



Étude 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

## TABLE DES MATIERES

<b>1. Introduction</b>	<b>4</b>
<b>2. Méthodologie</b>	<b>5</b>
<b>3. Description du panel de logements ayant servi aux prélèvements</b>	<b>6</b>
<b>4. Résultats</b>	<b>7</b>
<i>4.1 Validation de la qualité des données fournies par le Laboratoire</i>	7
<i>4.2 Analyse des eaux au compteur</i>	9
4.2.1 Dureté de l'eau et sodium	9
4.2.2 Bactériologie	9
4.2.3 Métaux	9
4.2.4 Paramètres physico-chimiques	10
4.2.5 Paramètres organoleptiques	10
<i>4.3 L'effet des adoucisseurs sur la composition chimique, la qualité bactériologique et organoleptique de l'eau</i>	10
4.3.1 Dureté de l'eau et sodium	10
4.3.2 Bactériologie	13
4.3.3 Métaux	16
4.3.4 Paramètres physico-chimiques	17
4.3.5 Paramètres organoleptiques	17
<i>4.4 Comparaison du nombre de non-conformités au compteur et au robinet de la cuisine</i>	17
<b>5. Conclusions sur l'effet des adoucisseurs d'eau</b>	<b>18</b>
<b>6. Pistes de recherche</b>	<b>18</b>
<b>7. Bibliographie</b>	<b>19</b>
<b>8. Annexes – résultats d'analyses</b>	<b>20</b>

## **Liste des graphiques**

Graphique 1 : caractérisation des analyses au compteur suivant la dureté et la teneur en sodium.....	8
Graphique 2 : caractérisation des analyses au compteur suivant la dureté et la conductivité .....	8
Graphique 3 : duretés résiduelles observées au robinet de la cuisine.....	11
Graphique 4 : teneurs en sodium observées au robinet de la cuisine .....	12
Graphique 5 : relation entre l'adoucissement de l'eau et l'augmentation de la teneur en sodium .....	13
Graphique 6 : développement des germes à 22°C entre le compteur et le robinet d'eau froide .....	14
Graphique 7 : développement des germes à 37°C entre le compteur et le robinet d'eau froide .....	15
Graphique 8 : comparaison de l'accroissement des germes à 22°C et l'accroissement des germes à 37°C.....	15

## **Liste des tableaux**

Tableau 1 : références normatives utilisées pour les analyses.....	6
Tableau 2 : analyses réalisées par la CILE sur les captages de Hesbaye et du Néblon (moyenne).....	7
Tableau 3 : quantité de germes à 22°C et à 37°C mesurés au compteur .....	9
Tableau 4 : résultats d'analyses des principaux métaux constitutifs des canalisations et de la robinetterie au compteur des particuliers.....	10
Tableau 5 : caractérisation du pH, de la température et de la conductivité des eaux prélevées au compteur.....	10
Tableau 6 : qualité bactériologique de l'eau au compteur et à la cuisine .....	13
Tableau 7 : développement bactérien entre le compteur et la cuisine suivant la présence ou non d'un filtre .....	15
Tableau 8 : comparaison des teneurs en métaux des eaux prélevées au compteur et au robinet d'eau froide de la cuisine.....	16
Tableau 9 : caractérisation du pH, de la température et de la conductivité au compteur et au robinet d'eau froide de la cuisine .....	17
Tableau 10 : caractérisation des non-conformités observées au compteur et au robinet de la cuisine .....	17

## **1. Introduction**

Ce document constitue la seconde partie de l'étude et s'intéresse à la modification bactériologique et chimique de l'eau de distribution lorsqu'un adoucisseur est placé sur une installation privée.

Cette partie va se baser sur des chiffres empiriques et permettre ainsi de vérifier l'effet réel des adoucisseurs d'eau à échange cationique sur l'eau sanitaire qui circule dans l'habitation.

Les adoucisseurs d'eau domestiques sont actuellement de plus en plus utilisés en Région wallonne. Ainsi, on estime leur nombre à environ 100 000 (v. partie 1). Ce chiffre semble être en augmentation ces dernières années. S'ils apportent un confort accru d'utilisation de l'eau aux usagers, ces appareils peuvent, s'ils sont mal utilisés, entraîner une détérioration de la qualité de l'eau destinée à la consommation humaine (Eurogroup consulting, 2004). Le développement bactérien, l'augmentation de la teneur en sodium ou la corrosion de pièces métalliques sont des problèmes souvent cités.

Il est ainsi prouvé que le nombre de bactéries hétérotrophes présentes dans l'eau augmente par le passage dans un adoucisseur d'eau. Ce développement bactérien n'implique pas une non potabilité de l'eau de distribution, mais constitue une indication de la dégradation de sa qualité. En effet, le développement de bactéries hétérotrophes n'est pas nécessairement accompagné d'un développement de bactéries pathogènes. Mais ces germes peuvent induire un goût et une odeur désagréables à l'eau.

L'augmentation de la teneur en sodium de l'eau distribuée est le corollaire inévitable de la suppression des cations divalents ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  et parfois  $\text{Fe}^{2+}$ ). En effet, le principe de fonctionnement des adoucisseurs à résine échangeuse d'ions est l'échange des cations divalents contre du sodium, plus rarement contre du potassium. Il est cependant conseillé que l'eau ne contienne pas plus de 200 mg/l de sodium. Cela est d'autant plus valable pour les personnes souffrant d'affections cardio-vasculaires.

La corrosion des métaux est un sujet plus polémique dans le sens où des études scientifiques se contredisent sans cesse. Par exemple, Il est historiquement conseillé de ne pas placer d'adoucisseur lorsque les canalisations situées en aval de l'appareil sont en plomb. S'il est maintenant admis que ce n'est pas lié à l'agressivité vis-à-vis d'une couche de  $\text{CaCO}_3$  qui se serait formée sur les parois intérieures, protégeant ainsi le contact entre l'eau et le plomb, la modification chimique de l'eau et la rupture des équilibres thermodynamiques risquerait néanmoins de solubiliser le plomb neutre. De même, vis-à-vis de l'acier galvanisé, il est conseillé de laisser une dureté résiduelle d'au moins 15°F, ce qui permet d'éviter, dans tous les cas, une corrosion du fer dans les conduites. Il est évident que la dureté de l'eau n'est qu'un facteur parmi d'autres. D'autres facteurs, comme le pH, le titre alcalinimétrique complet (TAC), les sulfates ou les chlorures interviennent dans les phénomènes de corrosion qui sont des phénomènes complexes mettant en jeu un grand nombre d'ions.

## **2. Méthodologie**

Lors de l'enquête complémentaire servant de base à l'analyse des modalités d'utilisation des appareils, nous laissons la possibilité, aux répondants désireux de disposer d'une analyse gratuite de leur eau, d'inscrire leurs coordonnées.

Parmi les 193 réponses à cette seconde enquête, 91 personnes ont inscrit leurs coordonnées.

Étant donné le budget disponible, nous avons opté pour une vague d'analyses couvrant 30 logements.

Comme cette seconde enquête portait sur les clients desservis par la CILE, les analyses d'eau sont donc effectuées sur le réseau de cette société.

La zone d'activité de la CILE est alimentée en eau par trois captages importants :

- le captage de Hesbaye
- le captage du Néblon
- Le barrage de Eupen exploité par la SWDE

A ces trois principales sources d'approvisionnement viennent s'ajouter d'autres captages plus petits desservant le sud de la zone d'activité.

Au point de vue de la dureté de l'eau, les captages du Néblon et de Hesbaye sont des captages où l'eau est dure. L'eau achetée à la SWDE étant de l'eau de surface, est douce et ne nous concerne donc pas dans le cadre de cette étude. La proportion d'adoucisseurs présents lorsque l'eau distribuée est douce est en effet relativement marginale (moins de 1%).

Les prélèvements et analyses d'eau ont été confiés à un laboratoire agréé par la Région wallonne et accrédité Beltest (laboratoire LARECO).

Afin de rendre compte de l'effet des adoucisseurs, nous avons choisi de prélever des échantillons d'eau au compteur et au robinet d'eau froide de la cuisine. Cela nous permet de confronter les eaux distribuées au compteur et les eaux effectivement consommées par les usagers.

Pour chaque échantillon, les paramètres analysés sont les suivants :

- calcium, magnésium et sodium (éléments intervenants dans l'échange cationique)
- fer, cuivre, nickel, plomb, zinc et chrome (autres éléments métalliques intervenant dans les canalisations et la robinetterie)
- germes à 22°C et à 37°C (paramètres microbiologiques)
- odeur et couleur (paramètres organoleptiques)
- température, pH et conductivité (paramètres physico-chimiques)

En ce qui concerne les métaux, ce sont les concentrations totales qui sont analysées.

Dans chaque logement, deux prélèvements sont donc effectués.

### **Au robinet du compteur**

Le problème du robinet du compteur est qu'il est rarement utilisé. Ces robinets sont par conséquent souvent encrassés. Un prélèvement sans une purge minimale ne permettrait pas de se faire une idée précise de la qualité de l'eau qui arrive effectivement au compteur, celle-ci serait en effet contaminée par des dépôts qui ne seraient pas représentatifs de l'eau distribuée.

Nous avons donc choisi de prélever les échantillons après une purge minimale qui doit permettre de vider le robinet du compteur de l'eau qui y a stagné et en ayant pris le soin de nettoyer les impuretés qui peuvent s'y trouver.

Cette purge minimaliste joue très peu sur la teneur en métaux présents dans l'eau étant donné le court laps de temps et le faible débit de la purge.

#### Au robinet d'eau froide de la cuisine

Au robinet d'eau froide de la cuisine, le problème de l'encrassement ne se pose pas étant donné qu'il s'agit d'un robinet fréquemment utilisé. Le prélèvement se réalise par conséquent sans purge préalable. Cette méthode rend les analyses du plomb, du nickel et du cuivre fortement dépendantes du temps de stagnation préalable de l'eau dans les canalisations. Si une utilisation importante d'eau froide a été de mise peu de temps avant le passage de la personne en charge du prélèvement, la teneur en métaux sera moindre que la valeur représentative de l'ingestion moyenne quotidienne en ces métaux. Par conséquent, seule la valeur moyenne aura un sens en ce qui concerne ces métaux.

Les deux valeurs observées pour les métaux sont ainsi comparables. Pour rappel, la purge minimaliste réalisée au compteur ne joue que très peu sur la teneur en métaux présents dans l'eau, étant donné le temps court et le débit faible de la purge.

Les prélèvements, les conditions de transport et de stockage sont conformes aux normes ISO en la matière.

Les analyses sont réalisées selon les normes décrites dans le tableau ci-dessous.

<b>Paramètre</b>	<b>Référence normative</b>
Odeur et goût	MS00146
pH	NF T90-008
Conductivité (20°C)	NF EN 27888
Température	MS00147
Calcium, magnésium	ISO 7980
Sodium	NF T90-020
Fer, cuivre, zinc	NF T90-112
Plomb	NF T90-119
Nickel	FD T90-119
Chrome	ISO 9174
Germes à 22°C et à 37°C	ISO 6222

Tableau 1 : références normatives utilisées pour les analyses

### **3. Description du panel de logements ayant servi aux prélèvements**

Le panel de particuliers chez qui les analyses ont été réalisées a été élaboré en fonction de trois critères. En effet, étant donné le faible nombre d'analyses, nous ne pouvions pas nous contenter d'un échantillonnage purement aléatoire ; cela aurait pu conduire à ne pas représenter l'ensemble des cas possibles. Nous avons décidé de nous baser sur trois critères de sélection, à savoir : la fréquence d'entretien de l'installation (moins d'une fois par an ou au moins une fois par an), le réglage de dureté résiduelle (moins de 15°F, plus de 15°F ou aucune idée), et la présence ou non d'un filtre à particules avant l'installation.

Nous avons fourni une liste de 60 logements au laboratoire qui a effectué les analyses. De cette manière, nous espérons obtenir une série de 30 logements malgré les difficultés à joindre certaines personnes.

Parmi les 30 logements finalement visités, quelques-uns ont des particularités qu'il convient de mentionner :

- un logement est équipé d'un appareil de traitement magnétique
- un logement pour lequel l'adoucisseur est placé sur le conduit d'eau chaude
- un logement pour lequel seule l'eau à la cuisine a été prélevée étant donné l'impossibilité d'ouvrir le robinet du compteur
- un dernier cas recouvre un problème lors de l'échantillonnage pour les métaux. Nous reviendrons sur ce cas particulier lors des analyses des eaux au compteur.

Dans tous les cas, les logements visités sont des maisons unifamiliales.

## **4. Résultats**

### **4.1 Validation de la qualité des données fournies par le Laboratoire**

Pour la vérification, nous comparons les données fournies par le Laboratoire indépendant aux analyses réalisées par la CILE (Tableau 2). Le tableau 2 fournit les valeurs moyennes mesurées par la CILE pour ses deux principaux captages.

<b>Paramètre</b>	<b>Néblon</b>	<b>Hesbaye</b>
Calcium	117 mg/l	149 mg/l
Magnésium	17.1 mg/l	14.6 mg/l
Dureté	36.29 °F	43.26 °F
Sodium	7.36 mg/l	15.3 mg/l
Conductivité	641.2 µS/cm	772.2 µS/cm

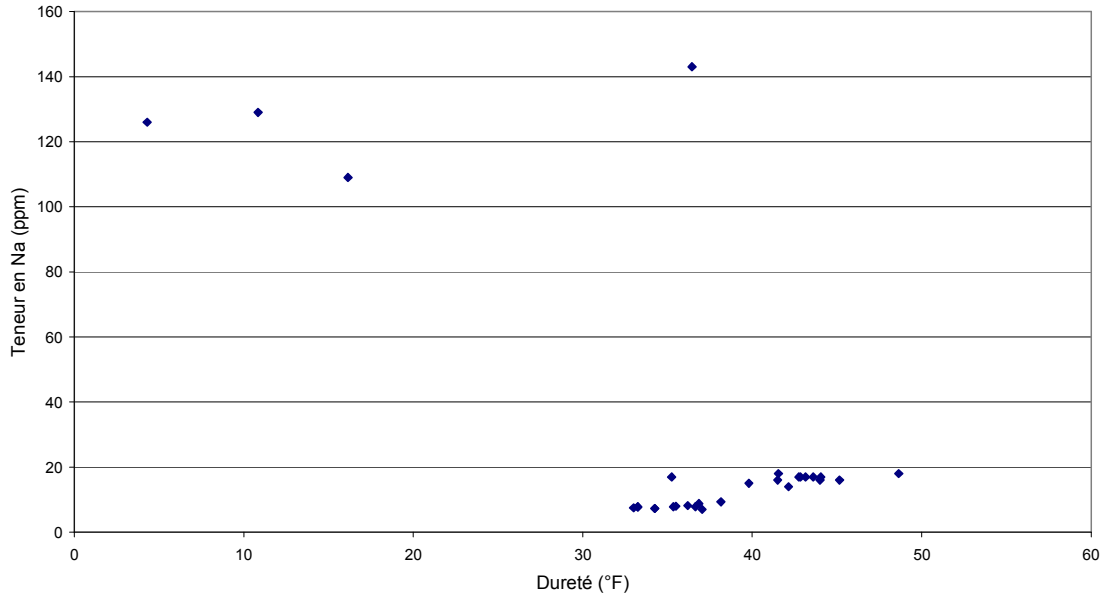
**Tableau 2 : analyses réalisées par la CILE sur les captages de Hesbaye et du Néblon (moyenne)**

Le graphique 1 caractérise les analyses réalisées au compteur selon la dureté de l'eau et la teneur en sodium telles que fournies par le Laboratoire.

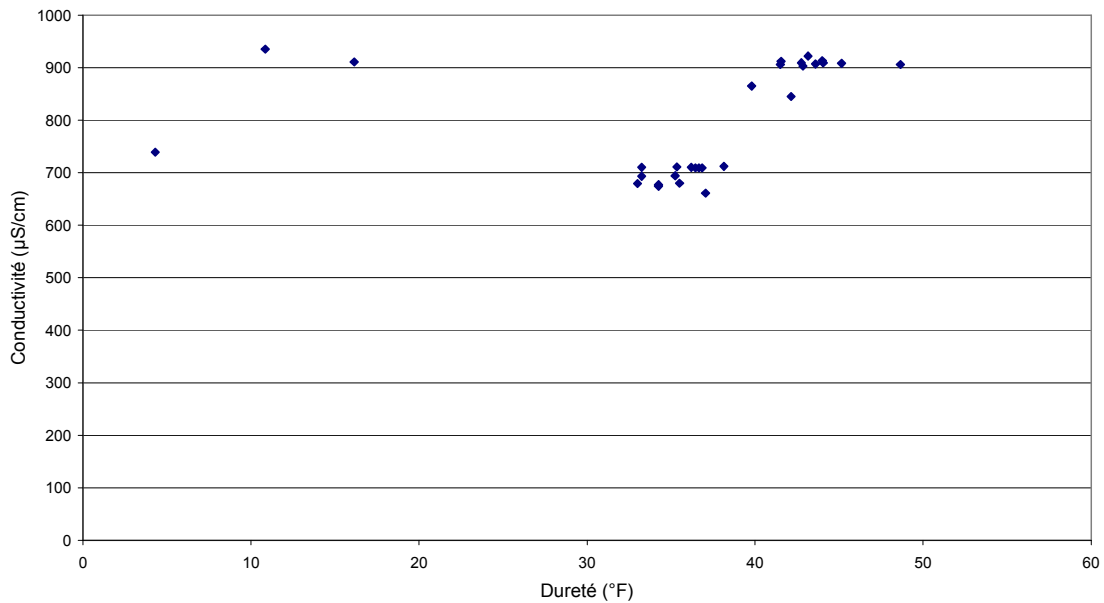
Ce graphique montre deux nuages de points distincts. Un nuage de points dont la dureté est comprise entre 30 et 40°F et avec des teneurs en sodium inférieures à 10 ppm correspondant aux eaux provenant du captage du Néblon. Un autre nuage de points avec des duretés comprises entre 40 et 50°F et des teneurs en sodium comprises entre 10 et 20 ppm correspond aux eaux provenant du captage de Hesbaye.

Outre ces deux nuages de points, 4 points se distinguent très clairement. Trois de ces points sont caractérisés par des duretés faibles et des teneurs élevées en sodium. Ces eaux ont donc les mêmes caractéristiques que les eaux adoucies par échange d'ions. Nous avons par conséquent demandé au Laboratoire de revérifier les valeurs de calcium, magnésium et sodium. Ces analyses confirment les premières données fournies. Nous reviendrons ultérieurement sur ce sujet.

Un quatrième point semble incohérent et ne correspond pas à l'eau fournie par la CILE. Ce point correspond à une dureté classique et à une teneur en sodium élevée. Si l'on regarde les autres paramètres métalliques au compteur, on peut voir que le plomb est mesuré à 240 µg/l et que l'analyse du zinc y montre une valeur supérieure au compteur qu'au robinet d'eau froide de la cuisine. Ce point est à exclure car il s'agit probablement d'un problème lors de l'échantillonnage.



**Graphique 1 : caractérisation des analyses au compteur suivant la dureté et la teneur en sodium**



**Graphique 2 : caractérisation des analyses au compteur suivant la dureté et la conductivité**

Un autre paramètre séparant clairement les captages du Hesbaye et du Néblon est la conductivité. Nous avons voulu vérifier si ce paramètre indiquait également deux nuages de points distincts (Graphique 2). On distingue bien de nouveau les deux sources d’approvisionnement confirmant par cela la qualité des analyses réalisées. Néanmoins, les valeurs fournies sont supérieures aux valeurs moyennes de la CILE. En conséquence, seules les valeurs relatives sont à considérer et non les valeurs absolues.

En conclusion, les valeurs fournies par le Laboratoire sous-traitant semblent conformes aux analyses de la CILE, au moins pour le calcium, le magnésium, le sodium et la conductivité. Nous supposons qu’il en est de même pour les autres métaux (plomb, cuivre, zinc, ...) ; une

vérification s'avère impossible pour ces éléments, les teneurs dans les eaux distribuées étant très faibles.

## **4.2 Analyse des eaux au compteur**

### **4.2.1 Dureté de l'eau et sodium**

Le Graphique 1 nous donne les duretés de l'eau et les teneurs en sodium mesurées au compteur. L'eau distribuée est une eau dure et peu chargée en sodium. Les eaux distribuées dans la région étudiée proviennent essentiellement de deux captages : le Néblon et le captage de Hesbaye. Ces deux sites de captages sont situés dans des formations calcaïques (Craies de Hesbaye et calcaires du bassin du Néblon) expliquant par là les hauts niveaux de calcium et de magnésium rencontrés.

Cependant, 4 points s'écartent des deux nuages de points. Parmi ceux-ci trois points montrent des duretés faibles (moins de 20°F) et de hauts niveaux en sodium (plus de 100 ppm). Cette constatation peut avoir deux explications :

- soit le prélèvement a été effectué après l'adoucisseur contrairement à ce que prétend le laboratoire chargé des analyses ;
- soit il existe un refoulement d'eau traitée par adoucissement vers le compteur.

Nous avons demandé à la CILE de contrôler les installations dès qu'une non-conformité est constatée, ce qui est le cas de ces trois points. Lors de leur visite sur place, les agents de la CILE n'ont pas réussi à prélever d'eau au compteur dans deux cas car aucun point de puisage n'existait avant l'adoucisseur. Pour le troisième cas, des valeurs normales ont été trouvées (dureté à 36.5°F et sodium à 8 mg/l).

En conséquence, nous nous abstenons de tirer des conclusions sur ces valeurs surprenantes. Le quatrième point est caractérisé par une dureté élevée et une teneur élevée en sodium. Ce point correspond à un logement pour lequel la teneur en plomb est estimée à 240µg/l. Nous avons déjà vu que ce point est un problème d'échantillonnage. Les agents de la CILE ont d'ailleurs trouvé des teneurs en plomb inférieures à 10 µg/l et une teneur en sodium plus classique de 7.7 mg/l.

### **4.2.2 Bactériologie**

Le tableau ci-dessous reprend les valeurs observées pour les paramètres microbiologiques au compteur.

	<b>Germes à 22°C</b>	<b>Germes à 37°C</b>
Minimum observé	0	0
Maximum observé	460	430
Médiane	9	0
Écart interquartile	76	8

**Tableau 3 : quantité de germes à 22°C et à 37°C mesurés au compteur**

Le nombre de colonies mesurées au compteur est en général faible. Parmi les 29 logements visités, on obtient une valeur médiane de 9 colonies à 22°C et de 0 colonie à 37°C.

### **4.2.3 Métaux**

Pour rappel, les métaux autres que le calcium, le magnésium et le sodium qui ont été testés sont au nombre de six : fer, nickel, plomb, chrome, zinc et cuivre. Ces métaux ont été choisis car ils interviennent soit dans les canalisations intérieures (plomb, fer, cuivre et zinc) ou dans la robinetterie (chrome, nickel et zinc).

Nous reprenons dans le Tableau 4 les résultats obtenus pour ces métaux.

Métal	Minimum observé	Maximum observé	Norme	Caractéristique	Nombre de non-conformités
Chrome	< 1 µg/l	4 µg/l	20 µg/l	Paramètre	0
Cuivre	< 20 µg/l	445 µg/l	2 mg/l	Paramètre	0
Nickel	< 5 µg/l	47 µg/l	20 µg/l	Paramètre	3
Plomb	< 5 µg/l	26 µg/l	25 µg/l	Paramètre	1
Fer	< 75 µg/l	160 µg/l	200 µg/l	Indicateur	0
Zinc	< 20 µg/l	270 µg/l	5 mg/l	Indicateur	0
TOTAL					4

**Tableau 4 : résultats d'analyses des principaux métaux constitutifs des canalisations et de la robinetterie au compteur des particuliers**

Les teneurs en métaux constitutifs des canalisations et de la robinetterie sont toutes inférieures à la valeur maximale admise à l'exception de quatre cas.

Dans chacun de ces cas, nous avons demandé à la CILE de vérifier ces valeurs et d'identifier la source du problème s'il est confirmé. Sur quatre contrôles ultérieurs, seul un seul cas a été confirmé. Il est donc possible que la méthode d'échantillonnage Random-Day-Time (RDT) ait participé à surestimer certaines teneurs en nickel et en plomb.

#### 4.2.4 Paramètres physico-chimiques

Nous avons également analysé trois paramètres physico-chimiques : le pH, la température et la conductivité. Nous fournissons les résultats ci-dessous (Tableau 5).

	Minimum observé	Maximum observé	Moyenne	Ecart-type
pH	6.95	7.90	7.58	0.23
Température	11.0	16.0	14.3	1.37
Conductivité	661	935	797	107

**Tableau 5 : caractérisation du pH, de la température et de la conductivité des eaux prélevées au compteur**

#### 4.2.5 Paramètres organoleptiques

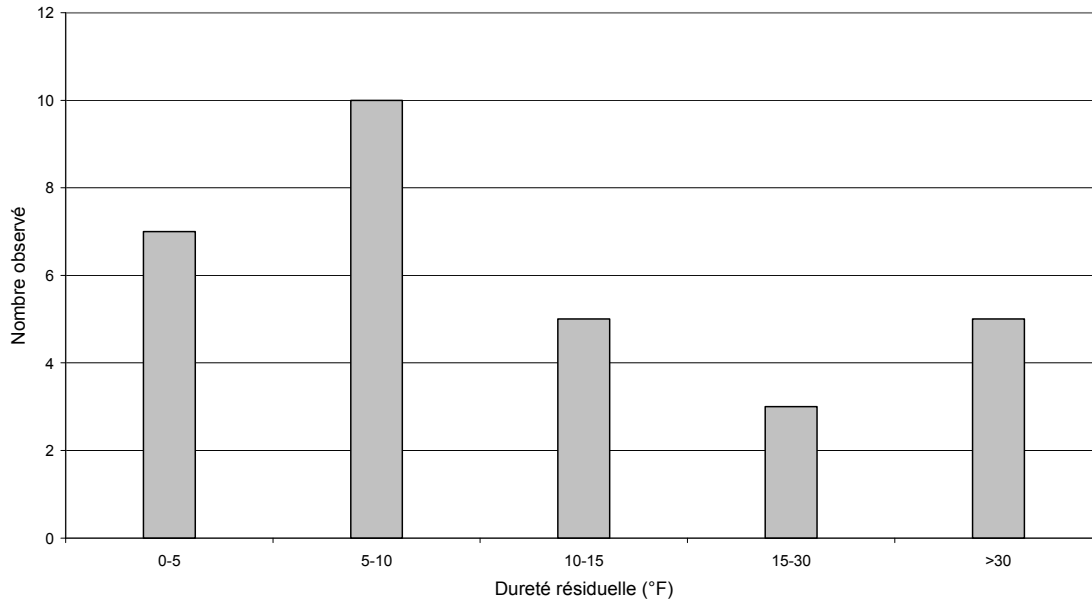
Deux paramètres ont été testés : l'odeur et la couleur. Dans tous les cas l'eau a été perçue à la fois comme inodore et incolore.

### **4.3 L'effet des adoucisseurs sur la composition chimique, la qualité bactériologique et organoleptique de l'eau**

#### 4.3.1 Dureté de l'eau et sodium

Dans un appareil à échange cationique, le calcium et le magnésium sont échangés au profit du sodium. La dureté résiduelle doit être, en cas d'adoucissement artificiel, d'au moins 15°F (Code de l'eau Article R253).

De plus, la teneur en sodium est un paramètre indicateur dont la valeur maximale est fixée à 200 mg/l.



**Graphique 3 : duretés résiduelles observées au robinet de la cuisine**

Les 30 analyses comprennent 29 analyses sur l'eau froide et une analyse sur l'eau chaude. Parmi ces 30 analyses, 7 duretés résiduelles sont inférieures à 5°F avec des valeurs extrêmes jusqu'à 0°F. Cela signifie simplement que l'eau arrivant à la cuisine est presque totalement de l'eau traitée par adoucisseur sans mélange - ou très peu - avec de l'eau non adoucie.

Au total, ce sont 17 analyses qui montrent des duretés résiduelles inférieures à 10°F. De plus, 5 analyses sont comprises entre 10 et 15°F.

Cinq analyses ont montré que l'eau arrivant à la cuisine a une dureté de plus de 30°F. Après examen de la question, il s'avère que dans un cas, l'eau qui arrive au robinet de la cuisine est une eau qui est passée par un appareil de traitement magnétique et non par un adoucissement via résine. Un autre cas s'explique par le bac à sel qui était vide lors de l'échantillonnage. Dans un troisième cas, l'eau est adoucie de 45°F à 33°F avec une compensation équivalente en sodium. Les deux cas restants n'ont pas pu être expliqués. On présume par conséquent qu'il s'agit d'un défaut de l'appareil qui ne marche pas correctement, soit parce qu'il est en panne, soit parce qu'il est en cours de régénération.

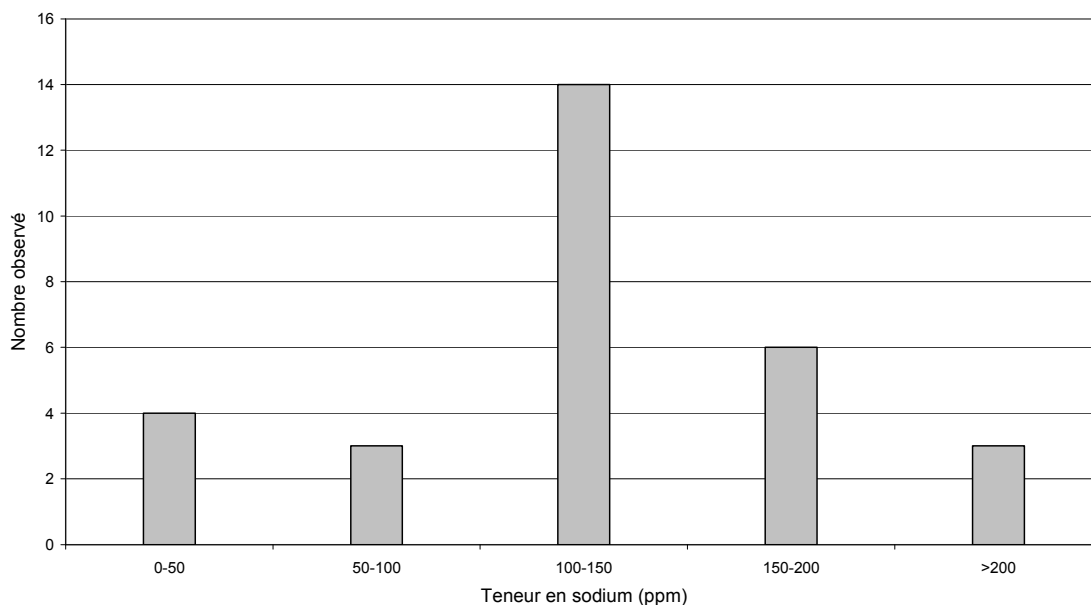
En conclusion, parmi les 29 analyses effectuées sur des appareils à résine :

- 22 (76%) adoucissent effectivement mais le réglage est fait de telle sorte que la dureté de l'eau à la sortie soit inférieure à 15°F. Parmi ceux-ci, 17 appareils sont réglés sur moins de 10°F.
- 3 (10%) n'adoucissent pas soit par manque de sel, soit à cause d'un dysfonctionnement de l'appareil ou d'une régénération en cours.
- 4 (14%) adoucissent avec une dureté résiduelle d'au moins 15°F. Trois d'entre eux entre 15 et 20°F et un à plus de 30°F.

On en conclut que le réglage de l'appareil est très souvent mal effectué. Cela n'est nullement surprenant étant donné que plus de 50% des propriétaires d'adoucisseurs ne connaissent pas le réglage de leur appareil.

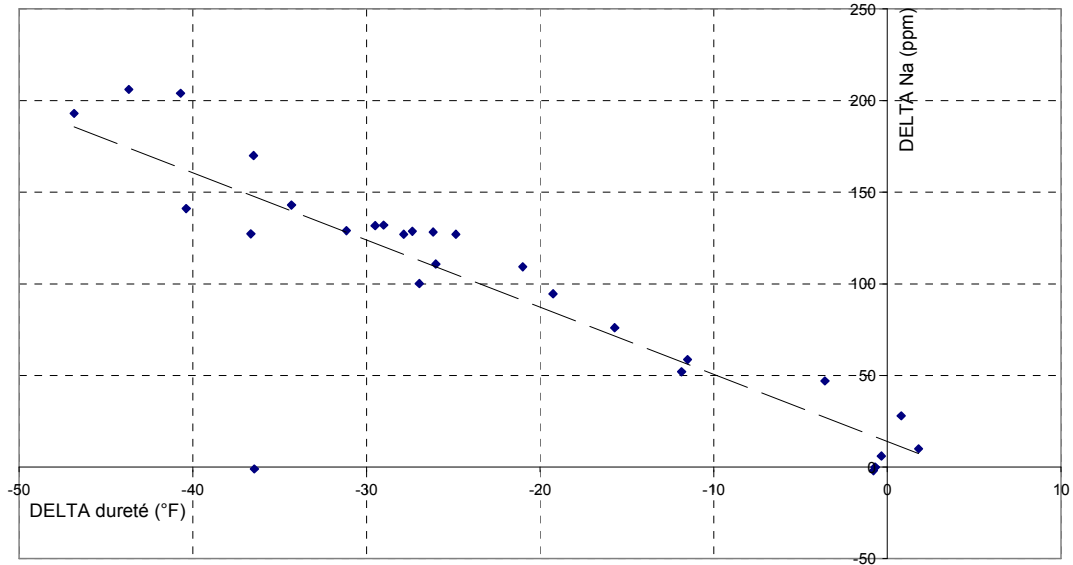
D'autre part ces résultats sont fort similaires à ceux établis par Test-Achats en 1995 (Test-achat n°373 – janvier 1995). Les mêmes résultats sont d'ailleurs observés en France (Que choisir n°293 – avril 1993).

L'autre élément intervenant dans l'échange ionique est le sodium dont la valeur indicative maximale est de 200 mg/l. Parmi les 30 analyses réalisées chez les particuliers, 3 dépassent cette valeur indicative. Cependant, la majorité des analyses après adoucissement montrent des teneurs comprises entre 100 et 150 mg/l.



**Graphique 4 : teneurs en sodium observées au robinet de la cuisine**

Il doit exister évidemment une relation directe entre l'importance de l'adoucissement et la teneur finale en sodium au robinet de la cuisine, un ion divalent étant en principe échangé au profit de deux ions monovalents. Pour le montrer, nous avons porté en nuage de points l'augmentation de la teneur en sodium selon la différence de dureté de l'eau entre le compteur et le robinet de la cuisine. On peut clairement observer une relation linéaire et négative entre ces deux variables. Dans certains cas, l'adoucissement à lui seul apporte une quantité de sodium supérieure à 200 mg/l.



**Graphique 5 : relation entre l'adoucissement de l'eau et l'augmentation de la teneur en sodium**

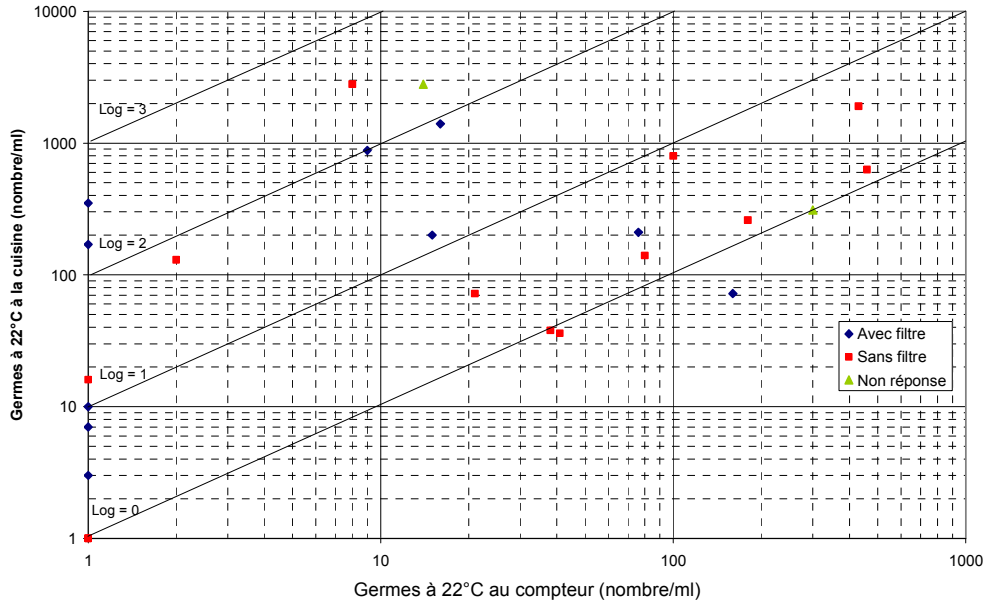
#### 4.3.2 Bactériologie

Pour l'analyse bactériologique, nous retirons des considérations qui suivent l'adoucisseur placé sur l'eau chaude, l'appareil magnétique ainsi que le logement pour lequel nous ne disposons que de valeurs au robinet de la cuisine. Nous disposons par conséquent d'un échantillon de 27 analyses sur l'eau froide.

	<b>Germes à 22°C - compteur</b>	<b>Germes à 22°C - cuisine</b>	<b>Germes à 37°C - compteur</b>	<b>Germes à 37°C - cuisine</b>
Minimum observé	0	0	0	0
Maximum observé	460	2800	430	2400
Médiane	14	140	0	48
Écart type	128	809	84	556

**Tableau 6 : qualité bactériologique de l'eau au compteur et à la cuisine**

Étant donné les processus exponentiels mis en jeu lors du développement bactérien, il est préférable de travailler en rapport (nombre au robinet de la cuisine / nombre au compteur). Cependant, comme dans certains cas, le nombre de bactéries au compteur est de 0. Pour le calcul des accroissements, nous remplaçons ces valeurs nulles par 1.



**Graphique 6<sup>1</sup> : développement des germes à 22°C entre le compteur et le robinet d'eau froide**

Le graphique ci-dessus montre clairement que dans quasiment tous les cas, il existe un nombre plus important de germes à 22°C au robinet d'eau froide de la cuisine qu'au compteur (peu de points sont proches de la diagonale  $\log = 0$ ).

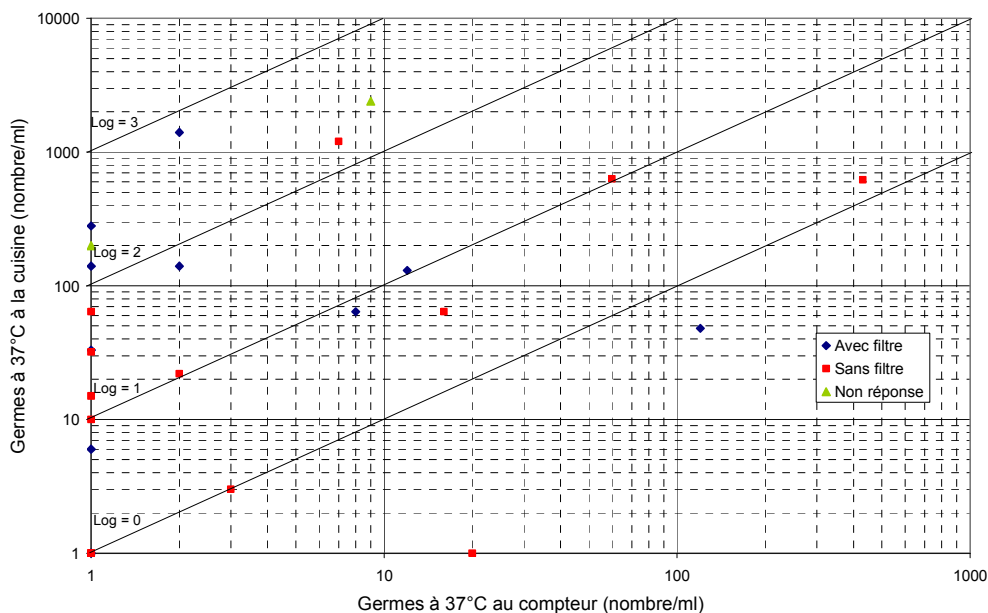
Le nombre de ces germes augmente donc sensiblement entre le compteur et le robinet de la cuisine. Il est évident que le développement bactérien existe de toute façon au cours du trajet de l'eau dans l'habitation. Néanmoins, il est ici tellement important qu'il ne peut pas être indépendant de la présence de l'adoucisseur et du filtre.

Le nombre de bactéries présentes après une incubation à 37°C est lui aussi en augmentation au robinet de la cuisine par rapport au compteur.

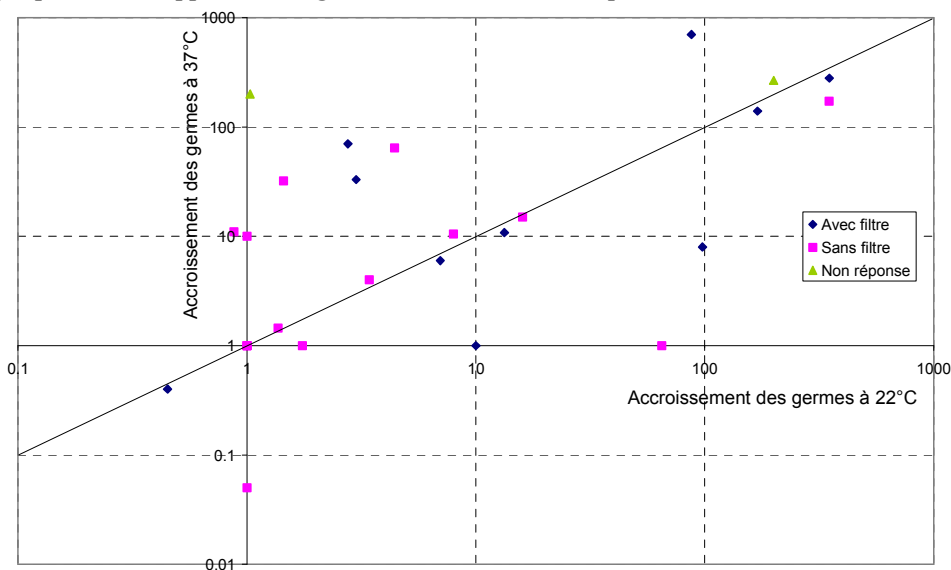
Le Graphique 8 compare les accroissements des germes à 37°C et des germes à 22°C. Parmi les 27 points du graphique, 15 se situent à proximité immédiate de la diagonale équivalente à un accroissement identique à 22°C et à 37°C. Quatre points se situent sous cette droite indiquant une augmentation plus faible des colonies à 37°C qu'à 22°C. Au contraire, 8 points se situent au-dessus de cette droite indiquant un accroissement plus élevé du nombre de bactéries à 37°C qu'à 22°C.

Nous avons voulu vérifier l'effet de la présence d'un filtre sur la dégradation de la qualité de l'eau. Les résultats sont fournis dans le Tableau 7.

<sup>1</sup> Ce graphique est établi avec une échelle logarithmique tant en abscisses qu'en ordonnées. Les diagonales représentent les droites joignant les points équivalents à des accroissements identiques ( $\log = 0 \rightarrow$  non développement,  $\log = 1 \rightarrow$  multiplication par 10, ...).



Graphique 7 : développement des germes à 37°C entre le compteur et le robinet d'eau froide



Graphique 8 : comparaison de l'accroissement des germes à 22°C et l'accroissement des germes à 37°C

	Sans filtre	Avec filtre	Global
Rapport médian cuisine/compteur germes à 22°C	1.4	11.7	3.43
Rapport médian cuisine/compteur germes à 37°C	4	21.9	10.5
Rapport minimum 22°C	0.88	0.45	0.45
Rapport maximum 22°C	350	350	350
Rapport minimum 37°C	0.05	0.4	0.05
Rapport maximum 37°C	171	700	700

Tableau 7 : développement bactérien entre le compteur et la cuisine suivant la présence ou non d'un filtre

Clairement, la présence d'un filtre tend à favoriser le développement bactérien tant à 22°C qu'à 37°C.

Il est à noter que dans le cas du logement équipé d'un appareil magnétique ou dans le cas du logement pour lequel l'adoucisseur est placé sur l'eau chaude, le nombre de bactéries recensées tant à 22°C qu'à 37°C est nul.

Nous ne disposons pas d'une caractérisation des germes qui se développent au cours du passage dans un filtre et dans un adoucisseur. Nous avons juste essayé de quantifier le développement qui s'y produit. Il est clair qu'une identification des genres ou des espèces présentes pourrait fournir des informations utiles sur le caractère pathogène ou non de ce développement bactérien.

Il apparaît donc clairement qu'il y a une recroissance bactérienne suite au passage de l'eau dans l'adoucisseur et le filtre éventuellement présent.

#### 4.3.3 Métaux

Pour le calcul des moyennes, nous remplaçons systématiquement les valeurs observées sous la limite de quantification par la valeur de cette limite. Si la limite de quantification est de 1 ppb, la valeur est alors mise à 0<sup>2</sup>. Nous avons exclu de l'analyse qui suit les valeurs incohérentes, la valeur sur l'eau chaude et l'appareil magnétique (la base est donc de 27 analyses).

Métal	Moyenne au compteur (µg/l)	Médiane au compteur (µg/l)	Moyenne cuisine (µg/l)	Médiane cuisine (µg/l)
Fer	82	75	83	75
Cuivre	53	34.5	68	35.5
Plomb	7	5	7	5
Nickel	9	5	13	5
Chrome	1	0	1	0
Zinc	90	58.5	413	155

**Tableau 8 : comparaison des teneurs en métaux des eaux prélevées au compteur et au robinet d'eau froide de la cuisine**

Étant donné la méthode d'échantillonnage utilisée, la méthode du temps aléatoire, nous ne pouvons pas traiter les cas individuels. Seule la tendance globale peut être étudiée.

La tendance qui est mesurée par le biais de la moyenne et de la médiane des valeurs observées semble aller dans le sens d'une neutralité de l'eau après adoucissement.

On peut juste remarquer une augmentation de la concentration en cuivre et en zinc, ce qui apparaît couramment au cours d'un trajet de l'eau dans l'habitation.

Nous n'avons donc pas clairement pu mettre en évidence de phénomène de corrosion au cours de cette campagne d'analyses. Cela peut être dû soit au faible nombre d'analyses, soit à l'hétérogénéité des types de canalisations présentes (PER, galvanisé, plomb, cuivre, ...).

<sup>2</sup> La valeur la plus probable dans une telle situation est la moitié de la limite de quantification. Un test effectué en considérant cette valeur a été réalisé et a montré que le choix de l'une ou de l'autre méthode joue de manière marginale sur les valeurs moyennes et médianes énoncées dans le tableau 8.

#### 4.3.4 Paramètres physico-chimiques

Paramètre	Minimum observé	Maximum observé	Moyenne	Ecart-type
pH – compteur	6.95	7.90	7.57	0.23
pH – cuisine	7.30	8.05	7.58	0.20
Température compteur (°C)	11.0	16.0	14.4	1.37
Température cuisine (°C)	11.5	18.5	15.8	1.82
Conductivité compteur (µS/cm)	661	935	794	109
Conductivité cuisine (µS/cm)	673	957	808	113

**Tableau 9 : caractérisation du pH, de la température et de la conductivité au compteur et au robinet d'eau froide de la cuisine**

Ces paramètres ne sont pas influencés par le passage au travers d'un adoucisseur. La conductivité reste constante, de même que le pH. Quant à la température, elle n'est évidemment pas dépendante de l'adoucisseur mais surtout du trajet de l'eau dans l'habitation.

#### 4.3.5 Paramètres organoleptiques

Tous les échantillons relevés sont à la fois inodores et de couleur normale tant au compteur qu'au robinet de la cuisine.

#### 4.4 Comparaison du nombre de non-conformités au compteur et au robinet de la cuisine

Paramètre	Au compteur	Au robinet de la cuisine	Caractéristique
Dureté	0	22	Valeur impérative
Cuivre	0	0	Valeur impérative
Plomb	1	1	Valeur impérative
Nickel	3	3	Valeur impérative
Chrome	0	0	Valeur impérative
pH	0	0	Valeur impérative
Sodium	0	3	Valeur indicative
Fer	0	0	Valeur indicative
Zinc	0	0	Valeur indicative
Température	0	0	Valeur indicative
Conductivité	0	0	Valeur indicative
<b>Global</b>	<b>4</b>	<b>23</b>	

**Tableau 10 : caractérisation des non-conformités observées au compteur et au robinet de la cuisine**

Le tableau est sans appel. On observe 4 non-conformités au compteur. Les contrôles ultérieurs de la CILE n'ont confirmé qu'une seule de ces non-conformités. On observe 23 non-conformités sur 29 analyses au robinet de la cuisine (parmi lesquelles 28 sur eaux froides et 1 sur eau chaude), les non conformités étant principalement dues à un adoucissement trop important.

## **5. Conclusions sur l'effet des adoucisseurs d'eau**

Les analyses qui ont été effectuées confirment les craintes. Les duretés résiduelles sont dans la très grande majorité des cas inférieures à 15°F. En parallèle, la concentration en sodium augmente de manière importante parfois jusqu'à dépasser la norme indicative de 200 mg/l.

Certains adoucisseurs ne fonctionnent pas. Soit parce que le bac à sel est vide, soit à cause d'un dysfonctionnement de l'appareil.

Il ne semble pas y avoir d'effet des adoucisseurs sur les concentrations en métaux. Les augmentations de concentration en cuivre et en zinc sont des augmentations classiques dans les conduits internes d'eau dans les habitations.

Le développement bactérien est important et il concerne tant les germes à 22°C qu'à 37°C.

Les rapports d'accroissements de bactéries peuvent parfois être de 1 à 500.

Il n'y a pas eu d'effet de l'adoucissement de l'eau sur la couleur ou l'odeur de l'eau, ni sur ses paramètres physico-chimiques (pH et conductivité).

## **6. Pistes de recherche**

Les résultats décrits ci-dessus mériteraient d'être complétés par des recherches supplémentaires. Il nous semble bon de recommencer les mêmes analyses sur un autre réseau avec une composition d'eau différente.

Lorsque le développement bactérien est très important, la recherche de bactéries pathogènes devrait être envisagée.

Pour ce qui est des métaux, une description des installations est nécessaire pour pouvoir interpréter les résultats correctement.

## **7. Bibliographie**

Elfström Broo A., Berghult B. and Hedberg T. (1997), *Copper corrosion in drinking water distribution systems – the influence of water quality*, Corrosion Science vol.39 n°6 pp.1119 – 1132

Eurogroup Consulting (2003), *Étude sur l'opportunité d'inclure quatre paramètres au sein de l'arrêté du Gouvernement wallon relatif aux valeurs paramétriques applicables aux eaux destinées à la consommation humaine – Rapport final 17 décembre 2003*. Ministère de l'Aménagement du Territoire, de l'Urbanisme et de l'Environnement.

Hamsch B., Sacré C., Wagner I. (2004), *heterotrophic plate count and consumer's health under special consideration of water softeners*, Internal Journal of Food Microbiology n°92 (2004) pp. 365 – 373

Legrand L., Leroy P. (1994), *Prévention de la corrosion et de l'entartrage dans les réseaux de distribution d'eau*, CIFEC, Neuilly-sur-Seine

Parksons S.A. (2000), *the effect of domestic ion-exchange water softeners on the microbiological quality of drinking water*, Water Research vol.34 n°8 pp. 2369 – 2375

Que choisir (1993), *Gare à l'eau non potable*, Que choisir n°293 – avril 1993.

Sander A., Berghult B., Elfström Broo A., Lind Johansson E. and Hedberg T. (1996), *Iron corrosion in drinking water distribution systems – the effect of pH, calcium and hydrogen carbonate*, Corrosion Science vol.38 n°3 pp. 443 – 455

Test Achats (1995), *Adoucisseurs d'eau, toujours utiles ? Lesquels ?*, Test-Achats n°373 – janvier 1995 pp. 34 – 39

World Health Organisation, Sustainable Development and Healthy Environments (2002), *Heterotrophic Plate Count Measurement in Drinking Water Safety Management*, Report of an expert meeting – Geneva 24-25 April 2002-11-05.

## 8. Annexes – résultats d'analyses

n°	Logement	Point de prélèvement	Calcium mg/l	Magnésium mg/l	Sodium mg/l	Colonies à 22°C par ml	Colonies à 37°C par ml	Fer µg/l	Cuivre µg/l	Plomb µg/l	Nickel µg/l	Chrome µg/l	Zinc µg/l	pH	Température °C	Conductivité µS/cm	Odeur	Saveur
1	127	Avant adoucisseur	112	17.3	7.8	76	2	<100	51	6	<5	<1	270	7.60	11.0	709	inodore	normale
2		Cuisine (eau froide)	111	16.4	7.7	210	140	<100	89	<5	<5	<1	268	7.30	11.5	712	inodore	normale
3	85	Avant adoucisseur	111	17.4	143	100	60	<100	28	240	<5	<1	196	7.45	12.0	709	inodore	normale
4		Cuisine (eau froide)	<0.20	<0.05	142	800	630	<100	27	213	<5	<1	31	7.25	12.5	684	inodore	normale
5	179	Cuisine (eau froide)	19.7	2.6	171	1000	24	<100	61	24	<5	<1	296	7.35	13.0	720	inodore	normale
6	154	Avant adoucisseur	107	17.2	7.8	14	9	<100	37	<5	<5	<1	64	7.35	14.0	711	inodore	normale
7		Cuisine (eau froide)	26	3.8	108	2800	2400	<100	268	<5	<5	<1	212	7.40	15.0	719	inodore	normale
8	19	Avant adoucisseur	99	17.0	7.8	16	2	<100	<20	6	<5	<1	37	7.30	13.0	710	inodore	normale
9		Cuisine (eau froide)	38	5.5	117	1400	1400	<100	<20	8	13	<1	842	7.40	13.5	718	inodore	normale
10	45	Avant adoucisseur	114	16.7	8.8	430	<1	<75	26	<5	<5	<1	49	7.75	15.0	709	inodore	normale
11		Cuisine (eau froide)	0.58	0.1	136	1900	64	<75	<20	<5	<5	<1	<20	7.95	15.0	724	inodore	normale
12	12	Avant adoucisseur	151	14.8	16	8	7	<75	445	<5	<5	2	89	7.75	13.0	908	inodore	normale
13		Cuisine (eau froide)	110	11.6	68	2800	1200	92	80	<5	9	<1	323	7.45	15.0	922	inodore	normale
14	32	Avant adoucisseur	119	16.8	9.3	300	1	<75	39	<5	<5	<1	69	7.70	15.0	712	inodore	normale
15		Cuisine (eau froide)	27	3.8	141	310	200	<75	44	32	31	<1	3858	7.75	15.5	730	inodore	normale
16	181	Avant adoucisseur	37	3.2	129	180	<1	<75	74	8	<5	<1	78	7.85	16.0	935	inodore	normale
17		Cuisine (eau froide)	25	2.0	176	260	32	<75	51	<5	<5	<1	31	7.80	17.0	904	inodore	normale
18	87	Avant adoucisseur	112	16.4	8.2	80	3	<75	28	<5	28	<1	32	7.80	12.0	710	inodore	normale
19		Cuisine (eau froide)	31	4.9	119	140	3	<75	38	<5	124	<1	<20	8.05	12.5	713	inodore	normale
20	138	Avant adoucisseur	98	25.1	7	2	<1	<75	<20	<5	<5	<1	28	7.70	12.0	661	inodore	normale
21		Cuisine (eau froide)	16.4	3.6	136	130	<1	<75	<20	<5	<5	<1	52	7.75	12.5	673	inodore	normale
22	112	Avant adoucisseur	107	17.0	17.0	160	120	<75	41	9	<5	<1	174	7.80	16.0	694	inodore	normale
23		Cuisine (eau froide)	2.4	0.68	160	72	48	<75	107	<5	<5	<1	37	7.60	17.5	706	inodore	normale
24	15	Avant adoucisseur	135	15.6	18	41	2	<75	<20	<5	<5	2	<20	7.35	15.0	912	inodore	normale
25		Cuisine (eau froide)	135	14	16	36	22	<75	113	<5	<5	2	88	7.40	17.0	911	inodore	normale
26	39	Avant adoucisseur	135	15.5	16	<1	<1	<75	44	5	<5	2	129	7.45	13.5	906	inodore	normale
27		Cuisine (eau froide)	2.8	0.21	220	16	15	<75	<20	<5	<5	2	31	7.40	14.5	950	inodore	normale
28	79	Avant adoucisseur	162	16.3	18	<1	<1	<75	47	<5	<5	2	243	7.40	15.0	906	inodore	normale
29		Cuisine (eau froide)	6.0	0.65	211	170	140	99	136	11	<5	2	264	7.35	15.5	957	inodore	normale
30	5	Avant adoucisseur	139	16.0	17	<1	<1	<75	63	<5	<5	2	45	7.45	16.0	909	inodore	normale
31		Cuisine (eau froide)	124	22.8	23	7	6	122	33	<5	<5	2	281	7.50	18.5	903	inodore	normale

32	77	Avant adoucisseur	141	15.8	17	15	12	89	82	6	6	2	180	7.25	14.0	922	inodore	normale
33		Cuisine (eau froide)	8.1	1.5	158	200	130	<75	28	<5	<5	1	90	7.40	18.0	936	inodore	normale
34	3	Avant adoucisseur	53	5.8	109	38	20	<75	<20	<5	<5	2	44	7.40	15.0	911	inodore	normale
35		Cuisine (eau froide)	59	6.4	119	38	1	<75	203	<5	<5	2	132	7.50	17.5	925	inodore	normale
36	140	Avant adoucisseur	13.2	2.0	126	460	430	<75	<20	<5	14	<1	41	7.75	14.0	739	inodore	normale
37		Cuisine (eau froide)	15.8	2.3	154	630	620	<75	122	19	6	<1	178	7.60	15.5	736	inodore	normale
38	53	Avant adoucisseur	139	14.8	14	21	16	<75	35	<5	<5	4	80	7.75	15.0	845	inodore	normale
39		Cuisine (eau froide)	47	5.1	141	72	64	<75	128	17	<5	2	218	7.45	18.0	879	inodore	normale
40	78	Avant adoucisseur	144	16.0	16	9	8	<75	34	<5	47	3	55	7.35	15.0	913	inodore	normale
41		Cuisine (eau froide)	25	2.5	186	880	64	118	24	<5	<5	<1	961	7.60	17.0	956	inodore	normale
42	106	Avant adoucisseur	144	16.1	17	<1	<1	<75	48	<5	15	2	50	6.95	16.0	909	inodore	normal
43		Cuisine (eau froide)	1.2	0.14	223	350	280	<75	24	<5	9	2	39	7.50	16.0	946	inodore	normal
44	70	Avant adoucisseur	144	15.2	17	<1	<1	160	32	<5	21	3	34	7.55	15.0	907	inodore	normal
45		Cuisine (eau froide)	91	10.3	93	10	1	<75	29	<5	<5	2	93	7.55	15.5	915	inodore	normal
46	120	Avant adoucisseur	141	15.2	17	8	<1	<75	77	<5	<5	2	267	7.65	14.5	903	inodore	normal
47		Cuisine (eau froide)	138	15.3	17	<1	<1	<75	25	<5	<5	2	151	7.60	15.0	906	inodore	normal
48	160	Avant adoucisseur	136	11.6	15	7	<1	<75	<20	<5	<5	<1	70	7.90	15.0	865	inodore	normal
49		Cuisine ( <b>eau chaude</b> )	48	5.9	142	<1	<1	<75	27	<5	<5	<1	252	6.50	26.0	900	inodore	normal
50	117	Avant adoucisseur	89	24	7.3	<1	<1	<75	43	13	<5	<1	35	7.55	15.0	674	inodore	normal
51		Cuisine (eau froide)	17	5.3	136	<1	<1	<75	<20	<5	<5	<1	<20	7.45	17.5	687	inodore	normal
52	178	Avant adoucisseur	84	24	7.5	<1	<1	<75	20	26	10	<1	52	7.65	14.0	679	inodore	normal
53		Cuisine (eau froide)	35	10	102	<1	<1	<75	60	6	<5	<1	292	7.50	14.5	687	inodore	normal
54	71	Avant adoucisseur	87	25	7.3	<1	<1	<75	30	19	<5	<1	98	7.75	15.0	677	inodore	normal
55		Cuisine (eau froide)	31	30	66	<1	10	<75	31	<5	43	<1	1619	7.75	16.0	674	inodore	normal
56	27	Avant adoucisseur	94	24	8.0	<1	<1	<75	28	<5	<5	<1	62	7.90	16.0	680	inodore	normal
57		Cuisine (eau froide)	17	4.5	140	<1	<1	<75	30	<5	<5	<1	<20	7.90	17.0	701	inodore	normal
58	83	Avant adoucisseur	83	25	7.7	<1	<1	<75	<20	<5	<5	<1	269	7.70	13.0	693	inodore	normal
59		Cuisine (eau froide)	17	5.7	136	3	33	<75	<20	<5	<5	<1	758	7.75	16.0	710	inodore	normal