



ECOLE POLYTECHNIQUE UNIVERSITAIRE DE LILLE
USTL 59655 VILLENEUVE D'ASCQ CEDEX

**MASTÈRE SPÉCIALISÉ EN GÉNIE DE L'EAU
DE POLYTECH'LILLE
(Accrédité par la Conférence des Grandes Écoles)**

THESE PROFESSIONNELLE

**EVALUATION DES DISPOSITIFS DE DESINFECTION DES EAUX DISTRIBUEES
DANS LE BASSIN ARTOIS PICARDIE**

Audrey BLAREL
DESS Qualité et Gestion de l'Eau

Septembre 2005

RESUME

Les progrès observés à l'aube du XX^{ème} siècle sont à l'origine de l'apparition d'une étape de désinfection dans le traitement de l'eau avant que celle-ci soit distribuée aux consommateurs.

Différentes techniques sont utilisées pour désinfecter l'eau : les oxydants classiques tels que le chlore, l'eau de javel et le dioxyde de chlore, mais aussi l'ozone, le rayonnement UV et les membranes.

Dans le bassin Artois Picardie, la désinfection se fait de différentes façons. Certaines collectivités sont équipées de dispositifs de désinfection automatique et d'autres continuent à désinfecter manuellement en injectant des berlingots d'eau de javel avec une fréquence plus ou moins régulière.

Depuis 2001, l'Agence de l'Eau Artois Picardie propose une aide financière aux collectivités non encore équipées en dispositif de désinfection automatique. Quatre ans après le début de cette opération une étude est réalisée pour mieux connaître les collectivités ayant reçu une aide financière, pour savoir quelles méthodes de désinfection automatique elles ont choisies et pour évaluer leur efficacité.

L'étude montre que la campagne a été bénéfique puisque 80 578 habitants du bassin Artois Picardie sont nouvellement alimentés par une eau désinfectée. La majorité des dispositifs de désinfection automatique installés utilisent le chlore et ses dérivés : 57% le chlore gazeux, 37 % l'eau de javel et 4 % le dioxyde de chlore. Les résultats obtenus sont encourageant puisque le pourcentage de non-conformité aux analyses réglementaires de microbiologie a diminué.

Mots clés : désinfection, micro-organismes, eau potable, chlore, eau de javel, dioxyde de chlore, rayonnement UV, bassin Artois Picardie.

SUMMARY

The progresses observed at the dawn of the XXth century are at the origin of the apparition of disinfection in the water treatment.

Various techniques are used to disinfect water: traditional oxidants such as chlorine, javel water and the chlorine dioxide, but also ozone, radiation UV and membranes.

In the basin of Artois Picardie, disinfection is made by various ways. Some collectivities are equipped with automatic disinfection and others continue to disinfect manually by injecting javel water with a more or less regular frequency.

Since 2001, the Agence de l'Eau Artois Picardie proposes a financial assistance to the collectivities not yet equipped in automatic disinfection. Four years after the beginning of this operation, a study is carried out with a view to well known the communities who have received a financial assistance, to know which methods of automatic disinfection they choose and to evaluate their effectiveness.

The study shows that the operation was beneficial. 80 578 inhabitants of the basin Artois Picardie are recently delivered by a disinfected water. The majority of automatic disinfection installed use chlorine and its derivative: 57% chlorine gas, 37 % javel water and 4 % the chlorine dioxide.

The results obtained are encouraging. In fact, the percentage of no-conformity to the microbiology lawful analyses is decreasing.

Key words: disinfection, micro-organisms, drinking water, chlorine, javel water, chlorine dioxide, radiation UV, basin Artois Picardie.

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier Alain STREBELLE, Directeur de l'Agence de l'Eau Artois Picardie pour m'avoir accueillie au sein de son établissement.

Je remercie mes maîtres de stage, Francis PRUVOT, Directeur « Ressources et Milieux », et Daniel BERNARD, chef de mission « Eau potable », pour leurs aides, leurs conseils et le temps précieux qu'ils m'ont accordé.

Un grand merci à toute la mission eau potable, pour leur gentillesse et leurs précieux conseils.

Je tiens à remercier plus généralement l'ensemble du personnel de l'Agence de l'Eau Artois Picardie pour son accueil chaleureux.

Merci enfin à toutes les personnes qui ont accepté de me recevoir pour répondre à mes questions : M. Lejeune de la DDASS de la Somme, M. Ribreux de la DDASS du Pas de Calais, M. Audic technico-commercial pour la société CIR, ainsi qu'aux élus et agents des collectivités.

SOMMAIRE

RESUME	1
SUMMARY	1
REMERCIEMENTS	2
SOMMAIRE.....	3
INTRODUCTION.....	5
GENERALITES.....	6
1 LES MICRO-ORGANISMES DE L'EAU	6
1.1 Les micro-organismes eucaryotes.....	6
1.1.1 les algues	6
1.1.2 les protozoaires.....	6
1.1.3 les mycètes.....	6
1.1.4 les infections.....	6
1.2 Les micro-organismes procaryotes ou bactéries.....	6
1.3 Les virus.....	7
2 LE CONTROLE BACTERIOLOGIQUE	7
2.1 Les indicateurs de contamination.....	7
2.1.1 le dénombrement des microorganismes aérobies revivifiables	8
2.1.2 les coliformes.....	8
2.1.3 les streptocoques.....	8
2.1.4 les bactéries anaérobies sulfito-réductrices.....	8
2.2 Aspect réglementaire.....	9
3 LA DESINFECTION.....	9
3.1 Principes généraux de la désinfection.....	9
3.2 La désinfection en France.....	10
3.3 La re-chloration sur réseaux.....	12
PRESENTATION DES DIFFERENTES METHODES DE DESINFECTION DISPONIBLES SUR LE MARCHÉ FRANÇAIS.....	13
1 DESINFECTION AU CHLORE GAZEUX	13
1.1 Principe.....	13
1.2 Mise en œuvre	15
2 DESINFECTION AVEC LES HYPOCHLORITES	16
2.1 Principe.....	16
2.2 Mise en œuvre	17
3 DESINFECTION AU DIOXYDE DE CHLORE.....	17
3.1 Principe.....	17
3.2 Mise en œuvre	18
4 DESINFECTION PAR RAYONNEMENT ULTRA VIOLET	18
4.1 Principe.....	18
4.2 Mise en œuvre	19
5 DESINFECTION A L'OZONE.....	19
5.1 Principe.....	19
5.2 Mise en œuvre	21
6 DESINFECTION PAR LES PROCÉDES MEMBRANAIRES.....	21
6.1 Principe.....	21
6.2 Mise en œuvre	21
7 AVANTAGES ET INCONVENIENTS DES DIFFÉRENTES TECHNIQUES DE DESINFECTION	22
ETUDE SUR LE BASSIN ARTOIS PICARDIE	23
1 METHODOLOGIE	23
2 ETAT DES LIEUX	24
2.1 Situation	24
2.2 Collectivités concernées par l'étude	25
2.2.1 Mode de gestion.....	25

2.2.2	Coordonnées	25
2.2.3	Population concernée	27
2.3	<i>Choix du matériel de désinfection</i>	28
2.3.1	Généralités	28
2.3.2	Les méthodes de désinfection utilisées	28
2.3.3	Critères de choix de la méthode de désinfection	30
2.3.4	Fournisseur / Installateur	33
2.4	<i>Exploitation de la station de pompage</i>	33
2.5	<i>Utilisation du matériel de désinfection</i>	35
2.5.1	L'entretien	35
2.5.2	Dysfonctionnements	37
2.6	<i>Suivi de l'utilisation des réactifs</i>	38
2.6.1	Pour l'eau de javel	38
2.6.2	Pour le chlore gazeux	40
2.7	<i>Contrôle analytique, qualité de l'eau</i>	43
2.7.1	Bilan analytique des analyses réalisées par les DDASS	43
2.7.2	Autosurveillance	46
2.8	<i>Sécurité</i>	48
2.8.1	Télésurveillance	48
2.8.2	Sécurité des personnes	48
2.9	<i>Consommateur</i>	49
3	PRECONISATIONS	49
CONCLUSION		51
TABLE DES ILLUSTRATIONS		52
1	TABLE DES FIGURES	52
2	TABLE DES GRAPHIQUES	52
3	TABLE DES TABLEAUX	53
BIBLIOGRAPHIE		54
ANNEXES		55

INTRODUCTION

Du moyen âge au XIX^{ème} siècle, la distribution de l'eau en France est uniquement assurée par les fontaines publiques et les porteurs d'eau. Dès le début du XIX^{ème} siècle, les progrès de la technique dans le domaine de l'élévation de l'eau, de la fabrication et de la pose de tuyauteries métalliques, l'augmentation du niveau de vie et le désir d'un confort accru ont fait se développer les réseaux de distribution d'eau, supposée potable, à domicile. Mais à la même époque, la peste, le choléra, la fièvre typhoïde font des victimes. Il fallut attendre Pasteur, puis Koch et Eberth (1876) pour que les agents causals de ces infections soient identifiés. C'est à cette même période, peu après le milieu du XIX^{ème} siècle, qu'on a commencé à produire du chlore élémentaire.

La combinaison de ces trois circonstances : diffusion de la distribution de l'eau à domicile, acquisition et développement de la microbiologie, progrès dans la fabrication du chlore et des autres oxydants sont les éléments essentiels du progrès de l'hygiène hydrique à l'aube du XX^{ème} siècle.

Dans le bassin Artois Picardie, la désinfection se fait de différentes façons. Certaines collectivités sont équipées de dispositifs de désinfection automatique et d'autres continuent à désinfecter manuellement en injectant des berlingots d'eau de javel avec une fréquence plus ou moins régulière.

Suite aux inondations de la Somme en 2001, une proposition de soutien financier s'est mise en place sous la forme d'un contrat de plan Etat-Région. L'Agence de l'Eau s'est alors associée au financement de dispositifs de désinfection automatique pour les collectivités non encore équipées.

L'Agence de l'Eau souhaite connaître l'efficacité de cette campagne d'équipement et réalise cette étude pour évaluer les dispositifs de désinfection des eaux distribuées dans le bassin Artois Picardie. Le but étant de mieux connaître les collectivités ayant reçu une aide financière, de savoir quelles méthodes de désinfection automatique elles ont choisies et d'évaluer leur efficacité. Pour réaliser cela, un questionnaire a été envoyé à toutes les collectivités qui ont reçu une aide financière pour s'équiper en désinfection automatique. Un entretien a ensuite eu lieu avec les collectivités pour compléter les questionnaires et visiter le captage d'eau potable. Les services des DDASS ont également été sollicités pour récupérer les résultats des analyses réglementaires en microbiologie et sur la quantité de chlore. L'étape finale a consisté en l'exploitation de toutes ces données et en la rédaction de ce rapport.

Dans ce rapport seront présentés des généralités, les différentes méthodes de désinfection disponibles sur le marché français et l'étude réalisée sur le bassin Artois Picardie.

GENERALITES

1 LES MICRO-ORGANISMES DE L'EAU

On distingue trois catégories de micro-organismes présentes dans l'eau :

- les micro-organismes eucaryotes¹
 - o Algues
 - o Protozoaires
 - o Mycètes
- les micro-organismes procaryotes² ou bactéries
- les virus

1.1 Les micro-organismes eucaryotes

1.1.1 les algues

Les algues sont des organismes photosynthétiques, très abondants sur toute la surface de la terre. Elles colonisent les eaux douces et marines et constituent le phytoplancton dans les zones proches de la surface. Comme tous les végétaux chlorophylliens, elles appartiennent au groupe des producteurs, car elles produisent de l'oxygène et des composés organiques. C'est la raison pour laquelle elles sont très souvent le point de départ de chaînes alimentaires.

1.1.2 les protozoaires

Les protozoaires constituent un groupe très hétérogène d'organismes eucaryotes. Contrairement aux algues, ils ne sont pas photosynthétiques et sont dépourvus de membranes cellulaires. Ils se nourrissent de particules organiques en suspension ou de cellules bactériennes par phagocytoses ou par des vacuoles digestives. Ils sont toujours unicellulaires et mobiles. La plupart des protozoaires vivent en milieu aquatique. Quelques espèces sont parasites de l'homme. A ce titre, il faut citer les *Amibes*, les *Giardia* et les *Cryptosporidium*, qui peuvent être transmis à l'homme par l'intermédiaire de l'eau d'alimentation, et provoquer des infections épidermiques.

1.1.3 les mycètes

Ils sont caractérisés par une organisation biologique nettement distincte de celles des algues et des protozoaires. Dépourvus de pigments chlorophylliens, ils sont incapables d'effectuer la photosynthèse comme les algues, et tirent leur énergie de l'oxydation de composés chimiques organiques. Ils sont dépourvus d'organe de locomotion et possèdent une paroi cellulaire composée de cellulose ou de chitine, ce qui les différencie des protozoaires. Ils végètent le plus souvent dans les milieux extérieurs à l'homme, sur la matière organique en décomposition. On les appelle alors des saprophytes. Ils peuvent aussi parasiter un hôte (organisme vivant qui héberge un parasite), chez l'homme certaines espèces sont pathogènes.

1.1.4 les infections

Les infections provoquées par des micro-organismes eucaryotes sont essentiellement liées à la présence de protozoaires dans l'eau, notamment *Giardia* et *Cryptosporidium*. Ces micro-organismes provoquent donc des cas de giardiose (gastro-entérite) et des cas de cryptosporidiose (diarrhée).

1.2 Les micro-organismes procaryotes ou bactéries

Les bactéries sont les plus petits organismes connus. Elles sont douées de métabolisme et sont capables de croître et de se diviser aux dépens de substances nutritives.

¹ Se dit des espèces vivantes dont la ou les cellules ont une membrane nucléaire séparant le noyau du cytoplasme

² Micro-organisme généralement unicellulaire dont la cellule, très petite, est dépourvue d'organites et de noyau

Les principales bactéries responsables d'infection d'origine hydrique sont :

- *Salmonella* : responsable de la fièvre typhoïde, des gastro-entérites aiguës et des septicémies.
- *Shigella* : certaines souches sont pathogènes et responsables de la dysenterie bacillaire et des infections diarrhéiques.
- *Escherichia coli* : responsable d'infections intestinales (gastro-entérite et diarrhée).
- *Yersinia enterocolitica* : responsable de gastro-entérites.
- *Vibrio cholerae* : responsable du choléra caractérisé par une diarrhée et une déshydratation extrême.
- *Campylobacter jejuni* : responsable de gastro-entérite.
- *Legionella* : responsable de la légionellose caractérisée par une pneumopathie accompagnée de signes évocateurs, digestifs, neurologiques (agitations, hallucinations,...)

1.3 Les virus

Les virus se distinguent des organismes eucaryotes ou procaryotes, par leur structure non cellulaire. On les appelle des acaryotes.

Les infections liées aux virus sont les hépatites et les gastro-entérites virales. Seules les formes A et E de l'hépatite sont dues à une contamination par voie digestive (les autres formes étant liées à une contamination parentérale). Ces infections sont la conséquence d'une contamination de l'eau de boisson par une pollution d'origine fécale. Les gastro-entérites sont provoquées par des virus tels que les *Rotavirus* et le *virus de Norwalk*, mais aussi les *Astrovirus*, les *Coronavirus*, les *Calcivirus*, les *Entérovirus*, les *Adénovirus* et les *Réovirus*.

2 LE CONTROLE BACTERIOLOGIQUE

2.1 Les indicateurs de contamination

L'eau destinée à l'alimentation humaine peut donc contenir des micro-organismes pathogènes. Pour être potable, c'est-à-dire ne pas nuire à la santé des consommateurs, l'eau doit être exempte d'agents pathogènes.

La grande majorité de ces micro-organismes nocifs diffuse dans l'environnement aquatique par l'intermédiaire des souillures fécales humaines ou animales. L'analyse bactériologique consiste donc à rechercher et à dénombrer certaines espèces, ou groupes de bactéries, les plus représentatives d'une telle contamination. On parle d'indicateurs de contamination fécale. On les appelle aussi indicateur de traitement puisqu'ils permettent de vérifier l'efficacité du traitement de désinfection. Or la chloration n'est pas efficace vis-à-vis des virus et de la plupart des parasites comme les *Giardia* et les *Cryptosporidium* qui forme une enveloppe protectrice imperméable qui résiste au chlore. C'est pourquoi ces microorganismes ne peuvent constituer des indicateurs précis pour évaluer l'efficacité du traitement de désinfection. On comprend également pourquoi on parle de désinfection et non de stérilisation, puisque tous les microorganismes ne sont pas éliminés de l'eau.

On dénombre alors quatre indicateurs de contamination fécale de la catégorie des bactéries, ce sont :

- le dénombrement des microorganismes aérobies revivifiables
- les coliformes
- les streptocoques fécaux
- les bactéries anaérobies sulfito-réductrices

2.1.1 le dénombrement des microorganismes aérobies revivifiables

Le dénombrement des microorganismes aérobies revivifiables s'effectue par comptage des colonies, après inoculation d'une quantité définie de l'échantillon, dans un milieu de culture gélosé. On distingue deux catégories fondamentales de bactéries sur le plan de l'hygiène : les germes saprophytes (qui se développe à 20°C) et les germes dit pathogènes (qui se multiplie à 37°C). Cette distinction provient du fait, qu'à 20°C on favorise le développement des germes spécifiques de l'eau, et qu'à 37°C on sélectionne les microorganismes provenant de l'homme ou des animaux à sang chauds. Il ne s'agit donc pas de germes pathogènes proprement dit, mais plus exactement de bactéries hébergées par l'homme ou l'animal. Il convient de rester prudent sur cette distinction théorique, car de nombreux germes considérés comme saprophytes sont capables de se développer à 37°C et au delà. C'est le cas notamment de *Bacillus*, *Pseudomonas*.

2.1.2 les coliformes

Le terme de « coliforme thermotolérant » se rapporte au coliforme ayant les mêmes propriétés à 44°C. Celui de « *E.Coli* présumé » concerne les coliformes thermotolérants qui produisent de l'indol à 44°C à partir du tryptophane. Enfin *E.Coli* est un *E.Coli* présumé qui réagit à des tests spécifiques.

Actuellement, on peut distinguer deux catégories de coliformes d'origine et d'habitat différents. La première est celle de coliformes d'origine fécale. Elle comporte des espèces rencontrées habituellement dans les matières fécales humaines ou animales, les eaux usées, les eaux de surfaces polluées. La seconde catégorie correspond à des espèces nouvelles qui proviennent uniquement des eaux d'alimentation potable et de sols incultes. Elles sont souvent confondues avec les espèces indicatrices d'une pollution fécale.

Il est donc nécessaire de rechercher les « bons » coliformes, ceux d'origines fécales. On comprend donc bien que la notion de coliformes totaux donne une indication à pouvoir signifiant nul. On préférera donc la recherche des coliformes thermotolérants ou de *E.Coli*, qui donne une indication à pouvoir signifiant élevé.

2.1.3 les streptocoques

On distingue deux genres de streptocoques : *Streptococcus* et *Enterococcus*. Les espèces d'origines fécales appartiennent majoritairement au groupe *Enterococcus*, mais quelques unes appartiennent au groupe *Streptococcus*. Il n'est donc pas évident de rechercher uniquement les « bons » streptocoques, ceux d'origines fécales.

On définit bien souvent les streptocoques fécaux en recherchant les entérocoques.

2.1.4 les bactéries anaérobies sulfite-réductrices

On classe dans les bactéries anaérobies sulfite-réductrices, les bactéries qui ont en commun la réduction du sulfite de sodium en sulfure. Le mode opératoire utilisé permet la mise en évidence des bactéries sous formes sporulées (et non sous formes végétatives). Selon les cas, on recherchera les spores de bactéries anaérobies sulfite-réductrices ou, les spores de *Clostridium* sulfite-réducteurs ou, les *Clostridium perfringens*.

Clostridium perfringens est un germe présent dans les matières fécales mais pas seulement, on le trouve également dans le sol, les boues, les vases, les eaux superficielles... Il n'est donc pas considéré comme un germe spécifiquement d'origine fécale.

2.2 Aspect réglementaire

Le principal texte de loi français qui fixe les limites de qualité de l'eau destinée à la consommation humaine est le décret 2001-1220 du 20 décembre 2001 pris en l'application de la directive européenne 98/83/CE du 3 novembre 1998 dont les limites de qualité définies en annexes sont applicables à compter du 25 décembre 2003.

Le décret prévoit l'analyse et le suivi de deux paramètres en microbiologie : l'analyse d'un coliforme : *E.Coli* et l'analyse de streptocoques : les entérocoques. Le décret n°2001-1220 du 20 décembre 2001 relatif aux eaux destinées à la consommation humaine impose dans son annexe I-1 le respect des limites suivantes pour les eaux de distribution :

	Valeurs limites
Escherichia coli	0/100mL
Entérocoques	0/100mL

Tableau 1 : Limites de qualités pour une eaux destinées à la consommation humaines

Le décret n°2001-1220 du 20 décembre 2001 relatif aux eaux destinées à la consommation humaine fixe également des références de qualité, témoins du fonctionnement des installations de production et de distribution d'eau. Ces valeurs sont données dans l'annexe I-2, ce sont :

	Valeurs guides
Bactéries coliformes	0/100mL
Bactéries sulfito-réductrices (pour les eaux d'origine superficielles)	0/100mL
Numération de germes aérobies revivifiables à 22°C et à 37°C	Variation dans un rapport de 10 par rapport à la valeur habituelle

Tableau 2 : Références de qualités pour une eaux destinées à la consommation humaines

3 LA DESINFECTION

Pour un respect des textes législatifs, il est donc nécessaire de procéder à une désinfection de l'eau produite pour qu'elle réponde aux critères de potabilité.

3.1 Principes généraux de la désinfection

Les bactéries sont plus sensibles aux oxydants que les virus, lesquels sont moins résistants que les kystes de protozoaires pathogènes, comme *Giardia* ou *Cryptosporidium*.

Une désinfection est considérée comme efficace lorsqu'un résiduel d'oxydant (C) est maintenu pendant une durée (T) sur l'eau à traiter. Cette notion est traduite par l'utilisation du critère CT (en min.mg.L⁻¹).

Pour contrôler la désinfection, il est donc pris de plus en plus comme référence la valeur du CT correspondant à l'inactivation des kystes de *Giardia lamblia*, un des germes les plus résistant.

La loi de Chick et Watson (1908) définit la vitesse d'inactivation des germes par les oxydants, elle est défini par la formule mathématique suivante :

$$dN/dt = - k \cdot C^n$$

Avec :

N : nombre de germes

C : concentration du désinfectant

k : coefficient de létalité de l'espèce (suivant la loi d'Arrhénius)

k = A exp(-E/R * température)

ou E/R est le facteur d'inactivation et A la constante d'Arrhénius à 20°C

n : ordre de la réaction

En introduisant le concept de CT, en considérant que $n=1$, la loi cinétique des germes s'écrit alors :

$$\text{Log}(N/N_0) = kCT$$

Avec :

N_0 : nombre de germes à l'instant $t = 0$

T : temps de contact

Dans ce cas, cela signifie que l'inactivation des germes est directement proportionnelle au CT.

Pour un désinfectant donné, le CT nécessaire pour l'inactivation de n logarithme de germes dépendra du micro-organisme cible, ainsi que de la température et du pH.

Le tableau suivant donne un ordre de grandeur des valeurs de CT classiquement mis en œuvre pour la désinfection par oxydation (*source* : <http://pravarini.free.fr>) :

	Chlore	Dioxyde de chlore	Ozone
Conditions bactéricides	0,1 à 0,2 mg/L pendant 10 à 15 min	0,1 à 0,2 mg/L pendant 5 à 10 min	0,1 à 0,2 mg/L pendant 5 à 10 min
Conditions virulicides	0,3 à 0,5 mg/L pendant 30 à 45 min	0,3 à 0,5 mg/L pendant 30 min	0,3 à 0,5 mg/L pendant 4 min

Tableau 3 : Valeurs des CT pour assurer la désinfection

3.2 La désinfection en France

L'eau produite dans les stations de traitement d'eau potable n'est jamais stérile. C'est d'ailleurs pourquoi on parle de désinfection et non de stérilisation.

L'usine de production d'eau potable doit éliminer la plus grande partie des germes présents dans l'eau brute et notamment tout ceux qui sont pathogènes. La désinfection s'appuie donc sur l'élimination des germes tests, indicateurs de pollution fécale.

Pour réaliser la désinfection il existe deux méthodes :

- la désinfection chimique, à l'aide d'oxydant tel que le chlore, le dioxyde de chlore, l'ozone ;
- la désinfection physique, par radiation ultraviolette ou par filtration sur membranes.

Les différentes techniques de désinfection en France sont réparties selon le débit et l'origine de l'eau brute comme suit (*source* : *hydroplus n° 145 – juillet-août 2004*) :

- pour une eau d'origine souterraine :

Débit (en m ³ /j)	<300	300-1000	1000-5000	5000-10000	>10000
Chlore gazeux	34,8%	67,7%	71,3%	61,5%	61,8%
Hypochlorites	47,3%	21,7%	10%	1%	1,5%
Dioxyde de chlore	1,5%	4,4%	13,6%	25%	17,6%
Ozone	0,1%	0,5%	3,1%	8,7%	19,1%
Ultrafiltration	0,6%	0,9%	0,5%	0%	0%
Ultraviolets	15,4%	4,6%	1,2%	3,8%	0%

Tableau 4 : Techniques de désinfection utilisées en fonction du débit à traiter en France pour une eau d'origine souterraine

- pour une eau d'origine superficielle :

Débit (en m ³ /j)	<300	300-1000	1000-5000	5000-10000	>10000
Chlore gazeux	36,7%	53,1%	41,6%	36,7%	29%
Hypochlorites	36,2%	7,5%	4,9%	8,3%	8,6%
Dioxyde de chlore	5,9%	10,2%	20,8%	16,7%	18,3%
Ozone	6,9%	24,5%	31,4%	38,3%	43%
Ultrafiltration	0%	1,4%	0,4%	0%	0%
Ultraviolets	13,8%	1,4%	0%	0%	0%

Tableau 5 : Techniques de désinfection utilisées en fonction du débit à traiter en France pour une eau d'origine superficielle

Ces données traduisent le fait que l'utilisation du chlore est majoritaire en France. Le chlore gazeux est utilisé quel que soit le débit et l'origine de l'eau à traiter. En revanche, les hypochlorites sont utilisés pour des petits débits et le dioxyde de chlore plutôt pour les gros débits sans distinction particulière de l'origine de l'eau à traiter.

L'ozone est quant à lui utilisé dans le cas d'une eau d'origine souterraine et pour les gros débits.

L'utilisation des ultraviolets en désinfection se fait essentiellement à bas débits pour les eaux d'origine souterraines comme pour les eaux d'origine superficielles.

Enfin, notons que l'usage des techniques membranaires reste marginal dans notre pays.

Les composés chlorés possèdent l'avantage d'être rémanent, ils assurent donc une désinfection tout au long du réseau. C'est pourquoi, bien souvent les collectivités qui utilisent les autres techniques de désinfection, désinfectent au chlore gazeux ou à l'eau de javel avant d'envoyer l'eau potable dans le réseau de distribution.

La désinfection permet d'assurer la distribution d'une eau de bonne qualité microbiologique. Les résultats obtenus dans la région Nord Pas de Calais sont représentés sur la figure 1 :

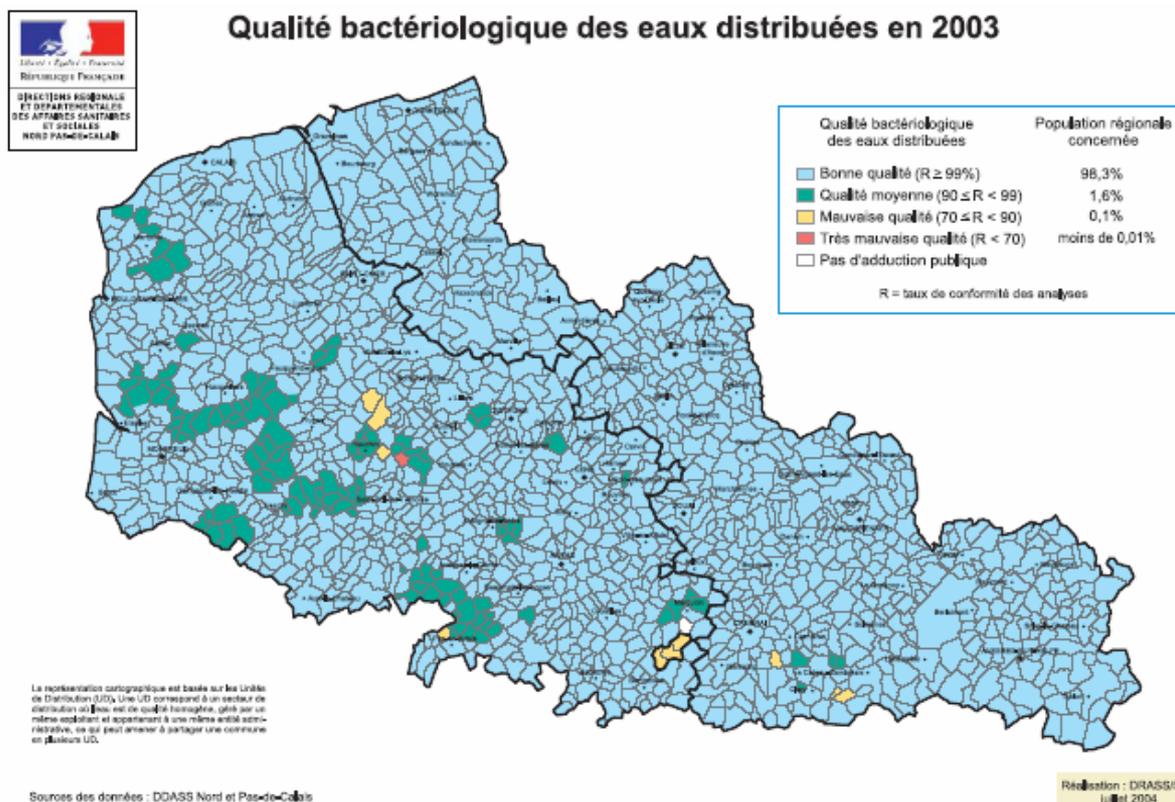


Figure 1 : Qualité bactériologique des eaux distribuées dans la région Nord Pas de Calais en 2003

Selon la qualité de l'eau brute et de son origine (souterraine ou de surface), la désinfection pourra être réalisée en un seul ou deux points de la chaîne de traitement.

Quelles soient souterraines ou de surface, les eaux de bonne qualité physicochimique pourront être désinfectés au stade final du traitement (post désinfection).

Pour les eaux de surface de moins bonne qualité, il est nécessaire de prévoir une pré désinfection (en générale une pré chloration) pour éviter le développement des algues dans les ouvrages de traitement. Cela favorise également l'élimination de l'azote ammoniacal et l'oxydation du fer. Ensuite on procède à une post désinfection dans le but cette fois de désinfecter l'eau.

D'une manière générale, l'opération de désinfection sera d'autant plus efficace que la clarification aura été soignée en amont, une turbidité colloïdale et une teneur en matières organiques élevées réduisant nettement son efficacité.

3.3 La re-chloration sur réseaux

La post désinfection ou désinfection finale est fréquemment employée afin de laisser un résiduel d'oxydant actif dans l'eau produite. Cette action limitera la reviviscence dans le réseau.

Néanmoins pour assurer la désinfection dans des réseaux longs et ramifiés ou dans des réseaux à faible tirage dans lesquels le temps de séjour de l'eau peut être très élevé des postes de re-chloration sont également nécessaires.

Les postes de re-chloration permettent ainsi de réduire les doses de réactifs utilisées en début de réseau et éviter les plaintes des abonnées qui consommaient une eau surchlorée.

La re-chloration n'est pas une désinfection d'urgence. Le but de la re-chloration étant d'introduire un produit à effet bactériostatique rémanent, elle doit être pratiquée sur une eau déjà désinfectée.

PRESENTATION DES DIFFERENTES METHODES DE DESINFECTION DISPONIBLES SUR LE MARCHE FRANÇAIS

L'ozone a été le premier agent bactéricide essayé dans le traitement de l'eau destinée à la boisson. En effet les premiers essais d'ozonation datent de 1886. Si l'ozone ne s'est pas imposé dès le début, ce n'est point par défaut d'efficacité mais parce que les techniques de préparation et d'application de ce bactéricide puissant n'étaient pas encore au point. De plus, les frais nécessaires à l'emploi de l'ozone paraissaient excessifs.

Les premières utilisations de chlore actif sous forme de chlorure de chaux datent de 1894. Le chlorure de chaux renferme 35% de chlore actif. Le résultat fut efficace et les analyses bactériologiques effectuées sur les eaux traitées révélèrent la disparition complète de toutes les entérobactéries. Ce procédé fut alors utilisé pour combattre, avec succès, les épidémies de fièvre typhoïde.

En 1898, Henri Bergé, directeur du laboratoire municipal de la ville de Bruxelles, proposa d'utiliser le dioxyde de chlore pour la désinfection des eaux. Le dioxyde de chlore donne des résultats de désinfection très satisfaisants, seulement son utilisation ne permet pas une parfaite sécurité d'emploi. Malgré cela, de nombreuses installations de désinfection au dioxyde de chlore ont été installées.

On s'oriente alors assez rapidement, dès les premières années du XX^{ème} siècle, vers l'emploi de l'hypochlorite de sodium, plus commode à manipuler.

Parallèlement, on commence doucement l'utilisation de chlore gazeux. En 1932, on ne comptait que trois villes françaises qui utilisaient le chlore gazeux pour la désinfection.

Le développement des méthodes de désinfection utilisant les rayons UV ou les membranes est plus récent.

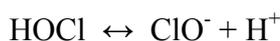
1 DESINFECTION AU CHLORE GAZEUX

1.1 Principe

Le chlore est un gaz jaune verdâtre qui lors de dissolution dans l'eau se dismute en acide hypochloreux (HOCl) selon l'équilibre :



L'acide hypochloreux est un acide faible qui se dissocie dans l'eau en ion hypochlorite (ClO⁻) selon l'équilibre :



La proportion des différentes formes du chlore présentes dans l'eau dépend de la température et surtout du pH.

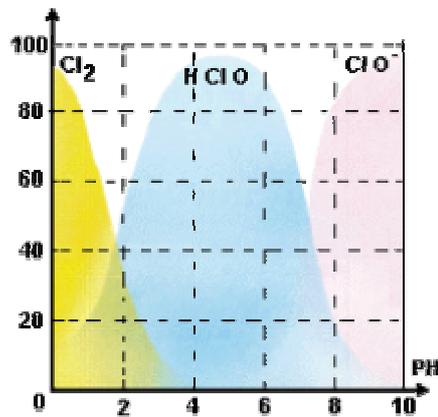


Figure 2 : Les différentes formes de chlore dans l'eau en fonction du pH

source : <http://hernando.free.fr/technic/eau/chlore/chlore.htm>,

La somme de ces différentes formes de chlore (HClO et ClO⁻) constitue ce qui est appelé le chlore libre. L'acide hypochloreux est cependant cent fois plus désinfectant que l'ion hypochlorite, il constitue ainsi le chlore libre actif. On cherchera donc à maintenir le pH de l'eau entre 4 et 6 pour assurer la désinfection. Quand ce n'est pas possible, il faut augmenter la dose et le temps de contact.

Le chlore réagit avec différents composés présents dans l'eau que sont :

- *Les composés minéraux réducteurs* : ils réagissent très rapidement par réaction d'oxydoréduction et constituent la demande immédiate en chlore. C'est le cas notamment des composés tels que Fe²⁺, Mn²⁺, NO²⁻, SO₃²⁻... qui seront oxydés par l'acide hypochloreux.
- *Les composés organiques* : le chlore se combine avec les composés organiques pour former des composés organiques chlorés tels que les trihalométhanes (THM), les chlorophénols. Les THM les plus courants dans l'eau sont le chloroforme, le bromodichlorométhane et le bromoforme.
- *L'azote ammoniacal* : le chlore se combine à l'azote ammoniacal pour former des chloramines. On obtient des mono, di ou tri chloramines (NH₂Cl, NHCl₂, NCl₃). Ces chloramines ont un très faible pouvoir désinfectant (5 fois moins que ClO⁻ et 500 fois moins que HClO). Si l'on continue l'ajout de chlore, les chloramines vont se transformer en diazote (N₂). C'est à partir de ce moment, appelé break point, que le chlore libre apparaît. L'équation bilan de ces réactions s'écrit :



La dose de chlore pour atteindre le break point est théoriquement égale à 7,6 fois la teneur en azote ammoniacal. En pratique, on atteint des valeurs de 8, 10 voire 15 fois la teneur en azote ammoniacal à cause de la demande d'autres composés.

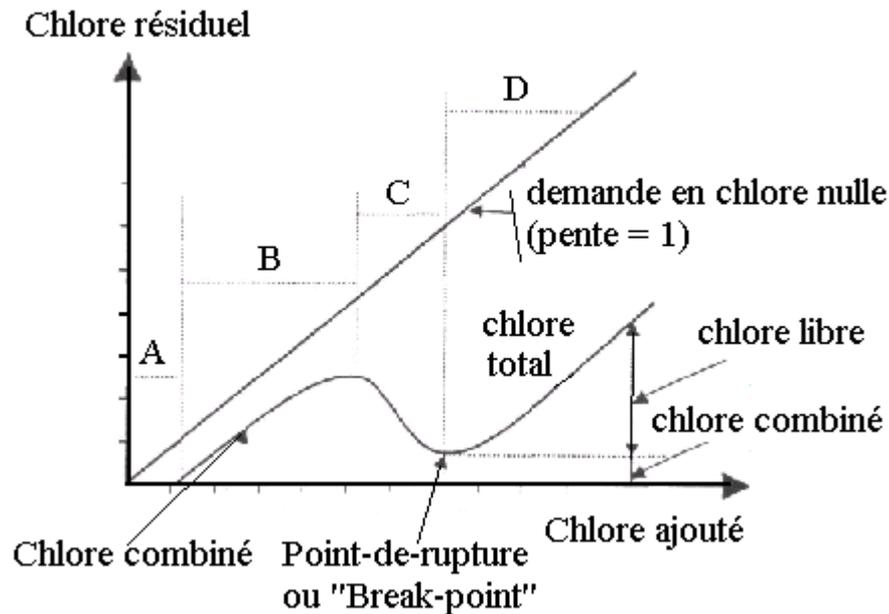


Figure 3 : Chloration au break point

Source : <http://pravarini.free.fr/Desinfectants.htm>

- A : destruction du chlore par les composés minéraux réducteurs
- B : formation de composés chlorés organiques et de chloramines
- C : oxydation des chloramines par ajout de chlore supplémentaire
- D : production de chlore libre

Ce graphique donne la forme générale des réactions qui ont lieu lors de la chloration. On ne peut pas attribuer de valeurs numériques de l'ajout de chlore, ces valeurs dépendent de la qualité physico-chimique de l'eau brute à traiter.

Il est conseillé de chlorer après l'élimination des matières organiques, pour éviter les surconsommations de chlore et la production de sous produit. Le décret 2001-1220 du 20 décembre 2001 impose une valeur limite pour la quantité de THM à 100 µg/L. De même, si la teneur en azote ammoniacal est importante, il faudra une grande quantité de chlore ce qui engendre un mauvais goût.

Le maintien d'un taux de chlore libre compris entre 0,3 et 0,5 mg/L pendant un temps de contact de 30 à 45 minutes et à un pH inférieur à 8 permet une action virulicide.

Le maintien d'un résiduel de chlore libre de 0,1 à 0,2 mg/L pendant 10 à 15 minutes à un pH inférieur à 8 permet une action bactéricide.

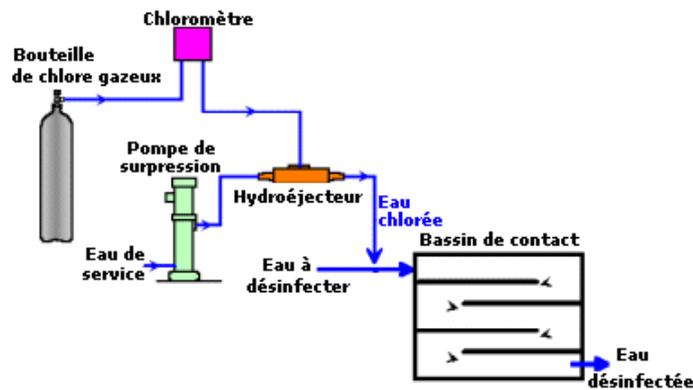
Le chlore possède également un pouvoir rémanent, qui permet d'assurer une désinfection jusqu'au robinet du consommateur.

1.2 Mise en œuvre

Pour réaliser une désinfection au chlore gazeux, il faut une bouteille de chlore gazeux équipée d'un chloromètre, un doseur et un hydroéjecteur.

On envoie de l'eau dans l'hydroéjecteur. L'hydroéjecteur ayant la forme d'un venturi, l'eau prend de la vitesse est crée une dépression dans le circuit reliant la bouteille de chlore et l'hydroéjecteur. Cette dépression soulève un clapet qui permet au gaz de s'échapper de la bouteille et de s'engager dans le circuit. Le chlore gazeux passe alors dans le doseur qui permet d'envoyer la quantité voulue de gaz. Cette quantité est soit fixe soit asservie au débit des pompes

ou au taux de chlore libre résiduel. Le gaz passe alors dans l'hydrojecteur et se mélange à l'eau pour former une eau chlorée qui sera envoyée au point de contact désiré avec l'eau pompé. Ce point de contact est généralement la conduite de refoulement juste après le pompage, mais peut également être une canalisation du réseau ou la cuve d'un château d'eau.



DESINFECTION AU CHLORE

Figure 4 : Processus de désinfection au chlore

Source : www.carteteau.org

2 DESINFECTION AVEC LES HYPOCHLORITES

2.1 Principe

La désinfection peut être réalisée soit par l'hypochlorite de sodium (NaClO), plus connu sous le nom d'eau de javel, ou par l'hypochlorite de calcium ($\text{Ca}(\text{ClO})_2$). Une fois injectés dans l'eau, les hypochlorites réagissent selon l'équation :



Dans les deux cas, il y a formation d'acide hypochloreux (HOCl) qui va assurer la désinfection. Le principe de la désinfection avec les hypochlorites est donc le même que pour la désinfection avec le chlore gazeux.

On observe cependant la formation d'ion hydroxyle (OH^-) qui va faire augmenter le pH. La désinfection avec l'acide hypochloreux se faisant idéalement à un pH compris entre 4 et 6, il faudra surveiller cette donnée pour bien gérer la dose et le temps de contact.

De plus cette augmentation de pH peut provoquer la précipitation du calcium (CaCO_3) en cas d'eau dure et entraîner le colmatage des équipements.

Le maintien d'un taux de chlore libre compris entre 0,3 et 0,5 mg/L pendant un temps de contact de 30 à 45 minutes et à un pH inférieur à 8 permet une action virulicide.

Le maintien d'un résiduel de chlore libre de 0,1 à 0,2 mg/L pendant 10 à 15 minutes à un pH inférieur à 8 permet une action bactéricide.

2.2 Mise en œuvre

Pour réaliser une désinfection à l'eau de javel, il faut un bac de stockage et une pompe doseuse.

Il existe différentes solutions d'eau de javel dans le commerce. Leurs différences sont liées à la concentration en chlore libre actif : solution à 2,6%, 9,6% ou encore 12 %. L'eau de javel est placée dans un bac de stockage qui est généralement placé en charge par rapport à la pompe doseuse afin d'éviter le désamorçage de la pompe. La pompe doseuse est réglée afin d'envoyer la juste doseuse d'eau de javel dans l'eau à traiter.

L'électrochloration est un procédé plus récent qui consiste à fabriquer in situ de l'hypochlorite de sodium par électrolyse d'une solution de sel NaCl de qualité alimentaire.

DESINFECTION A L'EAU DE JAVEL

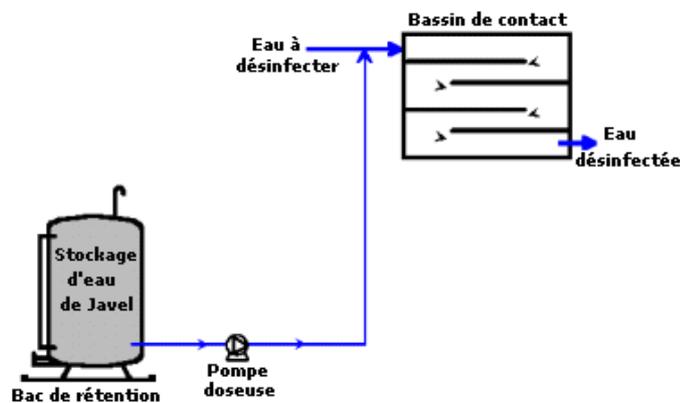


Figure 5 : Processus de désinfection à l'eau de javel

Source : www.carteleau.org

3 DESINFECTION AU DIOXYDE DE CHLORE

3.1 Principe

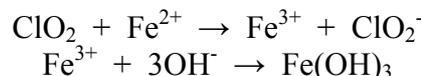
Le dioxyde de chlore (ClO_2) est également appelé bioxyde de chlore. C'est un gaz orangé explosif à une concentration de plus de 10% dans l'air.

Le dioxyde de chlore est caractérisé par un pouvoir désinfectant voisin de celui de l'acide hypochloreux vis-à-vis des bactéries et des virus, et beaucoup plus important envers les protozoaires parasites.

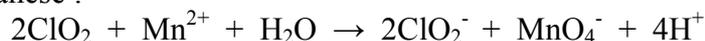
Le dioxyde de chlore est très soluble dans l'eau, à condition de rester à des concentrations inférieures à 10%, sinon il s'évapore. Il conserve un pouvoir germicide pour une large gamme de pH allant de 4 à 10.

Vis-à-vis des autres composés présents dans l'eau, le dioxyde de chlore peut réagir avec le fer et le manganèse. Il oxyde ces composés pour former des précipités que l'on peut récupérer par décantation. Les réactions d'oxydation se traduisent par les équations suivantes :

- pour le fer :



- pour le manganèse :



En revanche, il ne réagit pas avec les composés azotés, les bromures et les composés organiques.

Le principal défaut du dioxyde de chlore est lié aux sous-produits de désinfection que sont les chlorites (ClO_2^-). La formation des chlorites à partir du dioxyde de chlore est rapide (30 à 60 minutes), la proportion de chlorite formé est de 50 à 70 % du dioxyde de chlore ayant réagi. Ces composés sont toxiques pour l'homme, le décret 2001/1220 du 20 décembre 2001 préconise donc une valeur limite à 0,2 mg/L, en précisant que la valeur la plus faible possible doit être visée sans compromettre la désinfection.

Le maintien d'un taux de dioxyde de chlore compris entre 0,3 et 0,5 mg/L pendant un temps de contact de 30 minutes permet une action virulicide.

Le maintien d'un résiduel de chlore libre de 0,1 à 0,2 mg/L pendant 5 à 10 minutes permet une action bactéricide.

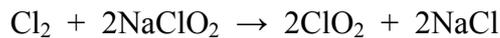
3.2 Mise en oeuvre

Pour des raisons de sécurité du fait de son instabilité, le dioxyde de chlore est donc fabriqué sur place au dernier moment. On le prépare à partir de chlorites de sodium et

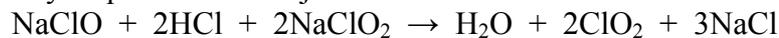
- d'acide chlorhydrique :



- de chlore :



- d'acide chlorhydrique et d'eau de javel :



Le mélange des réactifs se fait dans un réacteur et l'on crée ainsi le dioxyde de chlore. Ce gaz est ensuite envoyé dans la canalisation d'eau à traiter.

4 DESINFECTION PAR RAYONNEMENT ULTRA VIOLET

4.1 Principe

Contrairement à la plupart des désinfectants, le rayonnement ultraviolet n'inactive pas les microorganismes par une action chimique. C'est plutôt l'absorption de la lumière ultraviolette qui entraîne une réaction photochimique modifiant les composantes moléculaires essentielles à la fonction cellulaire.

Le degré de destruction ou d'inactivation des micro-organismes par le rayonnement ultraviolet dépend directement de la dose d'énergie UV employée. On la calcule ainsi :

$$\text{Dose} = I * T$$

avec : Dose = énergie reçue par unité de surface ou dose d'exposition en mJ/cm^2

I = l'intensité reçue unité de surface en mW/cm^2

T = la durée d'exposition au rayonnement en s

Dans la circulaire du 19 janvier 1987, le Ministère de la Santé demande que la dose minimale appliquée soit de 25 mJ/cm², ceci afin d'assurer un certain niveau de désinfection. Cette dose correspond au rayonnement d'UV à 253,7nm, valeur de la longueur d'onde où l'efficacité est maximum sur les micro-organismes.

La circulaire du 28 mars 2000 relatives aux produits et procédés de traitement destinées à la consommation humaine indique que seules les lampes basse pression sont autorisées.

Le rendement des lampes est influencé par :

- *la turbidité et/ou la couleur* : ils peuvent agir comme écran empêchant la bonne diffusion des rayons UV dans l'eau ;
- *le fer et le manganèse* : ils ont la propriété d'absorber les rayons UV et diminuent donc l'efficacité du rayonnement ;
- *la température de l'eau* : le pouvoir germicide diminue lorsque celle-ci augmente, la température idéale de fonctionnement se situe autour de 20°C ;
- *le vieillissement des lampes* : la durée de vie des lampes est généralement comprise entre 8000 et 12000 heures ;
- *le débit* : le régime de l'eau doit être turbulent afin de garantir l'homogénéité de la dose reçue en tout point du réacteur ;
- *l'épaisseur de la lame* : celle-ci ne doit pas être trop importante car l'eau a un pouvoir d'absorption de l'énergie des rayons UV non négligeable, elle est en générale de 15 mm.

La désinfection par rayonnement ultraviolet est un procédé physique, son action ne crée donc aucun sous produit.

En revanche, il est nécessaire d'ajouter un désinfectant chimique dont la concentration résiduelle empêche toute nouvelle croissance bactérienne jusqu'au robinet du consommateur.

4.2 Mise en œuvre

Les rayons ultraviolets sont produits par des lampes à basse pression de mercure, qui présentent un rendement germicide de l'ordre de 30 à 35 %. Néanmoins, tout générateur connaît une baisse de rendement de l'ordre de 15 à 20 % après 8000 heures de fonctionnement, soit en fin de vie.

L'eau à traiter passe dans une enceinte où sont placés les lampes et le passage à proximité du rayonnement de ces lampes suffit pour désinfecter l'eau.

5 DESINFECTION A L'OZONE

5.1 Principe

L'ozone est un gaz instable qui est impossible à stocker. Il est donc nécessaire d'être produit sur place dans des ozoneurs industriels.

L'ozone, de par son pouvoir oxydant puissant, détruit les germes pathogènes 20 à 30 fois plus rapidement que le chlore. Il possède également une action sur les virus. Il suffit d'une dose de 0,1 à 0,2 mg/L pendant 1 à 2 minutes pour assurer l'action bactéricide et une dose de 0,4 mg/L pendant 4 minutes pour l'action virulicide.

La difficulté de mise en œuvre réside dans le fait que l'ozone s'autodétruit rapidement dans l'eau, d'autant plus que le pH est élevé et que la température est élevée. A titre d'exemple à température constante et après 15 minutes de contact eau - ozone, à pH 7,6 il reste 80% de résiduel et à pH 9,2 il reste 8% de résiduel. Il est donc nécessaire de procéder à une post désinfection au chlore ou au dioxyde de chlore, pour assurer un effet rémanent.

La désinfection à l’ozone engendre la formation de sous produits. En effet l’ozone réagit avec :

- les précurseurs organiques pour former des aldéhydes et des composés organiques oxydés ;
- les bromures pour former des ions bromates, des composés organobromés, des bromamines.

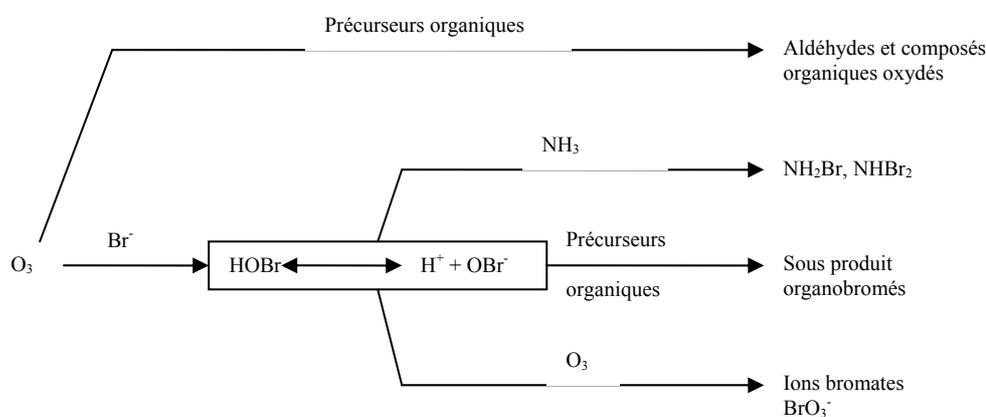


Figure 6 : Principales réactions produisant des sous produits de l’ozonation

Source : définition des caractéristiques techniques de fonctionnement et domaines d’emploi des appareils de désinfection, FNDAE n°2

Les sous produits bromés posent un problème sanitaire plus important que les sous produits non bromés. En effet, le décret 2001-1220 du 20 décembre 2001 fixe la teneur limite en bromates à 10 $\mu g/L$ et ajoute que la valeur la plus faible inférieure à cette limite doit être visée sans pour autant compromettre la désinfection.

Vu ses qualités l’ozone est utilisé à plusieurs stades de la filière de traitement de l’eau :

1) *en préozonation* : pour éliminer le fer et le manganèse et oxyder les matières organiques.

Pour le fer : passage du stade ferreux au stade ferrique qui forme un précipité récupérable par décantation ou filtration.

Pour le manganèse : il faut faire attention à la bonne dose d’ozone, environ 0,9 mg d’ozone par mg de manganèse, pour qu’il se forme un précipité récupérable. Si la dose est trop forte le permanganate se dissout et donne une couleur rose à l’eau.

2) *en ozonation intermédiaire*

L’ozone, en oxydant la matière organique, fabrique des composés organiques plus petits et mieux assimilables par les bactéries. L’ozone permet donc un développement intensif des bactéries, surtout si une filtration sur charbon actif précède immédiatement l’ajout d’ozone afin de le détruire avant qu’il joue son rôle de désinfectant.

Les bactéries vont ainsi pouvoir assurer une nitrification biologique de l’ammoniaque.

3) *en désinfection*

C’est trois étapes forme ce que l’on appelle la triozone. La triozone peut permettre parfois jusqu’à 20% d’économie d’ozone par rapport à une ozonation finale.

5.2 Mise en œuvre

L'ozone est généré in situ par une forte décharge électrique dans de l'air très sec ou de l'oxygène pur. Il est ensuite injecté dans une chambre de contact contenant l'eau à traiter. L'objectif de cette chambre est d'assurer le transfert de l'ozone en phase gazeuse vers le liquide.

6 DESINFECTION PAR LES PROCÉDES MEMBRANAIRES

6.1 Principe

Les membranes sont des barrières filtrantes semi-perméables à fines pellicules. On les utilise en traitement de l'eau pour éliminer différents solutés et particules de tailles différentes. Cinq procédés par membranes sont utilisés :

- Microfiltration (MF)
- Ultrafiltration (UF)
- Nanofiltration (NF)
- Osmose inverse (OI)
- Electrodialyse (ED)

Seule la taille des particules retenues par les différentes membranes permet de visualiser les techniques membranaires utilisables pour une désinfection efficaces.

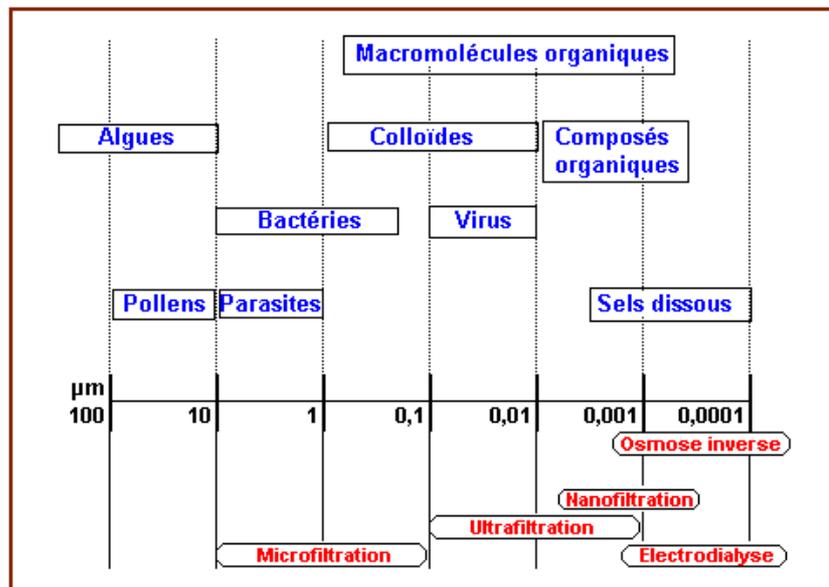


Figure 7 : Méthodes membranaires utilisables en fonction de la taille des particules retenues

Source : <http://pravarini.free.fr/desinfectants.htm>

La microfiltration seule n'est pas suffisante, une oxydation chimique ou ultra violet s'avère indispensable pour permettre l'arrêt des virus.

L'ultrafiltration ou la nanofiltration permettent d'atteindre des niveaux satisfaisants de traitement si la qualité de l'eau initiale s'y prête (turbidité correcte). Si ce n'est pas le cas, il faut assurer une filtration classique avec des procédés conventionnels tels que la filtration sur sable et/ou sur charbon actif, avant le traitement membranaire.

Cette technique permet une élimination physique des bactéries et virus, il est indispensable d'y associer une désinfection par le chlore ou le dioxyde de chlore pour assurer un effet rémanent.

6.2 Mise en œuvre

Les procédés membranaires sont donc des techniques de désinfection physique. L'eau est envoyée sous pression au travers de ces filtres et les micro-organismes sont retenus à la surface de la membrane.

	Qualité de désinfection	Taille des exploitations	Avantages	Inconvénients
Cl₂	Bon	Difficulté pour les petits débits	<ul style="list-style-type: none"> - bonne rémanence - procédé peu coûteux - élimination de NH₄ - mise en œuvre facile - qualité stable dans le temps 	<ul style="list-style-type: none"> - formation de sous produits : THM, chlorophénols - goût caractéristique (du au chlorophenol) - l'efficacité dépend du pH (idéal à 4-6) - action sur les virus mal connu, surconsommation par sécurité - investissement élevé
NaClO	Bon	Petites installations	<ul style="list-style-type: none"> - bonne rémanence - procédé peu coûteux - mise en œuvre facile - élimination de NH₄ 	<ul style="list-style-type: none"> - formation de sous produits : THM, chlorophénols - goût caractéristique (du au chlorophenol) - l'efficacité dépend du pH (idéal à 4-6) - action sur les virus mal connu, surconsommation par sécurité - procédé sensible au froid - problème de fonctionnement avec les eaux dures (précipitation du Ca)
ClO₂	Très bon	Difficulté pour les petits débits	<ul style="list-style-type: none"> - très bonne rémanence - large plage du pH (de 6 à 10) - pas de mauvais goût - oxyde le fer et le manganèse 	<ul style="list-style-type: none"> - production du réactif sur site - procédé coûteux - formation de sous produit : chlorites (valeur limite 0,2 mg/L) - mise en œuvre complexe
O₃	Excellent		<ul style="list-style-type: none"> - pas de goût, ni d'odeur - oxyde le fer et le manganèse (en préozonation) - élimine la matière organique (en ozonation intermédiaire) 	<ul style="list-style-type: none"> - rémanence quasi nul - production du réactif sur site - procédé coûteux, investissement de départ important - formation de sous produit si présence de brome dans l'eau brutes : bromate (valeur limite 0,2 mg/L) - mise en œuvre complexe - formation de sous produits : aldéhydes et composés organiques oxydés
UV	Très bon	Petites installations	<ul style="list-style-type: none"> - procédé peu coûteux - mise en œuvre facile - pas de sous produit formé - ne modifie pas la qualité physico-chimique de l'eau 	<ul style="list-style-type: none"> - absence de rémanence - perte d'efficacité pour une eau turbide - temps de chauffe des lampes à respecter au démarrage
Membranes	Bon	Petites installations	<ul style="list-style-type: none"> - pas de sous produit formé - pas de modification de la qualité physico-chimique de l'eau - pas de goût, ni d'odeur 	<ul style="list-style-type: none"> - absence de rémanence - procédé coûteux (remplacement des cartouches)

ETUDE SUR LE BASSIN ARTOIS PICARDIE

Suite aux inondations de 2001 de la Somme, une proposition de soutien financier s'est mise en place sous la forme d'un contrat de plan Etat-Région. L'Agence de l'eau Artois Picardie s'est associée au financement de dispositifs de désinfection pour les collectivités non encore équipées.

1 METHODOLOGIE

L'objet de cette étude est d'établir une évaluation des dispositifs de désinfection dans le bassin Artois Picardie.

Cette étude s'est axée autour de quatre étapes :

- *1^{ère} étape : Réalisation d'un questionnaire*

Pour pouvoir réaliser un état des lieux de la désinfection dans le bassin Artois Picardie, une enquête a été effectuée grâce à un questionnaire qui reprend tous les points nécessaires. Ce questionnaire (joint en annexe n°1) est décomposé en 10 rubriques :

- Coordonnées des interlocuteurs
- Collectivités
- Exploitation de la station de pompage
- Choix du matériel de désinfection
- Utilisation du matériel de désinfection
- Suivi de l'utilisation des réactifs
- Le contrôle
- Qualité de l'eau
- Sécurité
- Le consommateur

A partir de ces dix rubriques complétées, on identifie les collectivités qui ont bénéficié d'une aide financière de l'Agence de l'eau Artois Picardie mais aussi les appareils de désinfection utilisés, leur utilisation et leur efficacité sur la qualité de l'eau.

Ce questionnaire a été envoyé aux 82 collectivités ayant reçues une aide financière de l'Agence de l'eau Artois Picardie en Février 2005.

- *2^{ème} étape : Entretiens et visites de toutes les collectivités*

La deuxième étape de l'étude consiste en une rencontre avec toutes les collectivités. Le but de cette rencontre est d'aider la collectivité à remplir le questionnaire et de réaliser une visite de l'appareillage de désinfection. Ces visites se sont étalées sur quatre mois, de mars à juin.

- *3^{ème} étape : Recueil des données auprès des services de la DDASS*

Les données recueillies auprès des Directions Départementales des Affaires Sanitaires et Sociales concernent les résultats des analyses effectuées dans le cadre réglementaire au titre du décret n°2001-1220 du 20 décembre 2001 relatifs aux eaux destinées à la consommation humaine. Ces données correspondent aux résultats des analyses microbiologiques et à la mesure du taux de chlore obtenue depuis le 1^{er} janvier 2000 jusqu'au 30 mai 2005.

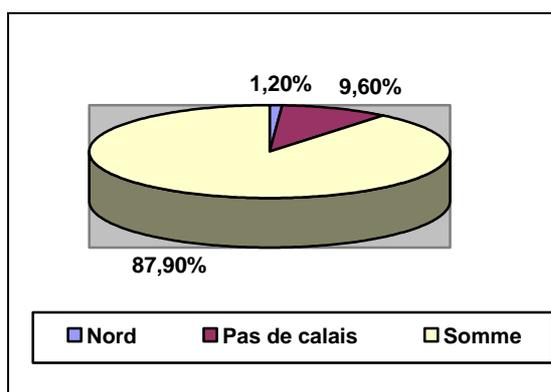
- 4^{ème} étape : Synthèse des données et propositions de mesures d'actions

Enfin la dernière étape consiste en un traitement de toutes les données recueillies afin de réaliser le présent rapport. Cet état des lieux permet d'évaluer globalement le programme d'équipements mis en place et de proposer de nouvelles mesures et actions susceptibles de contribuer à l'amélioration de la désinfection de l'eau potable.

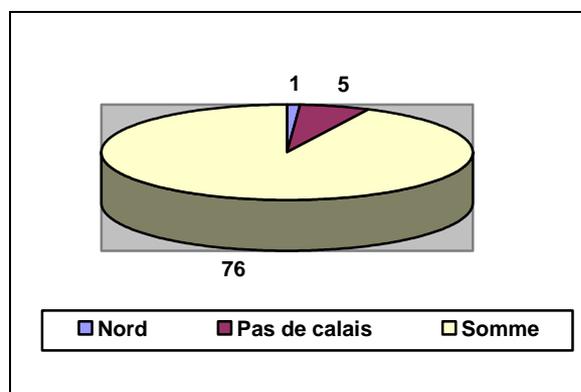
2 ÉTAT DES LIEUX

2.1 Situation

Au 31 décembre 2004, 82 collectivités ont reçu l'aide financière de l'Agence de l'eau Artois Picardie pour la mise en place d'une désinfection. Ces collectivités sont réparties sur les départements du Nord, du Pas de Calais et de la Somme.



Graphique 1 : Répartition géographique en pourcentage des 82 installations de désinfection financées avec l'aide de l'Agence de l'eau Artois Picardie



Graphique 2 : Répartition géographique en nombre des 82 installations de désinfection financées avec l'aide de l'Agence de l'eau Artois Picardie

On note que la majorité des dossiers ont été réalisés dans le département de la Somme ce qui est logique puisqu'à l'origine les financements ont été mis en place suite aux inondations de la Somme. Ce constat est également lié à une forte implication des agents de la DDASS de la Somme qui ont informé et incité les collectivités à installer un équipement de désinfection.

Pour l'étude sur l'évaluation des dispositifs de désinfection sur le bassin Artois Picardie, 79 collectivités sur les 82 concernées ont pu participer. Les trois collectivités exclues de l'étude n'ont pu remplir le questionnaire et une visite avec le chargé de l'eau sur la commune n'a pu avoir lieu.

79 collectivités ont donc rempli le questionnaire et 77 d'entre elles ont été rencontrées afin de les aider à remplir le questionnaire et de réaliser une visite de leur installation de désinfection. Deux communes n'ont pas reçu de visite car elles ont correctement rempli le questionnaire et l'ont retourné par courrier à l'Agence de l'eau Artois Picardie.

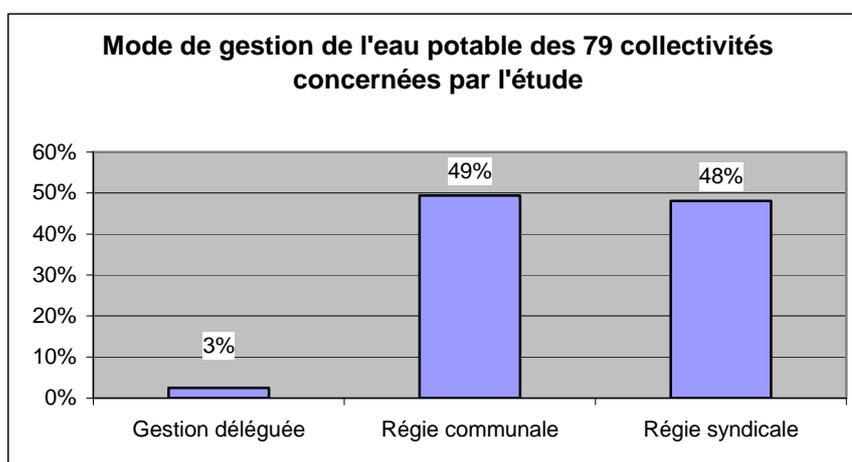
La répartition géographique de ces collectivités sur le bassin Artois Picardie est donnée par la carte mise en annexe n°2.

2.2 Collectivités concernées par l'étude

2.2.1 Mode de gestion

Sur les 79 collectivités ayant participé à l'enquête, 39 communes gèrent l'eau potable en régie communale, 38 autres collectivités se sont regroupées en syndicats intercommunaux dans le but de gérer l'alimentation en eau potable de plusieurs communes et 2 collectivités ont délégué la gestion de l'eau potable à une société spécialisée.

La répartition des collectivités en régie communale, régie syndicale ou gestion déléguée est donnée par le graphique 3 :



Graphique 3 : Mode de gestion de l'eau potable des 79 collectivités concernées par l'étude

Parmi les collectivités concernées par l'étude et donc ayant demandé une subvention, 97 % des collectivités sont en régie et seules 3 % des collectivités sont en gestion déléguée.

On peut en conclure que les collectivités en gestion déléguée sont peu nombreuses à avoir demandé une subvention parce que :

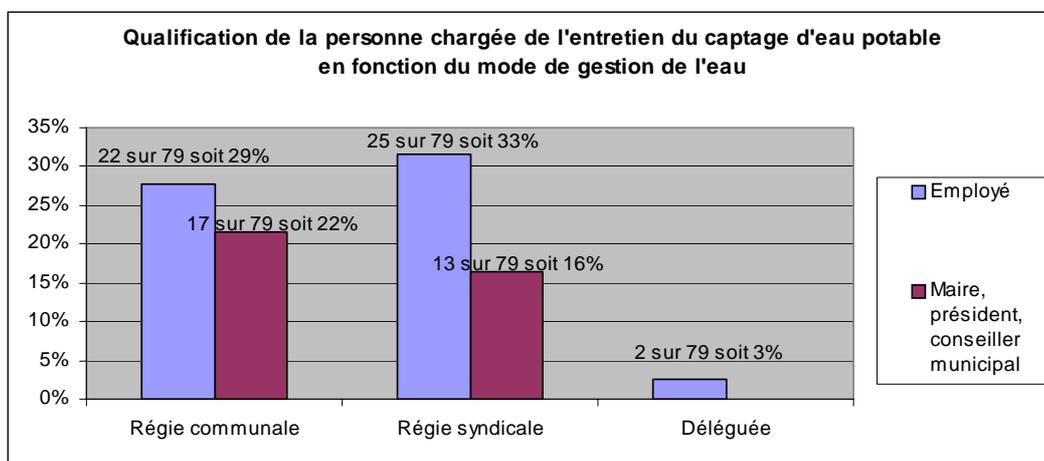
- soit elles sont déjà équipées car le professionnel qui gère la production et la distribution de l'eau potable impose la désinfection dans le traitement de l'eau pour garantir la qualité bactériologique de l'eau distribuée jusqu'au robinet de l'utilisateur ;
- soit le prix de l'équipement de désinfection n'étant pas très élevé, le professionnel qui gère la production et la distribution de l'eau potable a intégré ce prix dans ses investissements et en assure seul le financement.

2.2.2 Coordonnées

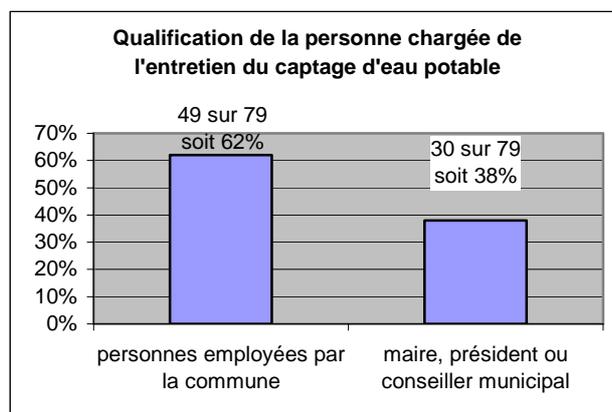
Cette rubrique du questionnaire nous donne les coordonnées de la personne ayant rempli le questionnaire et de celle étant plus particulièrement chargée de l'eau. L'information qui est à en retirer concerne la fonction de la personne chargée de l'eau.

Que la gestion soit syndicale ou communale, beaucoup de maires, présidents de syndicat ou conseillers municipaux gèrent eux même l'entretien courant du captage d'eau potable. Ils représentent 38 % des collectivités. Ces personnes sont toutefois très disponibles puisque 80 % d'entre elles sont en retraite.

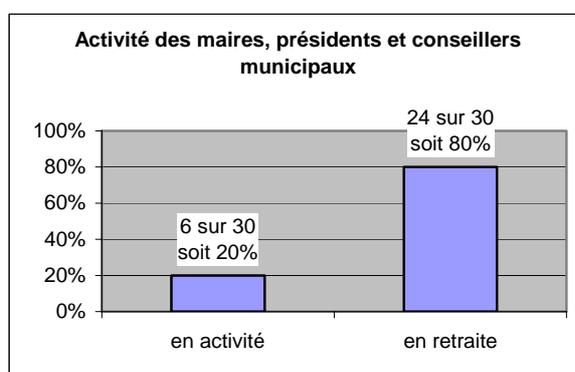
La majorité des collectivités (62%) préfère tout de même employer un agent communal qui consacrerait quelques heures de sa semaine à cette tâche.



Graphique 4 : Qualification de la personne chargée de l'entretien du captage d'eau potable en fonction du mode de gestion de l'eau



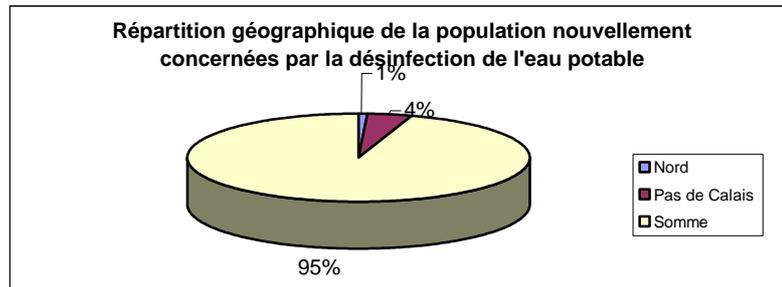
Graphique 5 : Qualification de la personne chargée de l'entretien du captage d'eau potable



Graphique 6 : Activité des maires, présidents et conseillers municipaux

2.2.3 Population concernée

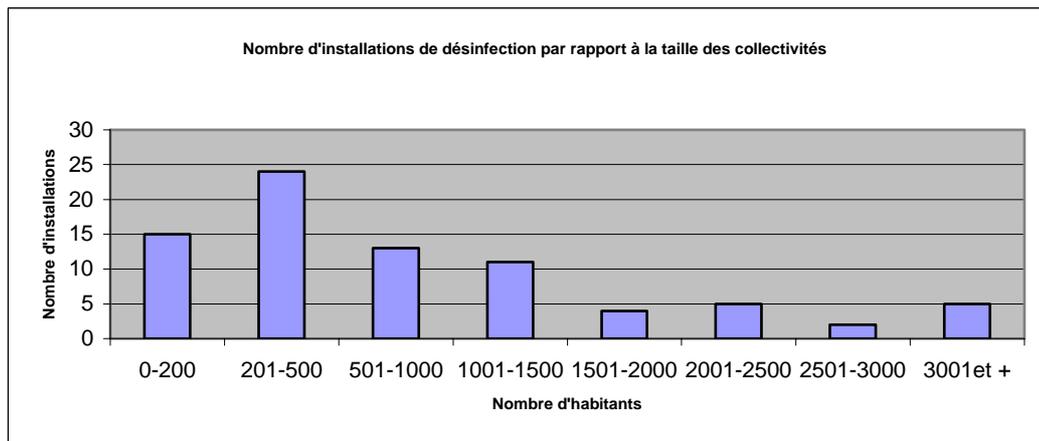
Comme on l'a vu précédemment 87,9 % des dossiers de demande de subvention ont été réalisés dans le département de la Somme. En terme de population cela représente 95 % de la population concernée basée dans la Somme.



Graphique 7 : Répartition géographique de la population nouvellement concernées par la désinfection de l'eau potable

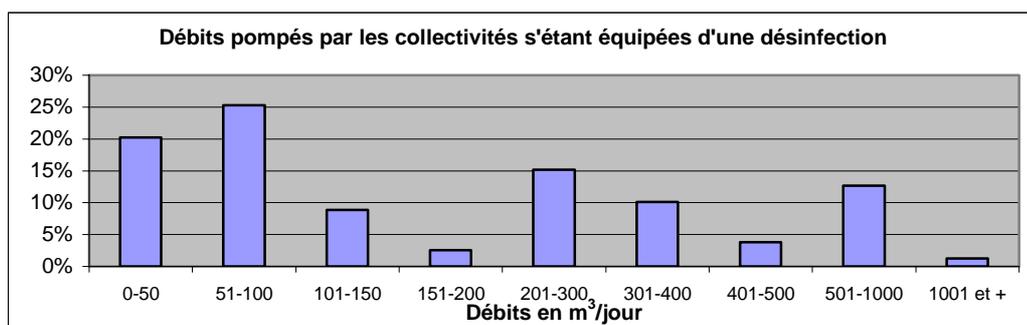
La population nouvellement concernée par la désinfection s'étend sur trois départements et représente 80 578 habitants. Les collectivités sont majoritairement de petites tailles, inférieures à 1000 habitants.

On peut penser que les collectivités de plus grandes tailles sont déjà équipées depuis longtemps d'un équipement de désinfection et ce pour sécuriser la distribution d'une eau potable de bonne qualité tout le long de leur réseau.



Graphique 8 : Nombre d'installations de désinfection par rapport à la taille des collectivités

Les collectivités étant de petites tailles, les débits journaliers pompés sont également faibles. En effet 45 % des collectivités utilisent un débit journalier inférieur à 100 m³/j.



Graphique 9 : Débit pompés par les collectivités s'étant équipées d'une désinfection

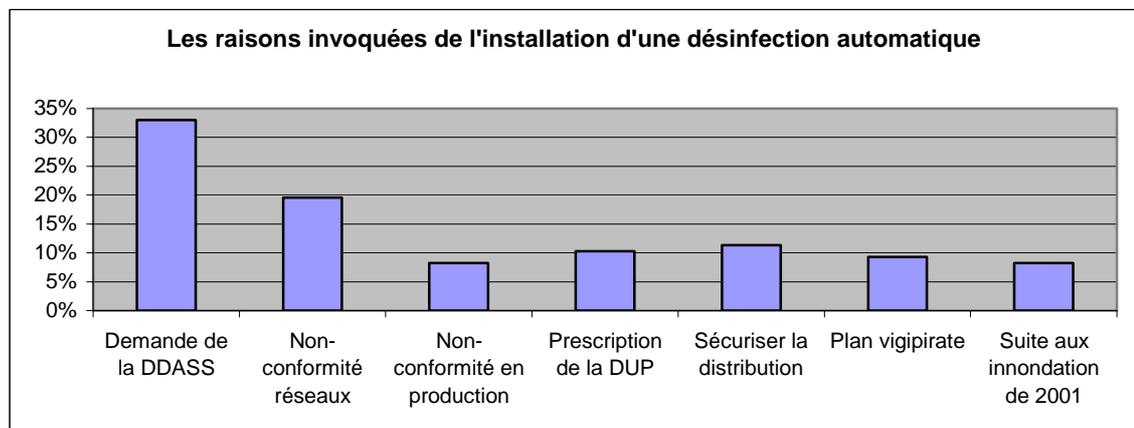
2.3 Choix du matériel de désinfection

2.3.1 Généralités

Les collectivités qui se sont équipées en matériel de désinfection automatique désinfectent déjà l'eau distribuée mais de façon très aléatoire. Les agents des services de l'eau jetaient alors un berlingot d'eau de javel dans la cuve du réservoir de temps en temps pour assurer la désinfection dans le réseau. On comprend tout de suite que le principal problème de cette méthode est lié au fait que le jour de la désinfection, l'eau se trouvait très chlorée et qu'entre deux injections il n'y avait plus trace de désinfectant, le risque de contamination bactérienne dans le réseau étant de nouveau présent.

Les collectivités ont donc décidé de s'équiper en matériel de désinfection automatique et les raisons en sont très diverses. La majorité d'entre elles ont été incitées par les services de la DDASS. Pour d'autres des résultats non conformes en bactériologie ont été le facteur déclenchant. Dans certains cas l'équipement en désinfection automatique est demandé dans la prescription de la Déclaration d'Utilité Publique lors de la procédure de protection de captage. Pour ces collectivités, l'équipement en désinfection automatique a été plus ou moins imposé et en réalisant les visites on se rend compte que quelques personnes (agent, président, maire) sont assez réfractaires à la désinfection. En effet, l'eau étant de bonne qualité, ils ont du mal à accepter un traitement de l'eau, surtout que ce traitement altère le goût de l'eau. Il a fallu bien insister sur l'importance de la désinfection pour garder cette qualité de l'eau dans le réseau de distribution et éviter toutes contaminations bactériologiques.

Cependant, certaines collectivités (11 %) ont bien compris le rôle de la désinfection et elle m'ont répondu avoir installé une désinfection automatique essentiellement dans le but de sécuriser la distribution.

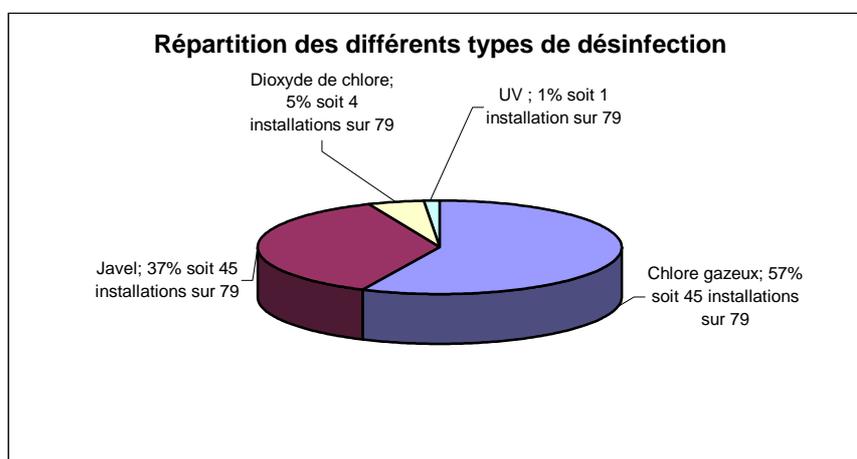


Graphique 10 : Les raisons de l'installations d'une désinfection automatique

2.3.2 Les méthodes de désinfection utilisées

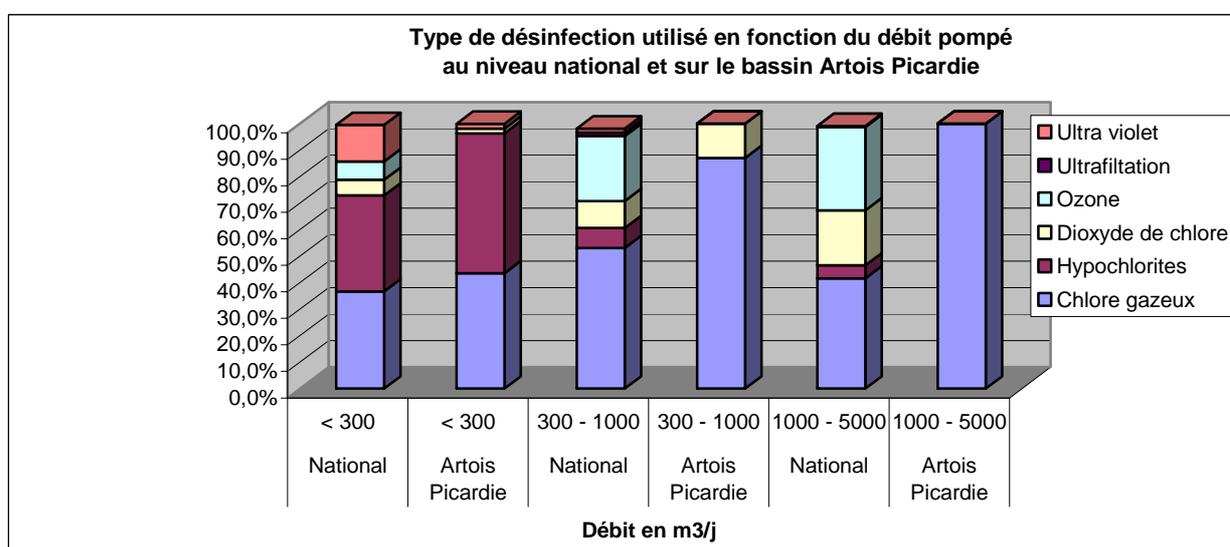
Une fois la décision prise de s'équiper d'une désinfection automatique, il faut réaliser un dossier de demande de subvention et choisir un prestataire qui installera l'équipement. La moitié des collectivités auditionnées a réalisé cette étape elle-même. L'autre moitié a choisi de confier cette mission aux services de l'état, majoritairement à la Direction Départementale de l'Agriculture et de la Forêt (36 dossiers) et plus marginalement à la Direction Départementale de l'Equipement (3 dossiers).

Cinq techniques permettent de désinfecter l'eau potable : le chlore gazeux, l'eau de javel, le dioxyde de chlore, l'ozone et le rayonnement ultra-violet. Dans le bassin Artois Picardie la désinfection au chlore gazeux et à l'eau de javel est très majoritaire. On observe quelques collectivités employant la technique de désinfection au dioxyde de chlore et une collectivité employant le rayonnement UV couplé à un dispositif de javel. Aucune des collectivités interrogées n'utilise de l'ozone pour désinfecter l'eau.



Graphique 11 : Répartition des différents types de désinfection

Si on regarde le type de désinfection choisi en fonction du débit pompé en m³/jour et que l'on compare au résultat nationaux (source hydroplus n°145 – juillet – août 2004), on obtient :



Graphique 12 : Type de désinfection utilisé en fonction du débit pompé au niveau national et sur le bassin Artois Picardie

Les données numériques sont placées en annexe n°3.

Au niveau national, on utilise le chlore gazeux majoritairement pour les gros débits, tout comme dans le bassin Artois Picardie. Pour les petits débits (inférieur à 300 m³/j) la répartition chlore gazeux / eau de javel est équivalente au niveau national et au niveau du bassin.

Les collectivités ayant participé à l'étude étant majoritairement de petites tailles, on n'a que très peu d'éléments de comparaisons pour les débits élevés et pour certaines techniques de désinfection que l'on observe en faible quantité (UV) voir pas du tout (ozone).

2.3.3 Critères de choix de la méthode de désinfection

Le choix de la technique de désinfection dépend de trois critères :

- La qualité de l'eau
- Le débit d'eau à traiter
- Le prix

- La qualité

La qualité de l'eau est liée à la présence ou non de calcaire dans l'eau pompé. En effet l'eau de javel a un pH basique ce qui provoque la précipitation des ions calcium sous forme de carbonate de calcium (CaCO_3). C'est ce que l'on appelle le beurre de chlore qui lorsqu'il se forme bouche les clapets de l'installation. Le chlore gazeux quant à lui à un pH acide et le problème ne se crée pas. Dans le bassin Artois Picardie la majeure partie des eaux pompées provient de la nappe de la craie et donc par définition ce sont des eaux calcaires. L'eau de javel est donc plutôt déconseillée dans notre bassin. On peut tout de même l'utiliser mais en ayant un entretien très régulier et rigoureux des différentes pièces du dispositif (nettoyage à fréquence régulière avec du vinaigre pour dissoudre de nouveau les calcaires).

- Le débit

Le débit à traiter est le deuxième paramètre à prendre en compte. En effet l'eau de javel peut convenir quel que soit le débit d'eau à traiter. En général, on l'utilise pour des petits débits sinon il faudrait avoir un bac de réserve de javel important ou le recharger très fréquemment. Par contre le chlore gazeux n'est pas conseillé aux petits débits. Il faut en effet un débit minimum de $30 \text{ m}^3/\text{h}$, en deçà duquel on doit installer une temporisation pour chlorer par intermittence. Pour éviter cela les professionnels de chez CIR ont développé une modèle à partir de chlore gazeux : le Chlorobloc. Cette technique permet de chlorer avec du chlore gazeux à petits débits. Elle consiste en la préparation d'une eau de chlore (mélange de chlore gazeux et d'eau) au dosage voulu que l'on injecte dans l'eau à traiter avec une pompe doseuse. Ce procédé permet de traiter les petits débits sans les inconvénients de l'eau de javel.

	Javel	Chlore gazeux	Eau de chlore
0-10 m^3/h	oui	non	oui
10-30 m^3/h	oui	oui avec temporisation	oui
> 30 m^3/h	oui	oui	non

Tableau 6 : Choix d'une désinfection à l'eau de javel, au chlore gazeux ou à l'eau de chlore en fonction du débit d'eau à traiter

Dans le bassin Artois Picardie, on observe bien que les dispositifs de Javel ont été prioritairement installés pour les petites collectivités ayant un débit journalier de 12 à $125 \text{ m}^3/\text{jour}$, ce qui correspond (en prenant une consommation moyenne de $150 \text{ L}/\text{jour}/\text{hab}$) à des collectivités de 80 à 830 habitants.

Les dispositifs au chlore gazeux sont, quant à eux, utilisés pour des débits journaliers plus élevés variant de 30 à $3350 \text{ m}^3/\text{jour}$, ce qui correspond à des collectivités de 200 à 22 333 habitants. Parmi ces dispositifs au chlore gazeux, les chlorobloc créant une eau de chlore sont majoritairement utilisés pour les faibles débits variant de 45 à $350 \text{ m}^3/\text{jour}$ ce qui correspond à des collectivités de 300 à 2 333 habitants.

Pour les collectivités utilisant des procédés de désinfection plus marginaux tel que le dioxyde de chlore, ce sont des collectivités de grande taille ayant des débits journaliers variant de 230 à 950 m³/j ce qui correspond à des collectivités de 1 533 à 6 333 habitants. Même chose pour l'installation UV qui est recensée sur le bassin Artois Picardie, le débit journalier de cette collectivité est de 600 m³/j ce qui correspond à 4 000 habitants.

=> Dans l'ensemble les conditions de débits recommandés par les constructeurs sont bien respectées. Le respect de ces conditions sont nécessaires pour une bonne utilisation du matériel.

- Le prix

Enfin le prix est le critère de choix le plus important. C'est souvent lui qui impose le choix final. En effet un dispositif à l'eau de javel est nettement moins cher qu'un dispositif au chlore gazeux. D'après l'enquête réalisée, les prix³ minimaux, maximaux et moyens en fonction des différentes techniques sont les suivants :

	Prix mini	Prix maxi	Prix moyen
Eau de javel	1 176 €	4 289 €	2 391 €
Chlore gazeux	8 220 €	15 000 €	10 408 €
Dioxyde de chlore	11 628 €	13 493 €	12 823 €
UV + javel	25 969 €	25 969 €	25 969 €

Tableau 7 : Gamme de prix des différentes techniques de désinfection observées sur le bassin Artois Picardie

A première vue, on comprend aisément pourquoi certaines collectivités ont choisi une désinfection à l'eau de javel en acceptant les contraintes d'entretien qui l'accompagne. En effet le prix d'investissement des appareils utilisant de l'eau de javel est nettement inférieur aux autres techniques.

Cependant pour trouver un réel avantage économique, il faut ramener le prix de l'investissement et du fonctionnement au m³ d'eau pompé pour pouvoir réellement comparer le coût de fonctionnement des différentes techniques.

Pour calculer un coût de revient, il faut :

- le prix de l'investissement de l'appareillage que l'on amortira sur une période de 5 ans
- le prix d'une visite hebdomadaire comprenant 1 heure de main d'œuvre à 25 euros/h et 1 heure de déplacement à 3,5 euros/h
- le prix des réactifs dont la consommation dépend du débit d'eau pompé pour un traitement de 0,3 mg/L pour le chlore et l'eau de javel et 0,25 mg/L pour le dioxyde de chlore :
 - une bouteille de chlore gazeux : 240 euros
 - un litre d'eau de javel : 0,5 euros/L
 - réactif pour former du dioxyde de chlore : 1,30 euros/L
- le prix des réactifs nécessaires aux analyses de terrain pour mesurer le chlore libre. Ces réactifs sont à renouveler tous les 2 mois :
 - Réactif START : 14 euros
 - Réactif DPD 1A +1B : 18 euros

³ Prix Hors taxes

- le prix correspondant à un entretien annuel des dispositifs de désinfection comprenant une visite de 4 heures et le prix des pièces, à savoir :
 - Visite : 4 heures de main d'œuvre à 25 euros/h et 4 heures de déplacement à 3,5 euros/h
 - Pièces pour l'entretien du dispositif au chlore gazeux : 435 euros
 - Pièces pour l'entretien du dispositif à l'eau de javel : 100 euros
 - Pièces pour l'entretien du dispositif au dioxyde de chlore : 300 euros

En appliquant ces prix⁴ à chaque collectivité en fonction du débit d'eau pompé et pour un traitement de 0,3 mg/L de chlore on obtient un prix de revient au débit pompé, au débit facturé (en considérant un rendement moyen du réseau de 70%) et à l'habitant. Ces valeurs par commune sont mises en annexe n°4.

On observe les coût de revient⁵ suivants :

- Pour l'eau de javel

	Coût mini	Coût maxi	Coût moyen	Ecart type
Coût au m ³ pompé /an	0,02 €	0,24 €	0,07 €	0,05
Coût au m ³ facturé / an	0,03 €	0,34 €	0,10 €	0,07
Coût par habitant /an	1,71 €	27,4 €	6,03 €	5,01

Tableau 8 : Coût de revient d'une désinfection à l'eau de javel sur le bassin Artois Picardie

- Pour le chlore gazeux

	Coût mini	Coût maxi	Coût moyen	Ecart type
Coût au m ³ pompé /an	0,00 €	0,25 €	0,05 €	0,05
Coût au m ³ facturé / an	0,01 €	0,36 €	0,07 €	0,07
Coût par habitant /an	0,63 €	13,48 €	4,37 €	3,27

Tableau 9 : Coût de revient d'une désinfection au chlore gazeux sur le bassin Artois Picardie

- Pour le dioxyde de chlore

	Coût mini	Coût maxi	Coût moyen	Ecart type
Coût au m ³ pompé /an	0,03 €	0,06 €	0,04 €	0,01
Coût au m ³ facturé / an	0,04 €	0,08 €	0,06 €	0,01
Coût par habitant /an	2,67 €	3,51 €	3,18 €	0,01

Tableau 10 : Coût de revient d'une désinfection au dioxyde de chlore sur le bassin Artois Picardie

- Pour le rayonnement UV

Une seule installation est recensée sur le bassin Artois Picardie.

=> On constate donc que bien que les dispositifs de javel soient beaucoup moins cher à l'achat, le coût de revient à l'année est supérieur aux autres techniques de désinfection. En effet, on obtient un coût de revient de 10 centimes d'euros par m³ d'eau facturé pour les dispositifs à l'eau de javel, alors que pour le chlore gazeux et le dioxyde de chlore on est à 7 et 6 centimes d'euros. Si l'on ramène ces coûts de revient à l'habitant l'eau de javel dépasse de 1,66 centimes d'euros par habitant le coût de revient du chlore gazeux et de 2,85 centimes d'euros par habitant le coût de revient du dioxyde de chlore. En frais de fonctionnement, l'eau de javel est donc la technique de désinfection la plus chère.

⁴ Prix Hors taxes

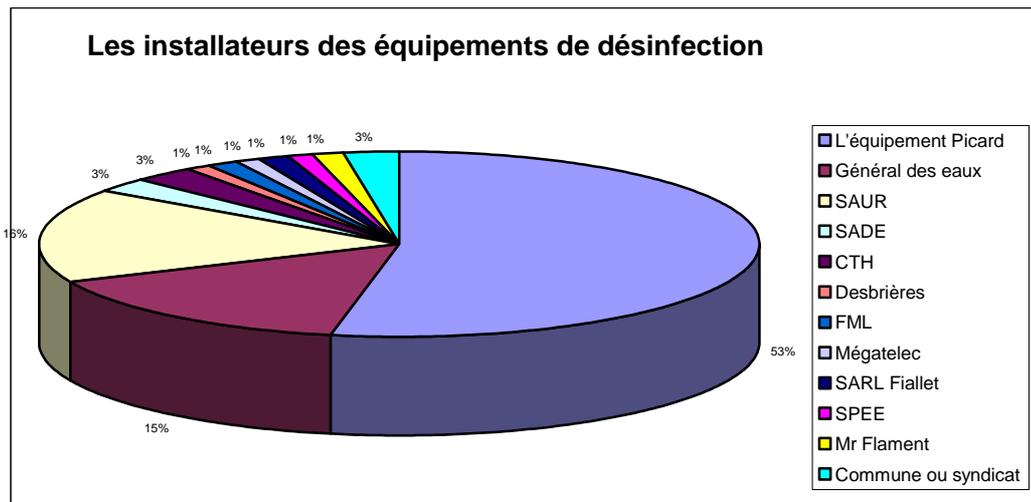
⁵ Coût Hors taxes

2.3.4 Fournisseur / Installateur

Pour la chloration par eau de javel, chlore gazeux, le fournisseur du matériel la plus rencontré est la société CIR. Il a fourni 96 % du matériel installé dans les collectivités interrogées. Les deux autres fabricants étant intervenus sont Cifec et CTH.

Pour les quelques dispositifs au dioxyde de chlore le fournisseur est Prominent. Enfin pour la désinfection utilisant des lampes de radiations UV c'est Wedaco qui a été choisi.

Pour l'installation des dispositifs de désinfection on recense deux groupes nationaux spécialisés, la Générale des eaux (Société des eaux de picardie) et la SAUR ainsi que quelques petits installateurs privés. On remarquera néanmoins la forte implication de l'Équipement Picard basé à Doullens qui a installé 53 % des dispositifs de désinfection.



Graphique 13 : Les installateurs des équipements de désinfection

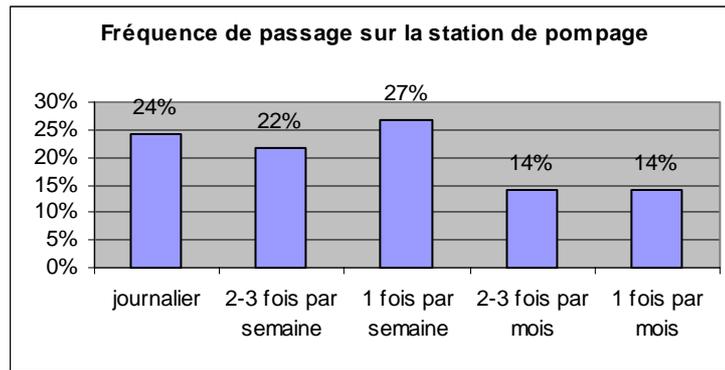
Le choix de l'installateur de l'appareil de désinfection s'est fait

- pour 49 % après mise en compétition ou en demandant plusieurs devis,
- pour 43 % le choix s'est fait par habitude, l'installateur intervenait déjà pour l'entretien du captage et de la station de pompage,
- pour 5 %, les collectivités ont suivi les conseils d'un représentant ou d'un commercial
- pour 3 %, les sociétés délégataires ont imposé le choix aux collectivités.

2.4 Exploitation de la station de pompage

A chaque passage sur une station de pompage, l'agent réalise une vérification du bon fonctionnement des pompes, un relevé des compteurs et s'occupe de la désinfection (recharge en javel, vérification du fonctionnement, vérification des bouteilles de chlore).

La fréquence de passage est très variable d'une fois par jour à une fois par mois. Néanmoins, les collectivités qui ont participé à l'étude sont 83 % à réaliser au moins une visite par semaine. => C'est une fréquence correcte qui permet de vérifier le bon fonctionnement des équipements et de déceler toute anomalie. Au-delà d'une visite hebdomadaire, on peut passer à côté de problèmes sur la station qui vont s'aggraver le temps de la période de non contrôle et causer des dommages plus importants.

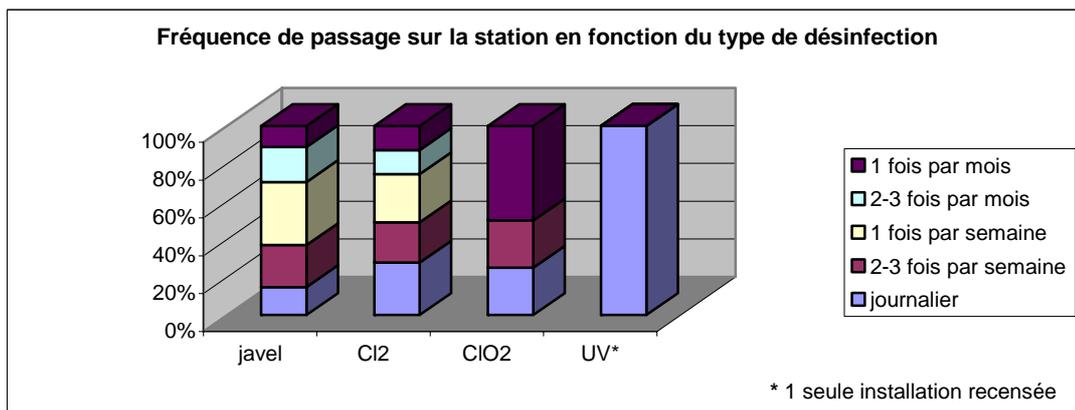


Graphique 14 : Fréquence de passage sur la station de pompage

Le pourcentage de collectivité réalisant plutôt une visite mensuelle ou plutôt une visite hebdomadaire ne varie pas selon que l'on désinfecte avec de la javel ou du chlore gazeux. Pourtant l'eau de javel nécessite un suivi plus régulier puisqu'il faut recharger le bac de réserve périodiquement. Il semble que certaines collectivités, de par une eau de javel très concentrée et/ou un dosage très faible, réussissent à maintenir une visite mensuelle.

=>Lorsqu'on désinfecte avec de l'eau de javel, il est indispensable de réaliser une visite hebdomadaire. En effet l'eau de javel fait précipiter les calcaires de l'eau pompée. Ces calcaires se forment au point d'injection de la javel qui finit par se boucher. Si l'on ne détecte pas ce problème rapidement, la pompe doseuse d'eau de javel continue à injecter et se met en pression. Le résultat obtenu est une détérioration des tubes et/ou de la pompe doseuse.

=>De même une visite hebdomadaire permet d'utiliser une eau de javel moins concentrée et de régler un débit d'injection plus important. L'eau de javel est sensible à la chaleur et perd de son efficacité dans le temps (diminution du degré chlorométrique). Plus une eau de javel est diluée moins cette perte d'efficacité se fait ressentir. Ainsi en rechargeant chaque semaine le bac de réserve, on s'assure de la bonne qualité de l'eau de javel. De plus les pompes doseuses se régleront plus facilement avec un débit d'injection plus élevé.



Graphique 15 : Fréquence de passage sur la station en fonction du type de désinfection

Sur les 79 collectivités ayant participées à l'étude 34% d'entre elles tiennent un cahier d'exploitation de leur installation de désinfection. Sur ce cahier elle note l'entretien qui est réalisé, les pannes éventuelles et les résultats des mesures de terrain du taux de chlore.

=> Même si les collectivités trouvent cela inutile et qu'elles font confiance à la mémoire des agents, il serait intéressant que toutes les collectivités tiennent un cahier pour noter ce qu'elles font. Une bonne gestion passe par une connaissance de l'utilisation de l'appareil et ce cahier peut servir pour des personnes extérieurs au service d'eau potable ou pour les futurs exploitants.

2.5 Utilisation du matériel de désinfection

2.5.1 L'entretien

Les appareils de désinfection nécessitent un entretien régulier des pièces qui le composent.

- Pour l'eau de javel

L'appareil de désinfection à l'eau de javel est composé de trois éléments qui nécessitent un entretien : la pompe doseuse, la soupape d'injection et les tubes.

Les tubes, notamment ceux placés au refoulement, sont à remplacer tous les 2 ans.

La pompe doseuse est composée d'une membrane et de deux clapets : un clapet aspiration et un clapet refoulement. Ces clapets sont à remplacer une fois par an. La membrane se remplace quand un problème est observé.



Figure 8 : kit clapet aspiration doseur / membranes / clapet refoulement doseur

Enfin la soupape d'injection est la pièce la plus sensible à la formation de calcaire puisqu'elle est directement en contact avec l'eau pompée. Cette soupape d'injection est à nettoyer très régulièrement avec du vinaigre. Le vinaigre, acide, va dissoudre les calcaires. La fréquence de cet entretien est variable et dépend du degré d'entartrage de la soupape. L'idéal est d'avoir une soupape d'injection d'avance et de pouvoir intervenir les deux dès que l'une est colmatée.



Figure 9 : soupape d'injection selon le modèle de la pompe doseuse

- Pour le chlore gazeux

L'appareil de désinfection au chlore gazeux est composé de cinq éléments qui nécessitent un entretien : l'hydroéjecteur, les tubes, le débitmètre, le filtre dessicant et le chloromètre.

L'hydroéjecteur est composé de joints et de clapets qu'il est nécessaire de changer une fois par an. Le fournisseur commercialise un kit qui permet de réaliser l'entretien de cette pièce.



Figure 10 : kit d'entretien de l'hydroéjecteur

Les tubes doivent être remplacés tous les deux ans.

Le débitmètre nécessite un entretien quand on s'aperçoit d'un problème, bien souvent la bille qui se coince. Pour cela un kit d'entretien permet de remplacer les joints du débitmètre. On peut également procéder à un nettoyage du tube en verre et de la bille avec de l'alcool (éthanol).



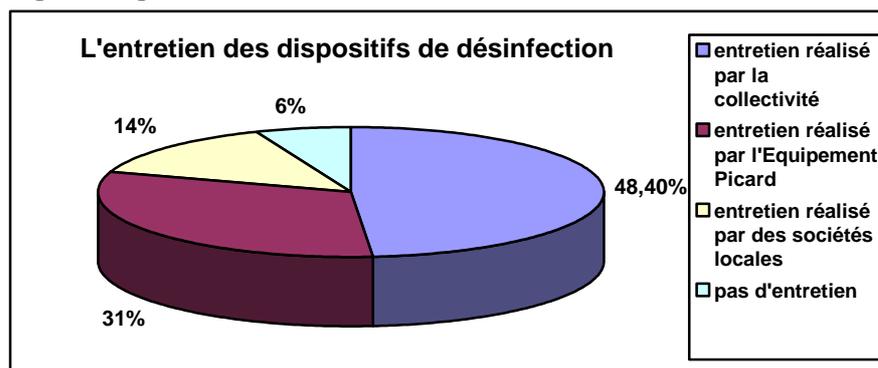
Figure 11 : kit d'entretien du débitmètre

Le filtre dessicant contient des grains de silice qu'il est nécessaire de remplacer. Les grains de silice sont jaunes à l'origine. Le chlore gazeux est un gaz de couleur jaune qui va donc intensifier la couleur des grains de silice dès qu'ils vont entrer en contact. De jaunes, ils virent progressivement à l'orange-brun puis blanchissent quand ils sont saturés et qu'il faut songer à les remplacer. Certains grains de silice sont bleus, ils virent alors au vert foncé en présence de chlore gazeux (bleu + jaune = vert) puis blanchissent. En règle générale, on ne peut pas se baser sur la couleur pour vérifier la validité des grains de silices et lorsqu'ils blanchissent, il y a longtemps qu'ils n'étaient plus opérationnels. La périodicité pour le remplacement des grains de silice varie de six à douze mois, selon le débit d'injection du chlore gazeux et l'humidité ambiante. L'idéal serait de remplacer les grains de silice quand on change la bouteille de chlore.

Le chloromètre nécessite un entretien tous les deux ans. Cet entretien est réalisé par le fournisseur.

Pour les collectivités qui ont participé à l'étude, 15 d'entre elles ont signé un contrat d'entretien avec une société privée telle que la Générale des eaux (pour 10 collectivités) et la SAUR (pour 5 collectivités). A noter que les collectivités ayant choisi une désinfection par du dioxyde de chlore ont tous signé un contrat d'entretien. Ceci est plus prudent vu les risques liés aux réactifs utilisés pour la fabrication du dioxyde de chlore et au dioxyde de chlore lui-même.

Les autres collectivités n'ont pas signé de contrat d'entretien. 48,4 % d'entre elles réalisent l'entretien elle-même, 31 % font appel à l'équipement picard, 14 % à des sociétés locales et 6 % ne se sont jamais préoccupé de l'entretien.



Graphique 16 : L'entretien des dispositifs de désinfection

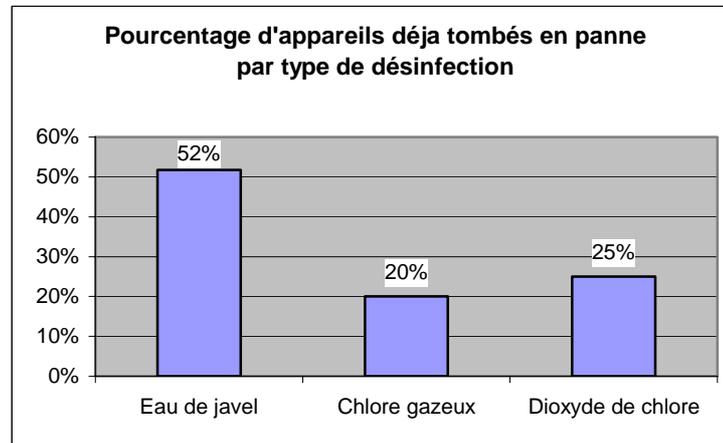
=> *Beaucoup de collectivités ne connaissent pas les actions à réaliser pour l'entretien de leur matériel de désinfection. L'entretien réalisé est souvent sommaire et ne prend pas en compte toutes les prescriptions des fournisseurs. Il est donc intéressant de réaliser une fiche récapitulant les actions d'entretien à entreprendre et leur périodicité reprenant les données d'entretien citées ci-dessus pour l'envoyer aux collectivités (voir annexes 6 et 7).*

2.5.2 Dysfonctionnements

Au niveau des pannes, 25 installations sur 79 ont déjà subi une panne.

La répartition selon le type de désinfection se fait comme suit :

- 15 installations de javel sur les 29 soit 52 %
- 9 installations au chlore gazeux sur les 45 soit 20%
- 1 installation au dioxyde de chlore sur les 4 soit 25 %



Graphique 17 : Pourcentage d'appareils déjà tombés en panne par type de désinfection

Pour les dispositifs à l'eau de javel, l'essentiel des pannes est lié à la précipitation des calcaires qui crée des colmatages. C'est le cas pour 8 installations sur les 15 qui ont subi une panne. 4 ont eu un problème sur la pompe doseuse et 3 ont eu un problème sur les tubes qu'ils ont du remplacer. Les problèmes de pompe sont des pannes le plus souvent électriques qui ne peuvent pas être évitées. En revanche, les pannes liées au bouchage et au tube défectueux peuvent être évitées si on réalise un entretien préventif comme on l'a vu précédemment.

Pour les dispositifs au chlore gazeux, les problèmes observés sont plus divers. On a observé des pannes au niveau des différentes pièces composant l'appareil de désinfection : tube, injection, hydroéjecteur, chloromètre, débitmètre. Les différents types de pannes observées se sont produits une à deux fois et reste donc assez marginale dans leur apparition. Il est alors difficile de les mettre en corrélation avec l'entretien préventif.

L'appareil de dioxyde de chlore a quant à lui subi une panne électrique au niveau de la pompe doseuse.

Pour résoudre ces pannes, 16 collectivités sur 25 ont fait appel au service après vente et 9 collectivités sur 25 se sont dépannées par leurs propres moyens.

Pendant ces pannes, la désinfection a continué à être assurée pour 9 collectivités par l'injection journalière d'un berlingot de javel dans la cuve du réservoir. Les 16 autres collectivités n'ont pas assuré un traitement de désinfection pendant cette période. Généralement la période d'arrêt n'a pas excédé la semaine, sauf pour quatre collectivités qui ont des temps d'arrêt variant de 2 à 3 mois. Mais ces quatre collectivités ont assuré une désinfection manuelle pour réduire le risque de contamination microbienne.

2.6 Suivi de l'utilisation des réactifs

2.6.1 Pour l'eau de javel

Pour cette étude, on a recensé 29 installations sur 79 qui désinfectent l'eau potable avec de l'eau de javel.

Dans le choix de l'eau de javel plusieurs possibilités sont offertes. Il existe en effet quatre solutions commerciales d'eau de javel dont les concentrations en chlore libre actif sont différentes. On observe ainsi des eaux de javel ayant les concentrations suivantes :

Titre chlorométrique	Pourcentage de chlore libre actif	Concentration en chlore libre actif
9°	2,7 %	28 g/L
12°	3,6%	38 g/L
35°	9,6 %	111 g/L
46°	12 %	145 g/L

Tableau 11 : Correspondance titre chlorométrique, pourcentage de chlore libre actif et concentration en chlore libre actif

Le dosage de la javel se fait en fonction du débit d'eau pompé et comme on l'a vu les collectivités ayant un dispositif de désinfection à la javel ont de petits débits d'eau pompée. En conséquence la quantité de chlore libre actif à injecter est faible. La société CIR et les installateurs conseillent donc de prendre une eau de javel peu concentrée comme celle à 9° pour que les pompes doseuses puissent injecter un volume d'eau de javel convenable. En effet plus on prend une eau de javel concentrée, plus le volume d'eau de javel à injecter sera petit et le réglage de la pompe doseuse délicat.

De plus, plus l'eau de javel est concentrée, moins elle est stable dans le temps. En effet, l'eau de javel est sensible à la chaleur et avec le temps elle perd de son efficacité. Ceci est d'autant plus vrai que l'eau de javel est concentrée.

Dans le bassin Artois Picardie, le choix des collectivités pour l'eau de javel se répartit comme suit :

Eau de javel à 9°	59 %
Eau de javel à 12°	3 %
Eau de javel à 35°	17%
Eau de javel à 46 °	21%

Tableau 12 : Type d'eau de javel utilisé par les collectivités

Malgré la gamme de choix de concentration, 10 collectivités sur 29 utilisent de l'eau de javel qu'elles diluent avec de l'eau pour abaisser la concentration en chlore libre. Il est important dans ce cas d'utiliser de l'eau distillée pour éviter la réaction de précipitation des calcaires. Les autres collectivités utilisent l'eau de javel du commerce sans aucune préparation préalable.

Les fournisseurs d'eau de javel sont généralement des commerces locaux du type Gamm vert, Intermarché, des drogueries locales... Pour 6 collectivités sur 29, l'eau de javel est fournie par l'installateur du dispositif de désinfection.

Les collectivités n'ont jamais eu de problème d'approvisionnement en eau de javel. Toutes les collectivités stockent de l'eau de javel d'avance soit au captage, soit dans un bâtiment communal ou chez la personne chargé de l'eau sur la commune. Les quantités d'eau de javel stockées varient de 10 à 60 L.

Les collectivités ont opté majoritairement (26 sur 29) pour du matériel de la marque CIR. De ce fait on retrouve bien souvent le même dispositif pour la désinfection par l'eau de javel. La seule différence se fait au niveau du bac de réserve, 25 collectivités ont un bac de réserve de 10 Litres et 2 collectivités ont un bac de réserve de 20L. L'installation type ressemble à celle-ci :

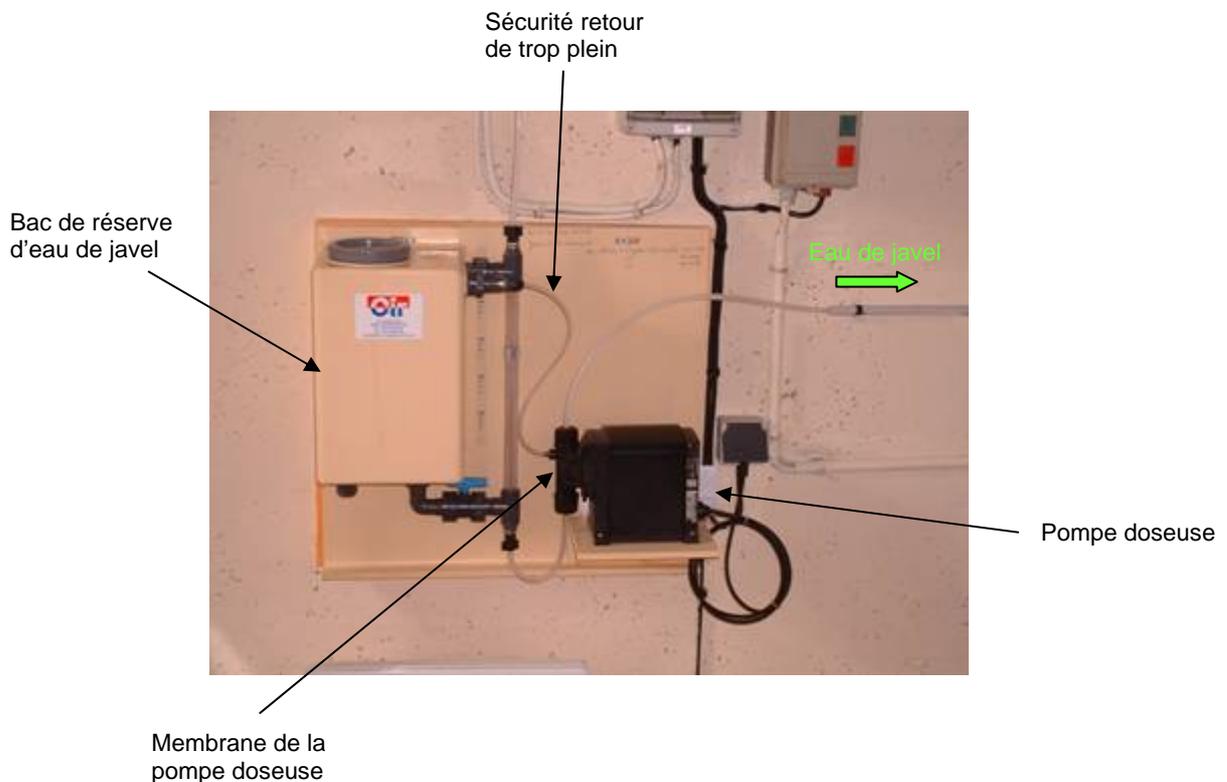


Figure 12 : Dispositif de désinfection à l'eau de javel de la marque CIR de la commune de Beaucourt sur l'ancre

Une collectivité a choisi du matériel de la marque Cifec, avec un bac de réserve de 10 Litres. Deux collectivités ont choisi du matériel de la marque CTH, le principe est le même, seul change le bac de réserve qui est de 100 Litres et le placement de la pompe doseuse qui est installé au dessus du bac de réserve. La pompe n'est donc pas en charge et peut se désamorcer plus facilement. Le matériel vendu par Cifec et CTH se présente comme suit :



Figure 13 : Dispositif de désinfection à l'eau de javel de la marque CTH de la commune de Berneuil



Figure 14 : Dispositif de désinfection à l'eau de javel de la marque Cifec de la commune de Toutencourt

Connaissant le volume des bacs de réserve on peut calculer l'autonomie de ces dispositifs de désinfection avant que la recharge soit nécessaire. Pour cela on considère un taux de traitement de 0,3 mg/L et une eau de javel à 9° soit 2,6 % de chlore actif. Les résultats obtenus pour chaque collectivité sont placés en annexe n°5.

La durée moyenne d'autonomie avant recharge est de 31 jours. On observe un minimum à 9 jours et un maximum à 156 jours (pour une installation ayant une réserve de 100 L).

A noter que après un temps de séjour de 156 jours soit environ 22 semaines et à une température de 20°C, une eau de javel initialement à 50° de chlore actif passe à 27,5°, alors qu'une eau de javel initialement à 12,5° passe à 12° (source : http://membres.lycos.fr/microbio/actualites/javel/javel_corps.html). Ces chiffres montrent bien l'importance d'utiliser une eau de javel diluée pour avoir une eau de javel de concentration en chlore actif à peu près constante dans le temps et assurer un taux de traitement régulier.

2.6.2 Pour le chlore gazeux

Pour cette étude, on a recensé 45 installations sur 79 qui désinfectent l'eau potable avec du chlore gazeux.

Toutes les installations au chlore gazeux sont de la marque CIR, on relève deux modèles : le Chlorobloc et des systèmes classiques qui s'adaptent selon la configuration du captage.

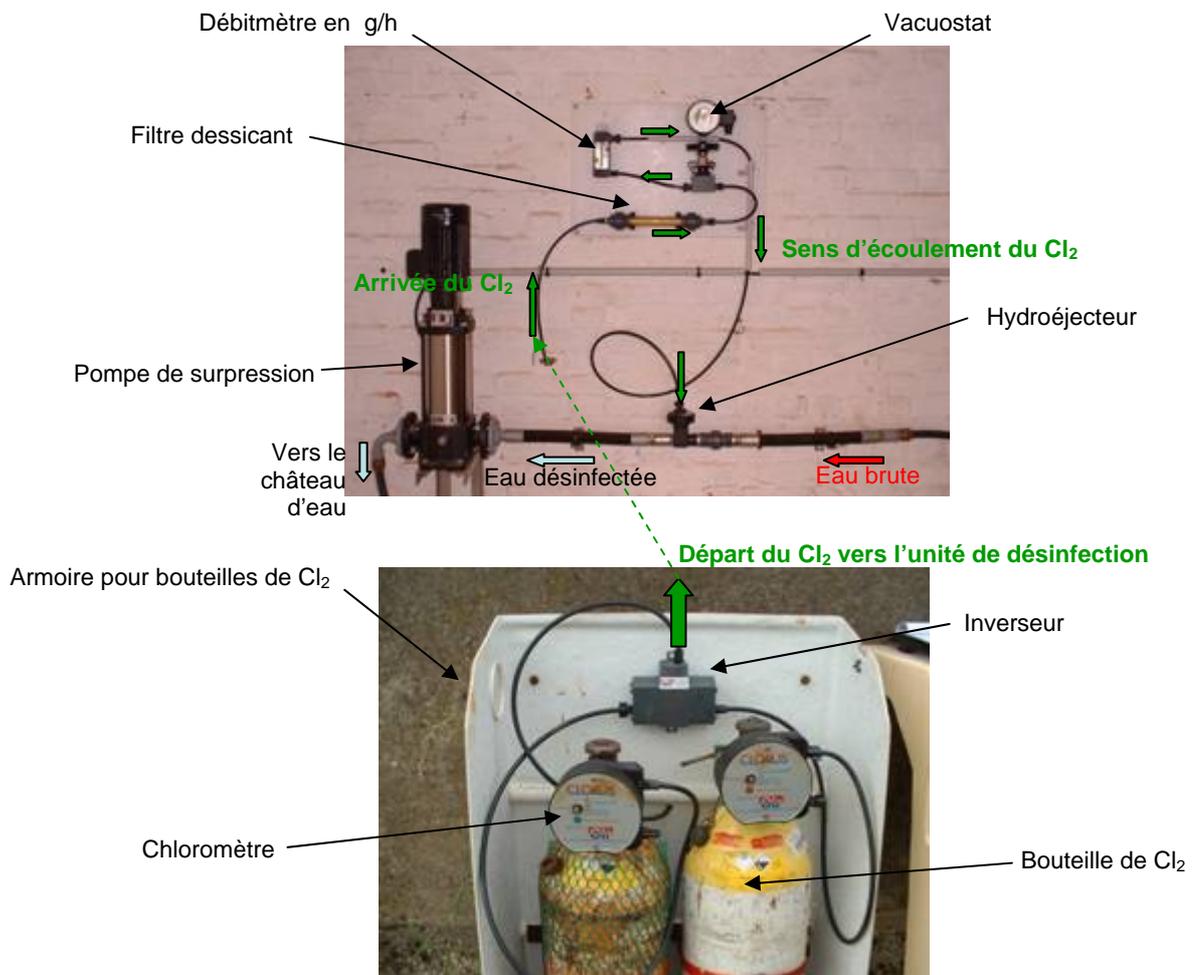


Figure 15 : Dispositif de désinfection classique au chlore gazeux de la commune de Autheux

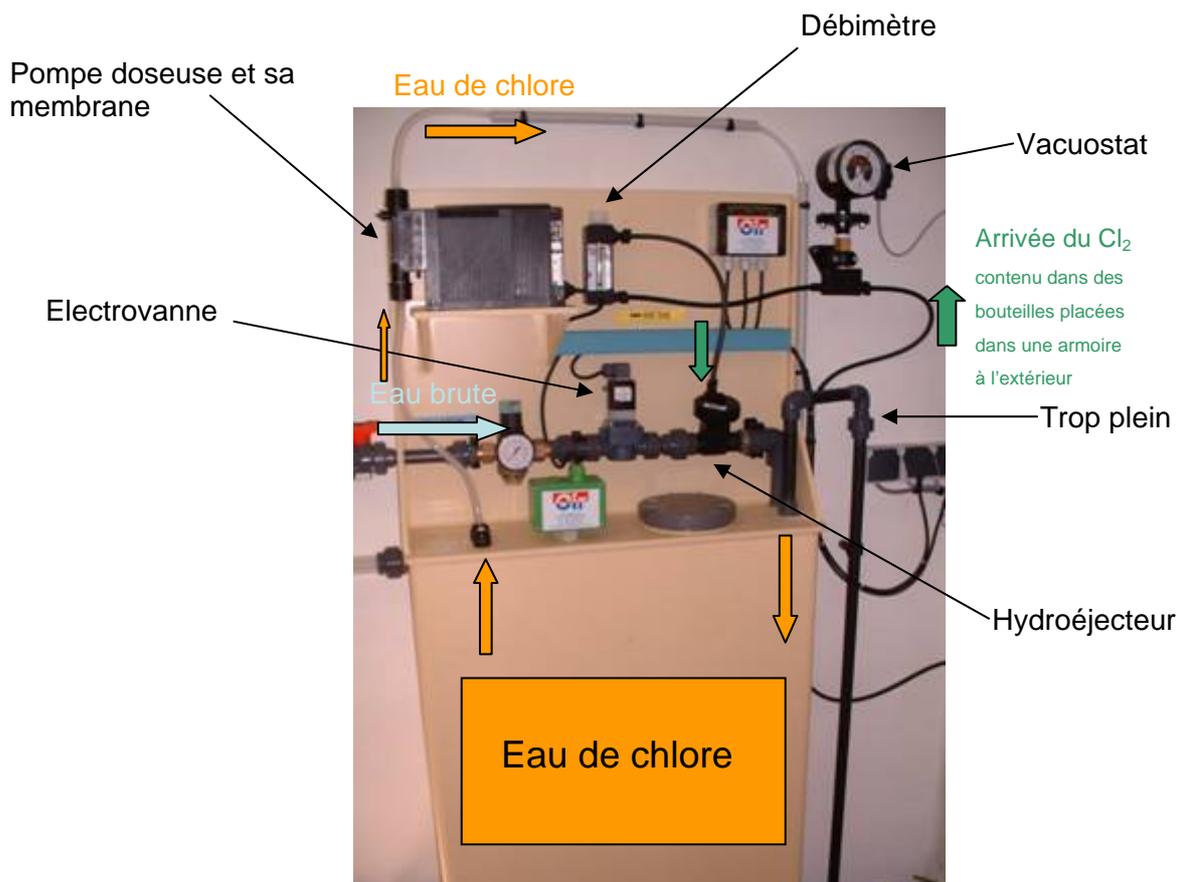


Figure 16 : Dispositif de désinfection au chlore gazeux du type Chlorobloc de la commune de Croixrault

Les fournisseurs des bouteilles de chlore sont pour 14 collectivités sur 45 des fabricants de chlore (Gazechim, Eurochlor). Les autres collectivités, soit 31 sur 45 passent par la société qui leur a installé le dispositif de désinfection.

Fournisseur	Nombre de collectivités	
Gazechim	13	Fabricant
Eurochlor	1	
CISE	1	Installateur
Générale des eaux	7	
L'équipement Picard	15	
SADE	1	
SAUR	7	

Tableau 13 : Fournisseurs de chlore gazeux

Ces chiffres sont à mettre en corrélation avec le fait que 13 collectivités sur 45 (soit 29 %) changent elles même leur bouteille. Ce sont les collectivités qui achètent directement au fabricant de chlore.

D'un point de vue réglementaire, aucune formation n'est requise pour changer une bouteille de chlore. Néanmoins vu la dangerosité du chlore sous forme gazeux, il est fortement recommandé de suivre une petite formation avec une personne compétente. Sur les 13 collectivités qui changent elles même leur bouteille, 11 agents ont suivi une formation par les personnels de la SAUR, de l'équipement picard, de la CIR ou de la SADE lors de l'installation de l'unité de désinfection.

=>Rappel de sécurité :

Il est indispensable d'être à deux personnes pour effectuer un remplacement de bouteille de chlore et de s'équiper du masque à gaz.

La bouteille d'ammoniac présente dans le coffret plastique placé généralement dans l'armoire électrique, sert pour la détection de fuite de chlore. En effet s'il y a une fuite, le chlore présent va réagir avec l'ammoniac pour former des fumées blanches. Il suffit donc d'imbiber un coton d'ammoniac et de le placer près du robinet de la bouteille pour savoir si le remplacement de la bouteille a été effectué correctement (absence de fumée blanche).

Avec le chlore gazeux l'autonomie est très grande, il n'y a pas besoin de recharger fréquemment. En prenant un taux de traitement de 0,3 mg/L et connaissant le poids des bouteilles de chlore utilisées, on peut estimer l'autonomie des collectivités avec une bouteille de chlore. Les résultats obtenus pour chaque collectivité sont placés en annexe n°6. Les contenances des bouteilles sont de 15 kg (pour 4,3 % des collectivités), 30 kg (pour 87 % des collectivités) et 49 kg (pour 8,7 % des collectivités).

L'autonomie moyenne avec 1 bouteille de chlore est de 20 mois. On observe un minimum à 1,6 mois et un maximum à 109 mois.

Ramenée à l'année, l'autonomie des collectivités en chlore gazeux est de :

Autonomie	Nbr de collectivités
Inférieur à 1 an	20
Entre 1 et 2 ans	16
Supérieur à 2 ans	9

Tableau 14 : Autonomie des collectivités en chlore gazeux

Sachant qu'en plus, 13 collectivités sur 45 ont une bouteille d'avance sur le site de captage et que 7 collectivités de chloration sur 45 ont deux bouteilles branchées sur le dispositif de désinfection, le risque de pénurie de chlore est très faible.

2.7 Contrôle analytique, qualité de l'eau

2.7.1 Bilan analytique des analyses réalisées par les DDASS

1.1.1.1 Bilan microbiologique

Les DDASS réalisent dans le cadre réglementaire un programme d'analyse pour contrôler la qualité de l'eau distribuée. La fréquence des analyses et le type d'analyses effectuées sont imposés par le décret n°2001-1220 du 20 décembre 2001 relatifs aux eaux destinées à la consommation humaine.

Parmi les paramètres contrôlés, il y a les paramètres microbiologiques. Dans ce cadre les eaux distribuées doivent respecter les limites de qualités suivantes :

Escheria coli (E.Coli)	0/100 mL
Entérocoques	0/100 mL

Tableau 15 : Limites de qualités microbiologiques des eaux destinées à la consommation humaine

En plus de ces valeurs limites de qualité, les eaux distribuées doivent respecter des valeurs références de qualité. Pour les paramètres microbiologiques, ces références de qualité sont les suivantes :

Bactérie coliforme	0/100 mL
Numération de germes aérobies revivifiables à 22°C et 37°C	variation dans un rapport de 10 par rapport à la valeur habituelle

Tableau 16 : Références de qualité des eaux destinées à la consommation humaine

Pour réaliser le bilan analytique, nous avons rencontré les DDASS de la Somme et du Pas de Calais. Nous avons réalisé le bilan analytique sur quatre paramètres : E.coli, entérocoques, germes aérobie revivifiables à 22°C et germes aérobies revivifiables à 37°C. La période pris en compte est celle du 1^{er} janvier 2000 au 31 mai 2005.

Pour avoir une interprétation correcte des résultats, nous avons comptabilisé le nombre de conformité ou de non conformité sur les quatre paramètres choisis selon les critères suivants :

	Conforme	Non conforme
Escheria coli (E.Coli)	Si = 0	Si ≠ 0
Entérocoques	Si = 0	Si ≠ 0
Germes aérobie revivifiables à 22°C	Si < 20	Si > 20
Germes aérobies revivifiables à 37°C	Si < 2	Si > 2

Tableau 17 : Références choisies pour le bilan microbiologique

Les valeurs choisies pour les germes aérobies revivifiables proviennent de l'ancien décret n°89-3 du 3 janvier 1989. Ce texte n'est plus applicable mais il nous permet de nous fixer une valeur limite de référence.

Les analyses ont été réalisés sur deux zones de la collectivité : au point de prélèvement et sur le réseau. On distinguera la période avant l'installation de la désinfection automatique et la période après l'installation de la désinfection automatique.

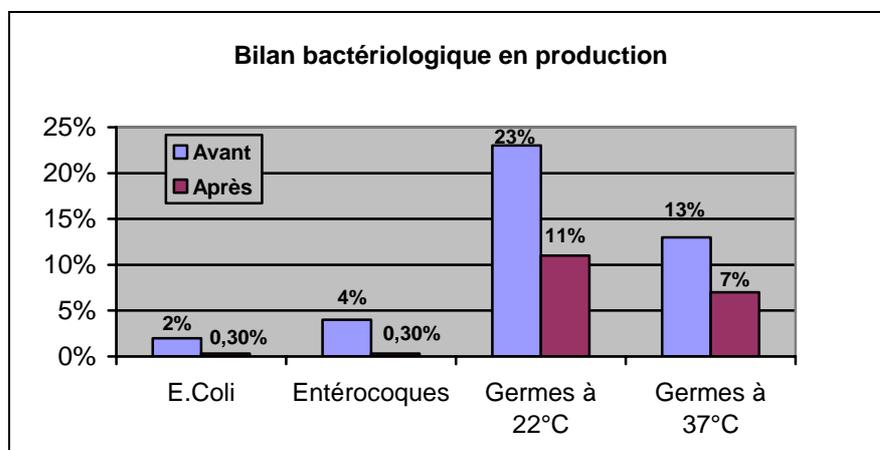
Les valeurs sont notées sous la forme nombre de non-conformité/nombre total d'analyses effectuées.

On obtient les résultats suivants :

- En production :

	Nombre de non conformité		% de non conformité	
	Avant	Après	Avant	Après
E.coli	8/382	1/340	2	0,3
Entérocoques	35/947	1/365	4	0,3
Germes à 22°C	204/905	39/358	23	11
Germes à 37°C	118/895	27/364	13	7

Tableau 18 : Résultats du bilan microbiologique en production

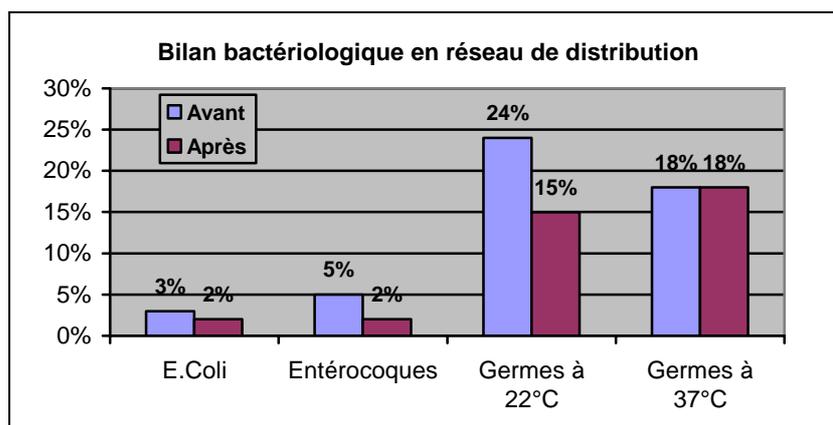


Graphique 18 : Résultats du bilan microbiologique en production

- Sur le réseau de distribution :

	Nombre de non -conformité		% de non conformité	
	Avant	Après	Avant	Après
E.coli	17/501	17/915	3	2
Entérocoques	73/1529	21/913	5	2
Germes à 22°C	371/1525	154/1012	24	15
Germes à 37°C	279/1530	180/1011	18	18

Tableau 19 : Résultats du bilan microbiologique en réseau de distribution



Graphique 19 : Résultats du bilan microbiologique en réseau de distribution

Au point de production, on constate bien que le nombre de non-conformité a nettement diminué après que la collectivité a investi dans un système de désinfection automatique. Les valeurs limites de références imposées dans le cadre réglementaire sont désormais respectées dans 99.7 % des cas.

Sur le réseau de distribution, les résultats ne sont pas aussi probants mais sont toutefois très positifs. Cela s'explique par le fait que beaucoup de collectivités n'injectent pas assez de désinfectant au point de production. Lorsque le réseau est très long, ce qui est souvent le cas dans les collectivités rurales, on ne retrouve alors plus de chlore en fin de réseau et toute contamination microbiologique est de nouveau possible. La solution est de désinfecter suffisamment au point de production sans dépasser toutefois 0,3 mg/L afin de ne pas générer de problème de goût pour les premiers consommateurs desservis. Si ce taux de traitement est insuffisant car le réseau est trop étendu, il faut songer à installer un poste de désinfection intermédiaire pour assurer un taux convenable jusqu'à la fin du réseau. L'autre possibilité pour expliquer ces résultats c'est que le dispositif de désinfection automatique est défectueux ou que la bouteille de chlore soit vide et que la personne qui s'occupe du captage ne s'en soit pas aperçu. Quelques collectivités que nous avons rencontrées ont remarqué un problème avec leur dispositif de désinfection suite aux mauvais résultats des analyses de la DDASS.

1.1.1.2 Bilan chimique

Le bilan chimique va concerner le taux de chlore libre, c'est-à-dire le chlore disponible pour la désinfection. On va s'intéresser au taux de chlore libre sur le réseau de distribution.

La DDASS et les préconisations du plan Vigipirate recommandent un taux de chlore de 0,1 mg/L en tous points du réseau de distribution. On va donc se fixer les limites suivantes :

- [Désinfectant] = 0 mg/L => non conformité
- 0 < [Désinfectant] < 0,2 mg/L => conformité
- [Désinfectant] > 0,2 mg/L => non conformité car risque de mauvais goût pour le consommateur

La période choisie démarre à la date d'installation des dispositifs de désinfection jusqu'au 31 mai 2005. Les valeurs sont notées sous la forme nombre d'analyses / nombre total d'analyses effectuées.

Les résultats obtenus sont les suivants :

	Nombre d'analyses	% de non conformité
[Désinfectant] = 0 mg/L	186/925	20
0 < [Désinfectant] < 0,2 mg/L	564/925	61
[Désinfectant] > 0,2 mg/L	178/925	19

Tableau 20 : Résultats du bilan chimique en réseau de distribution

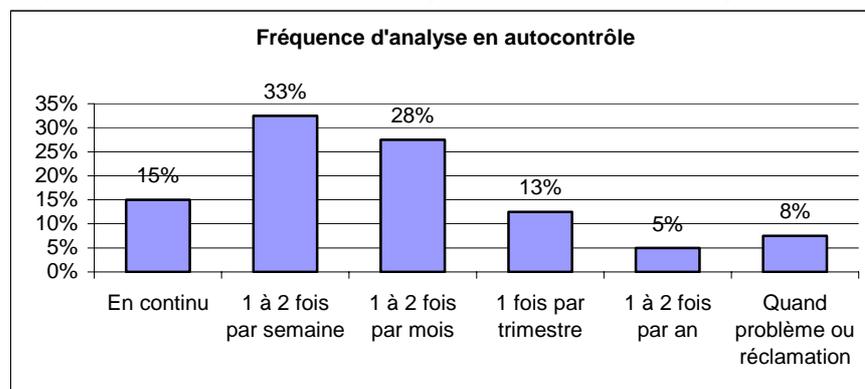
Les résultats de microbiologie sur le réseau de distribution sont donc bien à corréliser avec le taux de désinfectant puisque pour 20 % des analyses effectuées on ne trouve pas de chlore libre. Le risque de contamination est donc effectif. Que le dispositif de désinfection automatique soit défectueux ou que la bouteille de chlore soit vide peut expliquer un taux de désinfectant nul.

19 % des analyses retrouvent un taux de désinfectant supérieur à 0,2 mg/L. Ce taux n'est pas dangereux pour la santé humaine (valeur limite selon l'Organisation Mondiale de la Santé : 5 mg/L) et ne constitue pas réellement une non-conformité. Le seul risque c'est de réveiller la sensibilité au chlore de certains consommateurs qui pourraient alors se plaindre du goût trop prononcé.

2.7.2 Autosurveillance

Les contrôles de la DDASS sont très poussés et très réguliers. Néanmoins il est important que les collectivités réalisent un autocontrôle du taux de chlore libre sur le site de production et sur le réseau de distribution. Cet autocontrôle leur permettra de mieux connaître le taux de traitement en désinfectant et de le réajuster si nécessaire.

Sur les 79 collectivités ayant participé à l'étude, 40 d'entre elles réalisent un autocontrôle. La fréquence des analyses est variable de 1 à 2 fois par semaine à 1 à 2 fois par an.



Graphique 20 : Fréquence d'analyse en autocontrôle

On peut considérer qu'une fréquence supérieure à 1 mois n'est plus de l'autocontrôle. De ce fait seulement 30 collectivités sur 79 réalisent un réel autocontrôle.

Pour réaliser l'autocontrôle, trois possibilités s'offrent aux collectivités :

- Analyse de terrain par photométrie : une valise bleue contenant des réactifs et un photomètre permet de réaliser des mesures de terrain rapides et d'une bonne précision. Cet appareil permet la mesure du chlore libre, chlore total et dioxyde de chlore.



Figure 17 : valise d'analyse par photométrie

- Analyse de terrain par colorimétrie : une valise de couleur marron contenant des réactifs et des disques de couleur et un comparateur qui permet une mesure de terrain assez fiable. Cet appareil permet la mesure du chlore libre et du chlore total.



Figure 18 : valise d'analyse par colorimétrie

- Analyseur en continu : une sonde permet l'analyse en continu du taux de chlore de façon très précise.



Figure 19 : analyseur en continu du taux de dioxyde de chlore

Sur le bassin Artois Picardie, 27 collectivités possèdent la valise bleue d'analyse par photométrie, 7 collectivités possèdent la valise marron d'analyse par colorimétrie et 5 collectivités ont installé un analyseur en continu. Parmi les 5 analyseurs en continu, 4 sont installés pour la mesure en continu du dioxyde de chlore.

Sur les 40 collectivités qui réalisent des analyses, seules 20 collectivités tiennent un cahier de suivi et notent les résultats obtenus.

=> L'autocontrôle est important pour connaître le taux de désinfectant injecté. Les analyses de la DDASS sur le taux de désinfectant ne sont pas assez fréquentes pour un suivi correct de cette mesure. Il serait donc intéressant que les collectivités qui ne possèdent pas de moyen de contrôle s'en procurer et que toutes les collectivités aient un suivi régulier d'une mesure par semaine du taux de désinfectant en production et sur le réseau de distribution. Il est également important de noter ces résultats sur un cahier pour avoir une trace et un véritable suivi du taux d'injection en désinfectant.

2.8 Sécurité

2.8.1 Télésurveillance

Pour assurer le bon fonctionnement des stations de pompage, les collectivités s'équipent de plus en plus de télésurveillance. Ces dispositifs permettent de recevoir des alarmes, le plus souvent par appel téléphonique, dès qu'un problème se manifeste sur la station.

Sur les 79 collectivités auditionnées, 25 ont installé un dispositif de télésurveillance. La télésurveillance vis-à-vis d'un dispositif de désinfection automatique est intéressante notamment pour les bouteilles de chlore. On peut en effet programmer une alarme manque de chlore quand la bouteille est vide. C'est ainsi que sur les 25 télésurveillances, 21 sont installées sur des captages équipés d'une désinfection au chlore gazeux. Les quatre autres dispositifs de télésurveillance sont installés sur la collectivité ayant choisi l'UV et sur 3 des 4 dispositifs au dioxyde de chlore.

2.8.2 Sécurité des personnes

Le deuxième point important concerne la sécurité des agents lors de la manipulation des réactifs ou en cas d'anomalies sur le dispositif qui généreraient des fuites.

Pour les personnes qui travaillent dans des captages où la désinfection est réalisée au chlore gazeux, la présence d'un masque de sécurité avec une cartouche valide spécifique pour le chlore est indispensable. Sur les 45 installations au chlore gazeux, 37 sites sont équipés d'un masque à gaz avec cartouche, 1 site dispose du masque mais sans cartouche et 7 sites ne sont pas équipés. Il est également possible d'installer un détecteur de fuite de chlore dans le captage pour déceler tout problème, mais seule une collectivité a opté pour ce choix.

Pour la manipulation de l'eau de javel, le risque est moins important car l'eau de javel est très diluée. Il faut néanmoins rester prudent sur la manipulation du produit qui est toxique et irritant.

Pour les dispositifs de désinfection au dioxyde de chlore, le risque est lié aux réactifs utilisés pour la formation du dioxyde de chlore que sont le chlorite de sodium et l'acide chlorhydrique. Tous deux sont des composés toxiques et irritants qui nécessitent de prendre des précautions lors de leur manipulation. Il est également important de vérifier les étiquetages des bidons de stockage pour éviter toute inversion de produit lors du remplissage des cuves du générateur. Une collectivité m'a souligné ce problème, suite à une inversion des étiquettes sur les bidons de réactifs à la livraison, elle a interverti les réactifs dans les cuves et un dégagement de fumée blanche s'est produit lors du remplissage. Il faut donc être très vigilant.

Les UV ne présentent aucun danger particulier puisqu'ils ne nécessitent aucun réactif.

2.9 Consommateur

Avant d'installer une désinfection automatique, les collectivités désinfectaient l'eau par injection occasionnelle de berlingots d'eau de javel. Entre temps, l'eau n'était pas désinfectée et donc dépourvue du goût caractéristique du chlore. Désormais ce goût est présent et de ce fait 49 % des collectivités ont reçu des remarques des consommateurs qui ont été surpris de la nouvelle saveur qu'avait prise l'eau. Ces remarques des consommateurs étaient présentes au début de l'installation et se sont pour la plupart estompées avec le temps. Néanmoins certaines personnes sont sensibles à ce goût caractéristique et ont du mal à l'accepter.

=> Pour éviter ce goût de chlore la DDASS préconise de remplir une carafe d'eau et de la laisser au réfrigérateur deux heures avant de la consommer. Cette action a pour but d'abaisser la température de l'eau et d'inhiber les papilles gustatives lorsque vous consommez l'eau fraîche. Du coup le goût de chlore ne se fait plus ressentir bien qu'il soit toujours présent.

Pour réellement faire disparaître le goût du chlore il faut le faire réagir avec de la matière organique. Pour cela il suffit d'ajouter une goutte de vin à dans votre carafe pour faire disparaître pour de bon ce goût de chlore.

3 PRECONISATIONS

La réalisation de cette étude et la visite réalisée chez les collectivités a été très enrichissante sur le plan personnel. Grâce au large degré d'autonomie qui m'a été laissé, j'ai appris beaucoup techniquement mais aussi sur l'organisation de mon travail et sur le relationnel avec les collectivités et les services de la DDASS.

Cette étude a également été bénéfique pour les collectivités. En effet les visites leur ont permis de faire un point sur la désinfection et j'ai pu leur apporter un soutien technique et répondre à leurs questions.

Pour mieux les informer et qu'ils aient les informations par écrit, il est souhaitable de réaliser une fiche pour la désinfection au chlore gazeux et une fiche pour la désinfection à l'eau de javel. Cette fiche d'information (cf. annexe n°7 et 8) reprend les données essentielles pour bien désinfecter l'eau telles que :

- un point réglementaire reprenant les valeurs limites imposées par le décret n°2001-1220 du 20 décembre 2001 relatifs aux eaux destinées à la consommation humaines, les dispositions relatives au plan Vigipirate et les valeurs de traitement recommandées par la DDASS ;
- un point sur le calcul du débit de chlore ou de javel qu'il faut injecter et comment régler ce débit ;
- un point sur l'entretien préventif qu'il faut réaliser pour assurer le bon fonctionnement de leur appareil de désinfection ;
- un point sur la sécurité et sur les conditions de stockage des réactifs.

Malgré les aides financières de l'Agence de l'eau Artois Picardie, certaines collectivités continuent à distribuer l'eau potable sans aucun traitement de désinfection automatique. Il est important d'inciter ces collectivités à s'équiper pour sécuriser la distribution de l'eau potable et respecter les limites de qualités imposées par le décret n°2001-1220 relatif aux eaux destinées à la consommation humaine. Dans le département de la Somme, environ 25 000 habitants, soit 4,5% de la population du département, sont encore desservis par une eau qui n'est pas désinfectée. Cela correspond à 51 unités de distribution, soit 17 % des unités de distribution⁶ de la Somme (Source : DDASS Somme).

⁶ Une unité de distribution est une zone desservie par une eau de même origine (même captage). Une collectivité peut avoir en gestion une ou plusieurs unités de distribution.

Pour assurer une bonne utilisation des systèmes de désinfection, il serait intéressant d'organiser une demi journée de stage avec les fournisseurs et d'inviter les collectivités intéressées. La société CIR propose un stage de formation aux équipements de mis en oeuvre de la chloration qui présente la société, les différentes techniques de désinfection, la chloration gazeuse, la chloration à l'eau de javel, les équipements de sécurité et le contrôle de terrain. Ce programme peut être adapté aux souhaits des stagiaires. Un stage de formation réalisé par la société CIR coûte environ 600 euros hors taxes pour une demi-journée.

Pour que toutes les collectivités puissent réaliser des contrôles de terrain, il faudrait qu'elles s'équipent de valise de mesure. Une valise de mesure par spectrométrie coûte environ 500 euros hors taxes et une valise par colorimétrie coûte environ 400 euros hors taxes.

Il faudra ensuite que les collectivités tiennent un cahier pour noter les résultats des analyses et se fixe une périodicité pour réaliser les analyses pour avoir un autocontrôle régulier.

Enfin, pour que les captages d'eau potable soient gérés au mieux, l'équipement en télésurveillance serait un plus. Cela permettrait aux agents de réagir immédiatement en cas de problème sur une pompe, pour un défaut de chlore, pour un manque d'eau dans le réservoir, un défaut d'alimentation électrique...

CONCLUSION

82 collectivités ont reçu une aide financière de l'Agence de l'Eau Artois Picardie pour s'équiper d'un dispositif de désinfection automatique. 79 d'entre elles ont participé à l'étude sur l'évaluation de ces dispositifs.

La majorité des dossiers de demande de financement ont été réalisés dans la Somme (87,9 %). Les collectivités concernées gèrent l'eau potable en régie soit communale, soit syndicale mais très peu ont délégué leur service d'eau (seulement 3%). Le choix de la méthode de désinfection s'est majoritairement porté sur le chlore et ses dérivés : 57 % pour le chlore gazeux, 37 % pour l'eau de javel et 4% pour le dioxyde de chlore. Une collectivité a choisi une désinfection au rayonnement UV.

Cette campagne d'équipement a été bénéfique, puisque 80 578 habitants du bassin Artois Picardie sont nouvellement alimentés par une eau désinfectée. L'étude montre également que les résultats obtenus lors du contrôle réglementaire des services de la DDASS se sont améliorés. En effet, on est passé sur le site de production de 2 % de non-conformité à 0,3% pour E.Coli et de 4% à 0,3% pour les Entérocoques. On observe la même évolution des résultats sur le réseau de distribution.

Néanmoins, le bilan chimique laisse apparaître quelques lacunes. En effet, 20% des analyses réalisées sur le réseau de distribution par les services de la DDASS montrent une absence de chlore sur le réseau. Deux hypothèses peuvent expliquer ce problème. La première est liée à un taux de traitement insuffisant au niveau du captage. Il suffit alors d'augmenter le débit d'injection du désinfectant. La deuxième implique un taux de traitement correct mais un réseau de distribution trop long qui a consommé tout le résiduel de chlore. Il faut dans ce cas songer à installer un poste de chloration intermédiaire sur le réseau de distribution.

Les visites réalisées ont été dans l'ensemble bien perçues par les élus ou les agents rencontrés. En effet, beaucoup ont apprécié l'appui technique proposé. Pour apporter un soutien complet à ces personnes exploitant les captages, une demi journée de formation pourrait être organisée avec le fournisseur de matériel afin de leur assurer une connaissance technique suffisante pour l'utilisation et la maintenance de leur dispositif de désinfection. Différents thèmes pourraient alors être abordés tels que : les différents types d'eau de javel et les conditions de stockage, le calcul du débit d'injection pour assurer un traitement correct, le réglage des pompes, l'entretien du matériel, l'importance de l'autosurveillance et l'utilisation d'une valise de contrôle...

Il est important de continuer à inciter financièrement les collectivités puisque certaines ne sont toujours pas équipées. Il serait également intéressant que les collectivités s'équipent de valise d'autosurveillance pour vérifier l'efficacité de leur désinfection de façon très régulière (1 fois par semaine ou par quinzaine). Enfin, l'équipement de télésurveillance pour les captages d'eau potable serait un plus. En effet la télésurveillance permettra aux agents de réagir immédiatement en cas de problème.

TABLE DES ILLUSTRATIONS

1 TABLE DES FIGURES

Figure 1 : Qualité bactériologique des eaux distribuées dans la région Nord Pas de calais en 2003	11
Figure 2 : Les différentes formes de chlore dans l'eau en fonction du pH	14
Figure 3 : Chloration au break point	15
Figure 4 : Processus de désinfection au chlore	16
Figure 5 : Processus de désinfection à l'eau de javel	17
Figure 6 : Principales réactions produisant des sous produits de l'ozonation.....	20
Figure 7 : Méthodes membranaires utilisables en fonction de la taille des particules retenues....	21
Figure 8 : kit clapet aspiration doseur / membranes / clapet refoulement doseur.....	35
Figure 9 : soupape d'injection selon le modèle de la pompe doseuse.....	35
Figure 10 : kit d'entretien de l'hydroéjecteur.....	35
Figure 11 : kit d'entretien du débitmètre.....	36
Figure 12 : Dispositif de désinfection à l'eau de javel de la marque CIR de la commune de Beaucourt sur l'ancre	39
Figure 13 : Dispositif de désinfection à l'eau de javel de la marque CTH de la commune de Berneuil	39
Figure 14 : Dispositif de désinfection à l'eau de javel de la marque Cifec de la commune de Toutencourt	40
Figure 15 : Dispositif de désinfection classique au chlore gazeux de la commune de Autheux ..	41
Figure 16 : Dispositif de désinfection au chlore gazeux du type Chlorobloc de la commune de Croixrault	42
Figure 17 : valise d'analyse par photométrie	47
Figure 18 : valise d'analyse par colorimétrie	47
Figure 19 : analyseur en continu du taux de dioxyde de chlore.....	47

2 TABLE DES GRAPHIQUES

Graphique 1 : Répartition géographique en pourcentage des 82 installations de désinfection financées avec l'aide de l'Agence de l'eau Artois Picardie	24
Graphique 2 : Répartition géographique en nombre des 82 installations de désinfection financées avec l'aide de l'Agence de l'eau Artois Picardie	24
Graphique 3 : Mode de gestion de l'eau potable des 79 collectivités concernées par l'étude	25
Graphique 4 : Qualification de la personne chargée de l'entretien du captage d'eau potable en fonction du mode de gestion de l'eau	26
Graphique 5 : Qualification de la personne chargée de l'entretien du captage d'eau potable	26
Graphique 6 : Activité des maires, présidents et conseillers municipaux.....	26
Graphique 7 : Répartition géographique de la population nouvellement concernées.....	27
Graphique 8 : Nombre d'habitants des collectivités s'étant équipées d'une désinfection	27
Graphique 9 : Débit pompés par les collectivités s'étant équipées d'une désinfection	27
Graphique 10 : Les raisons de l'installations d'une désinfection automatique.....	28
Graphique 11 : Répartition des différents types de désinfection	29
Graphique 12 : Type de désinfection utilisé en fonction du débit pompé au niveau national et sur le bassin Artois Picardie.....	29
Graphique 13 : Les installateurs des équipements de désinfection.....	33

Graphique 14 : Fréquence de passage sur la station de pompage	34
Graphique 15 : Fréquence de passage sur la station en fonction du type de désinfection	34
Graphique 16 : L'entretien des dispositifs de désinfection	36
Graphique 17 : Pourcentage d'appareils déjà tombés en panne par type de désinfection.....	37
Graphique 18 : Résultats du bilan microbiologique en production.....	44
Graphique 19 : Résultats du bilan microbiologique en réseau de distribution.....	45
Graphique 20 : Fréquence d'analyse en autocontrôle	46

3 TABLE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Limites de qualités pour une eaux destinées à la consommation humaines.....	9
Tableau 2 : Références de qualités pour une eaux destinées à la consommation humaines	9
Tableau 3 : Valeurs des CT pour assurer la désinfection	10
Tableau 4 : Techniques de désinfection utilisées en fonction du débit à traiter en France pour une eau d'origine souterraine	10
Tableau 5 : Techniques de désinfection utilisées en fonction du débit à traiter en France pour une eau d'origine superficielle	11
Tableau 6 : Choix d'une désinfection à l'eau de javel, au chlore gazeux ou à l'eau de chlore en fonction du débit d'eau à traiter	30
Tableau 7 : Gamme de prix des différentes techniques de désinfection observées sur le bassin Artois Picardie.....	31
Tableau 8 : Coût de revient d'une désinfection à l'eau de javel sur le bassin Artois Picardie	32
Tableau 9 : Coût de revient d'une désinfection au chlore gazeux sur le bassin Artois Picardie...	32
Tableau 10 : Coût de revient d'une désinfection au dioxyde de chlore sur le bassin Artois Picardie.....	32
Tableau 11 : Correspondance titre chlorométrique, pourcentage de chlore libre actif	38
Tableau 12 : Type d'eau de javel utilisé par les collectivités.....	38
Tableau 13 : Fournisseurs de chlore gazeux	42
Tableau 14 : Autonomie des collectivités en chlore gazeux	43
Tableau 15 : Limites de qualités microbiologiques des eaux destinées à la consommation humaine	43
Tableau 16 : Références de qualité des eaux destinées à la consommation humaine	43
Tableau 17 : Références choisies pour le bilan microbiologique.....	44
Tableau 18 : Résultats du bilan microbiologique en production.....	44
Tableau 19 : Résultats du bilan microbiologique en réseau de distribution.....	45
Tableau 20 : Résultats du bilan chimique en réseau de distribution	46

BIBLIOGRAPHIE

GARRIGUES A. 2004 : « Désinfection, l'ère des multibarrières », Hydroplus, p.p 42 à 51 n°145, juillet – août 2004

HASLEY C. LECLERC H. : « microbiologie des eaux d'alimentation », 1993, 495p, édition Tec & Doc

JUERY C.: « Définition des caractéristiques techniques de fonctionnement et d'emploi des appareils de désinfection », 20XX, 58p., Document technique FNDAE n°2

OFFICE INTERNATIONAL DE L'EAU, « La chloration des eaux », 39p, Les cahiers technique n°10

OFFICE INTERNATIONAL DE L'EAU, « Le dioxyde de chlore », 1993, 40p, Les cahiers technique n°16

OFFICE INTERNATIONAL DE L'EAU, « L'ozonation des eaux », 1988, 36p, Les cahiers technique n°9

<http://pravarini.free.fr>

<http://hernando.free.fr>

www.carteleau.org

<http://www.menv.gouv.qc.ca/eau/potable/guide>

ANNEXES

Annexe 1 : Questionnaire envoyé aux collectivités

Annexe 2 : Cartographie des collectivités concernées par l'étude

Annexe 3 : Type de désinfection utilisée en fonction du débit d'eau à traiter au niveau national et sur le bassin Artois Picardie

Annexe 4 : Coût de revient des dispositifs de désinfection

Annexe 5 : Autonomie en eau de javel

Annexe 6 : Autonomie en chlore gazeux

Annexe 6 : Fiche pour la désinfection au chlore gazeux

Annexe 7 : Fiche pour la désinfection à l'eau de javel

**EVALUATION DES DISPOSITIFS DE DESINFECTION
FINANCES PAR L'AGENCE DE L'EAU ARTOIS PICARDIE**



OBJECTIFS :

- Recueillir un maximum de données sur les équipements mis en place
- Evaluer les effets sur la qualité des eaux distribuées
- Evaluer comment ces équipements sont exploités



Agence de l'eau Artois-Picardie

**200 rue Marceline BP 818
59508 DOUAI Cedex**

Contact : Audrey Blarel, mission eau potable
Téléphone 03 27 99 90 00

1- Coordonnées :

Coordonnées de la personne ayant rempli le questionnaire

Nom :

Fonction :

Adresse :

Téléphone :

Fax :

E-Mail :

Coordonnées de la personne plus particulièrement chargée de l'eau sur la Collectivité

Nom :

Fonction :

Adresse :

Téléphone :

Fax :

E-Mail :

2 - Collectivité

Nom de la collectivité :

Commune d'implantation de l'équipement de désinfection :

Mode de gestion : Régie Déléguée

Si gestion déléguée, quelle est la société exploitante :

Nombre d'habitants desservis par l'équipement de désinfection :

Volume journalier traité par l'équipement de désinfection :

3 – Exploitation de la station de pompage

Existe – il un carnet de suivi de l'équipement de désinfection ? Oui Non

Fréquence de passage sur la station :

Temps estimé sur la station par semaine :

Temps estimé sur l'équipement de désinfection :

4- Choix du matériel de désinfection

Pourquoi avoir installé un équipement de désinfection :

- Prescription de la Déclaration d'Utilité Publique de protection du captage
- Cas de non-conformité en production
- Cas de non-conformité sur le réseau de distribution
- Demande de la DDASS
- Suite aux inondations en 2001
- Autres

.....

Quel type de désinfection est utilisé ?

Chlore gazeux Eau de javel Dioxyde de chlore UV

Maître d'oeuvre : DDAF Autre :.....

Installateur :

.....

Date de l'installation :

Fabricant :

.....

Modèle :

.....

Prix HT :

Critères de choix :

- Fournisseur imposé par le délégataire
- Mise en compétition
- Autre :

.....

Schéma de l'installation :

5- Utilisation du matériel de désinfection

Avez vous eu besoin d'assistance à la mise en route de l'équipement : Oui Non

Comment est réalisé l'asservissement du dosage de désinfectant ?

.....
.....
.....

Zone d'injection du désinfectant ? (Au pompage, au niveau de la crépine d'aspiration, de la conduite de refoulement, de la bache de pompage, avant / après le réservoir, sur le réseau)

.....
.....
.....

Existe-t-il un contrat d'entretien (visites préventives) ? Oui Non

Si oui,

Avec qui ?

Que prévoit – il ?

.....
.....

Si non,

Qui réalise cette opération :

.....
.....

Comment :

.....
.....

A quelle fréquence :

.....
.....

Existe-t-il un contrat de maintenance (réparation en cas de pannes) ? Oui Non

Si oui,

Avec qui ?

Que prévoit – il ?

.....
.....

Si non,

Qui réalise cette opération :

.....
.....

Nombre de problèmes depuis l'installation :

Date et nature de ces problèmes :
.....
.....
.....
.....

Avez vous fait appelle au Service Après Ventes pour résoudre ces problèmes : Oui Non

Quelle a été la durée approximative totale des dysfonctionnements de l'installation ?
.....
.....
.....

La désinfection a-t-elle été assurée pendant ces périodes d'arrêt ? Comment ?
.....
.....
.....

6- Suivi de l'utilisation des réactifs

a – pour le chlore gazeux

De combien est la consommation de chlore par jour ?
.....
.....
.....

Quel est le fournisseur des bouteilles de chlore ?
.....
.....

Quelle est la contenance d'une bouteille de chlore ?
.....
.....

Combien de bouteilles de chlore sont installées sur le dispositif ?
.....
.....

Si deux bouteilles de chlore sont installées, y a-t-il un inverseur mécanique, électrique ?
.....
.....

Des bouteilles de chlore d'avance sont – elle stockées sur le site ? Combien ?
.....
.....

Avez-vous déjà eu des problèmes d'approvisionnement ? Quels en ont été les causes ?
.....
.....
.....

b- pour l'eau de javel

Avez-vous à préparer la solution d'eau de javel (dilution...) ou utilisez vous une solution commerciale prête à l'emploi ?

.....
.....
.....

De combien est la consommation d'eau de javel par jour ?

.....
.....
.....

Quel est le temps de séjour de l'eau de javel dans le bac de stockage ?

.....
.....
.....

Comment est vérifié le degré chlorométrique de la solution d'eau de javel ? A quelle fréquence ?

.....
.....
.....

Quel est le fournisseur de l'eau de javel ?

.....
.....
.....

De l'eau de javel d'avance est – elle stockée sur le site ? Combien ?

.....
.....
.....

Avez-vous déjà eu des problèmes d'approvisionnement ? Quels en ont été les causes ?

.....
.....
.....

c- pour le dioxyde de chlore

Quels sont les réactifs utilisés pour la fabrication du dioxyde de chlore ?

- chlorite de sodium acide chlorhydrique le chlore gazeux Autres :

La fabrication de dioxyde de chlore est-elle continue ? oui non

Si non, quel est le volume produit :

De combien est la consommation de dioxyde de chlore par jour ?

.....
.....
.....

Avez-vous déjà eu des problèmes particuliers liés à la fabrication sur place du dioxyde de chlore ?

.....
.....
.....

d- pour le rayonnement UV

Quelle est l'intensité des lampes utilisées ?

.....
.....
.....

Quelle est la durée d'exposition de la lame d'eau aux lampes UV ?

.....
.....
.....

Quelle est la durée de vie moyenne des lampes utilisées ?

.....
.....
.....

Un désinfectant est – il utilisé en complément pour assurer une action rémanente dans le réseau ?

.....
.....
.....

Si oui, Quel est le dosage de ce désinfectant ?

.....
.....
.....

7- Le contrôle (Hors installation UV)

Quel est le débit d'injection du désinfectant ?

.....
.....
.....

Quel est le débit des pompes de la station de pompage ?

.....
.....
.....

Comment est réalisé le contrôle de la concentration en chlore libre résiduel ? A quelle fréquence ?
(colorimétrie, sonde ampérométrique, mesure de terrain ...)

.....
.....
.....
.....

Que deviennent ces données ? Exploitation, suivi, archivage ?

.....
.....
.....

Avez-vous déjà eu des problèmes liés à la fabrication de sous produits de désinfection ? De quelles natures étaient ces problèmes (dépassement normes, mauvais goût, problème d'odeur...).

.....
.....
.....
.....

8 - Qualité de l'eau

Données microbiologiques avant et après la mise en place de la désinfection (joindre les bulletins)

Nombre de non-conformité *avant* l'installation du dispositif de désinfection :

.....
.....
.....

Nombre de non-conformité *après* l'installation du dispositif de désinfection :

.....
.....
.....

9 - Sécurité

Le système est-il raccordé à une télésurveillance ? Oui Non

Quel est le type d'alerte ? La procédure engendrée ?

.....
.....
.....

Y a – il un système de sécurité pour détecter une fuite de chlore ? Si oui, lequel ?

.....
.....
.....
.....

Si une fuite est détectée, quelle action est mise en œuvre ?

.....
.....
.....
.....

**ANNEXE 3 : TYPE DE DESINFECTION UTILISEE EN FONCTION DU DEBIT D'EAU A
TRAITER AU NIVEAU NATIONAL ET SUR LE BASSIN ARTOIS PICARDIE**

Données sur le type de désinfection utilisé en fonction du débit pompé au niveau national et sur le bassin Artois Picardie :

- Données nationales :

Débit (en m ³ /j)	<300	300-1000	1000-5000
<i>Chlore gazeux</i>	36,7 %	53,1 %	41,6 %
<i>Hypochlorites</i>	36,2 %	7,5 %	4,9 %
<i>Bioxyde de chlore</i>	5,9 %	10,2 %	20,8 %
<i>Ozone</i>	6,9 %	24,5 %	31,4 %
<i>Ultrafiltration</i>	0 %	1,4 %	0,4 %
<i>Ultraviolets</i>	13,8 %	1,4 %	0 %
Total	99,5 %	98,1 %	99,1 %

Le total est différent de 100 % car certaines collectivités ne sont pas équipées en unité de désinfection.

- Données dans le bassin Artois Picardie :

Débit (en m ³ /j)	<300	300-1000	1000-5000
<i>Chlore gazeux</i>	43,6 %	87%	100 %
<i>Hypochlorites</i>	52,7 %	0 %	0 %
<i>Bioxyde de chlore</i>	1,8 %	13 %	0 %
<i>Ozone</i>	0 %	0 %	0 %
<i>Ultrafiltration</i>	0 %	0 %	0 %
<i>Ultraviolets</i>	1,8 %	0 %	0 %
Total	100 %	100%	100%

ANNEXE 4 : COUT DE REVIENT DES DISPOSITIFS DE DESINFECTION

NOM COMMUNE	Type de désinfection	Nbr habitants	Prix / m3 pompé /an	Prix / m3 facturé /an	Prix/hab/an
AIRAINES route de oisemont	Chlore Gazeux				
AIRAINES route de fayel	Chlore Gazeux	2121	0,02 €	0,03 €	2,42 €
AUMATRE	Javel	352	0,03 €	0,05 €	3,08 €
BEAUVAIL	Chlore Gazeux	2265	0,03 €	0,04 €	1,30 €
BUS LES ARTOIS	Javel	147	0,10 €	0,14 €	6,62 €
CANDAS	Chlore Gazeux	894	0,05 €	0,08 €	3,24 €
CHUIGNOLLES	Javel	151	0,07 €	0,10 €	5,75 €
EPLESSIER	Chlore Gazeux	339	0,10 €	0,14 €	9,45 €
ERCHEU	Chlore Gazeux	1000	0,05 €	0,07 €	2,64 €
ETINEHEM	Javel	340	0,04 €	0,06 €	2,84 €
FERRIERES	Chlore Gazeux	433	0,12 €	0,16 €	7,78 €
GAMACHES	Dioxyde	3300	0,03 €	0,04 €	3,04 €
GUYENCOURT SAULCOURT	Javel	147	0,12 €	0,17 €	7,62 €
LA VICOGNE	Chlore Gazeux	199	0,10 €	0,14 €	13,48 €
LIANCOURT FOSSE	Chlore Gazeux	231	0,16 €	0,23 €	11,69 €
MESNIL EN ARROUAISE	Javel	124	0,12 €	0,16 €	7,80 €
MILLENCOURT	Chlore Gazeux	217	0,25 €	0,36 €	12,65 €
MONTIGNY LES JONGLEURS	Javel	83	0,17 €	0,25 €	11,46 €
PICQUIGNY	Dioxyde	1400	0,06 €	0,08 €	3,51 €
RAINCHEVAL	Chlore Gazeux	246	0,19 €	0,27 €	10,78 €
REMAISNIL	Javel	38	0,24 €	0,34 €	27,40 €
SAILLY LAURETTE	Javel	281	0,03 €	0,04 €	3,52 €
ACHEUX EN VIMEU	Chlore Gazeux	1812	0,03 €	0,04 €	1,57 €
BERNEUIL	javel	580	0,02 €	0,03 €	1,71 €
FRESNOY AU VAL	Chlore Gazeux	511	0,05 €	0,07 €	5,62 €
CURCHY	Chlore Gazeux	591	0,04 €	0,06 €	4,91 €
FRUCOURT	Chlore Gazeux	1460	0,02 €	0,02 €	2,10 €
YVRENCHIEUX	Chlore Gazeux	1344	0,02 €	0,04 €	2,60 €
BOUFFLERS	Chlore Gazeux	2720	0,01 €	0,02 €	1,45 €
THIEULLOY LA VILLE	Chlore Gazeux	427	0,09 €	0,13 €	6,57 €
LIGNIERES	Chlore Gazeux	761	0,06 €	0,08 €	4,45 €
CRAMONT	Chlore Gazeux	677	0,05 €	0,07 €	3,99 €
LE TRANSLAY	Chlore Gazeux	919	0,02 €	0,03 €	3,18 €
CONTAY	Chlore Gazeux	2274	0,01 €	0,02 €	1,43 €
HENENCOURT	Chlore Gazeux	619	0,07 €	0,11 €	5,41 €
VISMES	Chlore Gazeux	1049	0,04 €	0,05 €	3,12 €
MOLLIENS DREUIL	Chlore Gazeux	1648	0,01 €	0,02 €	2,27 €
OUTREBOIS	Chlore gazeux	1227	0,03 €	0,04 €	2,35 €
QUERRIEU	Chlore Gazeux	1400	0,03 €	0,05 €	2,13 €
HALLENCOURT	Chlore Gazeux	2323	0,02 €	0,02 €	1,24 €
AUTHEUX	Chlore Gazeux	414	0,03 €	0,04 €	6,87 €
RUBEMPRE	Chlore Gazeux	1450	0,03 €	0,04 €	1,90 €
TILLOY FLORVILLE	Chlore Gazeux	900	0,03 €	0,04 €	4,54 €
TREUX	Chlore Gazeux	3298	0,02 €	0,02 €	1,19 €
LAFRESGUIMONT SAINT MARTIN	Chlore Gazeux	1033	0,04 €	0,05 €	2,71 €
VAUX SUR SOMME	Chlore Gazeux	477	0,02 €	0,03 €	5,70 €
FIEFFES MONTRELET	Javel	340	0,04 €	0,06 €	3,19 €
TILLOY LES CONTY	Javel	233	0,06 €	0,08 €	3,71 €
BLAIRVILLE	Javel	304	0,05 €	0,07 €	3,28 €
NEUVILLE SOUS MONTREUIL	Chlore Gazeux	766	0,02 €	0,03 €	4,35 €
MORVAL	Javel	150	0,04 €	0,05 €	7,21 €

FRANSU	Javel	115	0,07 €	0,10 €	8,69 €
HEDAUVILLE	Javel	103	0,06 €	0,09 €	10,12 €
IRLES	Javel	110	0,07 €	0,10 €	8,92 €
LOUVENCOURT	Javel	260	0,04 €	0,05 €	4,03 €
MAIZICOURT	Javel	174	0,05 €	0,07 €	5,96 €
MARLERS	Javel	154	0,10 €	0,15 €	6,18 €
PUCHEVILLERS	Javel	500	0,04 €	0,06 €	2,23 €
GRATTEPANCHE	Chlore Gazeux	2890	0,01 €	0,02 €	1,15 €
BERGICOURT	Chlore Gazeux	417	0,07 €	0,10 €	7,44 €
LAFRESGUIMONT SAINT MARTIN	Chlore Gazeux	1250	0,02 €	0,03 €	2,32 €
HESCAMPS	Chlore Gazeux	489	0,04 €	0,05 €	6,41 €
BONNEVILLE	Javel	360	0,04 €	0,06 €	3,05 €
FLIXECOURT	Dioxyde	3700	0,03 €	0,04 €	2,67 €
LES RUES DES VIGNES	Chlore Gazeux	700	0,03 €	0,04 €	4,62 €
ENGLEBELMER	Javel	265	0,08 €	0,12 €	3,78 €
MIRAUMONT	Javel	677	0,04 €	0,06 €	2,19 €
MORCOURT	Javel	274	0,05 €	0,07 €	3,72 €
DOMART EN PONTTHIEU	Chlore Gazeux	1544	0,02 €	0,03 €	2,02 €
CROIXRAULT	Chlore Gazeux	355	0,10 €	0,14 €	8,11 €
HEUZECOURT	Javel	180	0,04 €	0,05 €	4,36 €
HORNOY LE BOURG	Chlore Gazeux	1267	0,03 €	0,05 €	2,55 €
TOUTENCOURT	Javel	499	0,03 €	0,04 €	2,18 €
BEAUCOURT SUR L'ANCRE	Javel	87	0,08 €	0,11 €	11,61 €
BEAUFORT BLAVINCOURT	Javel	388	0,03 €	0,04 €	2,67 €
ESTREELLES	Chlore Gazeux	1800	0,03 €	0,05 €	2,44 €
AILLY SUR NOYE	UV + javel	3146	0,02 €	0,03 €	1,66 €
REGNIERE ECLUSE	Chlore Gazeux	9300	0,00 €	0,01 €	0,63 €
L'ETOILE	Dioxyde	1459	0,05 €	0,06 €	3,50 €
QUIRY LE SEC	Chlore Gazeux	2100	0,01 €	0,02 €	1,71 €

ANNEXE 5 : AUTONOMIE EN EAU DE JAVEL

NOM COMMUNE	Volume journalier traité (m ³ /j)	Consommation de javel (L/j)	Volume de la réserve (L)	Autonomie (jours)
AUMATRE	85	0,9	10,0	11
BUS LES ARTOIS	26,5	0,3	10,0	35
CHUIGNOLLES	35	0,4	10,0	27
ETINEHEM	68	0,7	10,0	14
GUYENCOURT SAULCOURT	25,5	0,3	10,0	37
MESNIL EN ARROUAISE	23	0,2	10,0	41
MONTIGNY LES JONGLEURS	15	0,2	10,0	62
REMAISNIL	12	0,1	10,0	78
SAILLY LAURETTE	88	0,9	10,0	11
BERNEUIL	125	1,3	100,0	75
FIEFFES MONTELET	68	0,7	10,0	14
TILLOY LES CONTY	41	0,4	20,0	46
BLAIRVILLE	55	0,6	10,0	17
MORVAL	83	0,9	10,0	11
FRANSU	40	0,4	10,0	23
HEDAUVILLE	47	0,5	10,0	20
IRLES	40	0,4	10,0	23
LOUVENCOURT	75	0,8	10,0	12
MAZICOURT	60	0,6	10,0	16
MARLERS	25	0,3	10,0	37
PUCHEVILLERS	70	0,8	10,0	13
BONNEVILLE	75	0,8	10,0	12
ENGLEBELMER	33	0,4	10,0	28
MIRAUMONT	100	1,1	20,0	19
MORCOURT	60	0,6	10,0	16
HEUZECOURT	60	0,6	100,0	156
TOUTENCOURT	100	1,1	10,0	9
BEAUCOURT SUR L'ANCRE	35	0,4	10,0	27
BEAUFORT BLAVINCOURT	100	1,1	10,0	9

ANNEXE 6 : AUTONOMIE EN CHLORE GAZEUX

NOM COMMUNE	Contenance d'1 bouteille (kg)	Volume journalier (m3/j)	Autonomie en jour	Autonomie en mois
AIRAINES route de oisemont	49	620	263	8,6
AIRAINES route de fayel	30	180	556	18,2
BEAUVAL	30	300	333	10,9
CANDAS	30	150	667	21,9
EPLESSIER	30	90	1111	36,4
ERCHEU	30	150	667	21,9
FERRIERES	30	80	1250	41,0
LA VICOONE	30	75	1333	43,7
LIANCOURT FOSSE	30	45	2222	72,9
MILLEN COURT	30	30	3333	109,3
RAINCHEVAL	30	38,5	2597	85,2
ACHEUX EN VIMEU	30	260	385	12,6
FRESNOY AU VAL	15	150	333	10,9
CURCHY	30	190	526	17,3
FRUCOURT	30	500	200	6,6
YVRENCHÉUX	30	390	256	8,4
BOUFFLERS	30	900	111	3,6
THIEULLOY LA VILLE	30	82	1220	40,0
CRAMONT	30	167	599	19,6
LE TRANSLAY	30	148	676	22,2
CONTAY	30	350	286	9,4
HENENCOURT	30	620	161	5,3
VISMES	30	123	813	26,7
MOLLIENS DREUIL	30	250	400	13,1
OUTREBOIS	30	800	125	4,1
QUERRIEU	30	300	333	10,9
HALLENCOURT	30	240	417	13,7
AUTHEUX	30	487	205	6,7
RUBEMPRE	30	258	388	12,7
TILLOY FLORVILLE	30	265	377	12,4
LIGNIERES	30	360	278	9,1
TREUX	30	715	140	4,6
LAFRESGUIMONT SAINT MARTIN	30	205	488	16,0
VAUX SUR SOMME	30	350	286	9,4
NEUVILLE SOUS MONTREUIL	30	400	250	8,2
GRATTEPANCHE	30	673	149	4,9
BERGICOURT	15	124	403	13,2
LAFRESGUIMONT SAINT MARTIN	30	350	286	9,4
HESCAMPES	30	225	444	14,6
LES RUES DES VIGNES	30	300	333	10,9
DOMART EN PONTHEU	30	420	238	7,8
CROIXRAULT	30	80	1250	41,0
HORNOY LE BOURG	30	270	370	12,1
ESTREELLES	49	350	467	15,3
REGNIERE ECLUSE	49	3350	49	1,6
QUIRY LE SEC	49	850	192	6,3

ANNEXE 7 : FICHE POUR LA DESINFECTION AU CHLORE GAZEUX

DESINFECTION AUTOMATIQUE AU CHLORE GAZEUX

TAUX DE TRAITEMENT

Les services de la DDASS demandent d'assurer un taux de traitement de **0,3 mg/L** au captage et de **0,1 mg/L** en tout point du réseau de distribution pour garantir l'efficacité de l'étape de désinfection et maintenir un résiduel de chlore en réseau.

REGLAGE DU TAUX DE TRAITEMENT

- Calcul du débit d'injection du chlore gazeux :

Le réglage du taux de traitement à 0,3 mg/l dépend du débit des pompes d'eau potable. Pour connaître le débit d'injection de chlore gazeux à injecter, on utilise la formule suivante :

$$\text{Débit d'injection du chlore gazeux} = 0,3 * \text{Débit des pompes}$$

Avec :

Débit des pompes en m³/h

Débit d'injection du chlore gazeux en g/h

Exemple :

Pour une collectivité qui pompe 10 m³/h d'eau, il lui faut :

$$V = 0,3 * 10 = 3 \text{ g/h}$$

Il faut régler le débitmètre à 3 g/h pour assurer un taux de traitement de 0,3 mg/l.

- Réglage du débitmètre

Le débitmètre possède deux échelles. On utilise l'échelle de gauche qui est graduée en g/h.

Il suffit pour régler le débitmètre de tourner la vis et d'amener la bille à la valeur souhaitée.

Nota : cette vis pointe ne doit jamais être fermée à fond car elle risquerait d'être endommagée : le débitmètre est un organe de réglage et ne doit pas être utilisé comme une vanne de fermeture.

ENTRETIEN DU DISPOSITIF DE DESINFECTION AUTOMATIQUE

L'appareil de désinfection au chlore gazeux est composé de cinq éléments qui nécessitent un entretien : l'hydroéjecteur, les tubes de liaison, le débitmètre, le filtre dessicant et le chloromètre.

- L'hydroéjecteur est composé de **joints** et de **clapets** qu'il est nécessaire de changer **une fois par an**. Le fournisseur commercialise un kit qui permet de réaliser l'entretien de cette pièce.



Kit d'entretien de l'hydroéjecteur

- Les **tubes de liaison** doivent être remplacés **tous les deux ans**.

- Le **débitmètre** nécessite un entretien **quand** on s'aperçoit d'un **problème**, bien souvent la bille qui se coince. Pour cela un kit d'entretien permet de remplacer les joints du débitmètre. On peut également procéder à un nettoyage du tube en verre et de la bille avec de l'alcool (éthanol).



Kit d'entretien du débitmètre

- Le **filtre dessicant** contient des grains de silice qui ont pour but d'assécher le circuit chlore et qu'il est donc nécessaire de remplacer. Les grains de silice sont jaunes à l'origine. Le chlore gazeux est un gaz qui va colorer les grains de silice en jaunes plus soutenu dès qu'ils vont entrer en contact. De jaune clair, ils virent progressivement à l'orange brun puis blanchissent quand ils sont saturés et qu'il n'ont plus aucun effet. Certains grains de silice sont bleus, ils virent alors au vert foncé en présence de chlore gazeux (bleu + jaune = vert) puis blanchissent. En règle général, on ne peut pas se baser sur la couleur pour vérifier la validité des grains de silices et lorsqu'ils blanchissent il y a déjà longtemps qu'ils n'étaient plus opérationnels. La périodicité conseillée pour le remplacement des grains de silice varie de six à douze mois, selon le débit d'injection du chlore gazeux et l'humidité ambiante. L'idéal serait de remplacer les grains de silice **quand on change la bouteille de chlore.**
- Le **chloromètre** nécessite un entretien **tous les deux ans**. Cet entretien est réalisé par le fournisseur.

SECURITE

- Stockage

Le chlore gazeux doit être stocké dans un local spécial, peu profond (60 à 70 cm suffisent), possédant une aération haute et basse, sec, à l'abri de l'humidité et de toute source de chaleur excessive. Une résistance chauffante avec thermostat placée dans le local permettra une meilleure conservation du matériel et réduira la formation du 'beurre de chlore' qui peut encrasser le circuit. Le but de cette résistance est d'écraser les variations de température en maintenant une température la plus régulière possible.

Pour un stockage inférieur à 100 kg de chlore gazeux aucune obligation réglementaire n'est nécessaire, seules les recommandations et précaution de stockage s'appliquent. Pour les stockages de 100 à 499 kg une déclaration de stockage auprès des installations classées de la préfecture est indispensable. Enfin, pour les stockages de 500 kg et plus, il faut une demande d'autorisation réaliser auprès des services des installations classées de la préfecture.

- Manipulation

La manipulation du chlore se fait lors du changement des bouteilles. Pour cette opération quelques consignes de sécurité sont à respecter.

- Effectuer cette opération à deux ;
- Mettre le masque à gaz équipé d'une cartouche spécifique pour le chlore et respectant la date de validité ;
- La bouteille de chlore doit être solidement attachée à un rack rigide de maintien mural ;

- Ne pas ouvrir la bouteille de chlore à fond, un quart de tour suffit. Laisser la clé sur la bouteille pour pouvoir intervenir et fermer la bouteille rapidement en cas de problème ;
- Vérifier avec l'ammoniac qu'il n'y a pas de fuites. Pour cela imbiber un chiffon d'ammoniac et le placer à proximité du goulot de la bouteille. En présence de chlore, l'ammoniac réagit pour former des fumées blanches.

ANNEXE 8 : FICHE POUR LA DESINFECTION A L'EAU DE JAVEL

DESINFECTION AUTOMATIQUE A L'EAU DE JAVEL

TAUX DE TRAITEMENT

Les services de la DDASS demandent d'assurer un taux de traitement de **0,3 mg/L** au captage et de **0,1 mg/L** en tout point du réseau de distribution pour garantir l'efficacité de l'étape de désinfection et maintenir un résiduel de chlore en réseau.

REGLAGE DU TAUX DE TRAITEMENT

- Calcul du débit d'injection de l'eau de javel :

Le réglage du taux de traitement à 0,3 mg/l dépend du pourcentage de chlore libre actif de l'eau de javel et du débit des pompes d'eau potable. Pour connaître le volume d'eau de javel à injecter, on utilise la formule suivante :

$$V = (0,3 * \text{Débit des pompes d'eau} * 1000) / \text{Quantité de chlore contenu dans l'eau de javel}$$

Avec :

Débit des pompes d'eau en m³/h

Volume en ml/h

Quantité de chlore contenu dans la javel en g/l :

Degré chlorométrique	Pourcentage de chlore libre actif	Concentration en chlore libre actif
9°	2,7 %	28 g/l
12°	3,6%	38 g/l
35°	9,6 %	111 g/l
46°	12 %	145 g/l

Exemple :

Pour une collectivité qui pompe 10 m³/h d'eau et utilise de l'eau de javel à 9°, il lui faut :

$$V = (0,3 * 10 * 1000) / 28 = 107 \text{ ml/h}$$

En utilisant une eau de javel à 9° il lui faut régler la pompe doseuse à 107 ml/h pour assurer un taux de traitement de 0,3 mg/l.

- Réglage de la pompe doseuse

Deux types de pompes existent, le réglage se fait comme suit :



Pour les pompes bleues :

Un débit nominal est attribué à chaque pompe. Ce débit est inscrit sur le corps de pompe. Pour régler la pompe au débit souhaité, on règle la course (volume injecté par impulsion) et la fréquence (nombre d'impulsion par minute). Tous deux s'expriment en pourcentage.

Exemple d'une pompe possédant un débit nominal de 490 ml/h à 100 % de la course et 100 % de la fréquence. Pour régler un volume d'injection de 107 ml/h comme dans l'exemple précédent, on peut par exemple régler la pompe à 80 % de course et 30 % de fréquence on aura alors un débit de $490 * 0,8 * 0,3 = 117 \text{ ml/h}$

Il faut néanmoins respecter les deux règles suivantes : course > fréquence et course > 55%



Pour les pompes noires :
Le réglage se fait directement en ml/h à l'aide de boutons plus et moins.

INSTALLATION

Une pompe doseuse montée en charge avec la réserve de javel située plus haut que la pompe et avec une distance d'aspiration la plus courte possible est moins sujette aux désamorçages.

ENTRETIEN DU DISPOSITIF DE DESINFECTION AUTOMATIQUE

L'appareil de désinfection à l'eau de javel est composé de trois éléments qui nécessitent un entretien : la pompe doseuse, la soupape d'injection et les tubes de liaison.

- Les **tubes**, notamment ceux placés au refoulement, sont à remplacer **tous les 2 ans**.
- Le doseur de la pompe est composée d'une membrane et de deux clapets : un clapet aspiration et un clapet refoulement. Ces **clapets et cette membrane** sont à remplacer **une fois par an**.



Kit clapet aspiration doseur / membranes / clapet refoulement doseur

- Enfin la **soupape d'injection** est la pièce la plus sensible à la formation de calcaire puisqu'elle est directement en contact avec l'eau pompée. Cette soupape d'injection est à **nettoyer très régulièrement** avec du vinaigre. Le vinaigre est acide, il va dissoudre les calcaires. La fréquence de cet entretien est variable et dépend du degrés d'entartrage de la soupape. L'idéal est d'avoir une soupape d'injection d'avance et de pouvoir intervertir les deux dès que l'une est colmatée.



Soupape d'injection selon le modèle de la pompe doseuse

SECURITE

La manipulation de l'eau de javel ne présente que peu de risques puisqu'on l'utilise très diluée. L'eau de javel est un produit irritant pour les yeux et pour la peau.

En contact avec un acide l'eau de javel dégage du chlore gazeux qui est un gaz toxique.