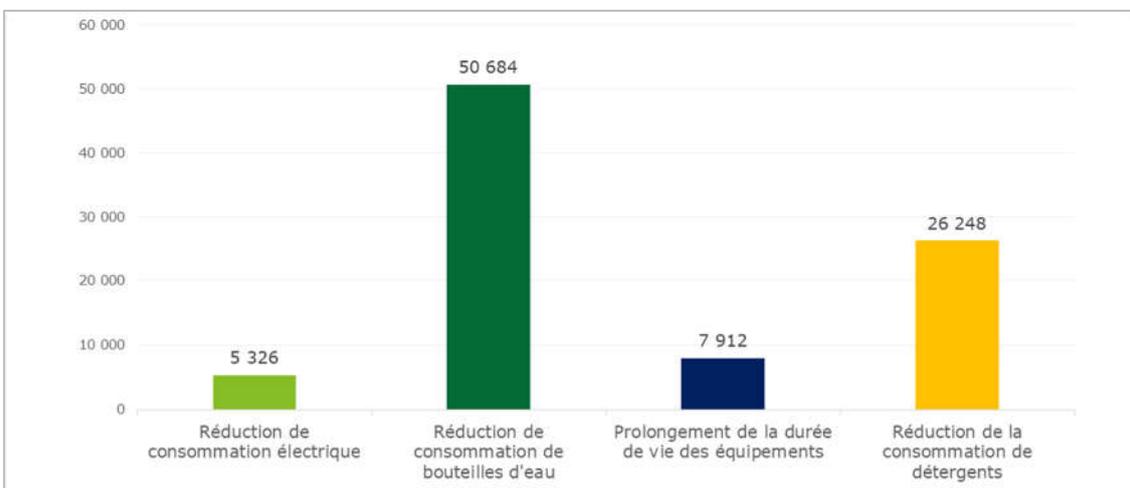
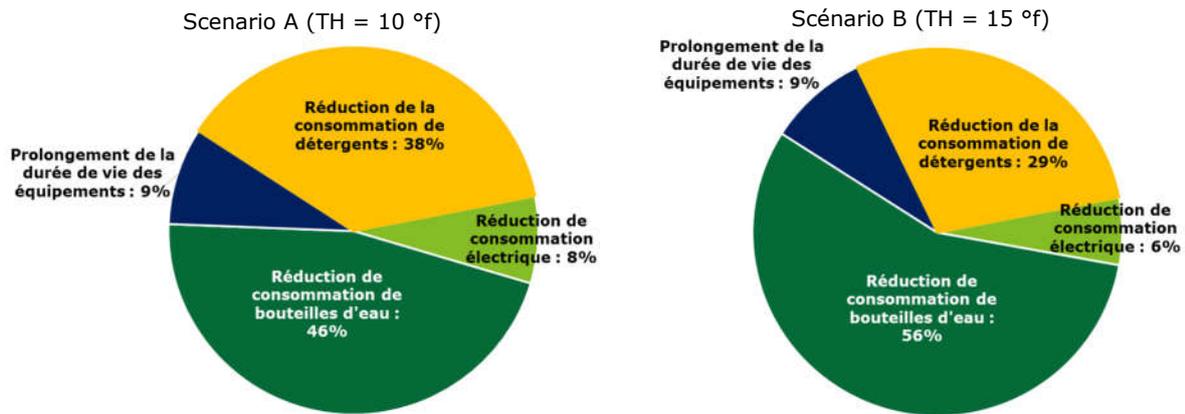


Figure 11 : Réduction totale des émissions de CO<sub>2</sub> (%)



#### 4.1.6 Utilisation d'adoucisseurs individuels

Afin de limiter les désagréments liés à une eau très calcaire (dépôts de calcaire, séchement de votre peau et cheveux, etc.) une grande partie des foyers en France utilisent des adoucisseurs individuels malgré les nombreux problèmes qu'il peut engendrer. En plus des risques sanitaires liés à l'utilisation de ces appareils, leur utilisation peut avoir de nombreux impacts négatifs sur l'environnement, notamment le rejet de saumures dans les eaux usées néfastes pour les nappes phréatiques (voir Box 3). A noter que certains habitats collectifs sont équipés d'adoucisseurs d'eau destinés à adoucir l'eau de chauffage uniquement pour éviter l'entartrage du circuit de chauffage (et la réduction de la performance énergétique des chaudières), ceux-ci n'ont pas été évalués dans le cadre cette étude.

La décarbonation collective permettrait donc une baisse de l'utilisation d'adoucisseurs individuels ainsi que le risque sanitaire et environnemental associé à l'utilisation de ces appareils.

#### Impact de la décarbonation sur le traitement des eaux usées

La présence de chlorures dans les eaux usées à cause de l'utilisation d'adoucisseurs individuels est principalement due aux adoucisseurs utilisant les techniques à base de résines échangeuses d'ions. Les résines échangeuses d'ions (majorité des adoucisseurs sur le marché) sont saturées. Elles sont régénérées avec du chlorure de sodium, ce qui génère un flux de chlorures dans les eaux usées (voir également Box 2). Les chlorures peuvent également provenir dans une moindre mesure et en fonction de la qualité de l'eau brute des dispositifs de traitement des particuliers, basés sur la technologie d'osmose inverse. A noter que les stations d'épuration classiques ne sont pas équipées de système de traitement des chlorures qui peuvent donc se retrouver dans les eaux de surface. De plus, les chlorures peuvent agir sur les bactéries utilisées dans le traitement biologique des eaux usées, ce qui diminuerait la performance du traitement. En termes d'impacts des scénarios de dureté cibles sur la présence de chlorures et sodium dans les eaux usées, les données suffisantes ne sont pas à l'heure actuelle disponible pour mesurer l'impact direct de la diminution de la dureté de l'eau sur le traitement des eaux usées. Néanmoins, selon les données collectées via la recherche bibliographique, la mise en œuvre de la décarbonation collective diminuerait l'utilisation d'adoucisseurs individuels et permettrait donc de réduire les émissions de chlorures de 27 à 47 % dans les eaux usées ; améliorant ainsi l'efficacité de traitement des STEP<sup>53</sup>.

<sup>53</sup> 1- Madison Metropolitan Sewage District, 2015. « Optimisation des adoucisseurs d'eau pour réduire le chlorure »

## 4.2 Impacts socio-économiques

Les impacts socio-économiques relatifs à une eau dure couvrent les aspects tels que la satisfaction des consommateurs et les économies sur les achats de produits d'entretien et d'eau embouteillée. Cette section présente les économies attendues du projet de décarbonation collective du SEDIF pour les usages domestiques (sans en prendre compte les coûts éventuels de la mise en place, maintenance et exploitation des installations de décarbonation). Le bilan économique issu de l'analyse coûts et bénéfices est présenté dans section 6.1 du chapitre 6 (synthèse des résultats et recommandations).

### 4.2.1 Gains liés à la réduction de la consommation d'énergie

Comme mentionné dans les sections précédentes, la décarbonation collective permettrait une diminution du dépôt de tartre dans les équipements, entraînant une réduction de leur consommation d'énergie. Cela a un impact sur la facture d'électricité et représente des économies (en euros) non négligeables pour l'utilisateur.

#### 4.2.1.1 Méthode de calcul

Les économies liées à la consommation énergétique ont été évaluées à partir des gains énergétiques engendrés par la mise en œuvre de la décarbonation collective selon l'hypothèse qu'1 kWh en France coûte 0,15 €TTC.

#### 4.2.1.2 Résultats

A partir du

Tableau 18, le Tableau 37 présente les économies (€/an) liées à la réduction de la consommation d'énergie des équipements (MWh/an), par usine. Le scénario A permet d'économiser 7,5 millions d'euros de plus par rapport au scénario B.

Tableau 37 : Economies (€/an) liées à la réduction de la consommation énergétique

Usine	Scénario A (TH=10 °f)		Scénario B (TH=15 °f)	
	Gain énergétique total (MWh/an)	Economies (€/an)	Gain énergétique total (MWh/an)	Economies (€/an)
Choisy-le-Roi (TH = 23 °f)	51 787 MWh/an	<b>7,8 M€/an</b>	31 869 MWh/an	<b>4,8 M€/an</b>
Neuilly-sur-Marne (TH=27 °f)	60 686 MWh/an	<b>9,1 M€/an</b>	42 837 MWh/an	<b>6,4 M€/an</b>
Méry-sur-Oise (TH= 17 °f)	12 750 MWh/an	<b>1,9 M€/an</b>	3 643 MWh/an	<b>0,5 M€/an</b>
Arvigny (TH=32 °f)	5 144 MWh/an	<b>0,8 M€/an</b>	3 975 MWh/an	<b>0,6 M€/an</b>

2- BioSolutions, 2004. « Fiche technique sur les adoucisseurs d'eau et les eaux usées ».

3- WTD, 2018. « Adoucisseurs d'eau et systèmes de fosse septique ou de traitement des eaux usées, effet des adoucisseurs d'eau sur les stations d'épuration.

4- SUEZ, 2017. *Impact de l'adoucissement de l'eau pour les consommateurs et l'environnement.*

<b>TOTAL TERRITOIRE</b>	<b>130 367 MWh/an</b>	<b>19,6 M€/an</b>	<b>82 324 MWh/an</b>	<b>12,3 M€/an</b>
-------------------------	-----------------------	-------------------	----------------------	-------------------

## 4.2.2 Gains liés au prolongement de la durée de vie des équipements

L’allongement de la durée de vie des équipements permettrait de réduire la fréquence de remplacement de ceux-ci ainsi que leur maintenance, ceci représente des économies pour les usagers.

### 4.2.2.1 Méthode de calcul

Pour chaque équipement, les économies liées à l’allongement de la durée de vie ont été estimées en faisant la différence entre le coût annuel sans décarbonation (situation actuelle) et le coût annuel après mise en œuvre de la décarbonation pour les deux scénarios de dureté.

**Méthode de calcul des économies liées au prolongement de la durée de vie des équipements**

- Le coût annuel à l’origine a été estimé comme suit :
 
$$\text{coût actuel (€/an)} = \frac{\text{coût à l'unité}}{\text{durée de vie initiale}}$$
- Le coût annuel après décarbonation a été estimé selon l’équation suivante :
 
$$\text{coût après décarbonation (€/an)} = \frac{\text{coût à l'unité}}{\text{durée de vie finale (initiale + impact)}}$$
- Economies : *coût actuel* – *coût après décarbonation*

Les prix moyens des équipements à l’achat sont disponibles en Annexe 2. Les durées de vie sont présentées dans les Tableau 21 et Tableau 22.

### 4.2.2.2 Résultats

Les Tableau 38 et Tableau 39 présentent les résultats en €/an des économies liées au prolongement de la durée de vie des équipements. Ces économies prennent en compte uniquement l’achat des équipements, l’entretien et la réparation éventuelle des appareils n’ont pas été évalués du fait du manque de données.

Tableau 38 : Scénario A - économies liées au prolongement de la durée de vie des équipements

Scénario A		Usine			
Équipement	Gains	Choisy-le-Roi (TH = 23 °f)	Neuilly-sur-Marne (TH = 27 °f)	Méry-sur-Oise (TH = 17 °f)	Arvigny (TH = 32 °f)
Chauffe-eau	Durée de vie	+1,9 ans	+2 ans	1,2 ans	+2 ans
	Economie (€/an/foyer)	2,8 €/an foyer	2,9 €/an foyer	1,6 €/an foyer	2,9 €/an foyer

Scénario A		Usine			
Equipement	Gains	Choisy-le-Roi (TH = 23 °f)	Neuilly-sur-Marne (TH = 27 °f)	Méry-sur-Oise (TH = 17 °f)	Arvigny (TH = 32 °f)
Lave-linge	Durée de vie	+ 2 ans	+ 2 ans	+ 2 ans	+ 2 ans
	Economie (€/an/foyer)	3,4 €/an foyer	4,2 €/an foyer	2,7 €/an foyer	5,5 €/an foyer
Lave-vaisselle	Durée de vie	+ 2 ans	+ 2 ans	+ 2 ans	+ 2 ans
	Economie (€/an/foyer)	3,8 €/an foyer	4,6 €/an foyer	3,0 €/an foyer	6,0 €/an foyer
Bouilloire	Durée de vie	+ 1 an	+ 1 an	+ 1 an	+ 1 an
	Economie (€/an/foyer)	0,4 €/an foyer	0,6 €/an foyer	0,3 €/an foyer	0,8 €/an foyer
Machine à café	Durée de vie	+ 1 an	+ 1 an	+ 1 an	+ 1 an
	Economie (€/an/foyer)	0,4 €/an foyer	0,5 €/an foyer	0,3 €/an foyer	0,7 €/an foyer
<b>TOTAL</b>	<b>Economie (€/an/foyer)</b>	<b>10,9 €/an foyer</b>	<b>12,8 €/an foyer</b>	<b>7,8 €/an foyer</b>	<b>16 €/an foyer</b>
	<b>Economie (€/an/p)</b>	<b>4,74 €/an/p</b>	<b>5,56 €/an/p</b>	<b>3,39 €/an/p</b>	<b>6,96 €/an/p</b>

Tableau 39 : Scénario B - économies liées au prolongement de la durée de vie des équipements

Scénario B		Usine			
Equipement	Gains	Choisy-le-Roi (TH = 23 °f)	Neuilly-sur-Marne (TH = 27 °f)	Méry-sur-Oise (TH = 17 °f)	Arvigny (TH = 32 °f)
Chauffe-eau	Durée de vie	+ 1,1 ans	+ 1,7 ans	+ 0,3 ans	+ 2,0 ans
	Economie (€/an/foyer)	1,8 €/an/foyer	2,6 €/an/foyer	0,5 €/an/foyer	2,9 €/an/foyer
Lave-linge	Durée de vie	+ 2 ans	+ 2 ans	+ 0,7 an	+ 2 ans
	Economie (€/an/foyer)	3,4 €/an/foyer	4,2 €/an/foyer	1,0 €/an/foyer	5,5 €/an/foyer
Lave-vaisselle	Durée de vie	+ 2 ans	+ 2 ans	+ 0,7 an	+ 2 ans
	Economie (€/an/foyer)	3,8 €/an/foyer	4,6 €/an/foyer	1,1 €/an/foyer	6,0 €/an/foyer
Bouilloire	Durée de vie	+ 1 an	+ 1 an	+ 0,8 an	+ 1 an
	Economie (€/an/foyer)	0,4 €/an/foyer	0,6 €/an/foyer	0,3 €/an/foyer	0,8 €/an/foyer
Machine à café	Durée de vie	+ 1 an	+ 1 an	+ 0,8 an	+ 1 an
	Economie (€/an/foyer)	0,4 €/an/foyer	0,5 €/an/foyer	0,2 €/an/foyer	0,7 €/an/foyer
<b>TOTAL</b>	<b>Economie (€/an/foyer)</b>	<b>9,8 €/an/foyer</b>	<b>12,5 €/an/foyer</b>	<b>3,1 €/an/foyer</b>	<b>15,9 €/an/foyer</b>
	<b>Economie (€/an/p)</b>	<b>4,26 €/an/p</b>	<b>5,43 €/an/p</b>	<b>1,35 €/an/p</b>	<b>6,91 €/an/p</b>

Le Tableau 40 présente les économies totales par usine et par scénario, déterminées à partir du volume d'eau consommée par les catégories d'utilisateurs (cf. Tableau 4) et le taux d'équipement sur le territoire (voir colonne 'couverture' du Tableau 11). Pour rappel, nous avons estimé que les collectivités n'utilisent ni de lave-vaisselle, ni de lave-linge. A noter également, que 100 % des chauffe-eau ont été pris en compte pour l'évaluation de ce paramètre car la durée de vie de tous les chauffe-eau (chauffe-eau à combustible et chauffe-eau électrique) est impactée par le calcaire.

Les résultats montrent que la décarbonation entraînerait des économies de plus de 18 millions d'euros chaque année sur les achats d'appareils ménagers si la dureté cible est de 10 °f, beaucoup plus élevée comparé au scénario B avec une différence de 1,5 millions d'euros.

Tableau 40 : Tableau récapitulatif – économies liées au prolongement de la durée de vie des équipements des deux scénarios de dureté

Usine	Scénario A (TH=10 °f)		Scénario B (TH=15 °f)	
	Economies (€/an/foyer)	TOTAL usine	Economies (€/an/foyer)	Economies (€/an/usine)
Choisy-le-Roi (TH = 23 °f)	10,9 €/an foyer	<b>7,5 M€/an</b>	9,8 €/an foyer	<b>6,7 M€/an</b>
Neuilly-sur-Marne (TH=27 °f)	12,8 €/an foyer	<b>7,9 M€/an</b>	12,5 €/an foyer	<b>7,6 M€/an</b>
Méry-sur-Oise (TH= 17 °f)	7,8 €/an foyer	<b>2,4 M€/an</b>	3,1 €/an foyer	<b>1,0 M€/an</b>
Arvigny (TH=32 °f)	16,0 €/an foyer	<b>0,6 M€/an</b>	15,9 €/an foyer	<b>0,6 M€/an</b>
<b>TOTAL TERRITOIRE</b>		<b>18,5 M€/an</b>		<b>16,0 M€/an</b>

## 4.2.3 Gains sur les achats de bouteilles d'eau

### 4.2.3.1 Méthode de calcul

Les gains sur les achats de bouteilles d'eau ont été évalués à partir de la quantité de déchets en bouteilles d'eau déterminée dans la section précédente (Tableau 23). Notre hypothèse pour le calcul d'impact se base sur un coût moyen de 0,62 € pour une bouteille d'eau en PET de 1,5 litre de 33 g.

#### Méthode de calcul des économies sur les achats de bouteilles d'eau

$$Economies (\text{€/an}) = \frac{\text{Quantité de bouteilles (t/an)} * 0,62 \text{ €}}{33 \cdot 10^{-6} (t)}$$

### 4.2.3.2 Résultats

Le Tableau 41 récapitule les économies sur les achats d'eau embouteillée, par usine, ainsi que le volume de déchets en bouteille plastique associé. Les résultats sont les mêmes pour les deux scénarios de dureté (voir explication dans la section 4.1.3.1).

L'analyse montre que le projet permettrait une baisse de la consommation de bouteilles d'eau, ce qui représente des économies pouvant atteindre jusqu'à 44 millions d'euros dans le cas de l'usine de Choisy-le-Roi. Le traitement permettrait une économie totale de plus de 108 millions d'euros/par an sur l'ensemble du territoire.

Tableau 41 : Economies liées à l'arrêt de l'achat de bouteilles d'eau

Scénario A et B	Usine			
	Choisy-le-Roi	Neuilly-sur-Marne	Méry-sur-Oise	Arvigny
<b>Volume de déchets (tonnes/an)</b>	2 343 tonnes/an	2 140 tonnes/an	1 155 tonnes/an	130 tonnes/an
<b>Nombre de bouteilles</b>	71,0.10 <sup>6</sup>	64,8.10 <sup>6</sup>	35,0.10 <sup>6</sup>	4,0.10 <sup>6</sup>
<b>Economies par usine</b>	44 M€/an	40,2 M€/an	21,7 M€/an	2,4 M€/an
<b>TOTAL TERRITOIRE</b>	<b>108,3 M€/an</b>			

## 4.2.4 Gains sur les achats de produits d'entretien

### 4.2.4.1 Méthode de calcul

La décarbonation améliore l'efficacité des produits d'entretien et entraîne une réduction de leur consommation. Les économies sur les achats de produits d'entretien ont été évaluées à partir des quantités de produits pouvant être économisées suite à la mise en œuvre du traitement. Les prix moyens des produits utilisés dans les calculs (lessive, produit vaisselle et savon corporel) sont disponibles en Annexe 2.

### 4.2.4.2 Résultats

Les économies potentielles liées à une réduction des achats de produits d'entretien (grâce à la décarbonation collective) sont présentées pour chaque scénario de dureté dans le Tableau 42. La réduction des dépenses liées à l'achat de ces produits pourrait atteindre jusqu'à 64 €/an d'économie par foyer pour l'usine d'Arvigny par exemple (scénario A).

Tableau 42 : Economies liées à la baisse de l'achat de produits d'entretien

Usine	Produit	Scénario A (TH = 10°f)		Scénario B (TH = 15°f)	
		Gain (kg/foyer/an)	Gain (€/foyer/an)	Gain (kg/foyer/an)	Gain (€/foyer/an)
Choisy-le-Roi	Lessive	7,08 kg	25,1 €	4,36 kg	15,5 €
	Produit vaisselle	0,11 kg	0,5 €	0,07 kg	0,3 €
	Savon corporel	1,13 kg	12,4 €	0,70 kg	7,6 €
	<b>Total produits</b>	<b>-8,5 kg/an/foyer</b> <i>(soit - 3,6 kg/an/p)</i>	<b>-38 €/an/foyer</b> <i>(16,5 €/an/p)</i>	<b>-5 kg/an/foyer</b> <i>(- 2,2 kg/an/p)</i>	<b>-23 €/an/foyer</b> <i>(-10 €/an/p)</i>
	<b>Total usine</b>	<b>- 6 023 t/an</b>	<b>28 M€/an</b>	<b>- 3 707 t/an</b>	<b>17 M€/an</b>
Neuilly-	Lessive	9,25 kg	32,9 €	6,53 kg	23,2 €
	Produit	0,14 kg	0,7 €	0,10 kg	0,5 €

Usine		Scénario A (TH = 10°f)		Scénario B (TH = 15°f)	
	Produit	Gain (kg/foyer/an)	Gain (€/foyer/an)	Gain (kg/foyer/an)	Gain (€/foyer/an)
Usine	vaisselle				
	Savon corporel	1,48 kg	16,2 €	1,04 kg	11,4 €
	<b>Total produits</b>	<b>-11 kg/an/foyer</b> <i>(soit - 4,7 kg/an/p)</i>	<b>-50 €/an/foyer</b> <i>(21,7 €/an/p)</i>	<b>-7,6 kg/an/foyer</b> <i>(soit - 3,3 kg/an/p)</i>	<b>-35 €/an/foyer</b> <i>(-15 €/an/p)</i>
	<b>Total usine</b>	<b>- 7 140 t/an</b>	<b>33 M€/an</b>	<b>- 5 040 t/an</b>	<b>23 M€/an</b>
Méry-sur-Oise	Lessive	3,81 kg	13,5 €	1,09 kg	3,9 €
	Produit vaisselle	0,06 kg	0,3 €	0,02 kg	0,1 €
	Savon corporel	0,61 kg	6,7 €	0,17 kg	1,9 €
	<b>Total produits</b>	<b>- 4,4 kg/an/foyer</b> <i>(soit - 1,9 kg/an/p)</i>	<b>-20 €/an/foyer</b> <i>(9 €/an/p)</i>	<b>- 1,4 kg/an/foyer</b> <i>(soit - 0,6 kg/an/p)</i>	<b>-6 €/an/foyer</b> <i>(-2,6 €/an/p)</i>
	<b>Total usine</b>	<b>- 1 512 t/an</b>	<b>7 M€/an</b>	<b>- 432 t/an</b>	<b>2 M€/an</b>
Arvigny	Lessive	11,98 kg	42,5 €	9,25 kg	32,9 €
	Produit vaisselle	0,18 kg	0,9 €	0,14 kg	0,7 €
	Savon corporel	1,91 kg	20,9 €	1,48 kg	16,2 €
	<b>Total produits</b>	<b>- 14 kg/an/foyer</b> <i>(soit - 6,1 kg/an/p)</i>	<b>-64 €/an/foyer</b> <i>(28 €/an/p)</i>	<b>- 11 kg/an/foyer</b> <i>(soit - 4,7 kg/an/p)</i>	<b>-50 €/an/foyer</b> <i>(-22 €/an/p)</i>
	<b>Total usine</b>	<b>- 594 t/an</b>	<b>3 M€/an</b>	<b>- 459 t/an</b>	<b>2 M€/an</b>
<b>TOTAL TERRITOIRE</b>	<b>- 15 269 t/an</b>	<b>70 M€/an</b>	<b>- 9 638 t/an</b>	<b>44 M€/an</b>	

## 4.2.5 Gains liés à l'arrêt de l'adoucissement

### 4.2.5.1 Méthode de calcul

La mise en œuvre de la décarbonation collective permettrait, idéalement, l'arrêt de l'utilisation d'adoucisseurs individuels par les foyers qui en possèdent. Selon l'étude de Hofman et al. 2006<sup>54</sup>, l'adoucissement coûte en moyenne 265 €/an/foyer. Nous avons utilisé cette donnée pour évaluer les économies à l'échelle des usines. Ce paramètre a été évalué uniquement pour les catégories des particuliers et des gestionnaires d'immeuble car il nous était impossible d'estimer le nombre d'adoucisseurs pour les collectivités.

D'après l'enquête de satisfaction du SEDIF<sup>55</sup>, 6 % des usagers desservis par l'usine de Choisy-le-Roi possèdent un adoucisseur individuel à leurs domiciles, 8 % pour les usines de Méry-sur-Oise et d'Arvigny et 10 % pour l'usine de Neuilly-sur-Marne.

<sup>54</sup> Hofman et al., 2006. Twenty years of experience with central softening in The Netherlands.

<sup>55</sup> SEDIF, 2017, *Observatoire de la qualité de l'eau. Usagers - Rapport général*.



### Méthode de calcul des économies liées à l'arrêt de l'adoucissement

$$= \frac{Nb \text{ habitants} * \% \text{ habitants adoucisseurs} * 265 \text{ (€/an/foyer)}}{Nb \text{ pers/foyer}}$$

Exemple pour l'usine de **Choisy-le-Roi** (même résultats pour les 2 scénarios) :

$$Economies = \frac{1,87 \text{ millions} * 6\% * 265}{2,3} = 12,9 \text{ M€/an}$$

- % habitants adoucisseurs : Part d'habitants disposant d'adoucisseurs individuels

#### 4.2.5.2 Résultats

En se basant sur les données disponibles dans la littérature, le coût d'installation et de maintenance de l'adoucisseur individuel est de 265 €/an/foyer soit 1 à 19 M€/an, en fonction des usines (Tableau 43). La décarbonation collective permettrait d'économiser cette somme car on estime que les consommateurs n'auront plus besoin d'utiliser ces appareils après la mise en place de ce traitement. Enfin, les résultats sont les mêmes pour les deux scénarios de dureté car nous supposons qu'à partir d'un TH de 15 °f (scenario B) l'adoucissement individuel n'est plus nécessaire.

Tableau 43 : Economies liées à l'arrêt de l'adoucissement individuel

Scénario A et B	Usine			
	Choisy-le-Roi	Neuilly-sur-Marne	Méry-sur-Oise	Arvigny
Economies (M€/an)	12,9 M€/an	19,2 M€/an	7,8 M€/an	1,01 M€/an
<b>TOTAL TERRITOIRE</b>	<b>41 M€/an</b>			

#### 4.2.6 Satisfaction des usagers

Les dépôts de tartre sont une source d'inconfort et entraînent des dépenses supplémentaires (notamment l'achat d'eau en bouteille, adoucissement individuel, etc.) pour les usagers, sans oublier la concentration en minéraux qui peut avoir un impact sur le goût de l'eau. Ainsi, la décarbonation pourrait avoir un impact positif sur l'image et la notoriété des professionnels de l'eau, car elle atténuerait les effets indésirables du calcaire et diminuerait les dépenses.

En termes de satisfaction des usagers, la mise en œuvre de la décarbonation entraînerait un passage de la satisfaction quant à la **teneur en calcaire**<sup>56</sup> de 52 % à 69 % pour les particuliers et 61 à 78 % pour les collectivités (en supposant que la part d'usagers ne consommant pas d'eau du robinet à cause du calcaire recommence à consommer l'eau du robinet et soit satisfait de la teneur en calcaire de l'eau) soit une augmentation de 17 % de la satisfaction des usagers (cf. section 4.1.3.1 pour l'estimation de la part de consommateurs susceptibles de changer leurs habitudes de consommation d'eau). A noter que des sources à caractère commercial ont montré que la satisfaction globale des usagers quant à la qualité de l'eau peut augmenter de 18-20 %.

#### 4.2.7 Résultats globaux

<sup>56</sup> Ici, nous avons pris en compte à la fois la satisfaction par rapport au goût, la teneur en chlore, la présence de calcaire et la qualité globale de l'eau

#### 4.2.7.1 Résultats globaux par usine

Le Tableau 44 présente les économies totales par usine et par scénario de dureté. On constate une différence de plus de 35 millions d’euros entre les deux scénarios, montrant que le scénario A est de loin le plus intéressant en termes de gains pour les usagers.

Tableau 44 : Economies totales par usine et par scénario de dureté

Scénario	Usine			
	Choisy-le-Roi	Neuilly-sur-Marne	Méry-sur-Oise	Arvigny
<b>Scénario A</b> Gain total (M€/an)	99,8 M€/an	109,1 M€/an	40,8 M€/an	7,6 M€/an
<b>TOTAL TERRITOIRE</b>	<b>257,3 M€/an</b>			
<b>Scénario B</b> Gain total (M€/an)	85,4 M€/an	96,6 M€/an	33,0 M€/an	6,8 M€/an
<b>TOTAL TERRITOIRE</b>	<b>221,8 M€/an</b>			

#### 4.2.7.2 Résultats pour un foyer moyen sur le territoire du SEDIF

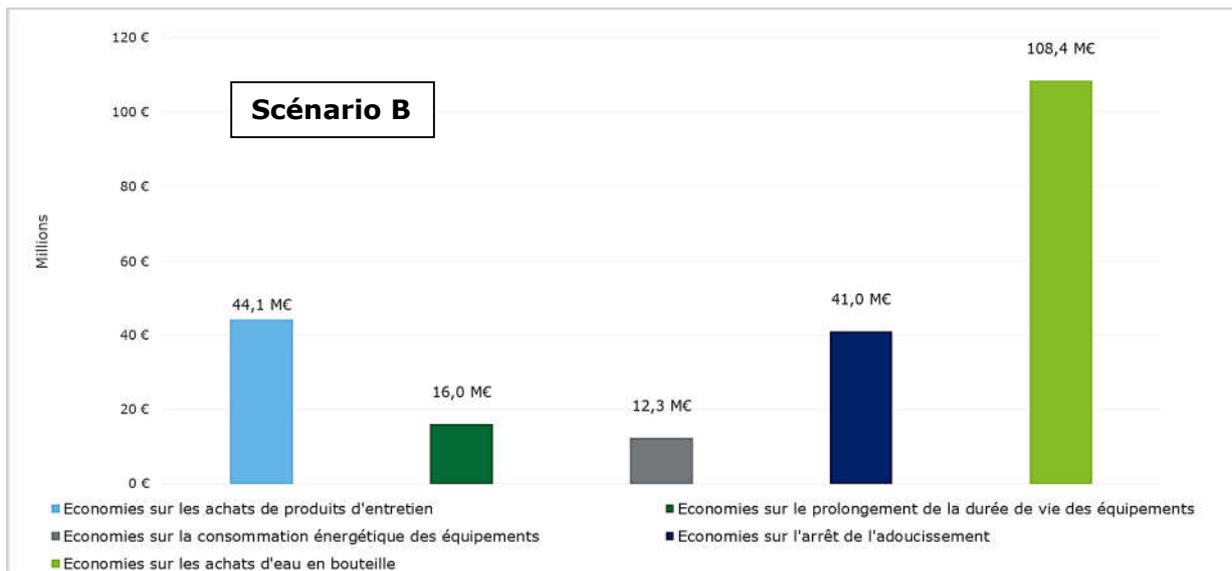
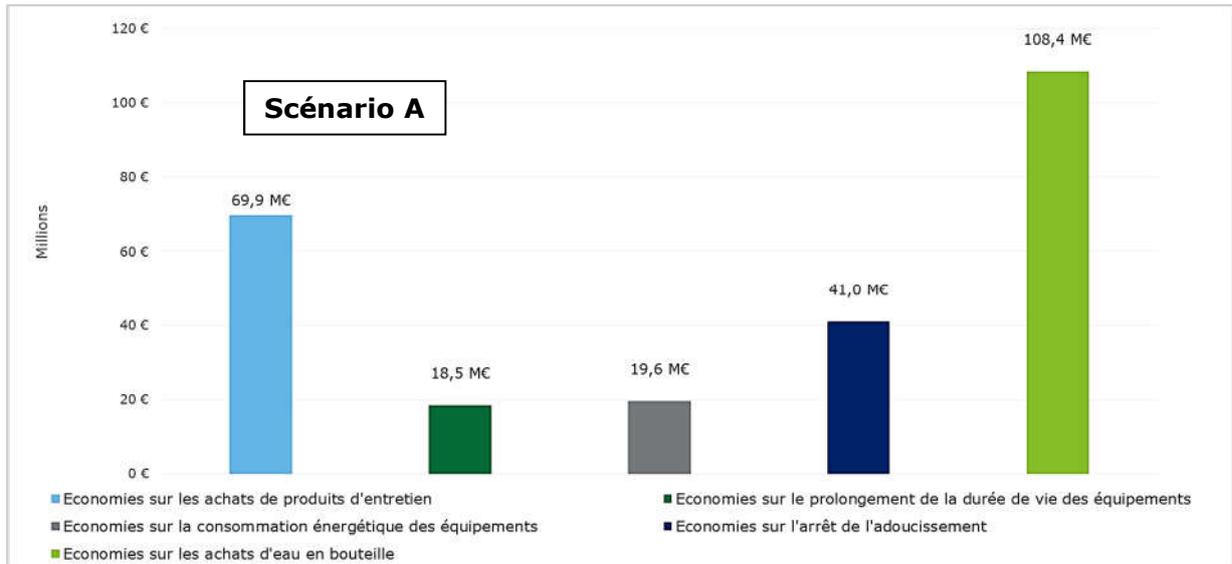
Pour un foyer moyen – y compris les foyers avec adoucisseur et les foyers consommant de l’eau en bouteille – sur le territoire du SEDIF, les économies totales suite à la décarbonation collective sont présentées dans le Tableau 45 et la

Figure 12, par scénario de dureté. Dans le scénario A, une économie moyenne de 126 € par foyer et par an est estimée. Elle est plus élevée comparé au scénario B, pour lequel une économie totale de 110 € par an et par foyer a été estimée.

Tableau 45 : Economies totales liées à la décarbonation (€/foyer/an)

Scénario		Scénario A (TH = 10°f)		Scénario B (TH = 15°f)	
		Economie totale/an	Economie moyenne par foyer	Economie totale/an	Economie moyenne par foyer
La consommation d'énergie		19,6 M€	10,0 €	12,3 M€	6,3 €
La durée de vie des équipements		18,5 M€	9,5 €	16,0 M€	8,2 €
L'achat de produits d'entretien		70,0 M€	35,7 €	44,1 M€	22,5 €
L'achat de bouteilles d'eau		108,4 M€	55,4 €	108,4 M€	55,4 €
L'adoucissement		41,0 M€	21,0 €	41,0 M€	21,0 €
<b>TOTAL ET MOYENNE TERRITOIRE</b>		<b>257,3 M€/an</b>	<b>131,5 €/foyer/an</b>	<b>214,7 M€/an</b>	<b>113,4 €/foyer/an</b>

Figure 12 : Economies totales – usages domestiques : scénario A et scénario B (Collectivités, particuliers et gestionnaires d'immeuble)



### Cas d'un foyer avec adoucisseur

L'installation d'un adoucisseur permet aux ménages d'éviter les désagréments liés au calcaire présent dans l'eau du robinet<sup>57</sup>, notamment le dépôt de tarte dans les équipements ménagers ou encore la consommation élevée de savons et de détergents. Ces ménages ne seront donc pas impactés de la même manière que les foyers ne possédant pas d'adoucisseurs domestiques. Les économies réalisées seraient principalement liées à l'arrêt de l'adoucissement. Certains ménages en plus, de l'adoucissement, consomment régulièrement de l'eau en bouteille, ceux-ci pourraient également économiser cette somme.

De ce fait, pour un foyer utilisant un adoucisseur individuel, soit en moyenne 8 % des foyers sur le territoire du SEDIF, les économies peuvent varier de 265 €/an (coût annuel de l'adoucissement) à 317 €/an (coût de l'adoucissement + achat de bouteilles d'eau) quel que soit le scénario de dureté.

#### 4.2.7.3 Résultats pour un foyer sans adoucisseur et consommant l'eau du robinet

Contrairement aux foyers avec adoucisseur, l'ensemble des postes de consommation d'eau des foyers sans adoucisseur seront impactés par la décarbonation, que ce soit le linge, la vaisselle, ou encore l'hygiène personnelle. Les

---

<sup>57</sup> L'eau adoucie est utilisée pour tous les usages domestiques notamment pour le linge, l'alimentation, la vaisselle, etc.

Figure 13, Tableau 46 et

Figure 14 résume les économies estimées par an, selon le scénario de dureté cible, par foyer et par poste de consommation associé aux différents usages domestiques de l'eau – pour un foyer sans adoucisseur et consommant l'eau du robinet.

Les résultats présentent les économies estimées pour les **foyers sans adoucisseur et consommant l'eau du robinet**. Pour chaque poste de consommation, les indicateurs économiques évalués sont : la consommation énergétique, l'allongement de la durée de vie des équipements et l'achat de produits d'entretien. A noter que la consommation d'eau embouteillée n'est pas considérée dans les estimations des résultats présentés ici (voir section 4.1.3 et 4.2.3 pour les détails concernant les impacts liés à la consommation d'eau en bouteille). Aussi les économies d'énergie (présentées dans la section précédente) ne sont pas prises en compte ici car ces estimations représentent la **moyenne territoire**, couvrant l'ensemble des périmètres évalués (e.g. les foyers sans et avec adoucisseur, ceux qui consomment l'eau du robinet et ceux qui consomment l'eau en bouteille, etc.). Il nous semblait donc peu pertinent d'appliquer la moyenne du territoire sur un seul groupe d'utilisateurs – c'est-à-dire ceux ne possédant pas d'adoucisseur et consommant l'eau du robinet.

Dans le scénario A, l'économie réalisée sur l'ensemble des postes de consommation domestiques (€/an/foyer) représente environ **68 € par an et par foyer** beaucoup plus élevé que dans le scénario B qui affiche une économie de **46 € par an et par foyer** pour l'ensemble des équipements (incluant les dépenses liées à la consommation énergétique, le prolongement de la durée de vie des équipements et les achats liés à la consommation de produits d'entretien).

Figure 13 : Economies réparties par poste de consommation (€/an/foyer) pour un foyer sans adoucisseur et consommant l'eau du robinet

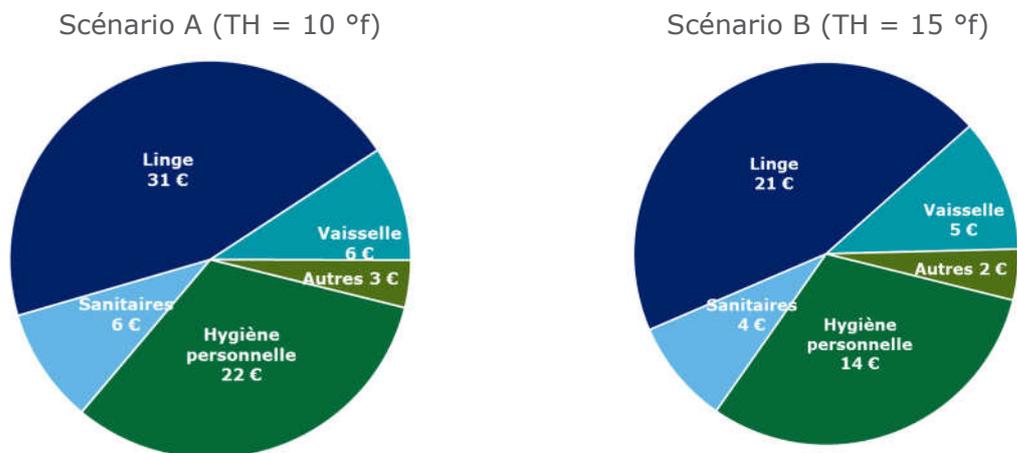


Tableau 46: Détails des économies, par poste de consommation (€/an/foyer) pour un foyer sans adoucisseur, consommant l'eau du robinet

Poste de consommation	Scénario de dureté	Indicateurs			TOTAL
		Consommation énergétique	Durée de vie des équipements	Consommation de savon et détergent	
Linge	Scénario A	1,4 €/an	3,8 €/an	25,9 €/an	31,1 €/an
	Scénario B	0,9 €/an	3,5 €/an	16,7 €/an	21,1 €/an
Vaisselle	Scénario A	1,7 €/an	3,8 €/an	0,5 €/an	6,0 €/an
	Scénario B	1,4 €/an	3,2 €/an	0,4 €/an	5,0 €/an
Hygiène personnelle	Scénario A	13,1 €/an	2,5 €/an	6,4 €/an	22,0 €/an
	Scénario B	8,2 €/an	1,8 €/an	4,0 €/an	14,0 €/an
Sanitaires	Scénario A	–	–	6,4 €/an	6,4 €/an
	Scénario B	–	–	4,0 €/an	4,0 €/an
Autres	Scénario A	1,9 €/an	1,1 €/an	–	3,0 €/an
	Scénario B	1,3 €/an	0,7 €/an	–	2,0 €/an

Figure 14 : Impacts du scénario A sur quelques postes de consommation

Linge	Vaisselle	Hygiène personnelle	Autres
 Coût énergie lave-linge : - 1,4 €/an Durée de vie (+ 2 ans) : - 3,8 €/an	 Coût énergie lave vaisselle : - 1,7 €/an Durée de vie (+ 2 ans) : - 3,8 €/an	 Coût énergie chauffe eau : - 13,1 €/an Durée de vie (+ 2 ans) : - 2,5 €/an	 Coût énergie machine à café et bouilloire : -1,9 €/an Durée de vie (+ 1 an) : - 2,5 €/an
 Coût de la lessive : - 25,9 €/an	 Coût du produit vaisselle : - 0,5 €/an	 Coût du savon : - 6,4 €/an	

### Box 1 : Focus sur l'usine de Méry-sur-Oise sans nanofiltration (dureté initiale de 30 °f)

L'usine de Méry-sur-Oise dispose d'une filière membranaire (nanofiltration), qui permet d'obtenir une dureté finale de 17 °f moins élevée par rapport aux autres usines. C'est notamment pour cela que cette usine est relativement moins impactée par le projet de décarbonation.

Avant la mise en œuvre de ce traitement, la dureté initiale de l'usine était de 30 °f. En ne considérant que le **scénario A**, les tableaux ci-dessous présentent les données d'impact de la décarbonation sur cette usine avec une dureté initiale de 30 °f (Méry 30 °f). Afin de se faire une idée de l'impact de la nanofiltration, ces résultats sont comparés à ceux de l'usine après nanofiltration (Méry 17 °f).

#### Impact sur la consommation énergétique des équipements ménagers

Équipement	Méry à 30 °f		Méry à 17 °f	
	kWh/p/an	kWh/foyer/an	kWh/p/an	kWh/foyer/an
Chauffe-eau	56,0 kWh/p/an	128,8 kWh/foyer/an	19,6 kWh/p/an	45,1 kWh/foyer/an
Lave-linge	5,8 kWh/p/an	13,4 kWh/foyer/an	2,0 kWh/p/an	4,7 kWh/foyer/an
Bouilloire	2,9 kWh/p/an	6,6 kWh/foyer/an	1,0 kWh/p/an	2,3 kWh/foyer/an
Lave-vaisselle	8,0 kWh/p/an	18,3 kWh/foyer/an	2,8 kWh/p/an	6,4 kWh/foyer/an
Machine à café	4,7 kWh/p/an	10,7 kWh/foyer/an	1,6 kWh/p/an	3,8 kWh/foyer/an
<b>TOTAL équipements</b>	77,3 kWh/p/an	177,8 kWh/foyer/an	27,1 kWh/p/an	62,2 kWh/foyer/an
<b>TOTAL USINE</b>	<b>36 428 MWh/an</b>		<b>12 750 MWh/an</b>	

#### Impact économiques (les dépenses liées au calcaire)

Usine	Mery à 30 °f		Mery à 17 °f	
	Economie totale/an	Economie par foyer/an	Economie totale/an	Economie moyenne par foyer
L'achat de produits d'entretien 	19,8 M€	53,5 €/foyer	6,9 M€	18,7 €/foyer
La durée de vie des équipements 	4,5 M€	12,3 €/foyer	2,4 M€	6,6 €/foyer
La consommation d'énergie 	5,5 M€	14,8 €/foyer	1,9 M€	5,2 €/foyer
L'achat d'eau en bouteille 	21,7 M€	58,7 €/foyer	21,7 M€	58,7 €/foyer
L'arrêt de l'adoucissement 	7,8 M€	21,2 €/foyer	7,8 M€	21,2 €/foyer
<b>TOTAL</b>	<b>59,3 M€/an</b>	<b>160,5 €/foyer</b>	<b>40,7 M€/an</b>	<b>110,4 €/foyer</b>

Ces résultats montrent que la nanofiltration a permis une économie d'énergie d'environ 116 kWh/an pour un foyer moyen desservi par l'usine de Méry-sur-Oise, soit au total près de 24 000 MWh/an.

La nanofiltration a également réduit les dépenses des ménages. En effet, en plus des économies d'énergie, ce traitement a permis la réduction des achats de produits d'entretien, d'eau en bouteille mais aussi l'amélioration de la durée de vie des équipements et la réduction de l'utilisation d'adoucisseurs individuels. Cela a permis aux ménages de faire une économie annuelle de 50 €/foyer (sans prendre en compte la hausse du prix de l'eau), soit au total 20 million d'euros/an.

Les principaux indicateurs pour Mery à 30 °f sont indiqués ci-dessous. Les émissions de CO<sub>2</sub> ont été évaluées de la même manière que pour l'usine à 17 °f, mais comme convenu avec le SEDIF, les résultats pour cet indicateur ne sont pas détaillés ici.

	Economies d'énergie (MWh/an)	36 428 MWh/an
	Réduction des émissions de GES (tCO <sub>2</sub> e/an)	26 649 tCO <sub>2</sub> e/an
	Economies (€/an)	59 302 054 €/an

## 4.3 Les impacts sanitaires

Les impacts sanitaires d'une eau trop dure concernent surtout les impacts sur la minéralisation, la dissolution des métaux lourds via la corrosion des canalisations ou alors le dépôt de tartre et le développement de microorganismes. Comme indiqué préalablement dans la partie méthodologique du rapport, en raison du manque de données, les impacts sanitaires de la décarbonation collective n'ont pas été quantifiés. Néanmoins les informations obtenues de la recherche bibliographique et auprès des experts nous permettent d'estimer de manière qualitative ces impacts.

### 4.3.1 Besoins en minéraux

**Modification des apports journaliers en calcium et magnésium :** Une différence de dureté de 5 °f pourrait entraîner une réduction de 3 % du potentiel d'apport en minéraux par jour. Cette réduction est a priori non significative car l'eau participe très peu à l'apport

en calcium et magnésium (les apports moyens en calcium sont de 930 mg/j chez les adultes de 18-79 ans et 838 mg/j chez les enfants de 3-17 ans). Ces minéraux sont majoritairement apportés via l'alimentation notamment les produits laitiers. Dans les deux scénarios de dureté de l'eau, la réduction envisagée du potentiel d'apport journalier en minéraux est très faible, ce qui signifie que la diminution de la dureté et donc de la décarbonatation n'entraînera pas de carence en minéraux (risque sanitaire négligeable).

**Modification des apports journaliers en sodium :** L'apport significatif en sodium est principalement dû à la décarbonatation à la soude et aux adoucisseurs individuels à base de résines échangeuses d'ions. Cet apport est négligeable pour la plupart des individus, il serait équivalent à la quantité de sel présent dans une baguette de pain. Cependant, cet apport pourrait représenter un risque pour les personnes sensibles notamment celles ayant un régime strict en sel, souffrant d'hypertension, les personnes cardiaques ou les femmes enceintes.

La méthode de traitement utilisée par le SEDIF, l'osmose inverse, entraînerait un très faible apport en sodium comparé à d'autres méthodes de décarbonatation telles que la décarbonatation à la soude et aux adoucisseurs individuels.

### 4.3.2 Dissolution des métaux lourds

La dissolution des métaux lourds concerne l'équilibre calco-carbonique puisque la dureté de l'eau pourrait entraîner indirectement la corrosion des canalisations et la dissolution des métaux lourds (plomb, cuivre, etc.). Afin de limiter la corrosion et protéger les équipements contre la précipitation du calcaire tout en maintenant une bonne qualité de l'eau lors de sa distribution, l'eau ne doit être ni trop dure ni trop douce, à l'équilibre calco-carbonique ou légèrement incrustante et non corrosive. L'eau ne doit pas être trop dure pour éviter l'encrassement des canalisations mais elle doit être suffisamment dure pour permettre la formation d'une couche protectrice de carbonate de calcium isolant les canalisations de l'eau transportée. Il convient donc dans ces conditions de décarbonater l'eau afin d'obtenir une eau à l'équilibre calco-carbonique avec un pH d'équilibre supérieur à 7,5. Cependant, une eau carbonatée génère également un dépôt de tartre sur les parois des canalisations. A faible dose, ce dépôt assure une protection contre les risques de corrosion des métaux lourds, notamment le cuivre et le plomb.

D'après les Pays-Bas, la dureté idéale est située entre 12 et 15 °f. La règle dite des 3 x 8 (pH  $\geq$  8, un TAC (Alcalinité totale de l'eau)  $\geq$  8°f et un THCa (titre hydrométrique calcique  $\geq$  8°f) est le moyen mnémotechnique utilisé lors de la neutralisation et/ou la reminéralisation des eaux douces uniquement. Cela constitue un objectif minimal mais pour certaines eaux très douces, il est parfois nécessaire de viser des TH et TAC de 11 à 12 °C pour obtenir la conductivité minimale pour l'eau destinée à la consommation humaine (EDCH).

**La dissolution du cuivre dans l'eau potable :** Adoucir l'eau diminue le risque de dissolution du cuivre. L'étude de Hofman (2006)<sup>58</sup> a montré que la mise en place de la décarbonatation collective avait permis de réduire les concentrations de cuivre en dessous des seuils fixés par la réglementation. Les solubilités du plomb et du cuivre ont été réduites de 30 % environ. Cependant, une eau douce ou très douce est généralement agressive et également corrosive. Les eaux douces dissolvent le fer, le plomb, le zinc et le cuivre des tuyaux. Les eaux ainsi contaminées présentent alors des risques pour la santé. Plus l'eau est dure et l'alcalinité est forte, moins d'ion ferreux sont libérés dans les canalisations. Le calcaire tend à limiter la corrosion des canalisations en fer.

Une différence de dureté de 10°f entraînerait une réduction de 30 à 50% de la dissolution de cuivre dans l'eau potable. Dans les deux scénarios, l'atteinte de l'équilibre calco-

<sup>58</sup> Hofman et al., 2006. Twenty years of experience with central softening in The Netherlands.

carbonique pourrait réduire le risque sanitaire lié à la présence de métaux dans l'eau potable.

**La dissolution du plomb dans l'eau potable :** Adoucir l'eau diminue le risque de dissolution du plomb. La solubilité du plomb décroît avec la teneur en ions hydrogénocarbonate. Plus la dureté/TAC est basse, plus le pH d'équilibre de dissolution du plomb est élevé. La directive européenne 98/83/CE fixe la limite de qualité du plomb dans l'eau potable à 10 µg/L depuis le 26 décembre 2013, mais cette valeur pourrait bientôt être abaissée à 5 µg/L. Toutefois, le respect de la limite de qualité de 10 µg/L dans les eaux destinées à la consommation humaine pour le plomb ne peut être obtenu que si l'eau est à l'équilibre calco-carbonique et non corrosive (condition nécessaire mais non suffisante) et que les branchements et les canalisations intérieures également, en plomb ont été remplacés<sup>59</sup>.

Une différence de dureté de 10°f entrainerait une réduction de la solubilité du plomb de 50 %. De plus, sur le territoire du SEDIF, tous les tuyaux en plomb des réseaux ont été remplacés. Le risque sanitaire lié à la dissolution du plomb est donc relativement faible. En revanche un risque résiduel existe chez le consommateur dû à l'absence de suppression de canalisations en plomb chez les usagers que la décarbonatation pourrait donc améliorer.

### 4.3.3 Formation de tartre et développement de microorganismes

**Développement de pathogènes dans l'eau potable :** Lorsque la dureté de l'eau augmente de 10 °f à 30 °f, le potentiel de précipitation de calcaire de l'eau (CCPP) passe de 34,27 mg/L CaCO<sub>3</sub> à 85,02 mg/L CaCO<sub>3</sub>. Ainsi, plus l'eau est dure, plus le potentiel de dépôt de calcaire augmente. Les dépôts de calcaire servant de support au développement des pathogènes, plus l'eau est dure, plus le risque de développement des pathogènes dans les canalisations est élevé.

La décarbonatation pourrait donc entraîner une réduction du risque de contamination de l'eau par les microorganismes en limitant le potentiel de précipitation du calcaire dans les canalisations.

### 4.3.4 Problèmes cutanés

**La prévalence de maladie cutanée (eczéma) :** Pour une différence de dureté de 6,5°f, la prévalence de l'eczéma est réduite de 1,5%. Les études montrent une corrélation significative entre le degré de dureté de l'eau et l'atopie. En effet, une exposition prolongée à une eau dure entrainerait une augmentation du risque d'apparition d'eczéma. En revanche, le mécanisme d'action n'a pas encore été déterminé.

Dans les 2 scénarios, on pourrait supposer que la décarbonatation permettrait une diminution de la prévalence d'eczéma avec un effet plus prononcé dans le cas du scénario A (TH = 10 °f) comparé au scénario B (TH = 15 °f).

### 4.3.5 Développement de pathogènes

**Développement de pathogènes dans l'eau de boisson :** le risque de développement bactérien dans l'eau est important et peut provenir aussi bien des canalisations du réseau de distribution d'eau potable que des adoucisseurs individuels. Il concerne tant les germes à 22 °C qu'à 37 °C dont les rapports d'accroissements peuvent parfois être de 1 à 500. Des études ont notamment montré que les oocystes de *Cryptosporidium*, qui ont une taille

---

<sup>59</sup> Conseil supérieur d'hygiène publique de France, séance du 9 novembre 2004

comprise entre 4 et 6  $\mu\text{m}$ , sont susceptibles d'être retenus par tout système de filtration (avec un seuil de coupure inférieur ou égale à 1  $\mu\text{m}$ ) et induire une contamination de l'eau.

Les résines cationiques ou les résines échangeuses d'anions des adoucisseurs individuels doivent être régénérées et désinfectées régulièrement. Le mauvais entretien ou la mauvaise utilisation de ces appareils entraîne le développement de microorganismes pathogènes. Ce risque augmente après des périodes de stagnation et en fin de cycle de vie de l'appareil. Cependant, même si une contamination bactériologique a été mise en évidence, elle n'est peut-être pas suffisamment importante pour induire une pathologie chez l'utilisateur.

La décarbonatation collective permettrait une baisse de l'utilisation des adoucisseurs individuels ainsi qu'une diminution du risque sanitaire associé à l'utilisation de ces équipements. En effet, les adoucisseurs individuels nécessitent un entretien régulier et peuvent présenter un risque de contamination de l'eau s'ils sont mal utilisés ou mal entretenus.

# **BILAN ECONOMIQUE ET ENVIRONNEMENTAL :**

Professionnels (sélection des quatre acteurs industriels)

## 5. Bilan économique et environnemental de quatre professionnels

---

Ce chapitre présente les impacts des scénarios de dureté sur trois secteurs industriels, représentés par quatre acteurs de la catégorie professionnelle. A rappeler que les impacts ont été évalués uniquement pour ces quatre acteurs, sélectionnés sur la base des critères tels que leur consommation d'eau en 2017 (parmi le top 20 plus gros consommateurs par rapport aux autres types de professionnels) et la diversité des activités industrielles potentiellement impactées par la décarbonation collective. Les principaux impacts environnementaux et économiques présentés pour ce groupe d'acteurs sont :

- La réduction de la consommation des ressources
- La réduction du rejet de saumures dans l'environnement
- La réduction des émissions de GES
- La réduction de la consommation de l'eau
- Les économies liées à l'adoucissement

### 5.1 Les impacts environnementaux

#### 5.1.1 Consommation des ressources

Dans le processus d'adoucissement de l'eau dure sur résines échangeuses d'ions, la saumure sert à régénérer la résine échangeuse d'ions en ions de sodium. La préparation de cette saumure se fait à partir de pastilles de sel et / ou de la chaux dont les quantités dépendent de la dureté initiale de l'eau. Une baisse de cette dureté impacterait donc les quantités de sel utilisées pour le procédé.

##### 5.1.1.1 Impact sur la quantité de sel utilisée pour l'adoucissement

D'après les calculs, le projet de décarbonation du SEDIF permettrait aux certains professionnels de réaliser des économies importantes en sel d'adoucissement. Nos hypothèses sur les impacts reposent sur des informations fournies directement par les industriels étudiés et complétées par des données collectées dans la littérature et via les contributions d'experts.

Le Tableau 47, Tableau 48 et Tableau 49 résument les hypothèses établies pour calculer les impacts potentiels des scénarios de dureté sur les quantités de sel utilisées pour l'adoucissement en fonction des postes de consommation d'eau / secteur industriel.

**Industrie pharmaceutique** : Dans le cas du scénario A, la décarbonation permettrait la réduction du traitement de l'eau pour l'acteur d'industrie pharmaceutique et une économie de sel d'environ 136 500 kg/an pour tous les postes de consommation concernés. Le projet de décarbonation aurait moins d'impact dans le cas du scénario B avec une économie de sel d'environ 65 300 kg/an. A noter que le rejet de ce sel dans l'environnement peut provoquer la contamination des nappes phréatiques et affecter la salinité des eaux. La décarbonation va donc limiter cet impact.

Tableau 47 : Réduction de la consommation de sel – secteur pharmaceutique<sup>60</sup>

Fabrication des médicaments <sup>61</sup>				
Poste de consommation :	Production d'eau ultra pure	Production de vapeur	Usages techniques <sup>62</sup>	TOTAL (kg/an)
<b>Scénario A (TH = 10 °f)</b>	Economie de sel = 86 800 kg/an	Economie de sel = 29 600 kg/an	Economie de sel = 20 100 kg/an	136 500 kg/an
<b>Scénario B (TH = 15 °f)</b>	Economie de sel = 40 900 kg/an	Economie de sel = 13 200 kg/an	Economie de sel = 11 200 kg/an	65 300 kg/an

**Industrie agroalimentaire :** Dans le cas des deux fabricants des boissons évalués du secteur agroalimentaire, la décarbonation permettrait une réduction de la quantité de sel requise pour l'adoucissement et une économie de sel d'environ 13 500 kg/an pour le traitement de l'eau destinée aux usages techniques (scénario A) et une économie de 6 500 kg/an de sel dans le scénario B (Tableau 48).

Tableau 48 : Réduction de la consommation de sel – secteur agroalimentaire<sup>63</sup>

Fabrication de boissons <sup>64</sup>	
Poste de consommation :	Usages techniques <sup>62</sup>
<b>Scénario A (TH = 10 °f)</b>	Economie de sel = 13 500 kg/an
<b>Scénario B (TH = 15 °f)</b>	Economie de sel = 6 500 kg/an

**Blanchisserie professionnelle :** Dans le cas de l'entreprise de blanchisserie professionnelle, la décarbonation permettrait une réduction de la quantité de sel requise pour l'adoucissement et donc une économie de sel d'environ 14 600 kg/an pour le traitement de l'eau destinée à la production de vapeur dans le scénario A et une économie de 5 000 kg/an dans le scénario B (Tableau 49).

Tableau 49 : Réduction de la consommation de sel – nettoyage professionnelle<sup>65</sup>

Blanchisserie professionnelle <sup>66</sup>	
Poste de consommation :	Production de vapeur pour lavage du linge
<b>Scénario A (TH = 10 °f)</b>	Economie de sel = 14 600 kg/an
<b>Scénario B (TH = 15 °f)</b>	Economie de sel = 5 000 kg/an

### 5.1.1.2 Quantité de chaux pour la décarbonation

L'industrie agroalimentaire (représentés dans notre analyse par deux fabricants des boissons) effectue la décarbonation à la chaux avant utilisation de l'eau pour la fabrication des boissons (environ 80% de l'eau). Ce traitement permet d'atteindre un TH final de 3 °f. Le projet de décarbonation du SEDIF permettrait la réduction de la dose de chaux requise pour ce traitement. D'après nos estimations, la décarbonation collective

<sup>60</sup> Résultats pour un acteur du secteur pharmaceutique.

<sup>61</sup> Estimations selon les informations fournies par l'entreprise.

<sup>62</sup> Suppression adoucisseur.

<sup>63</sup> Résultats pour deux acteurs du secteur agroalimentaire.

<sup>64</sup> Estimations pour l'ensemble de deux entreprises, selon les informations fournies par le fabricant de boisson A.

<sup>65</sup> Résultats pour un acteur du secteur nettoyage professionnelle.

<sup>66</sup> Estimations selon les informations fournies par l'entreprise.

entraînerait une réduction de la quantité de chaux d'environ 17 t/an dans le cas du scénario A et 10 t/an pour le scénario B.

Tableau 50 : Réduction de la consommation de chaux – secteur agroalimentaire<sup>67</sup>

Fabrication de boissons <sup>68</sup>	
<b>Poste de consommation :</b>	Fabrication/ décarbonation à la chaux / usages techniques <sup>69</sup>
<b>Scénario A (TH = 10 °f)</b>	Economie de chaux = 16,8 t/an
<b>Scénario B (TH = 15 °f)</b>	Economie de chaux = 9,8 t/an

### 5.1.2 Quantité de saumures rejetées dans l'environnement

La saumure issue de l'étape de régénération de l'adoucissement est très concentrée en sel, cette eau est fortement chargée en ions chlorures et sodium ainsi qu'en ions qui ont été retirés de l'eau brute, 1 kg de sel de régénération contiendrait 0,6 kg de chlorures et 0,4 kg de sodium.

La présence de ces chlorures dans les eaux usées, a un impact considérable sur leur traitement, notamment pour les stations d'épuration. En effet, les stations d'épuration classiques ne sont pas équipées de système de traitement des chlorures. De plus les chlorures peuvent agir sur les bactéries utilisées dans le traitement biologique des eaux usées ce qui diminuerait la performance du traitement. De fait lorsqu'ils sont déversés avec les eaux usées traitées dans les rivières et les lacs, les chlorures peuvent nuire à la vie aquatique et endommager les cultures agricoles en provoquant le dessèchement des feuilles, réduisant ainsi le rendement des cultures. La décarbonation permettrait donc une réduction des émissions de chlorures dans les eaux usées. Le

<sup>67</sup> Résultats pour deux acteurs du secteur agroalimentaire.

<sup>68</sup> Estimations pour l'ensemble de deux entreprises, selon les informations fournies par un des fabricants de boisson.

<sup>69</sup> Pour l'adoucissement sur résines échangeuses d'ions.

Tableau 51 présente les estimations de réduction des rejets de chlorures pour les quatre professionnels de trois secteurs industriels évalués.

**Industrie pharmaceutique :** Dans le cas du scénario A, la décarbonatation permettrait une réduction de l'utilisation de sel d'adoucissement et donc des rejets de chlorures de 81 900 kg/an pour l'acteur du secteur pharmaceutique. L'impact est moins pour le scénario B, avec une réduction des rejets de chlorures de 39 180 kg/an. Ces estimations prennent en compte l'ensemble des postes de consommation d'eau pour l'acteur d'industrie pharmaceutique évalué.

**Industrie agroalimentaire :** Dans le cas du scénario A la décarbonatation permettrait une réduction des rejets de chlorures de 36 360 kg/an et une réduction de 19 560 kg/an pour le scénario B.

**Blanchisserie professionnelle :** Dans le cas du scénario A la décarbonatation permettrait une réduction des rejets de chlorures de 8 760 kg/an et une réduction de 3 000 kg/an dans le scénario B.

Tableau 51 : Réduction de la quantité de chlorures rejetée dans l'environnement<sup>70</sup>

Secteur industriel	Scénario A (TH = 10 °f)	Scénario B (TH = 15 °f)
Pharmaceutique (1 acteur)	Réduction de 81 900 kg/an de chlorures	Réduction de 39 180 kg/an de chlorures
Agroalimentaire (deux acteurs) <sup>71</sup>	Réduction de : 36 360 kg/an de chlorures	Réduction de 19 560 kg/an de chlorures
Blanchisserie (un acteur)	Réduction de : 8 760 kg/an de chlorures	Réduction de 3 000 kg/an de chlorures
<b>TOTAL</b> (4 professionnels)	Réduction de : 127 020 kg/an de chlorures	Réduction de : 61 740 kg/an de chlorures

### 5.1.3 Emissions de GES liées à l'adoucissement (sel et chaux)

Les émissions de CO<sub>2</sub> ont été estimées pour la phase de production du sel d'adoucissement et de la chaux (voir données de calcul en Annexe 2) car nous avons estimé que les procédés d'adoucissement utilisés ne consomment pas ou très peu d'électricité. De plus, du fait du manque de données, nous n'avons pas estimé ici les émissions de CO<sub>2</sub> liées au traitement des chlorures générés par l'adoucissement.

D'après nos estimations, les émissions de CO<sub>2</sub> sont réduites de 31 576 kgCO<sub>2</sub>e/an pour l'ensemble des quatre acteurs de trois secteurs industriels évalués pour le scénario B dont 60 % pour l'ensemble des deux fabricants de boisson du secteur agroalimentaire, 37 % pour l'entreprise pharmaceutique et 3 % pour l'entreprise de nettoyage industriel.

L'impact est deux fois plus important dans le cas du scénario A, car les émissions de CO<sub>2</sub> seraient réduites de 60 484 kgCO<sub>2</sub>e/an tout acteur et secteur confondu dont 55 % pour l'ensemble des deux fabricants de boisson, 41 % pour l'entreprise pharmaceutique et 4 % pour l'entreprise de nettoyage industriel. La

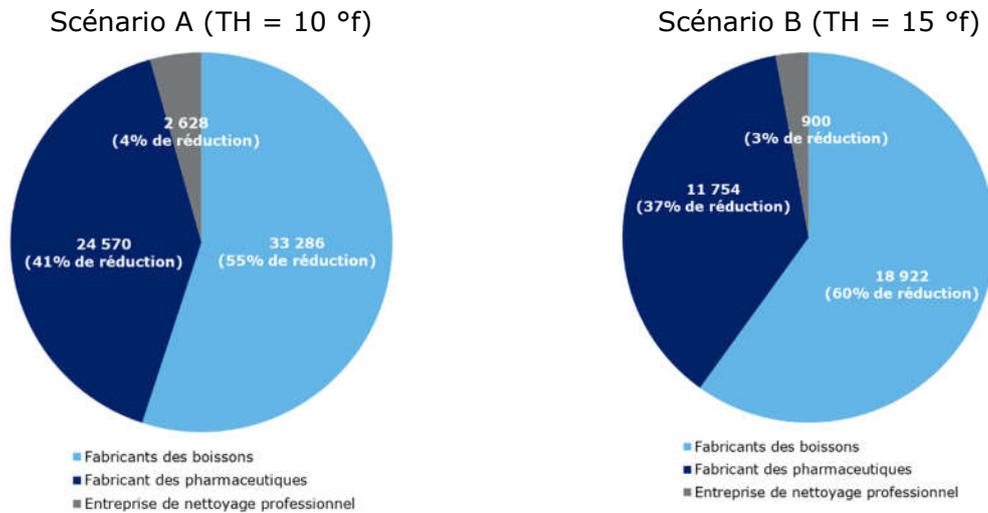
<sup>70</sup> Résultats pour les quatre professionnels évalués.

<sup>71</sup> Les résultats prennent en compte les estimations et les hypothèses établis pour l'ensemble des deux fabricants de boisson.

Figure 15 compare la réduction des émissions de GES pour les deux scénarios de dureté cibles, pour les trois secteurs industriels évalués.

A noter que dans cette analyse, la comparaison des secteurs est biaisée par le nombre d'entreprises par secteur (1 professionnel du secteur pharmaceutique, 2 professionnels du secteur agroalimentaire et 1 professionnel du secteur de blanchisserie évalués).

Figure 15 : Réduction des émissions de GES (kgCO<sub>2</sub>e/an) (par secteur industriel évalué)



### 5.1.4 Consommation d'eau

L'un des désagréments de la phase de régénération de l'adoucisseur est que celle-ci cause une augmentation de la consommation d'eau. En effet durant cette phase, les adoucisseurs peuvent consommer et rejeter jusqu'à 200 litres d'eau par régénération. La fréquence de régénération peut varier de 4 à 7 fois par mois, selon l'installation, ce qui provoque un impact conséquent sur la consommation d'eau. Cette surconsommation d'eau n'a pas été quantifiée du fait du manque de données dans la littérature et celle-ci dépend fortement de la taille de l'installation de l'industriel donc difficile à estimer.

### 5.1.5 Synthèse des impacts environnementaux pour les quatre professionnels

Le Tableau 52 résume les résultats des principaux impacts environnementaux pour les quatre professionnels de trois secteurs industriels analysés.

Tableau 52 : Synthèse des impacts environnementaux – trois secteurs industriels

Secteur industriel	Impacts	Scénario A (TH = 10 °f)	Scénario B (TH = 15 °f)
Pharmaceutique (1 acteur)	Consommation des ressources (sel) <sup>72</sup>	Réduction de : 136 500 kg/an du sel	Réduction de : 65 300 kg/an du sel
	Quantité de saumure rejetée dans l'environnement	Réduction de : 81 900 kg/an de chlorure 54 600 kg/an de sodium	Réduction de : 39 180kg/an de chlorure 26 120 kg/an de sodium
	Emissions de CO <sub>2</sub> liées à l'adoucissement (production de sel)	Réduction de : 24 570 kgCO <sub>2</sub> eq/an	Réduction de : 11 754 kgCO <sub>2</sub> eq/an

<sup>72</sup> Consommation du sel pour l'adoucissement lié aux usages techniques, la préparation des médicaments et la production de vapeur.

Secteur industriel	Impacts	Scénario A (TH = 10 °f)	Scénario B (TH = 15 °f)
Agroalimentaire (2 acteurs) <sup>73</sup>	Consommation des ressources (sel et chaux)	Réduction de : 33 600 kg/an en chaux 27 000 kg/an en sel	Réduction de : 16 800 kg/an en chaux 13 500 kg/an en sel
	Quantité de saumure rejetée dans l'environnement	Réduction de : - 36 360 kg/an de chlorure - 24 240 kg/an de sodium	Réduction de : - 19 560 kg/an de chlorure - 13 040 kg/an de sodium
	Emissions de CO <sub>2</sub> liées à l'adoucissement (sel et chaux)	Réduction de : - 33 286 kgCO <sub>2</sub> eq/an	Réduction de : - 18 922 kgCO <sub>2</sub> eq/an
Blanchisserie (1 acteur)	Consommation des ressources (sel)	Réduction de : - 14 600 kg/an en sel	Réduction de : - 5 000 kg/an en sel
	Quantité de saumure rejetée dans l'environnement	Réduction de : - 8 760 kg/an de chlorure - 5 840 kg/an de sodium	Réduction de : - 3 000 kg/an de chlorure - 2 000 kg/an de sodium
	Emissions de CO <sub>2</sub> liées à l'adoucissement (sel et chaux)	Réduction de : - 2 628 kgCO <sub>2</sub> eq/an	Réduction de : - 900 kgCO <sub>2</sub> eq/an

## 5.2 Les impacts économiques

La dureté de l'eau est très importante pour certaines industries en raison de l'effet que la teneur et les niveaux en minéraux et en ions peuvent avoir sur leur processus de traitement chimique et de l'eau. En conséquence, de nombreuses industries appliquent leurs propres systèmes d'adoucissement de l'eau pour réduire les impacts du calcaire sur leurs opérations et ceci a un coût.

De manière générale, le coût de l'adoucissement dépend du type d'adoucisseur utilisé, de la dureté de l'eau et de l'utilisation qu'on souhaite en faire<sup>74</sup>. Certains adoucisseurs sont plus efficaces que d'autres et par conséquent les prix peuvent différer. Il existe des adoucisseurs dont la régénération se fait à intervalle régulier (ces intervalles étant réglés selon la consommation d'eau) et des adoucisseurs dont la régénération dépend du volume d'eau adoucie. Le deuxième type d'adoucisseur permet d'économiser du sel et de l'eau. Aussi, la plupart des résines d'adoucisseur et d'échangeur d'ions ont une durée de vie d'environ 20 à 25 ans.

Le principal impact économique de la décarbonation sur les secteurs analysés est donc la réduction de l'achat de sel et de chaux utilisés pour l'adoucissement industriel. Dans le cas du scénario A, l'ensemble des quatre entreprises étudiées feraient une économie totale de 196 884 €/an dont 17 % de cette somme représentés par les deux fabricants de boisson du secteur agroalimentaire, 75 % par l'entreprise pharmaceutique et 8 % par l'entreprise de blanchisserie industrielle.

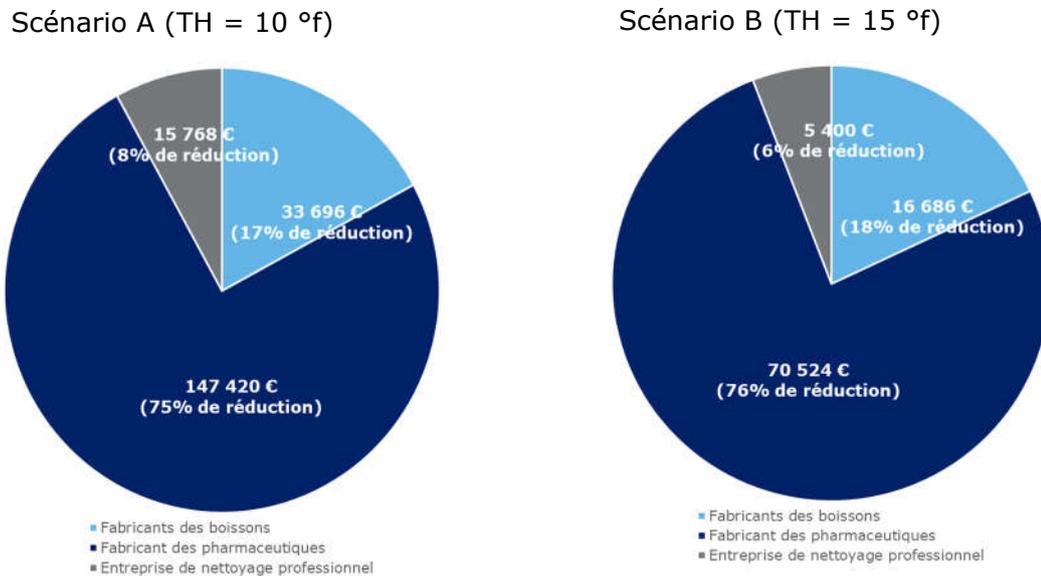
L'impact économique est moins élevé pour le scénario B, au total une économie de 92 610 €/an serait perçue par les entreprises étudiées dont 18 % de cette somme représentés par les deux fabricants des boissons, 76 % par l'entreprise pharmaceutique et 6 % par l'entreprise de nettoyage industriel. La Figure 16 détaille les économies liées à la

<sup>73</sup> Les résultats prennent en compte les estimations et les hypothèses établis pour l'ensemble des deux fabricants de boisson.

<sup>74</sup> Lenntech, « FAQ sur l'adoucissement ». Disponible à l'adresse : [www.lenntech.fr/procedes/adoucissement/faq/faq-adoucissement.htm](http://www.lenntech.fr/procedes/adoucissement/faq/faq-adoucissement.htm)

réduction de l'achat de réactifs d'adoucissement, selon le scénario de dureté et pour chaque secteur industriel évaluée.

Figure 16 : Economies liées à la réduction des réactifs d'adoucissement (€/an) (par secteur industriel)



Un autre impact serait la réduction du coût du traitement des chlorures dans les eaux usées. En effet, en plus d'être laborieux, le traitement des chlorures dans les eaux usées peut être très coûteux pour les industriels, s'ils disposent de station d'épuration sur site ou pour les municipalités. On estime que le traitement d'1 kg de chlorure coûte 9,53 €, ce qui est relativement élevé.

En revanche, actuellement en France, les stations d'épuration ne sont pas équipées pour effectuer le traitement des chlorures et les sites industriels étudiés n'effectuent pas ce traitement sur site. Cependant, du fait de leur impact environnemental important, il est probable que la réglementation évolue dans les années à venir et exige un prétraitement sur site avant rejet dans le réseau d'assainissement. Les municipalités peuvent également être amenées à équiper leurs installations de traitement des eaux usées à l'image des Etats-Unis. Dans ce cas, le projet de décarbonation du SEDIF pourrait potentiellement avoir un impact sur le coût du traitement des chlorures.

### Box 2 : Impacts économiques liés au traitement des chlorures dans les eaux usées

En plus du coût d'installation, le coût d'exploitation pour les traitements des chlorures dans les eaux usées peut être important. Par exemple, selon l'estimation du district d'assainissement de Californie, dans leur territoire des opérations, l'installation de traitement supplémentaire pour effectuer la microfiltration et l'osmose inverse pour éliminer les chlorures des eaux usées coûterait au moins 300 millions de dollars, sur la base de leurs estimations de coûts : l'ajout de 0.45 kg de sel dans l'eau coûte environ 20 centimes, tandis que cela coûterait environ cinq dollars pour le retirer<sup>75</sup>.

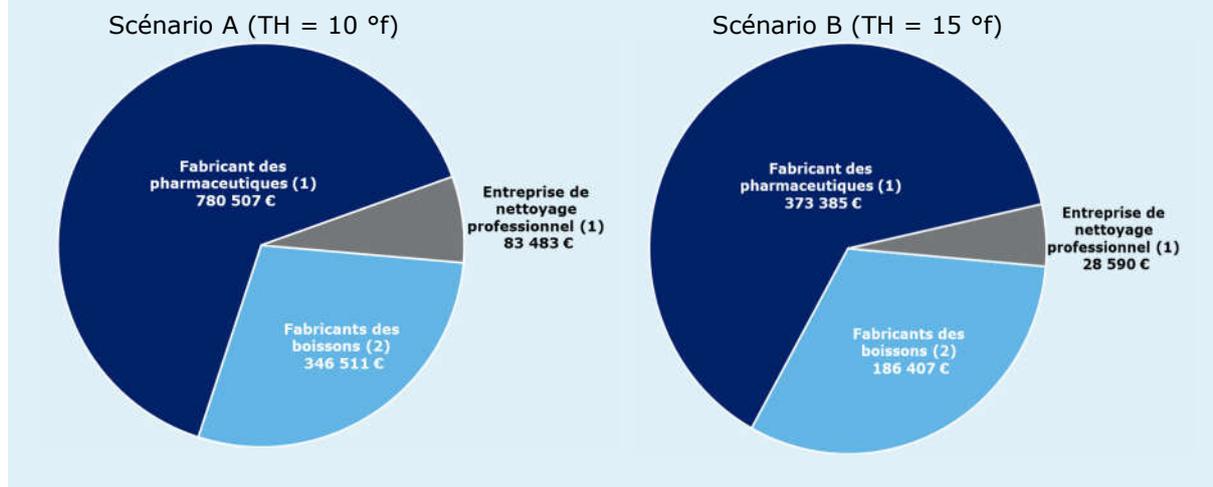
<sup>75</sup> Madison Metropolitan Sewage District, 2015. Chloride Compliance Study Nine Springs Wastewater Treatment Plant Final Report

Dans le cas où les municipalités (ou les entreprises) décideraient de mettre en œuvre un traitement des chlorures présents dans les eaux usées, la décarbonation pourrait avoir un impact sur la réduction des coûts de ce traitement via la réduction des rejets de chlorures provenant de l'adoucissement industriel. A noter que la législation française exige que les installations industrielles respectent les limites de concentration concernant le contenu des eaux usées industrielles qui sont réintroduites dans les systèmes d'assainissement publics. Les informations disponibles indiquent que les quatre acteurs professionnels évalués appliquent des opérations de prétraitement à leurs eaux usées, mais ne participent pas au processus de traitement des eaux usées une fois qu'elles sont rejetées dans les systèmes d'assainissement publics. Par conséquent, les coûts liés au traitement des eaux usées dans le contexte des acteurs professionnels examinés ici concerneraient surtout les municipalités et les stations d'épuration responsables des traitements des eaux usées.

Selon nos estimations concernant les activités des quatre professionnels évalués, pour le scénario A, la réduction des rejets de chlorures dans les eaux usées entraînerait une économie totale de 1,2 millions d'euros/an pour le traitement des chlorures dans les eaux usées, dont 29 % des économies sont représentés par l'ensemble des deux fabricants de boissons, 64 % par l'industriel pharmaceutique et 7 % par l'entreprise de nettoyage industriel.

Dans le cas du scénario B, une économie totale d'environ 600 000 €/an a été estimée dont 32 % représenté par l'ensemble des deux fabricants de boissons, 63 % par l'entreprise du secteur pharmaceutique et 5 % par l'entreprise de blanchisserie industrielle. La Figure 17 compare les économies liées à la réduction des couts du traitement des chlorures dans les eaux usées, selon le scénario de dureté et pour chaque secteur industriel évaluée.

Figure 17 : Economies liées au traitement des chlorures (€/an)  
(Par secteur industriel)



Le Tableau 53 résume les résultats des deux scénarios de dureté en termes d'économies liées à l'adoucissement de l'eau par les industriels, pour les quatre acteurs des trois secteurs industriels analysés.

Tableau 53 : Economies liées à la réduction adoucissement de l'eau pour les quatre professionnels de trois secteurs industriels évalués

<b>Secteur industriel</b>	<b>Scénario A (TH = 10 °f)</b>	<b>Scénario B (TH = 15 °f)</b>
Pharmaceutique (un acteur)	147 420 €/an	70 524 €/an
Agroalimentaire (deux acteurs) <sup>76</sup>	33 696 €/an	16 686 €/an
Blanchisserie (un acteur)	15 768 €/an	5 400€/an
<b>TOTAL</b>	<b>196 884 €/an</b>	<b>92 610 €/an</b>

<sup>76</sup> Les résultats prennent en compte les estimations et les hypothèses établis pour l'ensemble les deux fabricants de boisson.

# **SYNTHESE DES RESULTATS ET ENSEIGNEMENTS CLES**

## 6. Synthèse des résultats

Ce chapitre présente le bilan économique et environnemental global des impacts des scénarios de dureté cible pour les usages domestiques (particuliers, collectivités et gestionnaires d'immeuble), ainsi que pour les quatre professionnels des trois secteurs industriels évalués. Le dernier chapitre 7 présente l'analyse critique des résultats et les enseignements clés.

### 6.1 Bilan économique – particuliers, collectivités et gestionnaires d'immeuble

Afin d'établir le bilan économique du projet de décarbonation collective du SEDIF pour les usages domestiques de l'eau (particuliers, collectivités et gestionnaires d'immeuble), une analyse approfondie des coûts (coûts d'investissement et d'exploitation à la mise en œuvre de la décarbonation collective) et des bénéfices (les résultats sur les économies estimées présentés dans le chapitre précédent) a été effectuée.

Les coûts estimés du projet de décarbonation sont comparés aux bénéfices de celui-ci pour chaque scénario de dureté. Le bilan économique représente la somme des bilans annuels sur 40 ans : bilan économique = gains - surcoûts.

Les coûts et bénéfices ont été établis pour chaque usine en prenant compte le nombre d'usagers desservis en moyenne, le volume d'eau consommé en 2017, ainsi que le volume moyen produit par les usines en 2017<sup>77</sup>. Les autres paramètres et les données considérés dans les calculs de coûts et bénéfices sont issus du rapport Egis, incluant<sup>78</sup> :

- Les surcoûts pour l'utilisateur correspondants à l'augmentation du prix de l'eau instaurée par le SEDIF pour prendre en compte le coût d'investissement et d'exploitation pour la mise en place du système de décarbonation
- Les bénéfices pour l'utilisateur correspondant aux économies liées à la décarbonation : les économies liées à la réduction de l'achat produits d'entretien et l'eau en bouteille, le prolongement de la durée de vie et la réduction de la consommation énergétique des équipements ménagers.

#### Exemple de calcul pour l'usine de Choisy-le-Roi (scénario A)

$$\text{- Calcul Gains : } Gain = \frac{\text{Economies totales usine (M€/an)}}{\text{nombre d'habitants usine}} = \frac{99,8 \text{ M€/an}}{1,87 \text{ M}} = \mathbf{53,4 \text{ €/p/an}}$$

$$\begin{aligned} \text{- Calcul surcoût : } Coût &= \frac{\text{Impact sur le prix de l'eau (€/m3) * volume d'eau consommé}}{\text{nombre d'habitants usine}} \\ &= \frac{0,275 \text{ (€/m3)} * 103\,232\,800 \text{ (m3/an)}}{1,87 \text{ M}} = \mathbf{15 \text{ €/an/p}} \end{aligned}$$

$$\text{- Bilan : } Gain - Surcoût = \mathbf{38,4 \text{ €/an/p}}$$

A noter : le nombre d'habitants par usine est indiqué dans le Tableau 1. Les économies totales par usine sont indiquées dans le Tableau 44.

<sup>77</sup> Selon les informations fournies par le SEDIF.

<sup>78</sup> Egis, 2017, Etude sur l'opportunité sur l'évolution du niveau de traitement sur les trois usines principales : version finale 03 ; chapitre 10 – axe économique et chapitre 11 – bilan global

Ce bilan a été effectué à partir des volumes d'eau 2017 communiqués par le SEDIF, établis à partir du rendement moyen du réseau (88 %). En effet, les données communiquées par Veolia (cf. Tableau 4) ne prennent pas en compte les ventes d'eau en gros par usine et les transferts d'eau d'une usine à l'autre, ce qui entraîne une sous-estimation des volumes d'eau consommés. En revanche, nous avons utilisé les données de Veolia pour évaluer les impacts, car les valeurs totales territoire (Veolia vs SEDIF) ne sont pas très différentes. Les volumes d'eau ayant été utilisés pour faire le bilan sont indiqués dans le Tableau 54 :

Tableau 54 : Volumes d'eau consommés communiqués par le SEDIF (m<sup>3</sup>/an)

Usine	Production sortie usine (m <sup>3</sup> )	Rendement moyen	Volume consommé (yc vente export) - m <sup>3</sup>
Neuilly-sur-Marne	99 960 000	88%	87 964 800
Choisy-le-Roi	117 310 000	88%	103 232 800
Méry-sur-Oise	55 700 000	88%	49 016 000
Arvigny	7 843 600	88%	6 902 368
<b>TOTAL</b>	<b>280 813 600 m<sup>3</sup>/an</b>	<b>88%</b>	<b>247 115 968 m<sup>3</sup>/an</b>

Les résultats de cette analyse de coûts et bénéfices sont présentés dans les tableaux suivants par scénario de dureté cible, par personne et par foyer (€/an) en utilisant la donnée de l'INSEE (2,3 personnes en moyenne par foyer en Ile de France), ainsi qu'en €/m<sup>3</sup>.

## SCENARIO A – BILAN ECONOMIQUE

Tableau 55 : Bilan des coûts et bénéfices – scénario A (€/an)

Scénario A (TH = 10 °f) – Bilan annuel par personne (€)			
Usine	Surcoûts (€/personne/an)	Gains (€/personne/an)	Bilan annuel [Gains-surcoûts] Gains de :
Neuilly-sur-Marne	15,8 €/pers/an	65,3 €/pers/an	49,5 €/pers/an
Choisy-le-Roi	15,2 €/pers/an	53,4 €/pers/an	38,2 €/pers/an
Méry-sur-Oise	11,5 €/pers/an	48,0 €/pers/an	36,5 €/pers/an
Arvigny	19,3 €/pers/an	68,9 €/pers/an	49,7 €/pers/an
<b>MOYENNE TERRITOIRE</b>	<b>14,8 €/pers/an</b>	<b>57,0 €/pers/an</b>	<b>42,2 €/pers/an</b>

Scénario A (TH = 10 °f) – Bilan annuel par foyer (€)			
Usine	Surcoûts (€/foyer/an)	Gains (€/foyer/an)	Bilan annuel [Gains-surcoûts] Gains de :
Neuilly-sur-Marne	36,3 €/foyer/an	150,2 €/foyer/an	113,9 €/foyer/an
Choisy-le-Roi	35,0 €/foyer/an	122,8 €/foyer/an	87,9 €/foyer/an
Méry-sur-Oise	26,5 €/foyer/an	110,4 €/foyer/an	84,0 €/foyer/an
Arvigny	44,4 €/foyer/an	158,5 €/foyer/an	114,3 €/foyer/an

<b>MOYENNE TERRITOIRE</b>	<b>34,0 €/foyer/an</b>	<b>131,1 €/foyer/an</b>	<b>97,1 €/foyer/an</b>
---------------------------	------------------------	-------------------------	------------------------

Tableau 56 : Bilan des coûts et bénéfices – scénario A (€/m<sup>3</sup> consommés)

<b>Scénario A (TH = 10 °f) – Bilan annuel (€/m<sup>3</sup> consommés)</b>			
<b>Usine</b>	<b>Surcoûts (€/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Gains (€/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Bilan annuel [Gains-surcoûts] Gains de :</b>
Neuilly-sur-Marne	0,30 €/m <sup>3</sup>	1,24 €/m <sup>3</sup>	0,94 €/m <sup>3</sup>
Choisy-le-Roi	0,28 €/m <sup>3</sup>	0,97 €/m <sup>3</sup>	0,69 €/m <sup>3</sup>
Méry-sur-Oise	0,20 €/m <sup>3</sup>	0,83 €/m <sup>3</sup>	0,63 €/m <sup>3</sup>
Arvigny	0,31 €/m <sup>3</sup>	1,10 €/m <sup>3</sup>	0,79 €/m <sup>3</sup>
<b>MOYENNE TERRITOIRE</b>	<b>0,3 €/m<sup>3</sup></b>	<b>1,0 €/m<sup>3</sup></b>	<b>0,8 €/m<sup>3</sup></b>

**SCENARIO B – BILAN ECONOMIQUE**

Tableau 57 : Bilan des coûts et bénéfices – scénario B (€/an)

<b>Scénario B (TH = 15 °f) – Bilan annuel par personne (€)</b>			
<b>Usine</b>	<b>Surcoûts (€/personne/an)</b>	<b>Gains (€/personne/an)</b>	<b>Bilan annuel [Gains-surcoûts] Gains de :</b>
Neuilly-sur-Marne	15,8 €/pers/an	57,8 €/pers/an	42,0 €/pers/an
Choisy-le-Roi	15,2 €/pers/an	45,7 €/pers/an	30,5 €/pers/an
Méry-sur-Oise	11,5 €/pers/an	38,9 €/pers/an	27,4 €/pers/an
Arvigny	19,3 €/pers/an	61,7 €/pers/an	42,5 €/pers/an
<b>MOYENNE TERRITOIRE</b>	<b>14,8 €/pers/an</b>	<b>49,1 €/pers/an</b>	<b>34,3 €/pers/an</b>

<b>Scénario B (TH = 15 °f) – Bilan annuel par foyer (€)</b>			
<b>Usine</b>	<b>Surcoûts (€/foyer/an)</b>	<b>Gains (€/foyer/an)</b>	<b>Bilan annuel [Gains-surcoûts] Gains de :</b>
Neuilly-sur-Marne	36,3 €/foyer/an	132,9 €/foyer/an	96,6 €/foyer/an
Choisy-le-Roi	35,0 €/foyer/an	105,1 €/foyer/an	70,2 €/foyer/an
Méry-sur-Oise	26,5 €/foyer/an	89,5 €/foyer/an	63,0 €/foyer/an
Arvigny	44,4 €/foyer/an	141,9 €/foyer/an	97,8 €/foyer/an
<b>MOYENNE TERRITOIRE</b>	<b>34,0 €/foyer/an</b>	<b>112,9 €/foyer/an</b>	<b>78,9 €/foyer/an</b>

Tableau 58 : Bilan des coûts et bénéfices – scénario B (€/m<sup>3</sup> consommés)

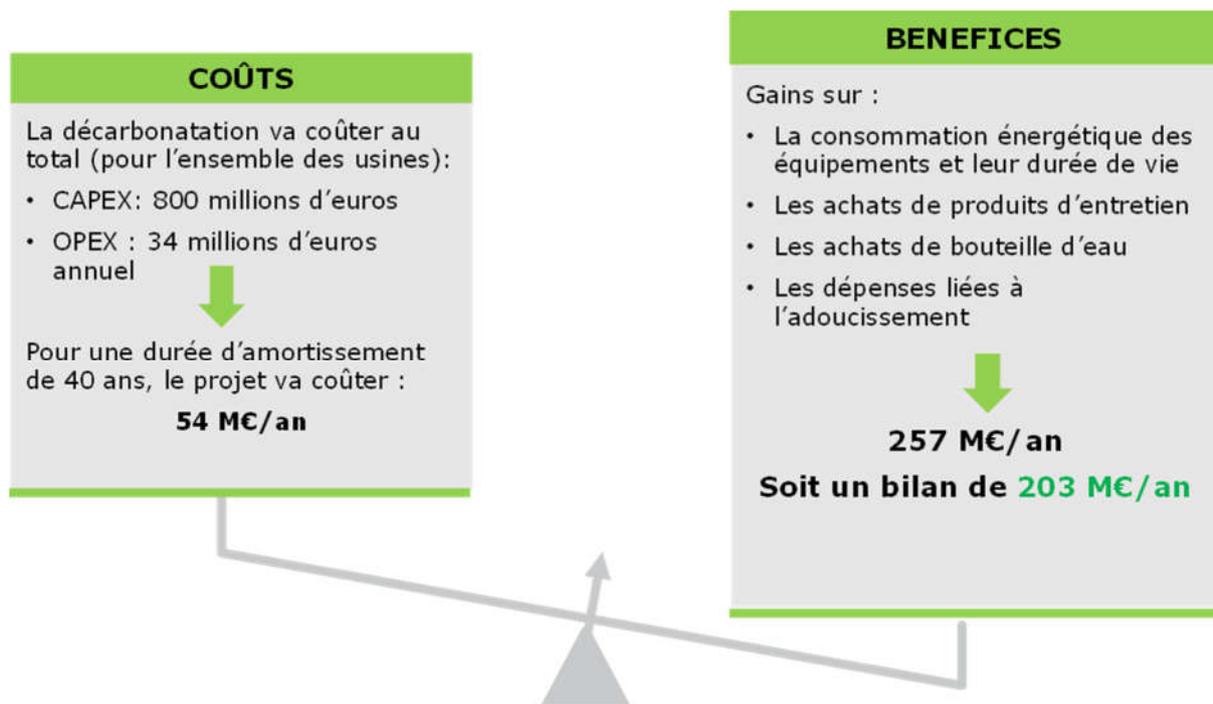
<b>Scénario B (TH = 15 °f) – Bilan annuel (€/m<sup>3</sup> consommés)</b>			
<b>Usine</b>	<b>Surcoûts (€/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Gains (€/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Bilan annuel [Gains-surcoûts] Gains de :</b>
Neuilly-sur-Marne	0,30 €/m <sup>3</sup>	1,10 €/m <sup>3</sup>	0,80 €/m <sup>3</sup>

**Scénario B (TH = 15 °f) – Bilan annuel (€/m<sup>3</sup> consommés)**

Usine	Surcoûts (€/m <sup>3</sup> )	Gains (€/m <sup>3</sup> )	Bilan annuel [Gains-surcoûts] Gains de :
Choisy-le-Roi	0,28 €/m <sup>3</sup>	0,83 €/m <sup>3</sup>	0,55 €/m <sup>3</sup>
Méry-sur-Oise	0,20 €/m <sup>3</sup>	0,67 €/m <sup>3</sup>	0,47 €/m <sup>3</sup>
Arvigny	0,31 €/m <sup>3</sup>	0,98 €/m <sup>3</sup>	0,67 €/m <sup>3</sup>
<b>MOYENNE TERRITOIRE</b>	<b>0,3 €/m<sup>3</sup></b>	<b>0,90 €/m<sup>3</sup></b>	<b>0,6 €/m<sup>3</sup></b>

Les résultats montrent que le surcoût associé à la mise en place de la décarbonation est moins important par rapport aux bénéfices de celle-ci chez les usagers qui économiseraient en moyenne **34,3 €/pers/an**, soit environ **79,0 €/an pour un foyer moyen** en Ile-de-France si la dureté cible est de 15 °f (scénario B). On observe plus de gains dans le cas du scénario A dont la dureté est plus faible (10 °f), une économie nette de **42,2 €/pers/an en moyenne**, soit **97,0 €/an pour un foyer moyen** en Ile de France a été estimée. Les économies réalisées par les usagers s'échelonnent entre 30 % et 2 % du prix de l'eau. Cela revient à une baisse virtuelle, à volumes de consommation équivalents, du prix de l'eau, malgré l'augmentation réelle.

Le scénario A est donc la dureté cible qui aura le plus d'impact chez le consommateur en termes de gains sur les dépenses liées au calcaire.



## 6.2 Bilan énergétique – particuliers, collectivités et gestionnaires d'immeuble

Comme mentionné dans la section 4.1.1, les gains énergétiques du projet de décarbonation collective, pour les usages domestiques de l'eau, ont été estimés en faisant la différence entre la consommation annuelle actuelle (en fonction de la dureté actuelle des usines) et la consommation énergétique à dureté cible (scénario A et B) de chaque équipement ménager impacté.

Tableau 59 : Gains en énergie – scénario A

<b>Scénario A (TH = 10 °f)</b>			
<b>Usine</b>	<b>Gain énergétique (kWh/pers/an)</b>	<b>Gain énergétique (kWh/m<sup>3</sup>/an)</b>	<b>Gain énergétique (kWh/foyer/an)</b>
Neuilly-sur-Marne	36,3 kWh/pers/an	0,69 kWh/m <sup>3</sup>	83,6 kWh/foyer/an
Choisy-le-Roi	27,7 kWh/pers/an	0,50 kWh/m <sup>3</sup>	63,7 kWh/foyer/an
Méry-sur-Oise	15,0 kWh/pers/an	0,26 kWh/m <sup>3</sup>	34,5 kWh/foyer/an
Arvigny	46,8 kWh/pers/an	0,75 kWh/m <sup>3</sup>	107,6 kWh/foyer/an
<b>MOYENNE TERRITOIRE</b>	<b>28,8 kWh/pers/an</b>	<b>0,53 kWh/m<sup>3</sup></b>	<b>66,2 kWh/foyer/an</b>

Tableau 60 : Gains en énergie – scénario B

<b>Scénario B (TH = 15 °f)</b>			
<b>Usine</b>	<b>Gain énergétique (kWh/pers/an)</b>	<b>Gain énergétique (kWh/m<sup>3</sup>/an)</b>	<b>Gain énergétique (kWh/foyer/an)</b>
Neuilly-sur-Marne	25,7 kWh/pers/an	0,49 kWh/m <sup>3</sup>	59,1 kWh/foyer/an
Choisy-le-Roi	17,0 kWh/pers/an	0,31 kWh/m <sup>3</sup>	39,1 kWh/foyer/an
Méry-sur-Oise	4,3 kWh/pers/an	0,07 kWh/m <sup>3</sup>	9,9 kWh/foyer/an
Arvigny	36,1 kWh/pers/an	0,58 kWh/m <sup>3</sup>	83,0 kWh/foyer/an
<b>MOYENNE TERRITOIRE</b>	<b>18,1 kWh/pers/an</b>	<b>0,33 kWh/m<sup>3</sup></b>	<b>41,6 kWh/foyer/an</b>

A partir de ces gains en énergie et de la consommation d'énergie de la filtration membranaire (du procédé de décarbonation), nous avons pu établir le bilan énergétique du projet sur l'ensemble du territoire.

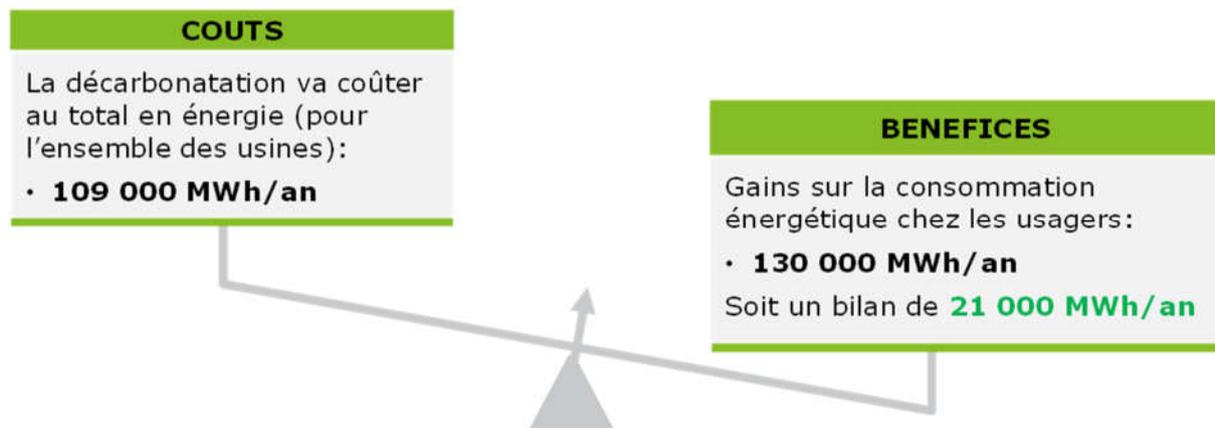
Tableau 61: Récapitulatif des gains et consommations énergétiques, par usine

<b>Scénario</b>	<b>Scénario A (TH = 10 °f)</b>	<b>Scénario B (TH = 15 °f)</b>	<b>–</b>
<b>Usine</b>	<b>Gain total usine (MWh/an)</b>	<b>Gain total usine (MWh/an)</b>	<b>Consommation énergétique de la filtration membranaire</b>
Neuilly-sur-Marne	51 787 MWh/an	31 869 MWh/an	40 000 MWh/an
Choisy-le-Roi	60 686 MWh/an	42 837 MWh/an	45 000 MWh/an
Méry-sur-Oise	12 750 MWh/an	3 643 MWh/an	20 000 MWh/an
Arvigny	5 144 MWh/an	3 975 MWh/an	4 000 MWh/an
<b>TOTAL TERRITOIRE</b>	<b>130 367 MWh/an</b>	<b>82 324 MWh/an</b>	<b>109 000 MWh/an</b>
	<b>Réduction de l'empreinte énergétique de : 21 367 MWh/an</b>	<b>Augmentation de l'empreinte énergétique de : 26 676 MWh/an</b>	

Compte tenu de ce bilan on observe que, malgré un gain sur la consommation énergétique des usagers par rapport à la situation actuelle, la consommation d'énergie de la filtration membranaire du procédé de décarbonation l'emporte dans le cas du scénario B. En effet, le bilan montre que la consommation énergétique augmente de 26 676 MWh/an, soit une hausse de l'empreinte énergétique d'un foyer moyen en Ile-de-France de 13,6 kWh/an.

En revanche une réduction de l'empreinte énergétique a été estimée dans le cas du scénario A. L'empreinte énergétique diminuerait de 21 367 MWh/an, soit un bilan énergétique de **- 11 kWh/an pour un foyer moyen sur le territoire** du SEDIF. Ce scénario est donc le plus bénéfique pour les usagers.

Ces résultats sont une estimation, ils sont donc à prendre avec précaution notamment en raison des hypothèses qui ont été faites sur l'utilisation des équipements en fonction des catégories d'usagers. En effet, ce calcul ne prend pas en compte la consommation d'énergie éventuelle des lave-linges et lave-vaisselles par les collectivités notamment dans les hôpitaux, les centres de vacances, les maisons de repos ou retraite, etc.



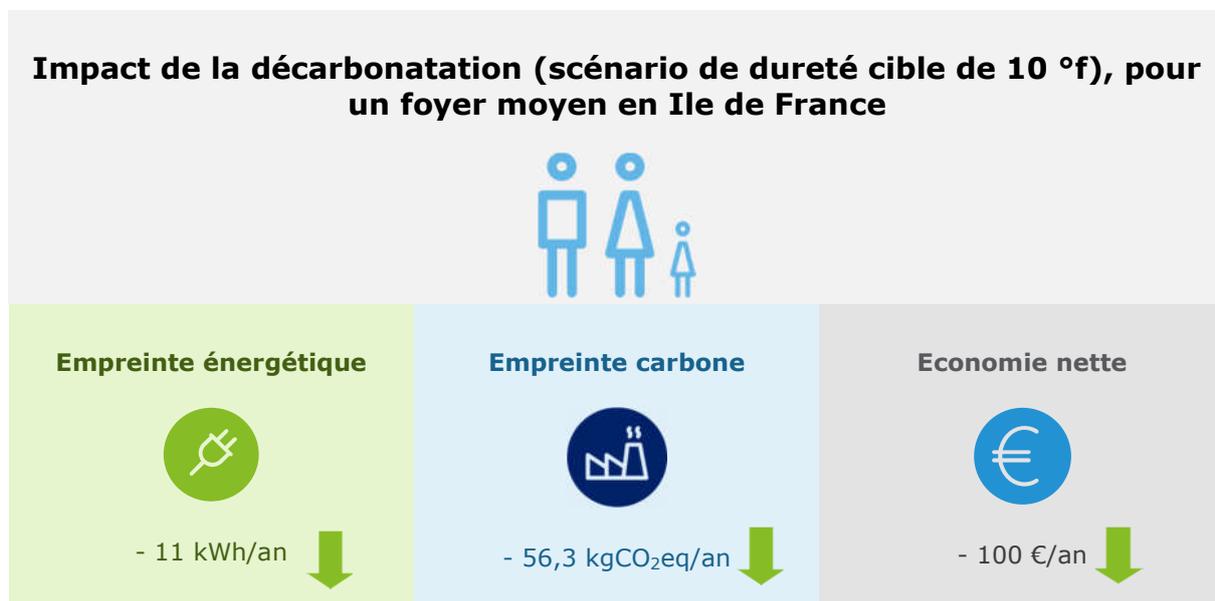
### 6.3 Synthèse des résultats pour les usages domestiques

Les impacts environnementaux et économiques globaux du projet de décarbonation du SEDIF sur les particuliers, collectivités et gestionnaires d'immeuble sont synthétisés dans les tableaux suivants. Il convient de noter que ce sont des résultats globaux, ce qui signifie que le degré d'impact entre les différentes usines variera en fonction de la valeur de dureté d'entrée. Les résultats détaillés par usine sont également présentés dans l'Annexe 4.

Tableau 62 : Bilan environnemental et économique – usages domestiques (particuliers, collectivités, gestionnaires d'immeuble)

	Scénario A (TH = 10 °f)	Scénario B (TH = 15 °f)
 Economies d'énergie (MWh/an)	130 367 MWh/an	82 324 MWh/an
 Réduction des émissions de GES (tCO <sub>2</sub> e/an)	110 157 tCO <sub>2</sub> e/an	90 170 tCO <sub>2</sub> e/an
 Economies (€/an)	257,3 million €/an	221,8 million €/an

Compte tenu des résultats de l'analyse coût/bénéfices, le scénario A est celui qui a le plus de bénéfices pour les usagers en termes de gains. Il permet une économie nette de 100 €/an pour un foyer moyen en Ile de France, une réduction de l'empreinte carbone du foyer de 56 kgCO<sub>2</sub>eq/an et une diminution de l'empreinte énergétique de 11 kWh/an. A noter cependant que l'empreinte carbone de mise en œuvre de la décarbonation n'a pas été estimée ici.



L'ensemble des impacts sont synthétisés dans les tableaux ci-dessous.

Tableau 63 : Synthèse des impacts environnementaux pour les usages domestiques (particuliers, collectivités, gestionnaires d'immeuble)

Impacts environnementaux	Résultats clés des impacts attendus (données pour le territoire)
Consommation d'énergie des équipements domestiques	Dans les deux scénarios de dureté cibles, la décarbonation permettrait une diminution du dépôt de tartre dans les équipements entraînant une réduction de leur consommation d'énergie : une réduction de la consommation d'énergie totale de 9 % par foyer et par an dans le cas du scénario A, soit une baisse de 72,4 kWh/foyer/an en moyenne, plus élevé de 24,6 kWh/an comparé au scénario B.
Emissions de CO <sub>2</sub>	La décarbonation permettrait une réduction des émissions de CO <sub>2</sub> liées au cycle de vie des équipements, la consommation de détergents ainsi que la consommation de bouteilles d'eau avec un effet plus prononcé pour le scénario A : une diminution de 56,3 kgCO <sub>2</sub> e/foyer/an dans le cas du scénario A et 46,1 kgCO <sub>2</sub> e/foyer/an pour le scénario B.
Durée de vie des appareils électroménagers	<p>Une eau dure peut former du calcaire et encrasser les équipements et les canalisations notamment si l'eau est chauffée. Les équipements tels que les machines à laver, les bouilloires, les lave-vaisselles ou les chauffe-eau se dégradent ainsi plus rapidement en fonction de la dureté de l'eau.</p> <p>La décarbonation entraînerait une augmentation de la durée de vie opérationnelle des équipements électroménagers variant de 1 à 2 ans en fonction du type d'équipements (sans prendre en compte l'impact des autres facteurs importants sur la durée de vie des équipements comme le comportement des consommateurs).</p>
Réduction des déchets	<p>Traiter le calcaire en excès présente aussi un intérêt environnemental. Cela permet de limiter l'utilisation de détergents et la production de déchets (bouteilles en plastique) et incite également les habitants à boire davantage l'eau du robinet.</p> <p>Dans les deux scénarios de dureté où le calcaire et le tartre sont moins présents, on estime qu'une certaine part de consommateurs abandonnerait les bouteilles d'eau en faveur de l'eau du robinet, ce qui entraînerait une réduction des déchets produits via la consommation de bouteilles d'eau plastiques. Dans le cas du SEDIF, l'arrêt de la consommation d'eau en bouteille par une partie des usagers (17 % des usagers) entraînerait une réduction de la production de déchets d'environ 5 767 tonnes/an de volume des déchets en bouteilles d'eau quel que soit le scénario de dureté.</p>
Consommation des produits d'entretien	<p>L'eau dure réduit le pouvoir moussant et nettoyant des savons et des détergents en les faisant précipiter. Cela favorise la consommation de ces produits. Ainsi, en faisant un traitement de ce calcaire, les usagers consommeraient moins de produits d'entretien.</p> <p>La décarbonation permettrait une économie de détergents et de produits d'entretien pouvant atteindre jusqu'à 27% par exemple pour le savon corporel selon le scénario de dureté et l'usine concernée.</p>
Efficacité de traitement des eaux usées	La mise en œuvre de la décarbonation diminuerait l'utilisation d'adoucisseurs individuels et permettrait donc de réduire les émissions de chlorures dans les eaux usées. A noter que les stations d'épuration ne sont pas équipées pour le traitement de tels polluants.

Tableau 64 : Synthèse des impacts économiques et sanitaires – usages domestiques

**Impacts socio-économiques****Résultats clés des impacts attendus (données pour le territoire)**

Economies liées à :

- La réduction de la consommation énergétique et l'allongement de la durée de vie des équipements
- La réduction d'achat des produits d'entretien, des bouteilles d'eaux et des adoucisseurs

La décarbonation permettrait une diminution du dépôt de tartre dans les équipements entraînant une réduction de leur consommation d'énergie et le prolongement de leur durée de vie. Cela représente des économies en termes de factures d'électricité et de remplacement et de maintenance des équipements électroménagers.

La décarbonation améliore l'efficacité des produits d'entretien, entraînant une réduction de leur consommation et par conséquent une réduction des dépenses liées à l'achat de ces produits. La même justification est employée pour les économies liées à l'arrêt de l'adoucissement car on estime que les consommateurs n'auront plus besoin d'acheter les adoucisseurs individuels après la mise en place de la décarbonation. Les résultats montrent une économie nette de 43,5 €/pers/an en moyenne, soit 100 €/an pour un foyer moyen en Ile de France pour le scénario A, contre 82 €/an/ foyer pour le scénario B.

Satisfaction des usagers

La mise en œuvre de la décarbonation entraînerait un passage de la satisfaction des consommateurs quant à la teneur en calcaire de 52 à 69 % pour les particuliers et 61 à 78 % pour les collectivités (en supposant que la part d'usagers ne consommant pas d'eau du robinet à cause du calcaire recommence à consommer l'eau du robinet et soit satisfait de la teneur en calcaire de l'eau) soit une augmentation de 17 % de la satisfaction des usagers quant à l'amélioration du goût 18 % de la teneur en chlore, de la présence de calcaire et de la qualité quel que soit le scénario de dureté.

Impacts sanitaires

La présence de calcaire dans l'eau potable ne constitue pas un enjeu de santé publique car celle-ci participe à l'apport journalier en calcium et magnésium. Cependant ces apports sont modérés et contribuent de façon marginale aux besoins nutritionnels. Par conséquent, la diminution en calcium de l'eau du robinet via la décarbonation n'a pas d'influence sur l'apport de ces éléments pour les consommateurs. Les principaux apports en calcium passent surtout par la consommation de produits laitiers.

Il est cependant important que l'équilibre calco-carbonique et la corrosivité des eaux distribuées soient maîtrisés depuis la sortie de l'usine de production d'eau potable jusqu'au robinet du consommateur pour limiter au maximum les interactions eau/matériaux, potentiellement sources de risques sanitaires (dissolution du plomb, du cuivre ou du nickel notamment).

Enfin, la décarbonation permettrait une diminution de la prévalence d'eczéma avec un effet potentiellement plus prononcé dans le cas du scénario A comparé au scénario B.

**6.4 Bilan économique et environnemental des quatre professionnels**

Le Tableau 65 récapitule les résultats des deux scénarios de dureté sur les quatre professionnels des trois secteurs industriels (pharmaceutique, agroalimentaire (fabricant de sodas) et blanchisserie professionnelle) présents sur le territoire SEDIF. A noter que même si ces entreprises sont caractérisées par une consommation de l'eau très significative par rapport aux autres acteurs dans la catégorie professionnelle (elles se classent toutes parmi le top 20 des plus grands consommateurs d'eau dans la catégorie des professionnels en 2017, soit 23 % du volume de l'eau consommée), une extrapolation

des impacts à l'ensemble des acteurs représentés dans cette catégorie serait peu pertinente à cause de l'hétérogénéité et la diversité des acteurs et leurs utilisations de l'eau.

Tableau 65 : Bilan global des quatre acteurs professionnels évalués

	<b>Scénario A (TH = 10 °f)</b>	<b>Scénario B (TH = 15 °f)</b>
 Réduction des émissions de GES (tCO <sub>2</sub> e/an)	60 484 tCO <sub>2</sub> e/an	31 576 tCO <sub>2</sub> e/an
 Economies direct (€/an)	196 884 €/an	92 610 €/an
 Economies indirect (€/an) –coût du traitement des chlorures compris	1 407 385 €/an	680 992 €/an

## 7. Conclusions et enseignements clés

---

### 7.1 Analyse critique des résultats

Afin d'apporter, dans une certaine mesure, un regard critique aux résultats de notre analyse, les résultats d'autres projets de décarbonatation collective peuvent être comparés. D'autres aspects concernant l'interprétation des résultats de l'étude sont également mis en avant.

A titre de comparaison, quelques exemples de résultats des autres projets de décarbonatation (déjà déployés) sont présentés ci-dessous.

- SEOP : Leur processus de traitement permettra en moyenne une économie de 200 € par an et par foyer<sup>79</sup>. A noter que le type de traitement utilisé est la décarbonatation à la soude pour une dureté de l'eau avant traitement de 31,5 °f et après traitement à 20 °f. Le débit par jour de l'installation est 100 000 m<sup>3</sup> pour un montant total de l'investissement de 12 millions €.
- SUEZ : À compter du 1<sup>er</sup> juillet 2018, 500 000 habitants des Yvelines et des Hauts-de-Seine bénéficieront d'une eau adoucie grâce à la décarbonatation collective. Le débit par jour de l'installation est 120 000 m<sup>3</sup> avec un l'investissement de 15 millions €. Selon l'installation, l'impact financier (les surcoûts) de la mise en place de la décarbonatation collective est 26 € par an en moyenne pour un foyer de 4 personnes (sur la base d'une consommation de 120 m<sup>3</sup>)<sup>80</sup>.

Les résultats de l'évaluation économique et environnementale du projet de décarbonatation du SEDIF sont plus ou moins cohérents avec d'autres projets similaires existants ou en cours. Néanmoins, la comparaison des résultats d'une usine à l'autre doit être soigneusement effectuée en raison des différentes méthodologies, paramètres techniques (dureté d'entrée et de sortie, taille de la plante et de la population desservie) et objectifs des projets de décarbonatation.

D'autres éléments à considérer en analysant les résultats de cette étude sont :

- **La disponibilité des données fiables** : Il existe à ce jour peu d'informations quantifiées, fiables, publiquement disponibles et représentatives des différents postes de consommation d'eau sur les impacts du calcaire. Lorsque l'information existe, elle reste disséminée et souvent issue de sources à caractère commercial. Pour faire face à ce défi, un regard critique (via des recherches bibliographiques complémentaires, consultation avec des experts, etc.) est apporté sur les données, quand ceci était pertinent.

Dans la mesure du possible, les méthodes de calculs ont été basés sur les données quantitatives provenant des sources les plus fiables et objectives possibles par. ex. priorité sur les études scientifiques avec les données quantitatives plutôt que les études à caractère commercial et l'application des hypothèses justifiées et prudentes. Dans les cas où les données disponibles semblaient douteuses ou peu fiables, l'équipe a pris une approche prudente, à ne pas quantifier certains impacts et résultats (par ex. les impacts sanitaires). Tout au long du rapport, des précisions sont apportées, au besoin, sur les sources utilisées et le niveau de fiabilité des

---

<sup>79</sup> SEOP, 2017. « La décarbonatation : Une eau plus douce pour 2018. » Disponible à l'adresse : [www.seop.fr/eau-dans-ma-commune/VERSAILLES-78646/133630/la-decarbonatation](http://www.seop.fr/eau-dans-ma-commune/VERSAILLES-78646/133630/la-decarbonatation)

<sup>80</sup> Grand Paris Seine et Oise, 2018. « Une eau potable plus douce grâce à la nouvelle usine de Flins/Aubergenville ». Disponible à l'adresse : <https://gpseo.fr/la-communaute-urbaine/les-competences/eau-et-assainissement/une-eau-potable-plus-douce-grace-la>

données. En outre, le degré d'incertitude relatif aux certains résultats et les hypothèses sous-jacentes sont précisés.

- **L'applicabilité des données** : En plus de la disponibilité des certaines données, surtout quantitatives, l'applicabilité des données au contexte du SEDIF n'était pas toujours évidente à cause des importantes différences par exemple concernant les valeurs de références, paramètres techniques, etc. employés. Pour relever ce défi, les hypothèses et les méthodes de calculs ont été établis pour assurer une applicabilité et une pertinence maximale vis-à-vis des spécificités du territoire SEDIF. Pour assurer une transparence maximale, toutes les hypothèses qui ont été développées et utilisées dans le calcul des impacts potentiels ont été clairement présentées dans la partie principale du rapport ainsi que dans l'annexe, le cas échéant. De plus, des explications expliquant les raisonnements derrière nos hypothèses et / ou méthode de calcul sont également fournies.
- **Le comportement réel des consommateurs** : Pour certains indicateurs évalués, le comportement réel des consommateurs est clé, par exemple, concernant le passage de l'eau embouteillée à l'eau du robinet ou les impacts liés au prolongement de la durée de vie des équipements électroménagers. Même si les équipements électroménagers sont plus performants en termes de consommation énergétique ou durent plus longtemps grâce à la décarbonation collective, cela n'indique pas nécessairement que les consommateurs ne remplaceront pas quand même le produit (par ex. pour des nouveaux modèles, dotés des dernières tendances technologiques). Similairement, même avec une eau du robinet adoucie grâce à la décarbonation, certaines personnes continueront quand même à consommer de l'eau en bouteille (par ex. en raison de facteurs culturels ou éducatifs divers). Enfin, d'autres facteurs importants tels que la fluctuation des prix de l'électricité et de l'eau et leur impact sur les pratiques des consommateurs sont à considérer.
- **Les résultats pour la catégorie des professionnels** : Les résultats concernant les impacts des scénarios de dureté cibles sur des professionnels sont basés sur quatre acteurs individuels qui sont représentés dans cette catégorie d'utilisateur. A ce titre, nos calculs ne prennent pas en compte tous les impacts potentiels sur les auteurs qui entrent dans cette catégorie. Cette catégorie d'utilisateurs est caractérisée par une très grande hétérogénéité des acteurs et activités industriels (par ex. des chantiers de construction et des espaces verts aux grandes activités industrielles et donc postes de consommations). Ainsi, seuls les impacts associés aux secteurs industriels consommant un volume important d'eau dans cette catégorie ont été pris en compte dans les calculs. Enfin, il convient également de noter que la catégorie professionnelle représente une part relativement faible (16%) de la consommation totale d'eau en 2017 par rapport aux autres catégories d'utilisateurs : les particuliers (22%) et les gestionnaires d'immeuble (54%), qui eux sont caractérisés par un usage plutôt domestique de l'eau.

## 7.2 Les pistes à approfondir

Les résultats de l'évaluation des impacts attendus du projet de décarbonation du SEDIF démontrent qu'il existe de nombreux avantages potentiels pour ses usagers – des économies liées au fait de ne plus avoir à acheter des adoucisseurs à la réduction de leurs factures d'électricité. Certaines recommandations sont suggérées ici afin d'assurer que le projet de décarbonation atteigne son plein potentiel et maximise les avantages pour ses consommateurs :

- **Une campagne de communication** : La sensibilisation des usagers est clé afin de s'assurer que le projet de décarbonation soit bien reçu, qu'il reçoive le soutien nécessaire des personnes impliquées et que les usagers reçoivent les informations utiles (les conseils sur la non-utilisation ou les réglages d'utilisation des

adoucisseurs pour ne pas avoir une eau trop douce et donc corrosive) au fonctionnement du système. Pour cela, des actions de valorisation peuvent permettre une meilleure diffusion des résultats de l'étude : publication et diffusion d'un document de communication destiné soit à tout public ou alors ciblé par catégorie d'utilisateurs. Par exemple, pour la catégorie d'utilisateurs professionnelle, il peut s'avérer plus efficace de planifier des campagnes de communication ciblées en fonction des différents types d'acteurs représentés.

- **Une analyse plus exhaustive des professionnels :** Comme mentionné précédemment, les impacts du projet de décarbonatation ne sont évalués que pour un petit échantillon représentatif (grands secteurs industriels - pharmaceutiques et fabrication de boissons) des différents types d'acteurs de cette catégorie. Même si ces secteurs industriels représentent un volume important de la consommation d'eau de cette catégorie, une analyse supplémentaire et plus exhaustive sur les autres acteurs (chantiers, espaces verts, commerces) ou activités industrielles (traitement et élimination des déchets non dangereux, construction et assemblage de véhicules automobiles, production et distribution de vapeur et d'air conditionné...) pourraient être utiles afin d'obtenir un bilan plus complet de cette catégorie d'utilisateurs.
- **Impacts indirects du projet de décarbonatation :** Enfin, bien que l'analyse des impacts indirects du projet de décarbonatation n'entre pas dans le cadre de la présente étude, elle pourrait fournir des informations supplémentaires pour compléter et nuancer les résultats de la présente étude. Par exemple, les impacts (indirects) potentiels que le projet de décarbonatation collective pourrait avoir sur d'autres secteurs économiques tels que l'industrie de l'eau embouteillée, les fabricants d'adoucisseurs et de produits d'entretien. Ou alors la création d'emplois potentiels liée à la mise en œuvre et à l'exploitation de nouvelles installations de décarbonatation, l'augmentation des activités de recherche et de l'innovation liées aux techniques de décarbonatation rentables et respectueuses de l'environnement et le potentiel des nouveaux marchés liés à la valorisation des coproduits liés aux procédés de décarbonatation.

# ANNEXE

## 8. Annexe

---

Les annexes contiennent les informations suivantes :

- Annexe 1 – Description des indicateurs d’impact
- Annexe 2 – Valeurs de référence
- Annexe 3 – Données d’impact et hypothèses employés dans le modèle
- Annexe 4 – Détails du bilan économique et environnemental par usine (usages domestiques)

## Annexe 1 : Description des catégories et indicateurs d'impact

Les définitions des catégories des impacts tels qu'ils sont employés dans l'étude sont :

- **Impacts environnementaux** : les impacts environnementaux relatifs à une eau trop dure concernent surtout la consommation de produits d'entretien, la performance des appareils électroménagers domestiques et la production des déchets.
- **Impacts socio-économiques** : les impacts socio-économiques relatifs à une eau trop dure couvrent les aspects tels que la satisfaction des consommateurs et les économies liées à la diminution de l'achat des produits comme les produits d'entretien et l'eau en bouteille.
- **Impacts sanitaires** : les impacts sanitaires d'une eau trop dure concerne notamment les impacts de la minéralisation, la dissolution des métaux lourds via la corrosion des canalisations ou alors le dépôt de tartre et développement de microorganismes sur la santé humaine.

Les indicateurs employés dans l'évaluation d'impacts et leurs descriptions sont détaillés dans les tableaux suivants.

IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX	
Indicateurs	Description / pertinence
Consommation des produits d'entretien	<p>L'eau dure réduit le pouvoir moussant et nettoyant des savons et des détergents en les faisant précipiter. L'efficacité des produits d'entretien diminue au fur et à mesure que croît la dureté de l'eau, favorisant la consommation de ces produits. De fait, en décarbonatant l'eau, les usagers consommeraient moins de produits d'entretien.</p> <p>Cet indicateur mesure l'impact potentiel de la dureté de l'eau sur la consommation des produits d'entretien. Les produits d'entretien couverts par cet indicateur et leur poste de consommation respective sont :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La lessive (Linge) ;</li> <li>• Le produit vaisselle (Vaisselle) ; et</li> <li>• Le savon corporel (Hygiène personnelle).</li> </ul>
Consommation d'énergie des équipements électroménagers et des chauffe-eaux	<p>Le calcaire est un isolant thermique qui a un effet de barrière thermique entraînant une perte d'énergie. Une eau dure nécessite plus d'énergie pour la faire chauffer qu'une eau douce. Cet indicateur cherche donc à mesurer l'impact de la dureté de l'eau sur la consommation d'énergie des équipements.</p> <p>Les équipements électroménagers couverts par cet indicateur et leur poste de consommation respective sont :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Chauffe-eau à combustible ;</li> <li>• Machine à café ;</li> <li>• Bouilloire ;</li> <li>• Machine à laver ; et</li> <li>• Lave-vaisselle.</li> </ul>
Emissions de CO <sub>2</sub>	<p>En fonction de la dureté de l'eau, les dépôts de calcaire peuvent se former dans les chauffe-eaux et les équipements électroménagers utilisant de l'eau. Le calcaire est un isolant thermique qui a un effet de barrière thermique entraînant une perte d'énergie. Les équipements consommeront donc plus d'énergie pour fonctionner normalement et cela entraînera une augmentation des émissions de CO<sub>2</sub>. Une eau dure nécessite donc plus d'énergie pour la faire chauffer qu'une eau douce.</p> <p>Cet indicateur mesure l'impact de la dureté de l'eau et les émissions de CO<sub>2</sub> associés des équipements suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Chauffe-eau ;</li> <li>• Machine à café ;</li> <li>• Bouilloire ;</li> </ul>

IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX	
Indicateurs	Description / pertinence
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Machine à laver ; et</li> <li>Lave-vaisselle.</li> </ul> <p>De plus, les émissions de CO<sub>2</sub> proviennent de la consommation élevée de détergents et savon et de bouteilles d'eau.</p>
Durée de vie des équipements électroménagers	<p>Une eau dure peut former du calcaire et encrasser les équipements et les canalisations notamment si l'eau est chauffée car le calcaire précipite plus rapidement. Les équipements tels que les machines à laver, les bouilloires, les lave-vaisselles ou les chauffe-eau se dégradent ainsi plus rapidement en fonction de la dureté de l'eau. Cet indicateur couvre les impacts de la dureté de l'eau sur la durée de vie des équipements électroménagers suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Chauffe-eau (à combustible et électrique) ;</li> <li>Machine à café ;</li> <li>Bouilloire ;</li> <li>Machine à laver ; et</li> <li>Lave-vaisselle.</li> </ul>
Production des déchets	<p>Une proportion non négligeable d'usagers ne boit pas l'eau du robinet à cause de sa teneur en calcaire. La décarbonation pourrait potentiellement augmenter le nombre de personnes buvant l'eau du robinet et ainsi réduire le volume des déchets de bouteilles d'eau en plastique. La consommation d'eau embouteillée produit en moyenne 10kg/an/pers de déchets.</p>
Efficacité de traitement des eaux usées	<p>Il n'y a pas de données sur l'impact direct de la diminution de la dureté sur le traitement des eaux usées (présence de chlorure et de sodium dans les eaux usées). Selon la littérature, il y a une réduction de 27% à 47% de la concentration de chlorures dans les eaux usées.</p>
Réduction de l'adoucissement de l'eau brute	<p>Cet indicateur ne concerne que la catégorie d'usagers professionnelle. Les postes de consommation concernées par cet indicateur sont les usages techniques, la fabrication des produits et la production de vapeur qui nécessitent l'adoucissement de l'eau.</p>
Réduction de la décarbonation de l'eau brute	<p>Cet indicateur concerne que le secteur agroalimentaire qui a été évalué dans la catégorie d'usagers professionnelle et mesure la quantité du sodium et de la chaux utilisé dans les procédés d'adoucissement.</p>
Réduction du rejet de saumures dans l'environnement	<p>Cet indicateur mesure la réduction de chlorure et de sodium rejetée dans l'environnement du aux procédés industriels pour l'adoucissement et le traitement des eaux usées.</p>
Réduction des émissions de CO <sub>2</sub> liées à l'adoucissement	<p>Ca s'agit des réductions des émissions de CO<sub>2</sub> liées à l'utilisation des sels et / ou de la chaux pour l'adoucissement dans les secteurs industriels évalués.</p>
Réduction de la consommation d'eau	<p>Il n'y a pas de données sur l'impact direct de la diminution de la dureté sur le traitement des eaux usées.</p> <p>L'étape de régénération de la résine du procédé d'adoucissement cause une augmentation de la consommation d'eau. En effet durant cette phase, les adoucisseurs peuvent consommer et rejeter jusqu'à 200 litres d'eau par régénération. La fréquence de régénération peut varier de 4 à 7 fois par mois ; selon l'installation, ce qui provoque un impact conséquent sur la consommation d'eau et la facture.</p>

**IMPACTS SOCIO-ECONOMIQUES**

<b>Indicateurs</b>	<b>Description / pertinence</b>
Economies liées à la durée de vie des équipements et leur entretien	Le calcaire encrasse les équipements ménagers qui doivent alors être remplacés plus régulièrement. En décarbonatant l'eau, les équipements auront une durée de vie plus importante et les usagers feront des économies.
Economies liées à la consommation énergétique des équipements	Les dépôts de calcaire forment des barrières thermiques dans les équipements ménagers. Ceux-ci ont alors besoin de plus d'énergie pour fonctionner normalement. La décarbonation permettrait de réduire la consommation énergétique de ces appareils et permettrait ainsi aux usagers de faire des économies.
Economies liées à la consommation d'eau en bouteille	Une proportion non négligeable d'usagers ne boit pas l'eau du robinet à cause de sa teneur en calcaire. La mise en place de la décarbonation permettrait à ces usagers de changer leurs habitudes pour boire de l'eau du robinet. Ils réaliseraient alors des économies en arrêtant leur consommation de bouteille d'eau en plastique.
Satisfaction des usagers	Suivant la décarbonation, la satisfaction globale des usagers quant à la qualité, le goût, l'odeur et la quantité de calcaire dans l'eau peut varier.
Economies liées aux coûts d'adoucissement et le traitement des chlorures dans les eaux usées	Cet indicateur ne concerne que la catégorie d'usagers professionnelle. Cet indicateur mesure les économies réalisées par les industriels liés à l'adoucissement et le coût (l'achat du sel et / ou de la chaux) pour les traitements des eaux.

**IMPACTS SANITAIRES**

<b>Indicateurs</b>	<b>Description / pertinence</b>
Besoins en minéraux	Cet indicateur évalue l'impact de la décarbonation sur les apports en minéraux. La décarbonation pourrait modifier la concentration en minéraux de l'eau. L'homme a des besoins journaliers en calcium, sodium et magnésium qu'il faut respecter. La concentration en minéraux de l'eau doit être surveillée. L'eau participe très peu à l'apport en calcium et magnésium (majoritairement apportés via l'alimentation notamment les produits laitiers). Une différence de dureté de 5°f entrainerait une réduction de 3% du potentiel d'apport en minéraux/jour, réduction à priori non significative car les apports moyens en calcium sont de 930 mg/j chez les adultes de 18-79 ans et 838 mg/j chez les enfants de 3-17 ans).
Dissolution des métaux lourds	La mise en place de la décarbonation collective pourrait contribuer à réduire le risque de dissolution du plomb et du cuivre. La solubilité du plomb décroît avec la teneur en ions hydrogénocarbonate. Plus la dureté/TAC est basse, plus le pH d'équilibre de dissolution du plomb est élevé. La règle dite des 3 x 8 (pH ≥ 8, un TAC (Alcalinité totale de l'eau) ≥ 8°f et un THCa (titre hydrométrique calcique) ≥ 8°f) est le moyen mnémotechnique utilisé lors de la neutralisation et/ou la reminéralisation des eaux douces uniquement. Cependant, une eau douce ou très douce est généralement agressive et également corrosive. Les eaux douces dissolvent le fer, le plomb, le zinc et le cuivre des tuyaux. Les eaux ainsi contaminées présentent alors des risques pour la santé.
Perturbation du fonctionnement de l'organisme via l'apport en sodium	L'apport significatif en sodium dans l'eau potable est principalement dû à la décarbonation à la soude et aux adoucisseurs individuels à base de résines échangeuses d'ions. Cet apport est négligeable pour la plupart des individus (équivalent à la quantité de sel présent dans une baguette de pain), mais pourrait représenter un risque pour les personnes sensibles notamment celles ayant un régime strict en sel, souffrant d'hypertension, les personnes cardiaques ou les femmes enceintes.

IMPACTS SANITAIRES	
Indicateurs	Description / pertinence
Formation de tartre et développement de microorganismes	<p>Une eau dure entraîne la formation de plaque de tartre qui va servir de milieu de culture à des organismes pathogènes et qui peuvent contaminer l'eau.</p> <p>Lorsque la dureté de l'eau augmente de 10°f à 30°f, le potentiel de précipitation de calcaire de l'eau (CCPP) passe de 34,27 à 85,02.</p> <p>Ainsi, plus l'eau est dure, plus le potentiel de dépôt de calcaire augmente et plus le risque de développement des pathogènes dans les canalisations est élevé.</p>
Problèmes cutanés	<p>La dureté de l'eau agit sur le potentiel de précipitation du savon. Les dépôts de savon restant sur la peau peuvent induire des problèmes cutanés (eczéma, peau atopique, peau sèche, etc.). Pour une différence de dureté de 6.5°f, la prévalence de l'eczéma est réduite de 1.5%. Les études montrent une corrélation significative entre le degré de dureté de l'eau et l'atopie. Ainsi une exposition prolongée à une eau dure entraînerait une augmentation du risque d'eczéma. En revanche, le mécanisme d'action n'a pas encore été déterminé.</p>
Développement de pathogènes dans les adoucisseurs individuels	<p>Le mauvais entretien ou la mauvaise utilisation des adoucisseurs individuels entraînent le développement de microorganismes pathogènes dans les filtres qui peuvent contaminer l'eau. Ce risque augmente après des périodes de stagnation et en fin de cycle de vie de l'appareil. Les résines cationiques ou les résines échangeuses d'anions des adoucisseurs individuels doivent être régénérées et désinfectées régulièrement. Le développement bactérien est important et il concerne tant les germes à 22°C qu'à 37°C dont les rapports d'accroissements peuvent parfois être de 1 à 500. Les oocystes de <i>Cryptosporidium</i> ont une taille comprise entre 4 et 6µm, ainsi tout système de filtration avec un seuil de coupure inférieur ou égale à 1µm est susceptible de retenir les oocystes et d'induire une contamination. Cependant, même si une contamination bactériologique a été mise en évidence, elle n'est souvent pas suffisamment importante pour induire une pathologie chez l'utilisateur.</p>

## Annexe 2 : Valeurs de référence

Les valeurs de référence utilisés pour le scénario de référence, le calcul des impacts et la comparaison des impacts des scénarios de dureté cibles sont récapitulés dessous pour chaque catégorie d'utilisateur. Le Tableau 66 résume les valeurs de référence pour les particuliers, collectivités et gestionnaires d'immeuble et le

Tableau 67 pour les professionnels.

Tableau 66 : Valeurs de référence – usages domestiques (particulier, collectivité, gestionnaire d'immeuble)

INDICATEUR : ECONOMIES D'ENERGIE			
Paramètres de calcul		Valeur / unité	Source
Nombre de personnes par foyer en moyen en Ile-de-France		2,3 personnes	INSEE, 2016 <sup>81</sup>
Emissions de CO <sub>2</sub>		1 kWh = 64,7 gCO <sub>2</sub> e	ADEME <sup>82</sup>
Consommation énergétique moyenne en Ile-de-France	Lave-linge	92 kWh/foyer/an	GIFAM, 2018 <sup>83</sup> , ADEME, 2017 <sup>84</sup>
	Lave-vaisselle	115 kWh/foyer/an	GIFAM, 2018 <sup>85</sup> , ADEME, 2017 <sup>84</sup>
	Machine à café	120 kWh/foyer/an	Commission européenne, 2011 <sup>86</sup>
	Bouilloire	170 kWh/foyer/an	Commission européenne, 2015 <sup>87</sup>
	Chauffe-eau	1500 kWh/foyer/an	ADEME, 2017
Fréquence d'utilisation des équipements électroménagers (par foyer)	Lave-linge	3 fois par semaine	ADEME, 2017
	Lave-vaisselle	4 fois par semaine	ADEME, 2017
Couverture des usagers des équipements domestiques <sup>88</sup>	Lave-linge	100 % de foyers	GIFAM (fiche produit lave-linge)
	Lave-vaisselle	63 % de foyers	GIFAM (fiche produit lave-vaisselle)
	Machine à café	100 % de foyers	GIFAM (fiche produit cafetière) <sup>89</sup>
	Bouilloire	61 % de foyers	GIFAM (fiche produit bouilloire) <sup>90</sup>

<sup>81</sup> INSEE, 2016, « Dossier Ile-de-France, La taille moyenne des ménages en Ile-de-France. » Disponible à l'adresse : [www.insee.fr/fr/statistiques/2490052](http://www.insee.fr/fr/statistiques/2490052)

<sup>82</sup> ADEME, Centre de ressources sur les bilans de gaz à effet de serre / Site Bilan GES, Données issues du Base Carbone pour « Electricité - 2016 - mix moyen - consommation. » Disponible à l'adresse : <http://bilans-ges.ademe.fr/fr/basecarbone/donnees-consulter/liste-element/categorie/64>

<sup>83</sup> GIFAM, 2018. *Fiche technique sur le lave-linge.*

<sup>84</sup> ADEME, 2017. *Guide pratique pour réduire sa facture d'électricité.*

<sup>85</sup> GIFAM, 2018. *Fiche technique sur le lave-vaisselle.*

<sup>86</sup> Commission européenne, 2011. « Etude d'écoconception des machines à café domestiques ».

<sup>87</sup> Commission européenne, 2015. « Etude préparatoire pour établir le plan de travail sur l'écoconception ».

<sup>88</sup> Couverture des usagers sur le territoire SEDIF.

<sup>89</sup> GIFAM, 2018. *Fiche technique sur la machine à café.*

<sup>90</sup> GIFAM, 2018. *Fiche technique sur la bouilloire.*

	Chauffe-eau à combustible	47,4 % de foyers	ADEME, 2016 <sup>91</sup>
	Lave-linge	11 ans	ADEME, 2017
	Lave-vaisselle	11 ans	ADEME, 2017
Durée de vie moyenne (an)	Machine à café	7 ans	Commission européenne, 2011
	Bouilloire	5 ans	Commission européenne, 2015
	Chauffe-eau	15 ans	PEP, 2014 <sup>92</sup>

### INDICATEUR : REDUCTION DE LA QUANTITE DE DECHETS

Paramètres de calcul	Valeur	Source
La consommation d'eau en bouteille	10 kg/an/personne de déchets	Novethic (2018) <sup>93</sup>

### INDICATEUR : ECONOMIES (€/an)

Paramètres de calcul	Valeur	Source	
Prix d'1kWh d'électricité	0,15 €TTC/kWh	Tarif réglementé EDF pour un foyer moyen	
Prix d'achat moyen	Lave-linge	449 € (unité)	Les Echos <sup>94</sup>
	Lave-vaisselle	450 € (unité)	GIFAM <sup>95</sup>
	Machine à café	68 € (unité)	Prix moyen selon les sites distributeurs <sup>96</sup>
	Bouilloire	78 € (unité)	Prix moyen selon les sites distributeurs <sup>97</sup>
	Chauffe-eau	375 € (unité)	Prix moyen selon les sites distributeurs <sup>98</sup>
	Eau en bouteille	0,62 €/1,5L	Selon un site de référence sur les prix des produits <sup>99</sup>
	Le savon corporel	10,95 €/kg	Prix moyen selon les sites de distributeurs <sup>100</sup>
	La lessive	3,55 €/kg	Prix moyens selon les sites de distributeurs <sup>101</sup>

<sup>91</sup> ADEME, 2016. L'eau chaude sanitaire. Disponible à ce lien : <https://www.ademe.fr/expertises/batiment/passer-a-l'action/elements-dequipement/leau-chaude-sanitaire>

<sup>92</sup> Programme PEP Ecopassport, 2014. Règles spécifiques aux appareils individuels et autonomes de production exclusive d'eau chaude

<sup>93</sup> Novethic, 27 mars 2018, « Eau du Robinet et Eau en Bouteille sur le ring de l'Ecologie ». Disponible à l'adresse : [www.novethic.fr/actualite/infographies/isr-rse/infographie-eau-du-robinet-et-eau-en-bouteille-sur-le-ring-de-l-ecologie-145618.html](http://www.novethic.fr/actualite/infographies/isr-rse/infographie-eau-du-robinet-et-eau-en-bouteille-sur-le-ring-de-l-ecologie-145618.html)

<sup>94</sup> Les Echos, Dominique Chapius, 08/02/2018, « Le marché de l'électroménager retrouve du souffle » Disponible à l'adresse : [www.lesechos.fr/08/02/2018/lesechos.fr/0301237662146\\_le-marche-de-l-electromenager-retrouve-du-souffle.htm](http://www.lesechos.fr/08/02/2018/lesechos.fr/0301237662146_le-marche-de-l-electromenager-retrouve-du-souffle.htm)

<sup>95</sup> Que Choisir, Lave-vaisselle : Choisir le bon lave-vaisselle. Disponible à : [www.quechoisir.org/guide-d-achat-lave-vaisselle-n4675/#quel-budget](http://www.quechoisir.org/guide-d-achat-lave-vaisselle-n4675/#quel-budget)

<sup>96</sup> Les prix moyens des 10 meilleurs produits notés ou "best-sellers" du site distributeur Darty (69€) et le site i-Comparateur (66€), un comparateur de prix (moteur de comparaison de prix)

<sup>97</sup> Les prix moyens des 10 meilleurs produits notés ou "best-sellers" du site distributeur Darty (74€) et le site i-Comparateur (83€), un comparateur de prix (moteur de comparaison de prix)

<sup>98</sup> Les prix moyens des 10 meilleurs produits notés ou "best-sellers" selon un grand distributeur du secteur.

<sup>99</sup> Combien coûte, site internet, 2018. « Alimentation : prix d'une grande bouteille d'eau (1,5L) en France en 2018 ». Disponible à l'adresse : <https://www.combien-coute.net/bouteille-eau/france/#3R4WwpkIy6QZEheK.99>

<sup>100</sup> Site du distributeur Monoprix, disponible à l'adresse : <https://www.monoprix.fr/savon-solide-0000489>

<sup>101</sup> Site du distributeur Miocène, disponible à l'adresse : <http://www.miocene.fr/lessive-en-poudre-quel-cout-usage/>

INDICATEUR : ECONOMIES (€/an)		
Paramètres de calcul	Valeur	Source
La poudre lave-vaisselle	5 €/kg	Prix moyens selon les sites de distributeurs <sup>102</sup>
Adoucisseurs	300 à 400 €/an/foyer	Hofman, 2006 <sup>103</sup>
Durée de vie moyenne (an)	Voir valeurs pour la durée de vie moyenne présentées dans les paramètres de calcul pour l'es économies d'énergie.	
Les couts liés à la mise en œuvre de la décarbonation collective	Couts estimés d'investissement, exploitation et maintenance pour trois usines : Choisy-le-Roi, Neuilly-sur-Marne et Méry-sur-Oise Rapport Egis Eau, 2016 (pour le SEDIF)	

Tableau 67 : Valeurs de référence – usages industriels (professionnels)

INDICATEUR : REDUCTION DES EMISSIONS DE GES (kgCO <sub>2</sub> e/an)		
Paramètres de calcul	Valeur	Source
Emissions de GES du sel (dans les procédés de traitement et de l'utilisation des réactifs)	0,18 kgCO <sub>2</sub> e/an	Eaux de Marseille, 2012 <sup>104</sup>
Emissions de GES de la chaux éteinte (hydratée) (dans les procédés de traitement et de l'utilisation des réactifs)	0,846 kgCO <sub>2</sub> e/an	Eaux de Marseille, 2012

INDICATEUR : REDUCTION DE LA CONSOMMATION DE RESSOURCES		
Paramètres de calcul	Valeur	Source
Quantité de sel utilisée pour l'adoucissement	Economies de sel liées au TH moyen de l'eau pour les procédés de l'adoucissement	Consultation des experts et données fournies par les entreprises
Quantité de chaux pour la décarbonation	Economies de chaux liées au TH moyen de l'eau pour les procédés de l'adoucissement	Consultation des experts et données fournies par les entreprises

INDICATEUR : REDUCTION DE LA QUANTITE DE DECHETS			
Paramètres de calcul		Valeur	Source <sup>105</sup>
Réduction du rejet de saumures dans l'environnement	Quantité de chlorures rejetés dans l'environnement	0,6 kg pour 1kg de sel	Site d'un fabricant des produits anticalcaire
	Quantité de sodium rejeté dans l'environnement	0,4 kg pour 1kg de sel	Site d'un fabricant des produits anticalcaire

<sup>102</sup> Site du distributeur, disponible à l'adresse : <https://lave-vaisselle.ooreka.fr/comprendre/produit-vaisselle>

<sup>103</sup> Hofman, J. et al., 2006. Twenty years of experience with central softening in The Netherlands.

<sup>104</sup> Eaux de Marseille, 2012. *Bilan réglementaire des Emissions de Gaz à Effet de Serre, Société des Eaux de Marseille*, Disponible à l'adresse :

[http://veolia.fr/sites/g/files/dvc141/f/assets/documents/2015/04/Document\\_administratif\\_BEGES\\_SEM\\_1.pdf](http://veolia.fr/sites/g/files/dvc141/f/assets/documents/2015/04/Document_administratif_BEGES_SEM_1.pdf)

<sup>105</sup> Dropson site internet, disponible à l'adresse : <http://www.dropson.fr/adoucisseur-blog/adoucisseurs-eau-face-cachee/>

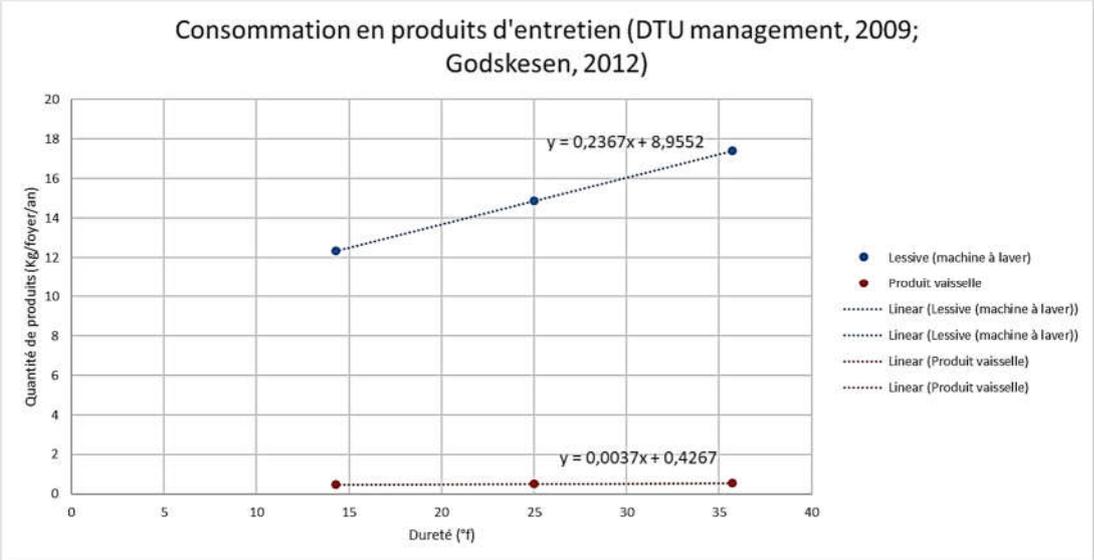
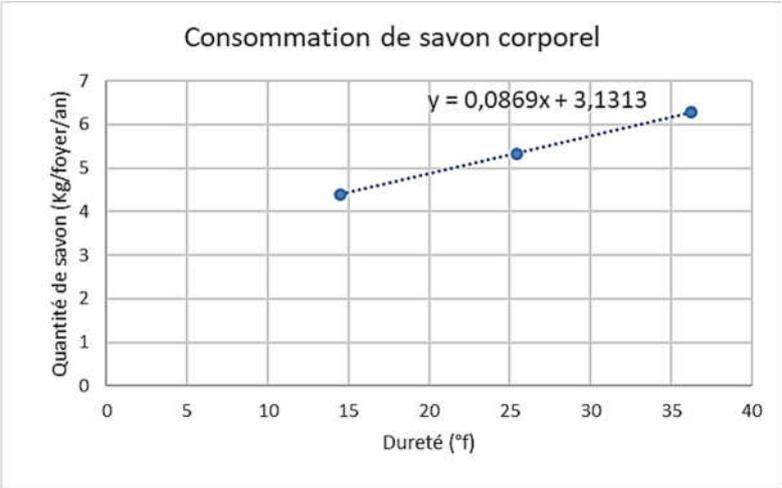
INDICATEUR : ECONOMIES (€/an)		
Paramètres de calcul	Valeur	Source
Prix du sel pour adoucisseur industriel/kg	1,08 €/kg	Site distributeur (Comap group) <sup>106</sup>
Prix de la chaux hydratée utilisée pour l'adoucissement	0,135 €/kg	Site distributeur <sup>107</sup>
Coût de traitement des chlorures dans les eaux usées	9,53 €/kg de chlorures	APEC (Advanced Purification Engineering Corp) <sup>108</sup>
Les couts liés à la mise en œuvre de la décarbonation collective	Coûts estimés d'investissement, exploitation et maintenance pour trois usines : Choisy-le-Roi, Neuilly-sur-Marne et Méry-sur-Oise	Rapport Egis Eau, 2016 (pour le SEDIF)

<sup>106</sup>Site de référence ; vendeur des adoucisseurs industriels, disponible à l'adresse : [https://www.google.fr/shopping/product/5010475088955274867?q=sel+pour+adoucisseur+industriel&rlz=1C1GCEA\\_frFR767FR767&biw=1422&bih=684&prds=paur:ClkAsKraXxaTE49v9juFZDIZUYyfryTtEXAVn1pSG69gW2k7is3Od-PI026rls5i9-qnvk9wT2VKfjgn2D5xruXiR7GwR4TDXPS6SNVXDsuZKxJSuCYVP2IzGBIZAFPVH71PaqOZU2BeimkpANU0CojNAUmxrg&sa=X&ved=0ahUKEwisqcS1soPcAhXH1xQKHQdCAKUQ8wIIItAI](https://www.google.fr/shopping/product/5010475088955274867?q=sel+pour+adoucisseur+industriel&rlz=1C1GCEA_frFR767FR767&biw=1422&bih=684&prds=paur:ClkAsKraXxaTE49v9juFZDIZUYyfryTtEXAVn1pSG69gW2k7is3Od-PI026rls5i9-qnvk9wT2VKfjgn2D5xruXiR7GwR4TDXPS6SNVXDsuZKxJSuCYVP2IzGBIZAFPVH71PaqOZU2BeimkpANU0CojNAUmxrg&sa=X&ved=0ahUKEwisqcS1soPcAhXH1xQKHQdCAKUQ8wIIItAI)

<sup>107</sup> Site du vendeur et distributeur de chaux hydratée : <https://french.alibaba.com/product-detail/hydrated-lime-60506608203.html?s=p>

<sup>108</sup>APEC, « Traditional Salt-Based Water Softening and Its Impact on the Environment ». Disponible à : [www.freedrinkingwater.com/water-news/news1/1-08-traditional-salt-based-water-softening-environment-impact.htm](http://www.freedrinkingwater.com/water-news/news1/1-08-traditional-salt-based-water-softening-environment-impact.htm)

## Annexe 3 : Données d'impact et hypothèses employés

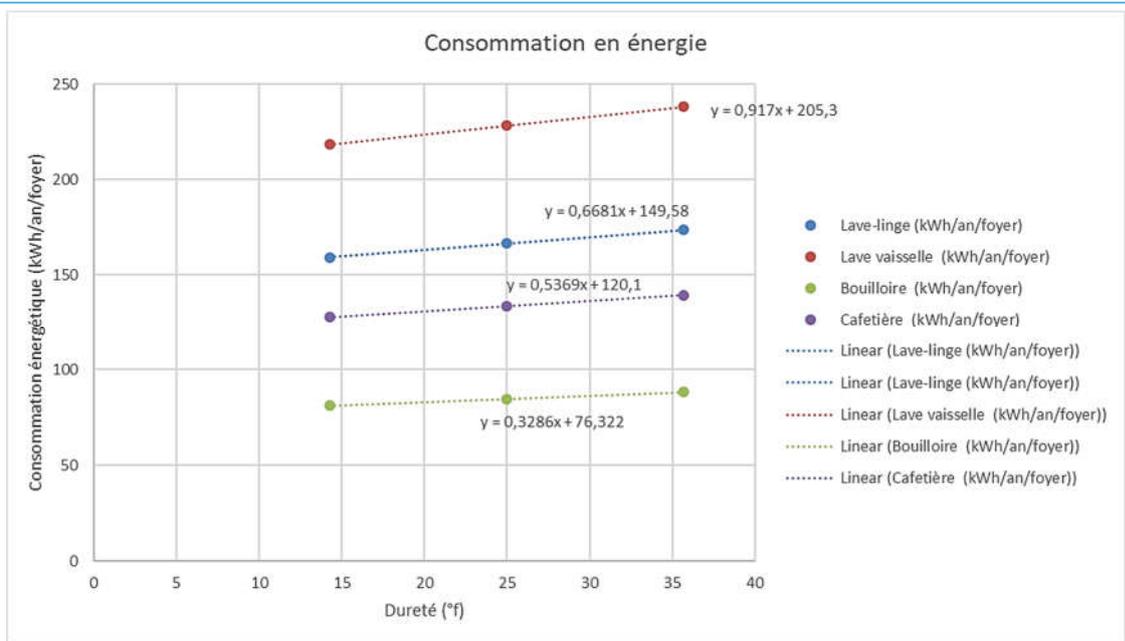
IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX													
Indicateurs	Hypothèses et calculs												
<p>Consommation de produits d'entretien</p>	<p><b>Hypothèse :</b> Grâce à la décarbonation, la consommation de produits d'entretien peut être réduite.</p> <div style="text-align: center;"> <p>Consommation en produits d'entretien (DTU management, 2009; Godskesen, 2012)</p>  <table border="1" style="margin: 10px auto; border-collapse: collapse;"> <caption>Données du graphique</caption> <thead> <tr> <th>Dureté (°f)</th> <th>Lessive (kg/foyer/an)</th> <th>Produit vaisselle (kg/foyer/an)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>14</td> <td>12,5</td> <td>0,5</td> </tr> <tr> <td>25</td> <td>15,0</td> <td>0,5</td> </tr> <tr> <td>36</td> <td>17,5</td> <td>0,5</td> </tr> </tbody> </table> </div> <p>L'étude a été réalisée au Pays-Bas, les hypothèses de calcul étaient donc spécifiques aux pratiques de ce pays. Par exemple ils ont estimé que les usagers utilisent le lave-linge et le lave-vaisselle à une fréquence d'1 fois/semaine, ce qui n'est pas le cas en France. Nous avons donc extrapolé à la France en utilisant les fréquences d'utilisation des équipements électroménagers estimées par l'ADEME : en moyenne 3 fois/semaine pour le linge (donc 3 fois plus de lessive requise) et 4 fois/semaine pour la vaisselle (4 fois plus de produit vaisselle requis). Les résultats sont définis pour un foyer de 2,3 personnes.</p> <p><b>Sources :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>DTU Management, 2009</li> <li>Godskesen, 2012</li> <li>ADEME</li> </ul>	Dureté (°f)	Lessive (kg/foyer/an)	Produit vaisselle (kg/foyer/an)	14	12,5	0,5	25	15,0	0,5	36	17,5	0,5
Dureté (°f)	Lessive (kg/foyer/an)	Produit vaisselle (kg/foyer/an)											
14	12,5	0,5											
25	15,0	0,5											
36	17,5	0,5											
<p>Consommation de savon corporel</p>	<p><b>Hypothèse :</b> La décarbonation permet de diminuer la consommation de savon corporel.</p> <div style="text-align: center;"> <p>Consommation de savon corporel</p>  <table border="1" style="margin: 10px auto; border-collapse: collapse;"> <caption>Données du graphique</caption> <thead> <tr> <th>Dureté (°f)</th> <th>Quantité de savon (kg/foyer/an)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>14</td> <td>4,5</td> </tr> <tr> <td>25</td> <td>5,3</td> </tr> <tr> <td>36</td> <td>6,3</td> </tr> </tbody> </table> </div> <p>Les résultats sont exprimés en kg/foyer/an pour un foyer de 2,3 personnes.</p>	Dureté (°f)	Quantité de savon (kg/foyer/an)	14	4,5	25	5,3	36	6,3				
Dureté (°f)	Quantité de savon (kg/foyer/an)												
14	4,5												
25	5,3												
36	6,3												

**IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX**

Indicateurs	Hypothèses et calculs
-------------	-----------------------

	<p><b>Sources :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• DTU Management, 2009</li> <li>• Godskesen, 2012</li> </ul>
--	---

<p>Consommation d'énergie de l'électro-ménager</p>	<p><b>Hypothèse :</b> La décarbonation permet de réduire la consommation d'énergie des équipements électroménagers.</p>
--	---



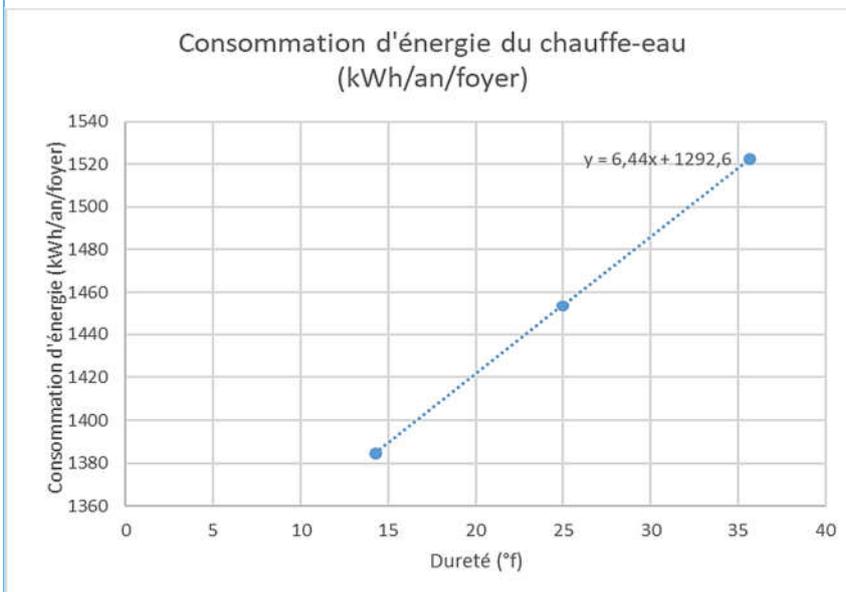
L'étude a été réalisée au Pays-Bas, les hypothèses de calcul étaient donc spécifiques aux pratiques de ce pays. Par exemple ils ont estimé que les usagers utilisent le lave-linge et le lave-vaisselle à une fréquence d'1 fois/semaine, ce qui n'est pas le cas en France. Nous avons donc extrapolé à la France en utilisant les fréquences d'utilisation des équipements électroménagers estimées par l'ADEME : 3 fois/semaine pour le linge et 4 fois/semaine pour la vaisselle. Les résultats sont exprimés en kWh/foyer/an pour un foyer de 2,3 personnes.

Quant à la consommation d'énergie du chauffe-eau, elle a été estimée en se basant sur le rapport Vedif : Vince F., Vidal A., 2010, Influence du traitement de l'eau potable sur l'entartrage des ballons d'eau chaude sanitaire (ECS).

**IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX**

**Indicateurs**

**Hypothèses et calculs**



**Sources :**

- DTU Management, 2009
- Godskesen, 2012
- Vince F., Vidal A., 2010
- ADEME

Emissions de CO<sub>2</sub>

**Hypothèse :** La décarbonation permet de réduire les émissions de CO<sub>2</sub> des équipements ménagers.

Exemple de calcul pour les chauffe-eaux (usine de Méry-sur-Oise) :

1 kWh = 64,7 gCO<sub>2</sub>

Eq CO<sub>2</sub> (gCO<sub>2</sub>/habitant/an) = Conso énergétique \* 64,7

Scénario A : DTH = 17°f

EqCO<sub>2</sub>=45,1\*64,7 = 2918 gCO<sub>2</sub>/an/foyer

Baisse de 3,2%

Scénario B : DTH = 12°f

EqCO<sub>2</sub>=13\*64,7 = 833 gCO<sub>2</sub>/an/foyer

Pourcentage de variation: baisse de 1,0%

**Sources :**

- DTU Management, 2009
- WQRF, 2011

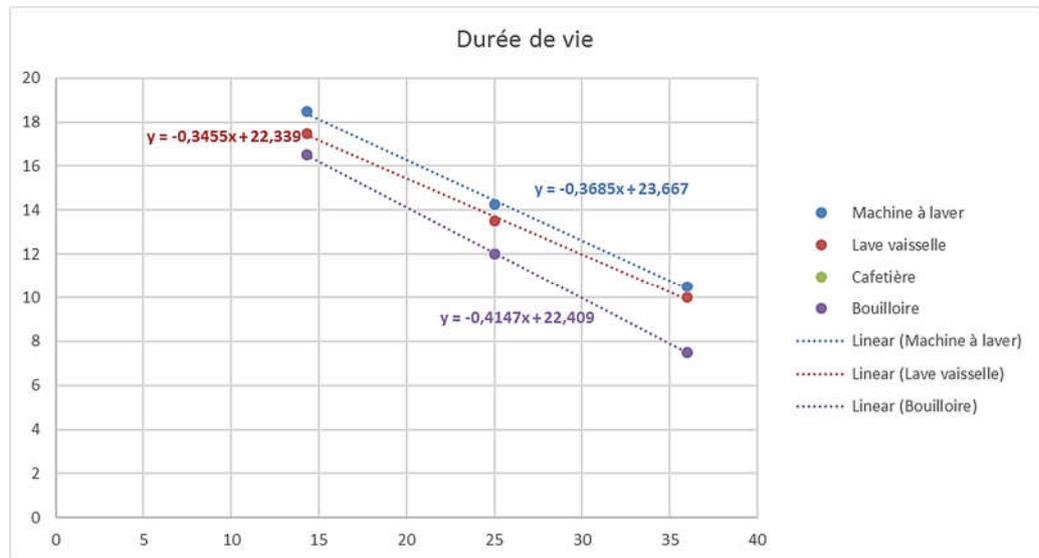
**Hypothèse :** La décarbonation allonge la durée de vie des équipements électroménagers.

**IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX**

**Indicateurs**

**Hypothèses et calculs**

Durée de vie de l'électro-ménager

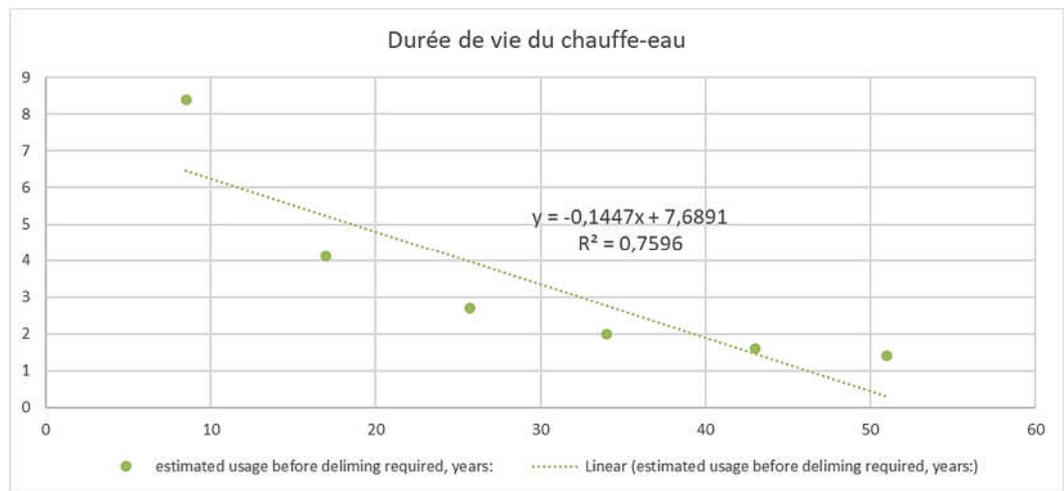


**Sources :**

- DTU Management, 2009
- WQRF, 2011
- ADEME

Durée de vie du chauffe-eau

**Hypothèse :** La décarbonation allonge la durée de vie des équipements domestiques.



NB : cette équation :  $y = -0,14x + 7,7$  n'est pas valable pour les valeurs de dureté élevée. Nous avons donc pris, comme ordonnée à l'origine la durée de vie moyenne issue du programme PEP Ecopassport.

La nouvelle équation est donc :  $y = -0,1447x + 15$

**Sources :**

- WQRF, 2011
- Programme PEP Ecopassport : [http://www.pep-ecopassport.org/fileadmin/webmaster-fichiers/PSR-0004-ed2.1-FR-2015\\_05\\_26.pdf](http://www.pep-ecopassport.org/fileadmin/webmaster-fichiers/PSR-0004-ed2.1-FR-2015_05_26.pdf)

Production de déchets

**Hypothèse :** La décarbonation pourrait potentiellement augmenter le nombre de personnes buvant l'eau du robinet et ainsi réduire le volume des déchets de bouteilles d'eau en plastique. La consommation d'eau embouteillée produit en moyenne 10kg/an/pers de déchets.

**Sources :**

## IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX

Indicateurs	Hypothèses et calculs
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Novethic, 2018</li> </ul>
Efficacité de traitement des eaux usées	<p><b>Hypothèse :</b> La décarbonation permet un traitement plus efficace de l'eau.</p> <p>Il n'y a pas de données sur l'impact direct de la diminution de la dureté sur le traitement des eaux usées. Mais, il y a une réduction de 27% à 47% de la concentration de chlorures dans les eaux usées.</p> <p><b>Sources :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Madison Metropolitan Sewage District, 2015</li> <li>Biosolutions, 2004</li> <li>WTD, 2018</li> </ul>

## IMPACTS SOCIO-ECONOMIQUES

Indicateurs	Hypothèses et calculs
Economies sur la durée de vie et l'entretien des équipements	<p><b>Hypothèse :</b> La décarbonation allonge la durée de vie des équipements électroménagers et permet aux usagers de les remplacer moins fréquemment.</p> <p><b>Calcul des économies dues à l'allongement de la durée de vie des appareils électro-ménagers (pour chaque appareil) à partir des impacts environnementaux :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Coût d'origine (€/an) = Coût à l'unité / durée de vie initiale</li> <li>Coût réduit (€/an) = Coût à l'unité / (durée de vie initiale + augmentation de la durée de vie)</li> <li>Economies (€/an) = Coût d'origine - Coût réduit</li> </ul> <p><b>Sources :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>DTU Management, 2009</li> <li>WQRF, 2011</li> </ul>
Economies liées à la consommation énergétique des équipements	<p><b>Hypothèse :</b> La décarbonation diminue la consommation en énergie des équipements et permet aux usagers de réaliser des économies. Les économies ont été évaluées à partir des impacts environnementaux</p> <p><b>Sources :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>DTU Management, 2009</li> </ul>
Production de déchets	<p><b>Hypothèse :</b> La décarbonation réduit la quantité de calcaire dans l'eau et permet à des usagers qui ne buvaient pas d'eau du robinet à cause du calcaire de consommer cette eau et de réduire la consommation en bouteille plastique.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Nombre total d'usagers (uniquement gestionnaires d'immeubles et particuliers) = 4,5 million (pour les 4 usines) *(54%+22%) = 3 420 000 usagers</li> <li>Nombre d'usagers ne consommant pas d'eau à cause du calcaire = 3 420 000*0,17 = 581 400 usagers</li> <li>581 400*10 kg = 5 814 tonnes/an de déchets (pour l'ensemble des usines, différent du résultat dans le corps du rapport à cause des arrondis)</li> </ul> <p><b>Sources :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Novethic, 2018</li> </ul>
Economies sur les achats de produits	<p><b>Hypothèse :</b> La décarbonation permet aux usagers de réaliser des économies sur les achats de produits d'entretien.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Prix de la lessive (€/kg) = 3,55</li> </ul>

IMPACTS SOCIO-ECONOMIQUES	
Indicateurs	Hypothèses et calculs
d'entretien (hygiène personnel et produits de nettoyage)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Prix de la poudre lave-vaisselle (€/kg) = 5</li> <li>Prix du savon corporel (€/kg) = 10,95</li> <li>Ne Nombre de personne/foyer (Ile de France) = 2,3</li> </ul> <p><b>Scénario A :</b> Coût total = <math>(3,55 * 1,3413) + (5 * 0,0153) + (0,6426 * 11) * 2,3 = 21,10 \text{ €}</math></p> <p><b>Scénario B :</b> Coût total = <math>(3,55 * 0,9468) + (5 * 0,0108) + (0,4536 * 11) * 2,3 = 14,89 \text{ €}</math></p> <p><b>Sources :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Hofman, 2006</li> <li>Sites distributeurs : Miocène et Monoprix</li> </ul>
Economies liées à la durée de vie des équipements et leur entretien	<p><b>Hypothèse :</b> La décarbonation permet aux usagers de réaliser des économies sur leur consommation en produits d'entretien.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Prix moyen de :</li> <li>Lave-linge = 449 €</li> <li>Lave-vaisselle = 450 €</li> <li>Machine à café = 68 €</li> <li>Bouilloire = 78 €</li> <li>Chauffe-eau = 375 €</li> </ul> <p><b>Sources :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>DTUmanagement, 2009</li> <li>WQRF, 2011</li> <li>Sites distributeurs</li> <li>GIFAM, Que Choisir</li> </ul>
Economies liées à la consommation énergétique des équipements	<p><b>Hypothèse :</b> La décarbonation permet aux usagers de réaliser des économies sur la consommation énergétique de leurs équipements.</p> <p>Les références de base afin d'évaluer cet indicateur sont</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Prix d'électricité : 1kWh = 0,15 €TTC (tarif réglementé EDF)</li> <li>Le Nombre de personnes/foyer (Ile de France) = 2,3</li> </ul> <p><b>Scénario A:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Energie totale économisée = 50,2 kWh/an/pers</li> <li>Coût = <math>50,2 * 0,15 * 2,3 = 17,30 \text{ € TTC/an/foyer}</math></li> </ul> <p><b>Scénario B :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Energie totale économisée = 31 kWh/an/pers</li> <li>Coût = <math>31 * 0,15 * 2,3 = 10,70 \text{ € TTC/an/foyer}</math></li> </ul> <p><b>Sources :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Insee, 2016</li> <li>EDF</li> </ul>
Satisfaction globale des usagers quant à la teneur en calcaire de l'eau	<p><b>Hypothèse :</b> La décarbonation permet d'augmenter la satisfaction des usagers par rapport à la quantité de teneur en calcaire dans l'eau.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>% d'usagers ne consommant pas l'eau du robinet à cause du calcaire = 17%</li> <li>Particuliers : satisfaction actuelle = 52%; <math>52 + 17 = 69\%</math></li> <li>Collectivités : satisfaction actuelle = 61%; <math>61 + 17 = 78\%</math></li> </ul> <p><b>Sources :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>SEDIF, 2017</li> </ul>

IMPACTS SANITAIRES	
Indicateurs	Hypothèses et calculs
Besoins en minéraux	<p><b>Hypothèse :</b> La décarbonatation modifie la teneur en minéraux de l'eau et à un impact sur les besoins journaliers. Une différence de dureté de 5°f entrainerait une réduction de 3% du potentiel d'apport en minéraux/jour, réduction à priori non significative car les apports moyens en calcium sont de 930 mg/j chez les adultes de 18-79 ans et 838 mg/j chez les enfants de 3-17 ans).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• TH1 = 20°f, apport en calcium et magnésium = 10%</li> <li>• TH2 = 15°f, apport en calcium et magnésium = 7%</li> <li>• DTH = 5°f, apport en calcium et magnésium = 3%</li> </ul> <p><b>Sources :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Senat, 2003</li> <li>• ANSES, 2016</li> <li>• Kosisek, 2003</li> <li>• Galan, 2002</li> </ul>
Dissolution des métaux lourds	<p><b>Hypothèse :</b> La décarbonatation peut jouer un rôle dans la dissolution des métaux lourds.</p> <p>Une différence de dureté de 10°f entrainerait une réduction de 30 à 50% de la dissolution de cuivre dans l'eau potable Une différence de dureté de 10°f entrainerait une réduction de la solubilité du plomb de 50%.</p> <p><b>Cuivre :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• THCa(initial) = 25 °f, THCa(final) = 15 °f</li> <li>• DTH=10 °f, réduction de la solubilité du cuivre de 30% (étude 1, passage de 2,3mg/L Cu à 1,8 mg/L Cu) et 50% (étude 2)</li> </ul> <p><b>Plomb :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• THCa(initial) = 25 °f, THCa(final) = 15°f</li> <li>• DTH=10 °f, réduction de la solubilité du plomb de 50%</li> </ul> <p><b>Sources :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• SUEZ, 2017</li> <li>• Hofman, 2006</li> </ul>
Perturbation du fonctionnement de l'organisme via l'apport en sodium	<p><b>Hypothèse :</b> L'ajout de sodium lors d'une décarbonatation utilisant de la soude peut perturber le fonctionnement de l'organisme. <i>Pas de donnée robuste disponible pour quantifier les impacts.</i></p> <p><b>Sources :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Toxqui et Vaquero, 2016</li> <li>• Skipton, 2016</li> </ul>
Formation de tartre et développement de microorganismes	<p><b>Hypothèse :</b> Les plaques de tartre favorisent le développement des pathogènes. La décarbonatation limite leur formation.</p> <p>Lorsque la dureté de l'eau augmente de 10°f à 30°f, le potentiel de précipitation de calcaire de l'eau (CCPP) passe de 34,27 à 85,02.</p> <p><b>Sources :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hu, 2017</li> <li>• SUEZ, 2017</li> </ul>
Problèmes cutanés	<p><b>Hypothèse :</b> Une eau dure peut causer des problèmes cutanés (Eczéma, etc.).</p> <p>Pour une différence de dureté de 6.5°f, la prévalence de l'eczéma est réduite de 1.5%. Les études montrent une corrélation significative entre le degré de dureté de l'eau et l'atopie. Ainsi une exposition prolongée à une eau dure</p>

IMPACTS SANITAIRES	
Indicateurs	Hypothèses et calculs
	<p>entraînerait une augmentation du risque d'eczéma. En revanche, le mécanisme d'action n'a pas encore été déterminé.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• TH= 10°f, la prévalence de l'eczéma est de 24.4%</li> <li>• TH=3,52°f, la prévalence de l'eczéma est de 22.9%</li> <li>• DTH=6,5, DPE=1.5%</li> </ul> <p><b>Sources :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Miyake, 2004a</li> <li>• Chaumont, 2012</li> </ul>
Développement de pathogènes dans les adoucisseurs individuels	<p><b>Hypothèse :</b> Le mauvais entretien et la mauvaise utilisation des adoucisseurs individuels entraînent le développement de pathogènes. La mise en place de la décarbonation permet aux usagers de ne plus avoir à utiliser d'adoucisseurs individuels.</p> <p>Le développement bactérien est important et il concerne tant les germes à 22°C qu'à 37°C dont les rapports d'accroissements peuvent parfois être de 1 à 500. Les oocystes de <i>Cryptosporidium</i> ont une taille comprise entre 4 et 6µm, ainsi tout système de filtration avec un seuil de coupure inférieur ou égale à 1µm est susceptible de retenir les oocystes et d'induire une contamination.</p> <p>Cependant, même si une contamination bactériologique a été mise en évidence, elle n'est souvent pas suffisamment importante pour induire une pathologie chez l'utilisateur.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• TH(final) = 10°f, CCPP = 34.27</li> <li>• TH(intermédiaire)= 20°f, CCPP = 64.43</li> <li>• TH(initial) = 30°f, CCPP= 85.02</li> <li>• DTH = 10°f; DTH= 30-20</li> </ul> <p><b>Sources :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rabier, 2004</li> <li>• Aquawal, 2005</li> <li>• ENSP, 2004</li> </ul>
Impacts de l'aluminium sur la santé	<p><b>Hypothèse :</b> L'aluminium présent dans l'eau potable peut avoir des effets négatifs sur l'organisme.</p> <p><i>Pas de donnée robuste disponible pour quantifier les impacts.</i></p> <p><b>Sources :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tripathi, 2002</li> <li>• Peng, 2010</li> <li>• Bondy, 2016</li> <li>• Yokel, 2001</li> </ul>

## Annexe 4 : Détails des impacts par usine

L'Annexe 4 présente les données de référence par usine pour les aspects suivants :

- Consommation d'eau par poste en usage domestique
- Bilan des impacts environnementaux et économiques de la décarbonation (particuliers, collectivités, gestionnaires d'immeuble)
- Economies (€) par an selon catégorie d'utilisateur (particuliers, collectivités, gestionnaires d'immeuble)
- Résultats de l'analyse des coûts et bénéfices

### USINE DE MÉRY-SUR-OISE

Figure 18 : Consommation d'eau par poste (m<sup>3</sup>/an)<sup>109</sup>, usine de Méry-sur-Oise

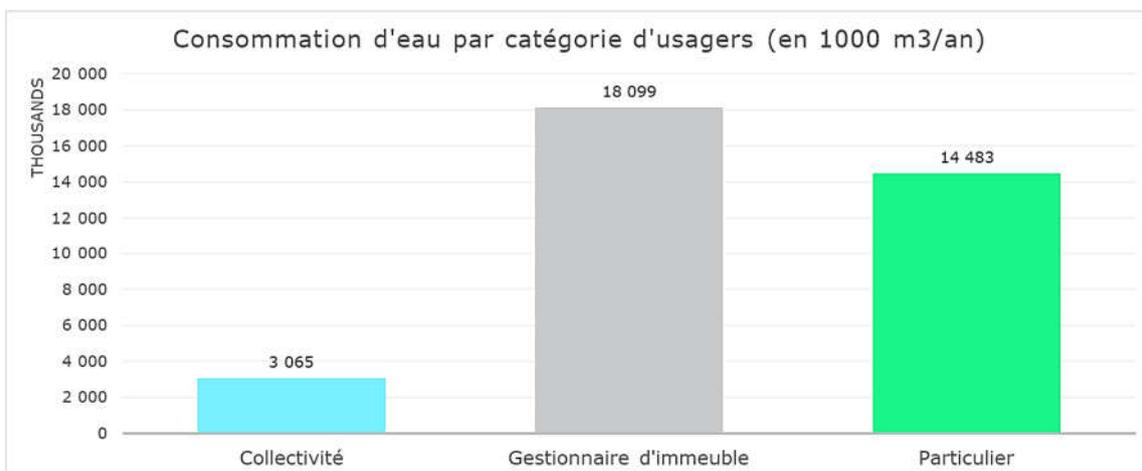
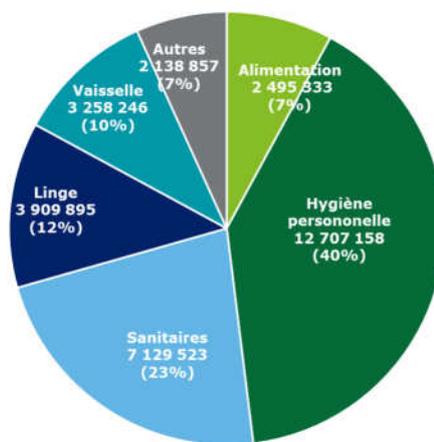


Tableau 68 : Bilan environnemental et économique, usine de Méry-sur-Oise<sup>110</sup>

	Scénario A (TH = 10 °f)	Scénario B (TH = 15 °f)
 Economies d'énergie (kWh/an)	12 749 667 kWh/an	3 642 762 kWh/an
 Réduction des émissions de GES (tCO <sub>2</sub> e/an)	16 228 tCO <sub>2</sub> e/an	11 998 tCO <sub>2</sub> e/an

<sup>109</sup> Pour les catégories d'utilisateurs : particuliers, collectivités et gestionnaires d'immeuble.

<sup>110</sup> Pour les catégories d'utilisateurs : particuliers, collectivités et gestionnaires d'immeuble.

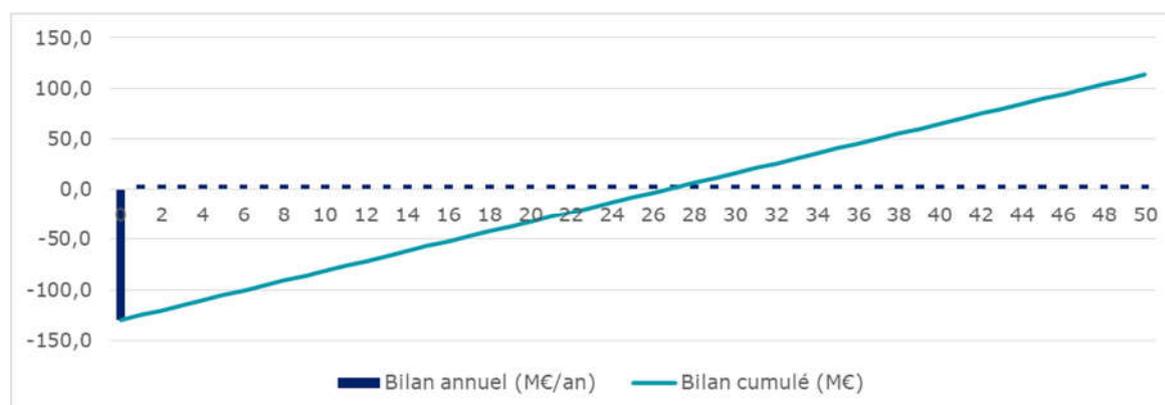
	Scénario A (TH = 10 °f)	Scénario B (TH = 15 °f)
 Economies (€/an)	40 797 045 €/an	33 023 653 €/an

Tableau 69 : Economies (€/an), usine de Méry-sur-Oise

Economies liées à :	Scénario de dureté	Collectivité	Gestionnaire d'immeuble	Particulier	Total (€/an)
Réduction de l'achat de produits d'entretien	Scénario A	N/A	3 843 271 €	3 075 421 €	6 918 692 €
	Scénario B	N/A	1 098 077 €	878 692 €	1 976 769 €
Durée de vie équipements	Scénario A	208 641 €	1 231 993 €	985 852 €	2 426 487 €
	Scénario B	82 636 €	487 953 €	390 464 €	961 053 €
Réduction de la consommation énergétique équipements	Scénario A	126 452 €	992 106 €	793 892 €	1 912 450 €
	Scénario B	36 129 €	283 459 €	226 826 €	546 414 €
Economies liées à la boisson d'eau en bouteille	Scénario A	N/A	12 056 728 €	9 647 906 €	21 704 634 €
	Scénario B				
Economies liées à l'arrêt de l'adoucissement	Scénario A	N/A	4 352 151 €	3 482 632 €	7 834 783 €
	Scénario B				

La Figure 19 montre l'analyse coût/bénéfice pour l'usine de Méry-sur-Oise. La mise en œuvre de la décarbonation serait donc rentable pour le SEDIF en 27 ans. Ce bilan prend en compte les gains engendrés par la hausse du prix de l'eau (28,3 millions d'euros/an) et les coûts d'exploitation (14,2 millions d'euros) et d'investissement (130 millions d'euros).

Figure 19 : Bilan des coûts et bénéfices, usine de Méry-sur-Oise



## USINE DE CHOISY-LE-ROI

Figure 20 : Consommation d'eau par poste (m<sup>3</sup>/an), usine de Choisy-le-Roi<sup>111</sup>

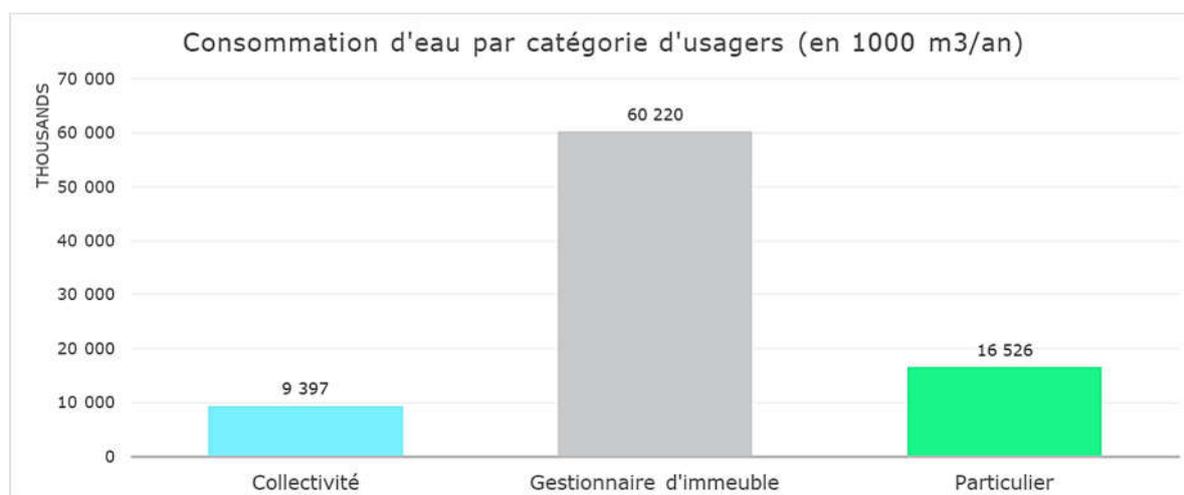
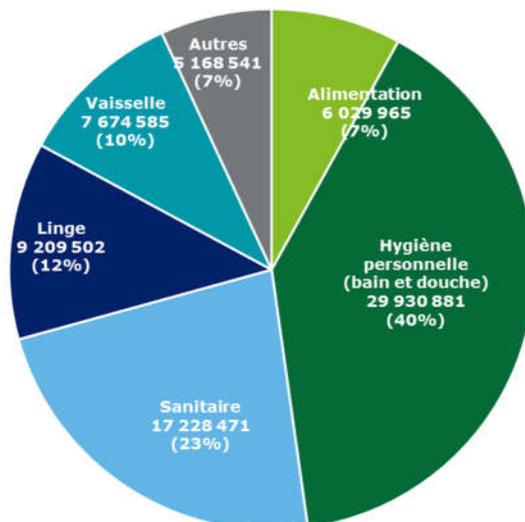


Tableau 70 : Bilan environnemental et économique, usine de Choisy-le-Roi<sup>112</sup>

	Scénario A (TH = 10 °f)	Scénario B (TH = 15 °f)
 Economies d'énergie (kWh/an)	51 787 404 kWh/an	31 869 172 kWh/an
 Réduction des émissions de GES (tCO <sub>2</sub> e/an)	44 209 tCO <sub>2</sub> e/an	35 982 tCO <sub>2</sub> e/an
 Economies (M€/an)	100,0 M€	85,4 M€

<sup>111</sup> Pour les catégories d'usagers : particuliers, collectivités et gestionnaires d'immeuble.

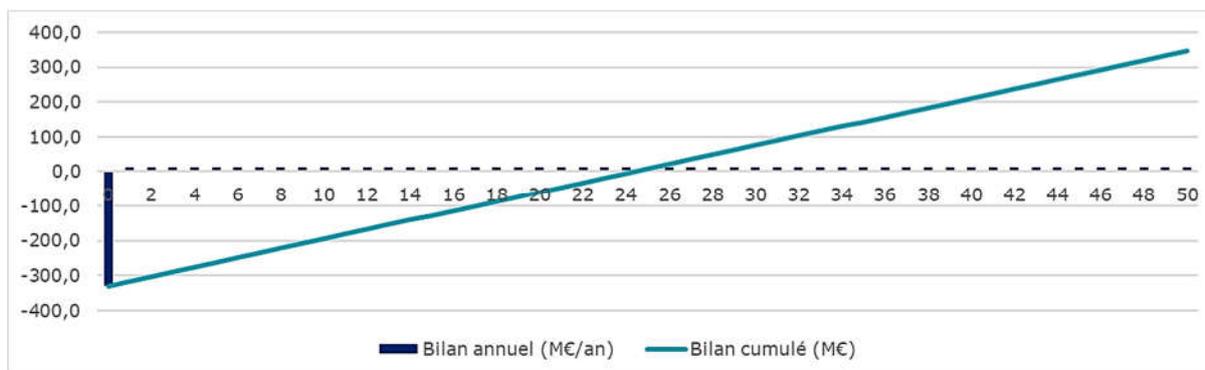
<sup>112</sup> Pour les catégories d'usagers : particuliers, collectivités et gestionnaires d'immeuble.

Tableau 71 : Economies (€/an), usine de Choisy-le-Roi

Economies liées à :	Scénario dureté	Collectivité	Gestionnaire d'immeuble	Particulier	Total (€/an)
Réduction de l'achat de produits d'entretien	Scénario A	N/A	21 620 173 €	5 933 329 €	27 553 502 €
	Scénario B	N/A	13 304 722 €	3 651 279 €	16 956 001 €
Durée de vie équipements	Scénario A	822 570 €	5 271 619 €	1 446 716 €	7 540 906 €
	Scénario B	734 353 €	4 706 258 €	1 291 561 €	6 732 171 €
Réduction de la consommation énergétique équipements	Scénario A	655 424 €	5 581 052 €	1 531 635 €	7 768 111 €
	Scénario B	403 338 €	3 434 493 €	942 545 €	4 780 376 €
Economies liées à la boisson d'eau en bouteille	Scénario A	N/A	34 534 017 €	9 477 337 €	44 011 355 €
	Scénario B				
Economies liées à l'arrêt de l'adoucissement	Scénario A	N/A	10 143 627 €	2 783 765 €	12 927 391 €
	Scénario B				

La Figure 21 montre l'analyse coût/bénéfice pour l'usine de Choisy-le-Roi. La mise en œuvre de la décarbonation serait donc rentable pour le SEDIF en 25 ans en prenant en compte uniquement les gains engendrés par la hausse du prix de l'eau (28,3 millions d'euros/an) et les coûts d'exploitation (14,2 millions d'euros) et d'investissement (330 millions d'euros).

Figure 21 : Bilan des coûts et des bénéfices, usine de Choisy-le-Roi



## USINE DE NEUILLY-SUR-MARNE

Figure 22 : Consommation d'eau par poste (m<sup>3</sup>/an), usine de Neuilly-sur-Marne<sup>113</sup>

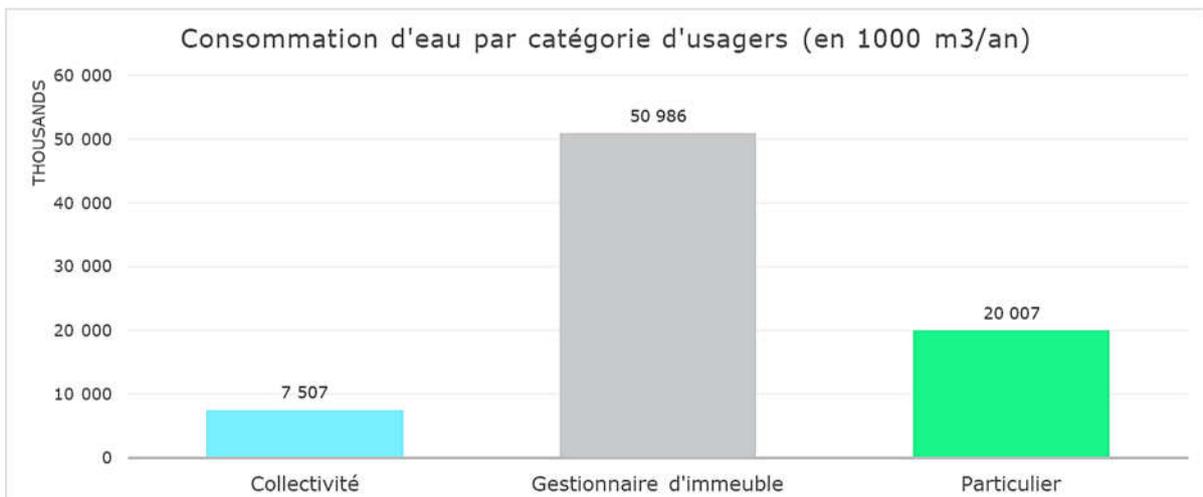
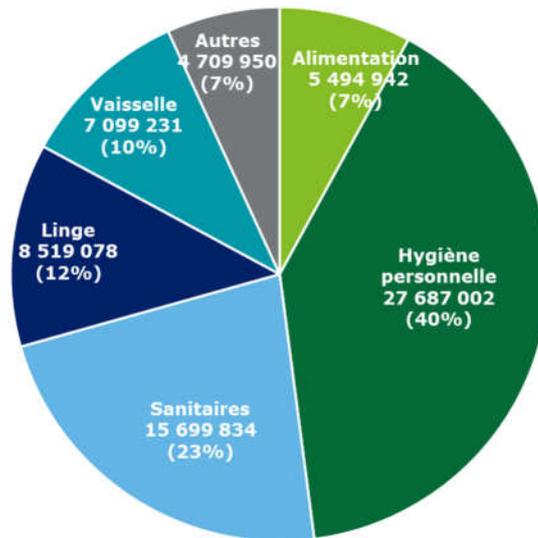


Tableau 72 : Bilan environnemental et économique, usine de Neuilly-sur-Marne<sup>114</sup>

	Scénario A (TH = 10 °f)	Scénario B (TH = 15 °f)
 Economies d'énergie (kWh/an)	60 685 825 kWh/an	42 837 053 kWh/an
 Réduction des émissions de GES (tCO <sub>2</sub> e/an)	46 292 tCO <sub>2</sub> e/an	39 206 tCO <sub>2</sub> e/an
 Economies (M€/an)	109,1 M€/an	96,6 M€/an

<sup>113</sup> Pour les catégories d'usagers : particuliers, collectivités et gestionnaires d'immeuble.

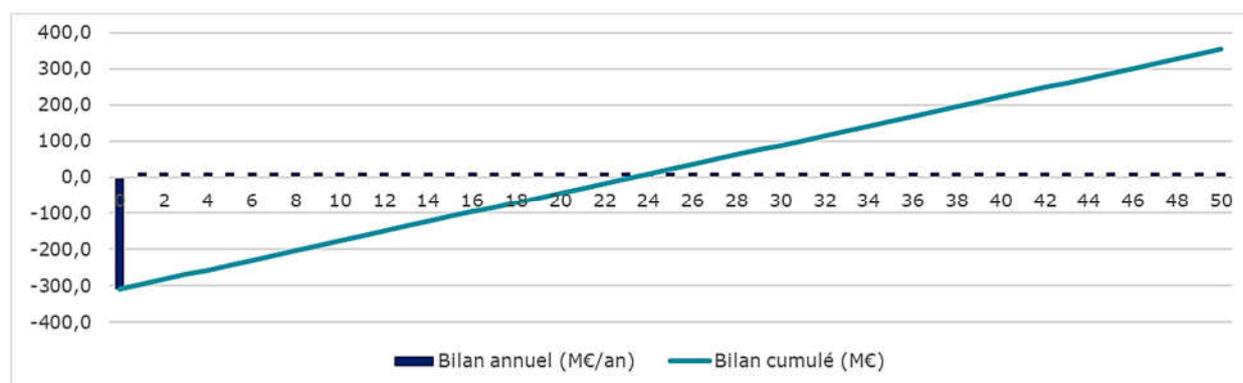
<sup>114</sup> Pour les catégories d'usagers : particuliers, collectivités et gestionnaires d'immeuble.

Tableau 73 : Economies (€/an), usine de Neuilly-sur-Marne

Economies liées à :	Scénario d'usage	Collectivité	Gestionnaire d'immeuble	Particulier	Total (€/an)
Réduction de l'achat de produits d'entretien	Scénario A	N/A	23 458 633 €	9 205 065 €	32 663 697 €
	Scénario B	N/A	16 559 035 €	6 497 693 €	23 056 728 €
Durée de vie équipements	Scénario A	753 628 €	5 118 558 €	2 008 500 €	7 880 686 €
	Scénario B	729 504 €	4 954 712 €	1 944 207 €	7 628 423 €
Réduction de la consommation énergétique équipements	Scénario A	671 036 €	6 055 633 €	2 376 204 €	9 102 874 €
	Scénario B	473 673 €	4 274 565 €	1 677 320 €	6 425 558 €
Economies liées à la boisson d'eau en bouteille	Scénario A	N/A	28 872 697 €	11 329 520 €	40 202 216 €
	Scénario B				
Economies liées à l'arrêt de l'adoucissement	Scénario A	N/A	13 818 849 €	5 422 456 €	19 241 304 €
	Scénario B				

La Figure 23 montre l'analyse coût/bénéfice pour l'usine de Neuilly-sur-Marne. La mise en œuvre de la décarbonation serait donc rentable pour le SEDIF en 24 ans en prenant en compte uniquement les gains engendrés par la hausse du prix de l'eau (28,3 millions d'euros/an) et les coûts d'exploitation (14,2 millions d'euros) et d'investissement (310 millions d'euros).

Figure 23 : Bilan des coûts et bénéfices, usine de Neuilly-Sur-Marne



## USINE D'ARVIGNY

Figure 24 : Consommation d'eau par poste (m<sup>3</sup>/an), usine d'Arvigny<sup>115</sup>

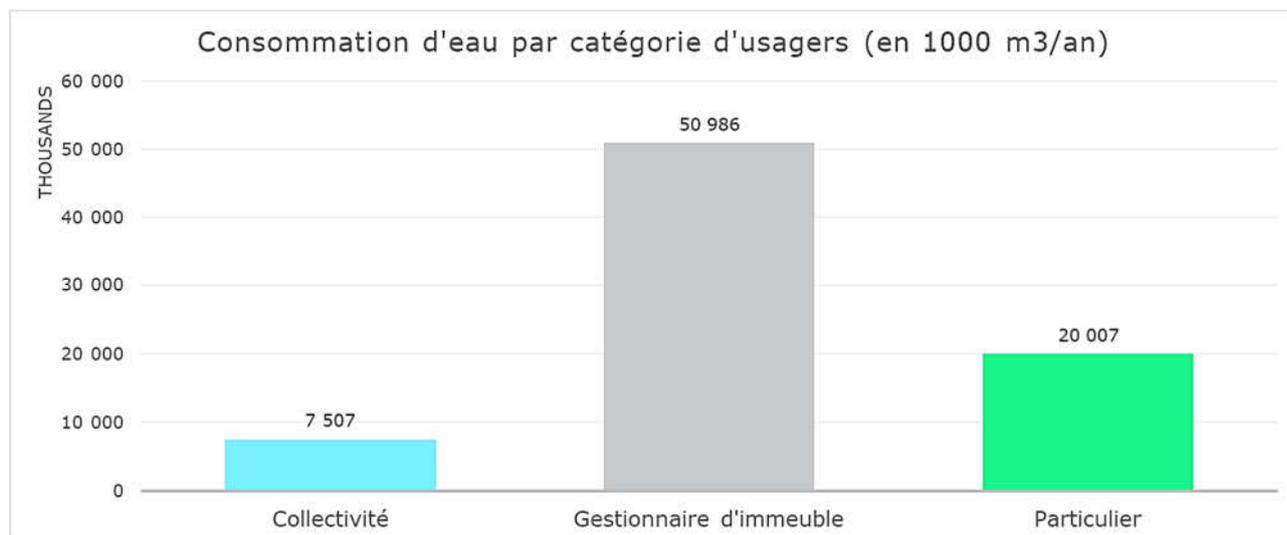
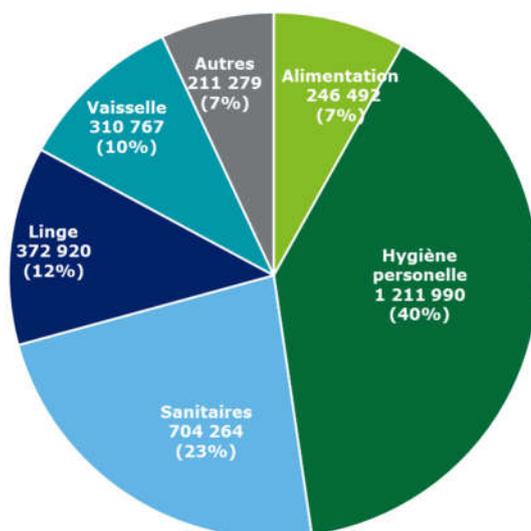


Tableau 74 : Bilan environnemental et économique, usine d'Arvigny<sup>116</sup>

	Scénario A (TH = 10 °f)	Scénario B (TH = 15 °f)
 Economies d'énergie (kWh/an)	5 144 311 kWh/an	3 975 149 kWh/an
 Réduction des émissions de GES (tCO <sub>2</sub> e/an)	3 427 tCO <sub>2</sub> e/an	2 984 tCO <sub>2</sub> e/an
 Economies (M€/an)	7,6 M€/an	6,8 M€/an

<sup>115</sup> Pour les catégories d'usagers : particuliers, collectivités et gestionnaires d'immeuble.

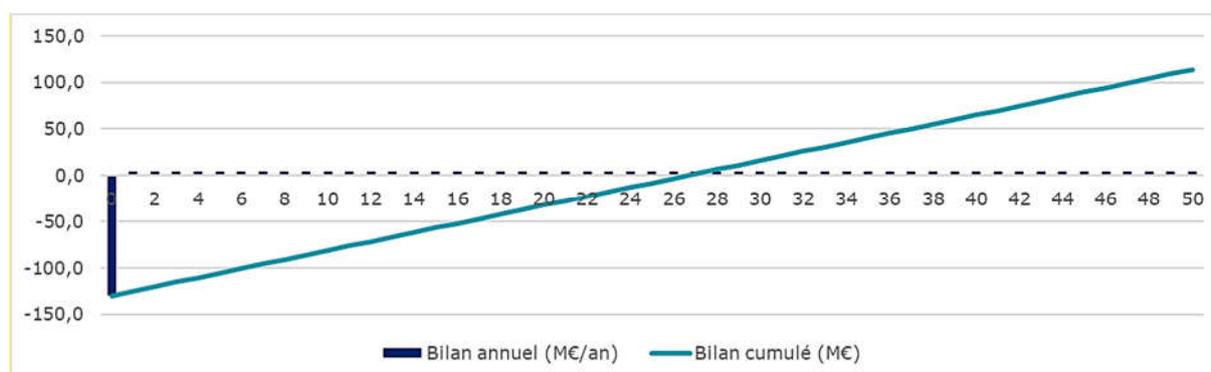
<sup>116</sup> Pour les catégories d'usagers : particuliers, collectivités et gestionnaires d'immeuble.

Tableau 75 : Economies (€/an), usine d'Arvigny

Economies liées à :	Scénario	Collectivité	Gestionnaire d'immeuble	Particulier	Total (€/an)
Réduction de l'achat de produits d'entretien	Scénario A	N/A	1 495 177 €	1 221 876 €	2 717 052 €
	Scénario B	N/A	1 155 364 €	944 177 €	2 099 541 €
Durée de vie équipements	Scénario A	75 407 €	311 750 €	254 766 €	641 923 €
	Scénario B				
Réduction de la consommation énergétique équipements	Scénario A	70 264 €	385 966 €	315 416 €	771 647 €
	Scénario B	54 295 €	298 247 €	243 731 €	596 272 €
Economies liées à la boisson d'eau en bouteille	Scénario A	N/A	1 342 640 €	1 097 221 €	2 439 861 €
	Scénario B				
Economies liées à l'arrêt de l'adoucissement	Scénario A	N/A	557 950 €	455 963 €	1 013 913 €
	Scénario B				

La Figure 25 montre l'analyse coût/bénéfice pour l'usine d'Arvigny. La mise en œuvre de la décarbonation serait donc rentable pour le SEDIF en 27 ans.

Figure 25: Bilan des coûts et bénéfices, usine d'Arvigny



# REFERENCES

## 9. Références

---

- ADEME, 2017. Guide pratique réduire sa facture d'électricité, 2017. Disponible à l'adresse : [www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/guide-pratique-reduire-facture-electricite.pdf](http://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/guide-pratique-reduire-facture-electricite.pdf)
- Agence Européenne de l'environnement (EEA), 2017. Circular by design : Products in the circular economy Report No 6/2017. Disponible à l'adresse : [https://circulareconomy.europa.eu/platform/sites/default/files/circular\\_by\\_design\\_-\\_products\\_in\\_the\\_circular\\_economy.pdf](https://circulareconomy.europa.eu/platform/sites/default/files/circular_by_design_-_products_in_the_circular_economy.pdf)
- ANSES, 2016. Le Calcium. Présentation, sources alimentaires et besoins nutritionnels. Disponible à l'adresse : [www.anses.fr/fr/content/le-calcium](http://www.anses.fr/fr/content/le-calcium)
- AQUAWAL, 2005. Etude quantitative et qualitative de l'usage des systèmes d'adoucissement de l'eau distribuée en Région Wallonne. Rapport final - Partie 2 : analyses chimiques et bactériologiques avant et après adoucissement particulier de l'eau. Disponible à l'adresse : [www.aquawal.be/fr/etude-quantitative-et-qualitative-de-l-usage-des-systemes-d-adoucissement-de-l-eau-distribuee-en-region-wallonne.html?IDC=596](http://www.aquawal.be/fr/etude-quantitative-et-qualitative-de-l-usage-des-systemes-d-adoucissement-de-l-eau-distribuee-en-region-wallonne.html?IDC=596)
- BIOSOLUTIONS, 2004. Fact Sheet on Water Softeners and Wastewater Treatment Systems. Disponible à l'adresse : [www.biosolutions.org/pdf/Softeners-Wastewater-Treatment.pdf](http://www.biosolutions.org/pdf/Softeners-Wastewater-Treatment.pdf)
- BONDY, SC., 2016. Low levels of aluminum can lead to behavioral and morphological changes associated with Alzheimer's disease and age-related neurodegeneration. *Neurotoxicology* 52, p. 222-229. Disponible à l'adresse : [www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26687397](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26687397)
- CHAUMONT, A. et al., 2012. Interactions between domestic water hardness, infant swimming and atopy in the development of childhood eczema. *Environmental Research* 116, p. 52-57. Disponible à l'adresse : [www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22591883](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22591883)
- CIEAU, 2017. « Quelle est la consommation d'eau moyenne par ménage ? ». Disponible à l'adresse : [www.cieau.com/le-metier-de-leau/ressource-en-eau-eau-potable-eaux-usees/quels-sont-les-usages-domestiques-de-leau](http://www.cieau.com/le-metier-de-leau/ressource-en-eau-eau-potable-eaux-usees/quels-sont-les-usages-domestiques-de-leau)
- Communauté urbaine, Grand Paris Seine & Oise, Actualities du site, 2018. « Une eau potable plus douce grâce à la nouvelle usine de Flins/Aubergenville » Disponible à l'adresse : <https://gpseo.fr/la-communaute-urbaine/les-competences/eau-et-assainissement/une-eau-potable-plus-douce-grace-la>
- DANBY, S. et al., 2018. The Effect of Water Hardness on Surfactant Deposition after Washing and Subsequent Skin Irritation in Atopic Dermatitis Patients and Healthy Control Subjects *Journal of Investigative Dermatology* 138, p. 68-77. Disponible à l'adresse : [www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28927888](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28927888)
- DTU, 2009. Life Cycle Assessment on Central Softening of Drinking Water in Copenhagen Disponible à l'adresse : [www.erikwind.dk/Portfolio/2009E-LCA\\_Water\\_softening.pdf](http://www.erikwind.dk/Portfolio/2009E-LCA_Water_softening.pdf)
- EAUX DE MARSEILLE, 2012. Bilan réglementaire des Emissions de Gaz à Effet de Serre, Société des Eaux de Marseille, Novembre 2012. Disponible à l'adresse :

- [http://veolia.fr/sites/g/files/dvc141/f/assets/documents/2015/04/Document\\_administratif\\_BEGES\\_SEM\\_1.pdf](http://veolia.fr/sites/g/files/dvc141/f/assets/documents/2015/04/Document_administratif_BEGES_SEM_1.pdf)
- EGIS, 2017, Etude sur l'opportunité sur l'évolution du niveau de traitement sur les trois usines principales : version finale 03 ; chapitre 10 – axe économique et chapitre 11 – bilan global
- ENGBRETSSEN, K. et al., 2017. Prevalence of atopic dermatitis in infants by domestic water hardness and season of birth *Journal of Allergy and Clinical Immunology* 139, p. 1568-1574. Disponible à l'adresse : [www.jacionline.org/article/S0091-6749\(16\)32464-2/fulltext](http://www.jacionline.org/article/S0091-6749(16)32464-2/fulltext)
- ENSP (Ecole nationale de santé publique), Malvoisin A., 2004. Contrôle de l'efficacité et de l'innocuité des appareils de traitement d'eau domestiques.
- COMMISSION EUROPÉENNE, 2011. Preparatory Studies for Ecodesign Requirements of EuPs (III) : Non-Tertiary Coffee Machines. Disponible à l'adresse : [www.eceec.org/static/media/uploads/site-2/ecodesign/products/lot25-non-tertiary-coffee-machines/final-report-task1.pdf](http://www.eceec.org/static/media/uploads/site-2/ecodesign/products/lot25-non-tertiary-coffee-machines/final-report-task1.pdf)
- COMMISSION EUROPÉENNE, 2015. Preparatory Study to establish the Ecodesign Working Plan 2015-2017 implementing Directive 2009/125/EC. Disponible à l'adresse : <http://ec.europa.eu/DocsRoom/documents/20374/attachments/5/translations/en/renditions/pdf>
- FONT-RIBERA, L. et al., 2015. Water hardness and eczema at 1 and 4 y of age in the INMA birth cohort. *Environmental Research* 142, 579-585. Disponible à l'adresse : [www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26298601](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26298601)
- FULVIO A. et al., 2015. Environmental Footprint and Material Efficiency Support for Product Policy. Etude réalisée pour le JRC (Joint Research Center). Disponible à l'adresse : <http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC95187/lb-na-27200-en-n.pdf>
- GALAN, P. et al. 2002. Contribution of mineral waters to dietary calcium and magnesium intake in a French adult population. *Environmental Journal of the American Dietetic Association* 102, p. 1658-1662. Disponible à l'adresse : [www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12449291](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12449291)
- GAUTHIER, E. et al, 2000. Aluminum forms in drinking water and risk of Alzheimer's disease ; *Environmental Research* 84, 234-246. Disponible à l'adresse : [www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11097797](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11097797)
- GIFAM 2018(a). Fiche technique sur le lave-linge. Disponible à l'adresse: [www.gifam.fr/wp-content/uploads/2018/04/Fiche-produit-lave-linge-2.pdf](http://www.gifam.fr/wp-content/uploads/2018/04/Fiche-produit-lave-linge-2.pdf)
- GIFAM, 2018(b). Fiche technique sur le lave-vaisselle. Disponible à l'adresse : [www.gifam.fr/wp-content/uploads/2018/04/Fiche-produit-lave-vaisselle-2.pdf](http://www.gifam.fr/wp-content/uploads/2018/04/Fiche-produit-lave-vaisselle-2.pdf)
- GIFAM, 2018(c). Fiche technique sur la machine à café. Disponible à l'adresse : <https://gifam.fr/wp-content/uploads/2018/06/Fiche-produit-machine-a%CC%80-cafe%CC%81.pdf>
- GIFAM, 2018(d). Fiche technique sur la bouilloire. Disponible à l'adresse : <https://gifam.fr/wp-content/uploads/2018/06/Fiche-produit-bouilloire.pdf>
- GODSKESEN, B. et al., 2012. Life cycle assessment of central softening of very hard drinking water. Disponible à l'adresse : [www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22534192](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22534192)

- HOFMAN, J. et al., 2006. Twenty years of experience with central softening in The Netherlands. Disponible à l'adresse : <https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid%3Ae43683de-0270-46c4-b736-c3ddfe9973e6>
- HU, 2017. Impacts of water quality on the corrosion of cast iron pipes for water distribution and proposed source water switch strategy. *Water Research* 129 (2018) 428e435. Disponible à l'adresse : [www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29179122](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29179122)
- INSEE, 2016. Dossier Ile-de-France, La taille moyenne des ménages en Ile-de-France. Disponible à : [www.insee.fr/fr/statistiques/2490052](http://www.insee.fr/fr/statistiques/2490052)
- KOSISEK, F., 2003. Health significance of drinking water calcium and magnesium. Disponible à l'adresse : [www.szu.cz/uploads/documents/chzp/voda/pdf/hardness.pdf](http://www.szu.cz/uploads/documents/chzp/voda/pdf/hardness.pdf)
- LES ECHOS, Dominique Chapius, 08/02/2018, « Le marché de l'électroménager retrouve du souffle » Disponible à : [www.lesechos.fr/08/02/2018/lesechos.fr/0301237662146\\_le-marche-de-l-electromenager-retrouve-du-souffle.htm](http://www.lesechos.fr/08/02/2018/lesechos.fr/0301237662146_le-marche-de-l-electromenager-retrouve-du-souffle.htm)
- MMSD, 2015. Chloride Compliance Study Nine Springs Wastewater Treatment Plant Final Report. Disponible à l'adresse : [www.madsewer.org/Portals/0/ProgramInitiatives/ChlorideReduction/MMSD%20Chloride%20Compliance%20Study%20Report%20-%20Final%206-19-15bookmarks.pdf](http://www.madsewer.org/Portals/0/ProgramInitiatives/ChlorideReduction/MMSD%20Chloride%20Compliance%20Study%20Report%20-%20Final%206-19-15bookmarks.pdf)
- SEDIF, 2017. Observatoire de la qualité de l'eau. Usagers –Rapport général. Vague 2017. Etude affectée par Médiamétrie pour le SEDIF.
- MIYAKE, Y. et al., 2004a. Ecological Association of Water Hardness with Prevalence of Childhood Atopic Dermatitis in a Japanese Urban Area. *Environmental Research* 94, p. 33-37. Disponible à l'adresse : [www.researchgate.net/publication/8987472\\_Ecological\\_Association\\_of\\_Water\\_Hardness\\_with\\_Prevalence\\_of\\_Childhood\\_Atopic\\_Dermatitis\\_in\\_a\\_Japanese\\_Urban\\_Area](http://www.researchgate.net/publication/8987472_Ecological_Association_of_Water_Hardness_with_Prevalence_of_Childhood_Atopic_Dermatitis_in_a_Japanese_Urban_Area)
- MIYAKE, Y. et al., 2004b. Lack of association between water hardness and coronary heart disease mortality in Japan. *International Journal of Cardiology* 96, p. 25-28. Disponible à l'adresse : [www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15203257](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15203257)
- NAVICHOC, D. et al., 2013, Carbon Footprint Across the Coffee Supply Chain: The Case of Costa Rican Coffee *Journal of Agricultural Science and Technology*, Volume : 3, Issue : 3, p. 151-170. Disponible à l'adresse : [www.balas.org/BALAS\\_2013\\_proceedings\\_data/data/documents/p639212.pdf](http://www.balas.org/BALAS_2013_proceedings_data/data/documents/p639212.pdf)
- NOVETHIC, 27 mars 2018, « Eau du Robinet et Eau en Bouteille sur le ring de l'Ecologie ». Disponible à l'adresse : [www.novethic.fr/actualite/infographies/isr-rse/infographie-eau-du-robinet-et-eau-en-bouteille-sur-le-ring-de-l-ecologie-145618.html](http://www.novethic.fr/actualite/infographies/isr-rse/infographie-eau-du-robinet-et-eau-en-bouteille-sur-le-ring-de-l-ecologie-145618.html)
- SKIPTON, 2016. Eau potable et Eau dure (calcium et magnésium). Disponible à l'adresse : [www.researchgate.net/publication/310490123\\_Effect\\_of\\_Water\\_Hardness\\_and\\_Free\\_Residual\\_Chlorine\\_on\\_Black\\_Tea\\_Brew](http://www.researchgate.net/publication/310490123_Effect_of_Water_Hardness_and_Free_Residual_Chlorine_on_Black_Tea_Brew)
- PENG et al., 2010. Characterization of elemental and structural composition of corrosion scales and deposits formed in drinking water distribution systems. *Water research*, 44, 4570-4580. Disponible à l'adresse : [www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20576284](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20576284)

- PEREZ-GRANADOS, A. et al., 2010. Reduction in cardiovascular risk by sodium-bicarbonated mineral water in moderately hypercholesterolemic young adults. *The Journal of Nutritional Biochemistry* 21, p. 948-953. Disponible à l'adresse : [www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19954956](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19954956)
- PERKIN, M. et al., 2016. Association between domestic water hardness, chlorine, and atopic dermatitis risk in early life. *Journal of Allergy and Clinical Immunology* 138, p. 509-516. Disponible à l'adresse : [www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27241890](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27241890)
- PIROOZFAR, A., 2016. Life Cycle Assessment of Domestic Hot Water Systems: A Comparative Analysis. *Journal of Allergy and Clinical Immunology* 138, p. 509-516. Disponible à l'adresse : [http://eprints.brighton.ac.uk/15302/1/IJCM\\_LCAs%20of%20DHWs\\_Full\\_R2\\_Fin%20%28002%29.pdf](http://eprints.brighton.ac.uk/15302/1/IJCM_LCAs%20of%20DHWs_Full_R2_Fin%20%28002%29.pdf)
- PEP, PSR, Programme PEP Ecopassport, 2014. Règles Spécifiques aux appareils individuels et autonomies de production exclusive d'eau chaude, sanitaire accumulée. Disponible à l'adresse : [www.pep-ecopassport.org/fileadmin/webmaster-fichiers/PSR-0004-ed2.1-FR-2015\\_05\\_26.pdf](http://www.pep-ecopassport.org/fileadmin/webmaster-fichiers/PSR-0004-ed2.1-FR-2015_05_26.pdf)
- RABIER, 2004. Risques sanitaires liés à l'utilisation d'appareils de traitements individuels et collectifs d'eau et de générateurs d'eau chaude dans le cadre d'une contamination de réseau par *Cryptosporidium*. Disponible à l'adresse : <https://documentation.ehesp.fr/memoires/2004/igs/rabier.pdf>
- SENAT, 2003. « Le calcaire de l'eau et l'assainissement en France ». Disponible à l'adresse : [www.senat.fr/rap/l02-215-2/l02-215-265.html](http://www.senat.fr/rap/l02-215-2/l02-215-265.html)
- SEOP, 2017. « La décarbonation : Une eau plus douce pour 2017 ». Disponible à l'adresse : [www.seop.fr/eau-dans-ma-commune/VERSAILLES-78646/133630/la-decarbonation](http://www.seop.fr/eau-dans-ma-commune/VERSAILLES-78646/133630/la-decarbonation)
- SUEZ, 2017. Impact de l'adoucissement de l'eau pour les consommateurs et l'environnement.
- TOXQUI L. et al., 2016. An Intervention with Mineral Water Decreases Cardiometabolic Risk Biomarkers. Institute of Food Science, Technology and Nutrition. Disponible à l'adresse : [www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27367723](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27367723)
- TRIPATHI R.M, et al. 2002. Daily intake of aluminium by adult population of Mumbai, India. *Science of the total environment*. 299, Issues 1-3, p. 73-77. Disponible à l'adresse : [www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12462574](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12462574)
- VINCE F. et al. 2010. Influence du traitement de l'eau potable sur l'entartrage des ballons d'eau chaude sanitaire (ECS).
- VINGERHOEDS, M. et al., 2016. Sensory quality of drinking water produced by reverse osmosis membrane filtration followed by remineralisation. *Water Research* 94, p. 42-51. Disponible à l'adresse : [www.researchgate.net/publication/295396755\\_Sensory\\_quality\\_of\\_drinking\\_water\\_produced\\_by\\_reverse\\_osmosis\\_membrane\\_filtration\\_followed\\_by\\_remineralisation](http://www.researchgate.net/publication/295396755_Sensory_quality_of_drinking_water_produced_by_reverse_osmosis_membrane_filtration_followed_by_remineralisation)
- WOLFF, D., 2013. Comparative analysis of life cycle inventory techniques and development of a quantitative uncertainty analysis procedure. Dublin Institute of Technology, School of Civil and Building Services Engineering

- WQRF, 2011. Softened Water Benefits Study: New Reports Related to Detergent and More Energy Savings. Disponible à l'adresse : [www.wqa.org/Portals/0/Technical/Undesser\\_WCP\\_0311SoftenedWaterBenefitsStudy.pdf](http://www.wqa.org/Portals/0/Technical/Undesser_WCP_0311SoftenedWaterBenefitsStudy.pdf)
- WRAP, 2010. Environmental assessment of consumer electronic products. Disponible à l'adresse : <http://seeds4green.net/sites/default/files/Environmental%20assessment%20of%20consumer%20electronic%20products.pdf>
- WTE, 2018. « Water Softeners and Septic Tank or Sewage Treatment Systems ». Disponible à l'adresse : [www.wte-ltd.co.uk/water\\_softeners\\_effects\\_on\\_septic\\_tank\\_sewage\\_systems.html](http://www.wte-ltd.co.uk/water_softeners_effects_on_septic_tank_sewage_systems.html)
- YOKEL, RA., et al., 2001. Aluminum bioavailability from drinking water is very low and is not appreciably influenced by stomach contents or water hardness]. Toxicology 161, p. 93-101. Disponible à l'adresse : <http://europepmc.org/abstract/med/11295258>