



Etat des lieux du traitement du calcaire dans le monde et bilan économique et environnemental relatif au calcaire dans l'eau potable sur le territoire du Syndicat des Eaux d'Ile-de-France

Synthèse

Citation

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 décarbonatation du SEDIF. Synthèse. 8 pages.

Juin 2019

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

1. CADRE DE L'ETUDE ET OBJECTIFS

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 des fluctuations et peut dépasser les 30 °f en particulier à 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 la réduction des teneurs en chlore et l'élimination des micropolluants. 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 décarbonatation du projet et se décompose en deux parties. La première partie dresse un état des lieux des aspects réglementaires liés à la dureté de l'eau potable ainsi que des différents ressorts menant à la décarbonatation de l'eau et repose sur une analyse bibliographique. La deuxième partie qualifie et quantifie les apports de la décarbonatation chez l'utilisateur du SEDIF et repose sur une modélisation des impacts du calcaire à partir d'études scientifiques. Ce modèle permet d'évaluer, en fonction du scénario de dureté cible (TH 10 °f –scénario A et TH 15 °f –scénario B) et des caractéristiques des usines (scénarios d'usage), les impacts économiques et environnementaux du projet de décarbonatation à l'échelle des usines et du territoire. Les impacts économiques et environnementaux évalués ici concernent uniquement les usages domestiques de l'eau qui représentent la majorité des usages de l'eau sur le territoire du SEDIF. Les catégories d'utilisateurs impactés sont donc les particuliers, les collectivités et les gestionnaires d'immeuble (plus de détails en section 3).

2. INITIATIVES PUBLIQUES RELATIVES AU CALCAIRE DANS L'EAU POTABLE

La revue bibliographique a permis d'identifier un certain nombre de recommandations et de normes relatives à la dureté ou la présence du calcaire dans l'eau potable : au niveau international dans différents pays (France, Pays-Bas, Singapour, Canada, Japon et Belgique) et au niveau institutionnel (l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), l'Union européenne (UE)). Il faut cependant noter qu'il existe très peu de normes et réglementations sur la dureté de l'eau. Ceci s'explique par le fait que la dureté dépend de plusieurs facteurs dont la composition minérale de l'eau (influencée par la nature, la zone géographique et l'origine de l'eau), les conditions locales, et les attentes et exigences de la population locale au regard de l'acceptabilité de l'eau qui peut varier d'une région à une autre. Les initiatives publiques relatives à la présence de calcaire dans l'eau potable peuvent se décliner en trois catégories :

- **Les valeurs « limites »** fixent et précisent, dans le cadre d'une réglementation, une valeur de dureté de l'eau à atteindre ou à ne pas dépasser, comme c'est le cas au Japon. En effet, conformément à la loi japonaise sur les installations hydrauliques (Waterworks Law) de 1957 (révisée en 1992 et en 2003), des valeurs limites ont été fixées pour 50 paramètres représentatifs de la qualité de l'eau. La dureté de l'eau fait partie de ces paramètres et ne doit pas dépasser 300 mg/L de $MgCO_3 + CaCO_3$ (TH < 30 °F) afin de garantir une eau de qualité ;

- **Les valeurs « guides »** préconisent des valeurs limites ou une fourchette souhaitées de dureté à atteindre mais non obligatoire. De nombreuses initiatives stipulant des valeurs guides sur la dureté de l'eau ont été identifiées notamment au Canada, aux Pays-Bas et au sein de l'OMS. Ces recommandations ont été définies de telle manière à conserver l'équilibre calco-carbonique afin d'éviter la corrosion et l'incrustation de calcaire dans les canalisations, et garantir un taux de calcaire toléré par les consommateurs. Par exemple aux Pays-Bas, la recommandation préconise une dureté de l'eau comprise entre 12 °f et 15 °f afin d'assurer une eau de qualité à l'équilibre calco-carbonique ;
- **Les paramètres physico-chimiques** ne fixent pas de valeur de dureté à atteindre, mais définissent des valeurs sur les propriétés chimiques, microbiologiques, et organoleptiques (odeur, couleur, goût, etc.) à respecter afin d'être acceptable en termes de santé publique et de satisfaction des usagers. Des pays comme la Belgique, la France et Singapour, précisent ainsi que l'eau distribuée doit satisfaire plusieurs paramètres de qualité notamment les paramètres microbiologiques, chimiques, physiques et radiologiques selon les recommandations de l'OMS. Ces paramètres couvrent notamment la corrosivité de l'eau et le degré de minéralisation.

Toutes ces informations sont récapitulées dans la Figure 1 suivante :

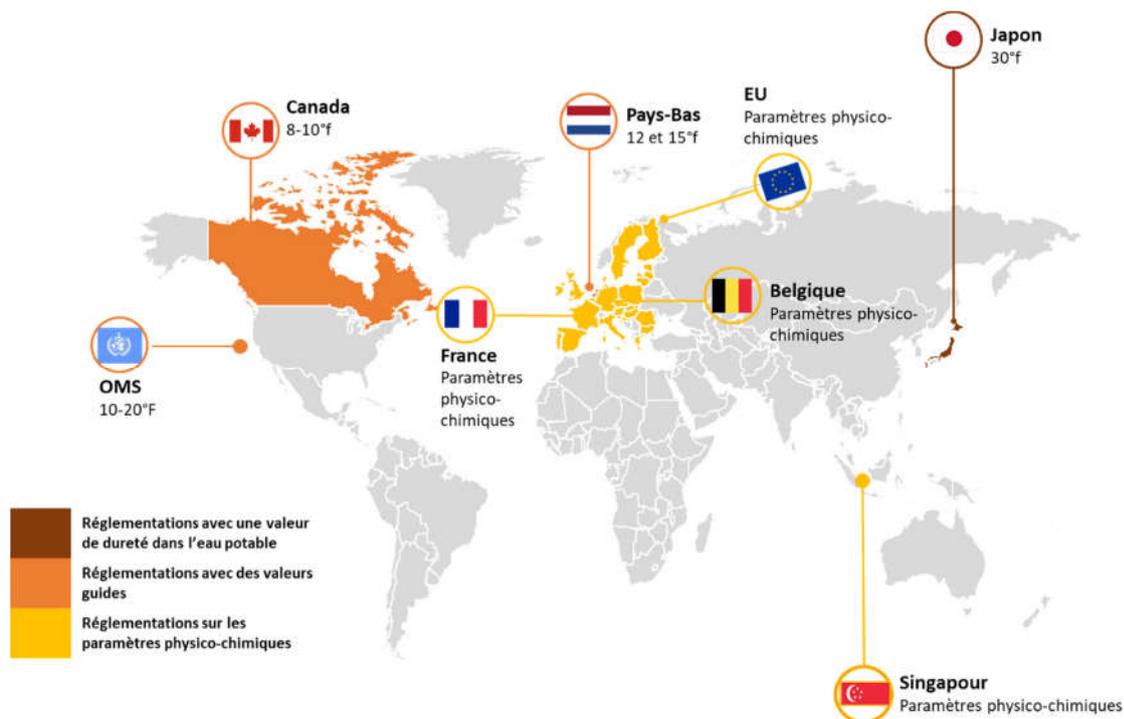


Figure 1 : Panorama mondial des initiatives publiques sur le calcaire dans l'eau potable

Ces initiatives publiques, ainsi que la préoccupation des consommateurs à l'égard de la qualité de l'eau, ont été à l'origine de la mise en place de nombreuses installations de décarbonatation collective dans différents pays à travers le monde. Le but pour les compagnies et syndicats de distribution d'eau potable étant de délivrer une eau plus douce à un faible coût sans avoir recours à des investissements individuels pour les particuliers et sans altérer les qualités nutritives de l'eau.

Le choix du type de traitement dépend des enjeux des pays ou villes et des attentes des consommateurs. A titre d'exemple, les usines connaissant à la fois la problématique de la présence de calcaire, de pesticides et de micropolluants dans leurs eaux brutes, se tournent très généralement vers le procédé de nanofiltration / osmose inverse. C'est le cas par exemple pour l'usine de Dinxperlo aux Pays-Bas. Concernant le choix de la valeur de dureté cible, de manière générale il a été noté que les résultats attendus de la mise en œuvre de

la décarbonatation collective ne sont pas inférieurs à 15 °f, valeur qui se base sur les préconisations de l'OMS¹.

3. BILAN ECONOMIQUE ET ENVIRONNEMENTAL DU PROJET DE DECARBONATATION

Quatre usines alimentent en eau potable les 4,5 millions d'habitants, soit 592 000 abonnés, des secteurs géographiques du SEDIF. Ces abonnés sont repartis entre différentes catégories d'usagers : des foyers et ménages habitant en logement collectif ou individuel, des copropriétés très majoritairement composées de logements, des 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. Afin d'affiner l'évaluation, quatre grandes catégories d'usagers ont été sélectionnées en fonction de leurs postes de consommation : les particuliers, les gestionnaires d'immeuble, les collectivités et les professionnels. En outre, deux principaux usages de l'eau peuvent être distingués : les usages domestiques et les usages industriels. Les impacts présentés ici ne couvrent pas la catégorie des professionnels au vu de l'hétérogénéité significative de cette catégorie. Une évaluation des impacts (non présentée ici) a cependant été réalisée sur une sélection d'acteurs clés de la catégorie.

A l'heure actuelle, l'eau distribuée par les usines du SEDIF peut être considérée comme dure ou très dure ($TH \geq 15$ °f). Afin de diminuer, entre autres, la dureté de l'eau distribuée, le SEDIF a fait le choix d'un traitement membranaire par osmose inverse basse pression sur ses filières de traitement. Le choix de la valeur de dureté cible se base notamment sur les bénéfices économiques et environnementaux pour l'utilisateur. Cette valeur sera définie en évaluant deux scénarii : un scénario A de dureté cible de 10 °f et un scénario B de 15 °f. Les informations relatives aux usines, y compris la dureté actuelle de l'eau distribuée et la consommation d'eau des usagers desservis, sont indiquées dans la figure ci-dessous.

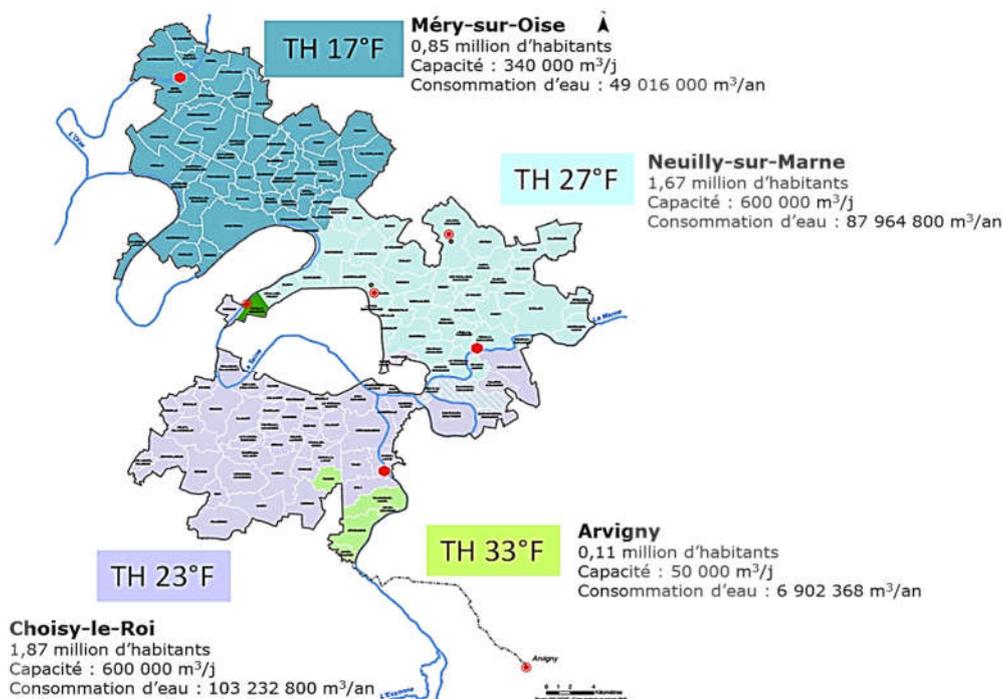


Figure 2 : Territoire desservi par le SEDIF

¹ OMS, 2011. « La Dureté dans l'eau potable ».

3.1. Méthodologie

La teneur en calcaire dans l'eau du robinet impacte les indicateurs suivants :

- La consommation d'énergie des équipements ménagers
- La durée de vie de ces équipements
- La consommation de produits d'entretien
- L'utilisation d'adoucisseurs individuels
- L'achat de bouteilles d'eau

Ces impacts sont quantifiables sur le plan énergétique (en **kWh**), environnemental (en **CO₂eq**) et financier (en **€**). A noter cependant que les émissions de CO₂ liées à l'adoucissement n'ont pas été évaluées dans le cadre de cette étude du fait du manque de données sur la consommation de sels d'adoucissement des ménages.

Le modèle de calcul a quantifié les impacts à partir de données issues de sources les plus fiables possibles : DTU management, 2009² ; WQRF, 2011³ ; Godskesen, 2012⁴. En se basant sur les données issues de ces études, les indicateurs énergie, consommation de produits d'entretien et durée de vie des équipements ont été considérés linéairement dépendants de la dureté ($R^2 \sim 1$). Les études ayant été effectuées au Danemark, il a fallu extrapoler les données au cas de la France en prenant en compte la fréquence d'utilisation des équipements et la couverture des usagers en France.

Poste de consommation	Chauffe-eau à combustible	Lave-linge	Bouilloire	Lave-vaisselle	Machine à café
Taux de couverture	47,4 %	100 %	61 %	63 %	100 %
Fréquence d'utilisation	Tous les jours	3 fois/semaine	Tous les jours	4 fois/semaine	Tous les jours

Pour chaque indicateur, l'impact représente la différence entre la consommation annuelle actuelle (en fonction de la dureté actuelle des usines) et la consommation 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'usagers (particuliers, gestionnaires d'immeuble et collectivités) à partir des données de consommation d'eau et en tenant compte des données de couverture des usagers par équipement. Les consommations d'eau par catégorie d'usagers sont indiquées dans le tableau suivant :

Usines	Catégories d'usagers (m ³ d'eau)				
	Collectivité	Gestionnaire d'immeuble	Particulier	Professionnel	Total
Neuilly-sur-Marne	7 506 856	50 985 735	20 006 579	15 690 761	94 189 931
Choisy-le-Roi	9 396 504	60 219 516	16 526 333	18 007 446	104 149 799
Méry-sur-Oise	3 065 158	18 099 260	14 483 196	5 107 016	40 754 630
Arvigny	413 653	1 710 129	1 397 537	953 635	4 474 954
				Non traité	243 569 314

² DTU management, 2009. Life Cycle Assessment on Central Softening of Drinking Water in Copenhagen. N.B. Pays de l'étude : Copenhague, Danemark.

³ WQRF, 2011. Softened Water Benefits Study –Energy savings and detergent savings. N.B. Pays de l'étude : Etats-Unis.

⁴ Godskesen, B. et al., 2012. Life cycle assessment of central softening of very hard drinking water. N.B. Pays de l'étude : Copenhague, Danemark.

3.2. Les principales hypothèses

- **La consommation d'énergie des équipements**

A partir des études scientifiques et des entretiens avec des experts, il a été estimé que seuls les chauffe-eaux à combustible sont impactés par le calcaire, en termes de consommation d'énergie. 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 car le tartre est isolant. Ainsi le temps de chauffage de l'eau est un peu plus élevé, mais le transfert de chaleur s'effectue dans sa totalité. L'influence du tartre sur l'efficacité énergétique dépend donc essentiellement du régime de fonctionnement du chauffe-eau (marche/arrêt) et reste faible et difficile à évaluer. 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 ouvert ou fermé), l'entartrage de ce dernier entraîne une baisse du rendement énergétique et donc une augmentation de la consommation d'énergie. A noter cependant que tous les types de chauffe-eau ont été considérés pour l'évaluation d'impact sur la durée de vie.

- **La durée de vie des équipements**

Les calculs théoriques effectués à partir des études peuvent amener à des durées de vie supplémentaires de 5 à 10 ans. Afin d'obtenir des résultats plus réalistes (et non surestimés) et de prendre en compte, autant que possible, tous les facteurs susceptibles d'impacter la durée de vie des équipements et leur remplacement (défaillance technique du produit, désir de posséder un nouvel article doté de nouvelles fonctionnalités, etc.), les gains sur cet indicateur 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.

- **Les habitudes de consommation d'eau**

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. La 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 usagers⁵ : 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 résultats des réponses des particuliers abonnés, soit au total 57 % des usagers⁶ : l'eau a un mauvais goût (18 %)⁷, 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 %) ;

⁵ 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

⁶ 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

⁷ 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

- Les résultats issus des hypothèses décrites ci-dessus 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 %)⁸.

Ainsi, sous réserve de la mise en place d'une campagne de communication efficace, il a été considéré que cette fraction de population pourrait changer ses habitudes de consommation pour revenir à l'eau du robinet. L'impact sur la consommation de bouteilles d'eau a été évalué en se basant sur cette estimation.

3.3. Résultats

Les résultats présentés ici concernent uniquement le scénario A qui semble être le plus bénéfique pour les usagers.

3.3.1. Le bilan énergétique

Le bilan énergétique montre une réduction de l'empreinte énergétique de 21 367 MWh/an sur l'ensemble du territoire, soit un bilan de **- 11 kWh/an** pour un foyer moyen sur le territoire du SEDIF en considérant le scénario A. Elle augmenterait de 26 676 MWh/an dans le scénario B (+ 13,6 kWh/foyer/an), indiquant que le scénario A à TH 10 est le plus bénéfique pour l'utilisateur.

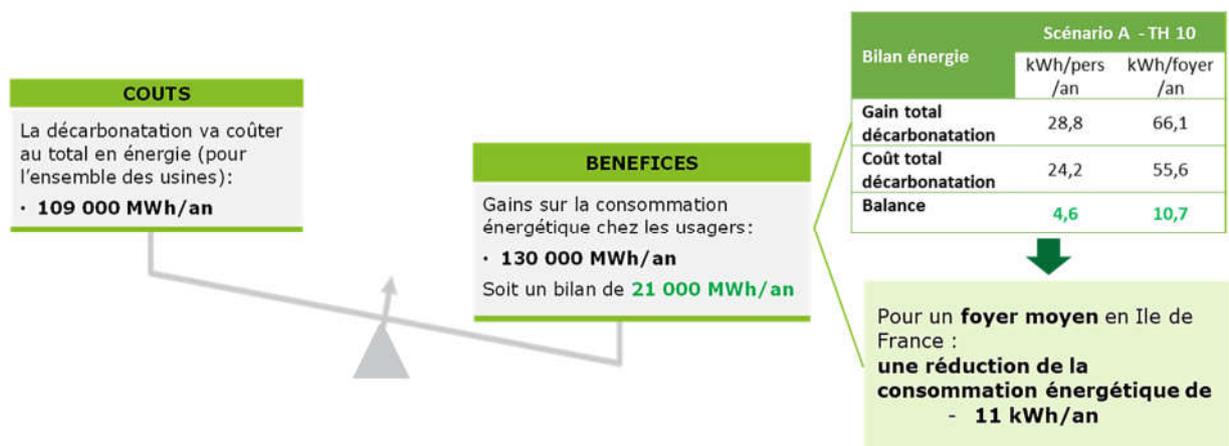


Figure 3 : Bilan énergétique du projet de décarbonatation - Scénario A

3.3.2. Le bilan économique

Les usagers feraient une économie nette de **43 €/pers/an** en moyenne, soit **100 €/an pour un foyer moyen** en Ile de France. Ces bénéfices sont moins importants en envisageant le scénario B qui enregistre des économies annuelles de **79 €/foyer**.

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.

⁸ Pour les particuliers, gestionnaires d'immeuble et collectivités



Figure 4 : Bilan économique du projet de décarbonatation - Scénario A

Le détail des impacts par poste de consommation est indiqué dans la Figure 5. Contrairement à ce qui est indiqué par certaines sources commerciales, les principaux indicateurs impactés par le calcaire sont l'achat de produits d'entretien et l'achat de bouteilles d'eau et non la consommation d'énergie des équipements.

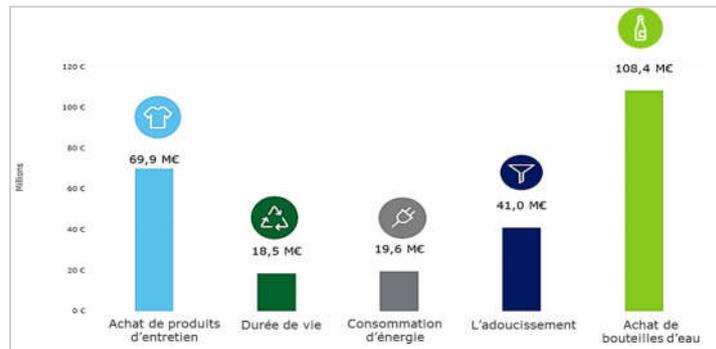


Figure 5 : Impacts économiques du calcaire par poste de consommation (million €/an) – Scénario A

3.3.3. Le bilan environnemental

3.3.3.1. Empreinte carbone

Une réduction annuelle de plus de **110 000 tCO₂eq** des émissions de CO₂ a été estimée pour une dureté finale de 10 °f, contre **90 000 tCO₂eq** dans le scénario B. Cette évaluation ne prend pas en compte les émissions de CO₂ liées à la mise en œuvre du traitement.

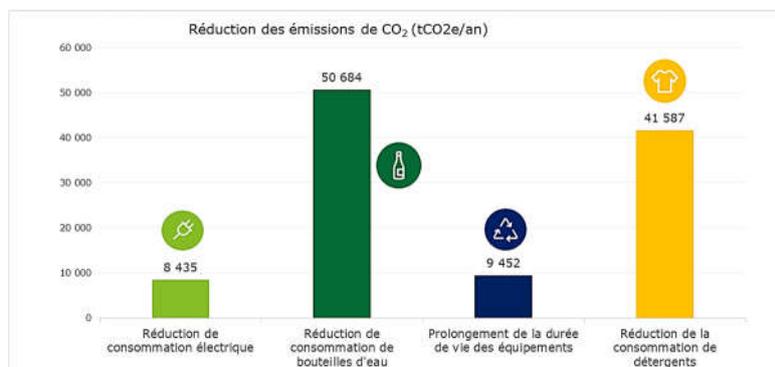


Figure 6 : Impacts du calcaire sur les émissions de CO₂ (tCO₂eq/an)

3.3.3.1. Quantité de déchets

En plus du facteur carbone, la décarbonatation diminuerait l'utilisation de produits d'entretien ainsi que les déchets de bouteilles en plastique (en estimant qu'une part des abonnés changerait leurs habitudes de consommation). En considérant uniquement le scénario A, la consommation de produits d'entretien, y compris la lessive, le liquide-vaisselle et le savon corporel, diminuerait de **15 269 t/an** sur l'ensemble du territoire, soit une réduction annuelle de 3,4 kg par foyer. En ce qui concerne la quantité de déchets en plastique (dus à la consommation d'eau en bouteille), elle diminuerait de **5 767 t/an**, soit 1,3 kg/an pour un foyer moyen (moyenne territoire).

4. CONCLUSION

Compte tenu des résultats de l'analyse coût/bénéfices, le scénario A avec une dureté cible de 10 °f est celui qui enregistre le plus de bénéfices pour les usagers. Il permettra une économie nette de 100 €/an pour un foyer moyen en Ile de France, une réduction de l'empreinte carbone du foyer de 56 kgCO₂eq/an et une diminution de l'empreinte énergétique de 11 kWh/an.

Le bilan financier est donc favorable à l'utilisateur, les gains financiers lui permettront de compenser l'augmentation du prix de l'eau liée aux coûts d'investissement et opérationnels du traitement en usines. Il sera cependant nécessaire de faire des campagnes de communication auprès des usagers sur la mise en place de la décarbonatation collective, l'amélioration de la qualité d'eau et ses conséquences sur les habitudes de consommation de produits d'entretien, de consommation d'eau en bouteilles et l'utilisation d'adoucisseurs individuels, afin de réaliser l'économie prévue.

