

PROGRAMME SOLIDARITE EAU

32, rue Le Peletier - 75009 Paris - tél: 01.53.34.91.20 - email: pseau@pseau.org - <http://www.pseau.org>



CAHIER N°10

Chloration en milieu rural dans les pays en voie de développement

**Actes de la réunion organisée
par le pS-Eau**

Jun 1996
(réédition 2005)
Pierre Marie Grondin

Sommaire

Introduction.....	3
Premiere partie : Potabilisation de l'eau.....	5
1.1 - Agent de potabilisation.....	7
1.2 - Action du chlore.....	8
1.3 - Qualité de la ressource.....	10
1.4 - Contrôle bactériologique et désinfection.....	12
1.4.1 - Quelques exemples où la chloration est apparue nécessaire.....	12
1.4.2 - Contrôle de la qualité de l'eau pour déterminer quand il faut chlorer.....	13
1.4.3 - Bilan.....	16
Deuxieme partie : Experiences en matiere de chloration.....	17
2.1 - En milieu rural français : l'exemple de la Lozère.....	19
2.1.1 - Le contexte.....	19
2.1.2 - Le principe de la chloration.....	19
2.1.3 - L'installation de la pompe doseuse.....	20
2.1.4 - L'utilisation de la pompe doseuse.....	20
2.1.5 - Le suivi et l'inspection de l'installation.....	20
2.2 - Dans les pays en voie de développement.....	21
2.2.1 - La sensibilisation des usagers à la consommation d'une eau saine.....	21
2.2.2 - Installation de postes d'eau potable (PEP) auprès des familles.....	24
Troisieme partie : Quelques materiels existants, domaines d'application et perspectives envisagees.....	27
3.1 - Pots chlorateurs.....	29
3.1.1 - Situation du département et de la commune concernée.....	29
3.1.2 - La mise en place des pots chlorateurs.....	29
3.1.3 - Résultats.....	30
3.2 - Chloration par pompes doseuses.....	30
3.2.1 - Système de pompe doseuse sur batterie Stereconome.....	30
3.2.2 - Poste automatique de stérilisation (FF25 Garhin).....	32
3.3 - Chlorateurs à la pompe.....	35
3.3.1 - Objet et partenaires.....	35
3.3.2 - Le cahier des charges des chlorateurs.....	35
3.3.3 - Etudes en laboratoire du fonctionnement des chlorateurs.....	36
3.3.4 - Résultats techniques des chlorateurs installés sur le terrain.....	37
3.3.5 - L'impact de la chloration.....	39
3.3.6 - Perspectives.....	40
Quatrieme partie : Les themes de discussion.....	41
4.1 - Faut-il chlorer dans les pays en voie de développement ?.....	43
4.2 - Chloration collective ou individuelle ?.....	44
4.3 - Quel type de produit utiliser ?.....	45
4.4 - Quel principe d'action pourrait être envisagé pour le développement de cette chloration ?.....	46
Conclusion.....	49
Annexes.....	51
Bibliographie.....	96

Chloration en milieu rural dans les pays en voie de développement

PREFACE

Le pS-Eau est le lieu de rencontre privilégié entre les pouvoirs publics, les collectivités locales, les professionnels de l'eau et les ONG.

Depuis plusieurs années les partenaires du programme se sont penchés sur la potabilisation de l'eau en milieu rural dans les pays en voie de développement. Quelques expérimentations en cours sur la chloration ont donné lieu à de nombreux échanges.

Ce cahier technique reprend en majeure partie les débats qui ont eu lieu en 1994 à propos de la chloration en milieu rural.

Certains points de vue exposés peuvent apparaître contradictoires, mais nous avons tenu à exprimer la diversité des positions des professionnels et des chercheurs afin de dégager quelques points clés méritant toute l'attention des lecteurs.

Loin d'être une panacée, la chloration apparaît comme l'ultime étape d'un processus complexe de prise de conscience de l'importance de la qualité de l'eau de boisson par les usagers.

Quelques adresses de fabricants de matériel sont fournies afin de guider les concepteurs de projets vers l'une ou l'autre des alternatives proposées. Cette liste n'est pas exhaustive, mais fait état de la diversité des produits actuellement disponibles, l'accent étant mis sur la simplicité, l'autonomie et la rusticité.

Nous espérons que cet ouvrage contribuera à éclairer votre approche de la potabilisation de l'eau destinée à des populations trop souvent exposées à de graves maladies d'origine hydrique.

Christophe Le Jallé
Pierre-Marie Grondin

INTRODUCTION

Alors que depuis une trentaine d'années, les programmes d'approvisionnement en eau privilégient les critères quantitatifs, la recherche de la qualité devient désormais le souci majeur.

Si les techniques de potabilisation utilisées en Europe peuvent s'adapter au milieu urbain des pays en voie de développement, aucune solution totalement satisfaisante n'a été mise en place en milieu rural.

Pour favoriser les échanges de connaissances et d'expériences en matière de santé publique, l'OMS a défini des objectifs de santé pour tous en l'an 2000. L'un des grands principes est le suivant : "La qualité de l'eau ne doit jamais mettre en danger la santé des usagers". Les efforts de l'OMS sont orientés vers l'amélioration de la qualité de vie particulièrement autour du thème environnement et santé.

Dans le domaine de la fourniture d'eau, en quantité et en qualité acceptables, l'optimisation des services d'eau et d'assainissement est une des principales pistes de travail.

La qualité aléatoire des eaux distribuées prend parfois des dimensions alarmantes dans beaucoup de pays en voie de développement, mais aussi dans certains pays du Nord ; par exemple en 1990, en ex-URSS, 26 % de l'eau distribuée était hors normes vis-à-vis des indicateurs bactériologiques, la proportion passant à 40 % pour les indicateurs chimiques.

Afin de remédier à de telles situations, l'OMS a préparé des recommandations qu'il ne faut pas assimiler à des standards, la situation locale devant dicter le niveau de norme à établir.

Contrairement à d'autres contaminations, comme les métaux lourds aux impacts sur la santé mesurables seulement à long terme, la dégradation de la qualité biologique de l'eau entraîne un risque à court terme.

Les maladies contagieuses causées par les bactéries pathogènes, les virus, les protozoaires et les parasites sont très souvent liées à la consommation d'eau, et constituent le risque pour la santé le plus commun et le plus répandu. Ce risque concerne beaucoup les enfants ; parmi les maladies liées à l'eau, les diarrhées infantiles d'origine microbienne sont une cause majeure de morbidité et de mortalité.

Cependant, l'incidence de la seule qualité de l'eau sur la santé des populations est difficilement quantifiable ; ainsi, les statistiques sur la mortalité infantile sont difficilement utilisables, les parents ne recherchant une aide médicale qu'au delà d'une certaine gravité. L'OMS a pu établir que 34 200 000 décès en 1990 seraient dus à des maladies d'origine hydrique (épidémies de choléra, typhoïde hépatique...) ; la microbiologie est la base de la santé publique.

Si l'eau souterraine utilisée le plus souvent pour la boisson est à l'origine de bonne qualité, il n'en est pas toujours de même après son exploitation, son transport et son stockage. Le traitement de l'eau par le chlore a fréquemment démontré son efficacité. Ainsi, dans les pays européens il a mis un coup d'arrêt aux grandes épidémies, et à l'heure actuelle la chloration demeure la seule solution envisageable en milieu rural africain.

De nombreux problèmes restent cependant à régler : fabrication locale, constance de la qualité du chlore et utilisation. De plus, comme cela est souvent souligné dans cette brochure, des actions de sensibilisation à l'hygiène de l'eau doivent être entreprises avant toute autre intervention y compris la chloration.

PREMIERE PARTIE

POTABILISATION DE L'EAU

1.1 - Agent de potabilisation

Bien que de nombreuses autres méthodes existent la désinfection de l'eau par chloration est la méthode la plus facilement applicable et la plus utilisée. En effet le chlore et ses composés, tels que l'hypochlorite de calcium, sont relativement bon marché et faciles à obtenir ; en outre, leur action stérilisante est durable (effet rémanent).

Avant d'aborder en détail la technique de potabilisation par le chlore, objet de cet ouvrage, une brève présentation de quelques autres procédés nous paraît utile.

Le brome :

Jamais utilisé pour l'eau potable, il sert parfois à petite échelle à stériliser l'eau de piscine dans les circuits de réutilisation, mais il n'est pas facile de se le procurer à l'état liquide dans le commerce. De plus son stockage nécessite des installations spéciales et son usage des mesures de sécurité strictes.

L'iode :

C'est un désinfectant de premier ordre, moins efficace que le chlore. Deux gouttes de teinture d'iode à 2 % suffisent pour désinfecter 1 litre d'eau claire, et 4 gouttes une eau très polluée. Il faut laisser reposer 30 minutes avant consommation. L'excès d'iode doit être surveillé, il ne faut donc le recommander que dans les régions pauvres en iode.

On trouve aussi sur le marché des composés iodés en tablettes (Globaline, Potable Aqua, etc.) pour désinfecter l'eau. Des résines libératrices d'iode sont également commercialisées.

Le permanganate de potassium :

Le permanganate de potassium, vendu en solution, a souvent été employé pour désinfecter l'eau ou laver les légumes, à la dose de 0,5 g par litre d'eau à traiter. Bien qu'il agisse contre le vibron cholérique, il a peu d'effet contre les autres organismes pathogènes ; par conséquent, il ne peut être recommandé pour la désinfection de l'eau.

L'ozone :

L'ozone est utilisé en Europe depuis de nombreuses années comme désinfectant ; outre son pouvoir stérilisant, il permet de bien débarrasser l'eau traitée des goûts et odeurs désagréables. Il faut le préparer au fur et à mesure des besoins ; on l'obtient par condensation d'une partie de l'oxygène atmosphérique ($O_2 \rightarrow O_3$), en faisant circuler de l'air sec et soigneusement filtré entre des électrodes mises sous haute tension.

Le prix de revient du traitement est plus élevé que celui de la désinfection par des produits chimiques commerciaux comme le chlore, car il nécessite une importante fourniture d'électricité et un équipement onéreux. Il est donc peu adapté aux besoins des petites unités dans les pays en voie de développement

Les rayons ultraviolets :

Ils sont utilisés dans quelques petites installations, mais il faut que l'eau à désinfecter soit parfaitement claire et que les lampes soient toujours propres. De plus, une concentration de fer en solution, si faible soit-elle, absorbe les rayons ultraviolets, même si l'eau est transparente à la lumière naturelle. Les installations de ce type sont très coûteuses.

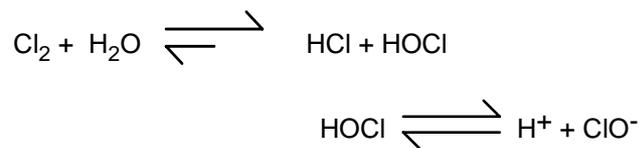
L'ozone et les rayons ultraviolets n'ont pas d'effet rémanent.

1.2 - Action du chlore

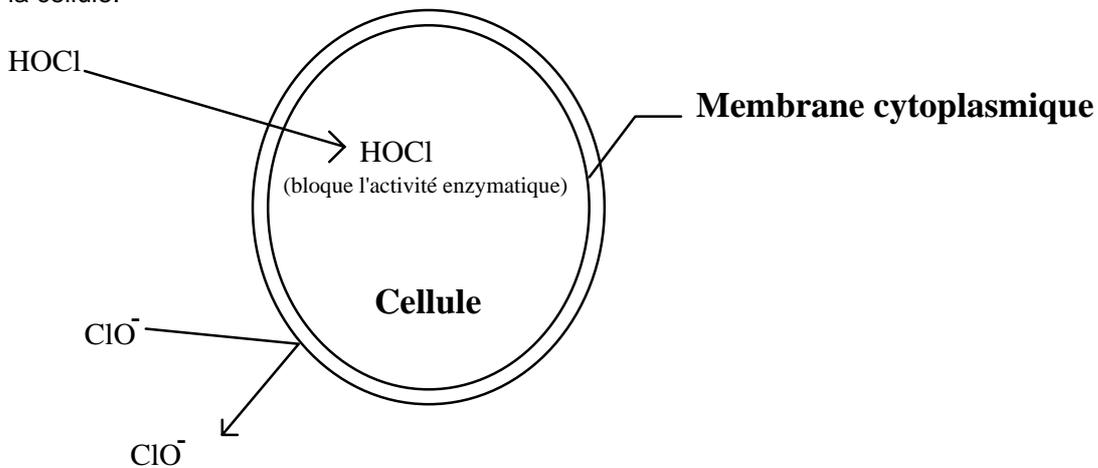
(extrait de l'allocution de M. Clause, du CIFEC)

Le chlore tue les organismes pathogènes, à condition d'assurer un temps de contact suffisant (CT). Cependant, aux doses habituelles il demeure inefficace contre les kystes amibiens et les oeufs de certains parasites intestinaux. Il a également plusieurs rôles, secondaires mais importants : oxydation du fer, du manganèse et du sulfure d'hydrogène ; destruction de certains composés engendrant des goûts et des odeurs désagréables ; protection contre les algues et les boues ; enfin, il facilite la coagulation.

L'action du chlore est fonction du pH de l'eau avec laquelle il est en contact : lorsque l'on introduit du chlore dans l'eau, que ce soit du chlore gazeux (Cl_2), de l'eau de Javel ou de l'hypochlorite de calcium, deux acides se forment, l'acide chlorhydrique (HCl) et l'acide hypochloreux ou chlore actif (HOCl) ; ce dernier se décomposant en ions H^+ et ClO^- (ion hypochlorite).



L'HOCl est un bactéricide puissant. En effet il ne porte pas de charge électrique et sa forme ressemble à celle de l'eau. La membrane cytoplasmique le laisse donc passer en même temps que l'eau, contrairement au ClO^- qui ne pénètre pas du fait de sa charge négative. A l'intérieur de la cellule, l'HOCl bloque toute activité enzymatique, entraînant ainsi la mort de la cellule.



Suivant les formes qu'il adopte, le chlore est plus ou moins actif : une concentration de 1/10 de chlore actif (HOCl) permettra de détruire 99 % des bactéries témoins telles que *Escherichia coli* en moins de 2 minutes de temps de contact, alors qu'un temps de contact de 100 minutes sera nécessaire en présence de ClO^- , et de 450 minutes en présence de chlore combiné pour des concentrations équivalentes (l'acide hypochloreux à une activité 100 fois supérieure à celle de l'ion hypochlorique et 450 fois supérieure à celle du chlore combiné).

Quatre paramètres interviennent, le pH, la dose de chlore et le temps de contact, la qualité de l'eau, la température.

a - Le pH

C'est un paramètre clé de la désinfection, qui traduit l'équilibre acide-base : HOCl est en équilibre avec H^+ et ClO^- .

Suivant le pH nous aurons donc plus ou moins de chlore actif :

- si le pH est acide, nous aurons 100 % de chlore actif (HOCl) ;
- si le pH est basique, nous aurons peu d'HOCl (par exemple à pH = 9, 10% d'HOCl, 90 % de ClO⁻).

Ceci influe directement sur la dose à appliquer qui devra être plus forte en pH basique.

b - la dose de chlore et le temps de contact (CT)

La variation du temps de contact nécessaire permet de jouer sur cette dose requise : pour un pH donné, si on augmente la dose de chlore, on pourra diminuer le temps de contact, par contre si on diminue la dose, il faudra augmenter le temps de contact.

De même le temps de contact est fonction du pH :

pH	concentration en chlore	temps de contact
7,5	0,3-0,5	20 à 40 minutes
8-8,5	0,3-0,5	40 à 60 minutes

Rappel : 1° chlorométrique = 3,17 g de chlore actif par litre (donc : eau de Javel à 47° ----> 150g Cl ; eau de Javel à 12° ----> 36g Cl)

c - la qualité de l'eau

La présence de matières en suspension inhibe l'action du chlore en diminuant la quantité de chlore libre disponible (ce point est explicité en § 1.3) et en favorisant la protection des bactéries.

d - la température

La rapidité de l'effet bactéricide du chlore est proportionnelle à la température de l'eau ; par conséquent cette stérilisation est plus efficace dans des eaux de température élevée. En revanche, le chlore est plus stable dans l'eau froide, donc subsiste plus longtemps, ce qui compense dans une certaine mesure la lenteur de la réaction.

Le chlore a, en plus de son pouvoir bactéricide, une action oxydante et réagit avec les réducteurs (azote ammoniacal, acides humiques...).

En faible concentration, le chlore ne présente apparemment pas de danger d'ingestion, car il est neutralisé par la salive. Toutefois l'OMS recommande de ne jamais dépasser une concentration de 5 mg par litre.

Pour ajuster la quantité de chlore nécessaire et éviter la formation de chloramines, il faut déterminer le point d'inversion (= point critique ou "break point")¹ marquant la fin de la formation des chloramines (odorantes et peu désinfectantes) et leur destruction ; à partir de ce point, le chlore que l'on ajoute se retrouve sous forme libre, on a alors une action désinfectante. Afin d'éviter de se trouver en deçà de ce point, il est indispensable de mesurer le pH, le chlore libre et le chlore combiné.¹

Points clés :	<ul style="list-style-type: none">• Le chlore est un bactéricide à effet rémanent• La forme active est l'acide hypochloreux (HOCl)• L'action du chlore est fonction du pH, de la dose et du temps de contact, de la qualité de l'eau et de la température• Il est très important d'ajuster la dose (ni trop, ni trop peu)
----------------------	--

¹ Le phénomène de Break point se produit lorsque l'eau contient des matières organiques ou de l'ammonium. Le chlore introduit réagit en priorité avec ces composés pour former des chloramines qui ont un effet bactéricide très inférieur au chlore sous forme HClO. Or les réactifs utilisés pour mesurer le chlore résiduel réagissent également au mono et dichloramine, mais pas au tri. La courbe d'absorption du chlore passera par les points suivants : jusqu'à M, formation de Mono puis dichloramines, le chlore mesuré augmente mais pas son pouvoir bactéricide, entre M et P, formation de trichloramines qui ne réagissent pas, à partir de P (Break Point) le chlore résiduel augmente au fur et à mesure de l'introduction et principalement sous forme de chlore libre (bactéricide). Sans détermination du Break point, on risque une désinfection incomplète alors que les mesures de chlore résiduel sont positives (annexe 6).

1.3 - Qualité de la ressource

(M. Marchandise - OMS)

La fourniture d'une eau potable à tous peut effectivement être favorisée par des traitements chimiques comme la chloration, mais en amont la protection de la ressource doit être assurée afin de limiter les surcoûts engendrés par ces opérations. La protection de la ressource, qui est tributaire des interactions homme-santé-environnement, nécessite donc de maîtriser l'agriculture, les rejets d'eaux usées domestiques et industrielles, les dépôts de déchets et l'usage des sols ; son choix doit donc faire l'objet de réflexions approfondies.

Pour une eau trouble, un traitement préliminaire de coagulation-décantation permettra d'abaisser la turbidité et donc d'améliorer considérablement l'efficacité du chlore, la désinfection ne constituant qu'un élément de la chaîne de potabilisation de l'eau. En effet, les eaux naturelles représentent un milieu complexe contenant en solution de nombreuses substances, dont la plupart sont négligeables, mais dont certaines peuvent avoir une incidence sur la chloration :

- les solides en suspension peuvent protéger les bactéries contre l'action du chlore ;
- les matières organiques réagissent avec le chlore, dont l'action stérilisante se trouve alors fortement réduite ou même supprimée (formation d'organo-chlorés) ;
- l'ammoniacque forme avec le chlore des chloramines, ou chlore résiduel combiné qui possède des propriétés stérilisantes bien inférieures à celles du chlore résiduel libre.

La résistance des bactéries pathogènes aux traitements est également dépendante de leur adsorption sur les matières en suspension.

La turbidité représente la mesure non spécifique de la concentration de ces particules en suspension ou colloïdales. Les mesures de turbidité (turbidimétrie), exprimées en Unités Néphélométriques de Turbidité (UNT), correspondent à une mesure optique de passage de la lumière. D'autres unités comparables sont également employées, à savoir l'Unité Jackson (UJ) et l'Unité Formazine de Turbidité (UFT).

1 UNT = 1UJ = 1 UFT (équivalent à 1 mg de formazine par litre)

Recommandations OMS :

- ◆ Pas d'*Escherichia coli* ni de coliformes totaux par 100 ml d'eau potable.
- ◆ Conditions normales de chloration (permettant un abaissement de 99 % de la concentration en bactéries telles que *Escherichia coli*) :
 - quantité de chlore résiduel supérieure à 0,5 ;
 - temps de contact de 30 minutes ;
 - pH inférieur à 8 ;
 - turbidité inférieure à 1 UNT.(Les kystes de protozoaires parasites ne sont pas pris en compte dans cette recommandation)
- ◆ Les procédés de désinfection ne sont pas capables de détruire les germes pathogènes et les bactéries d'origine fécale quand la turbidité est supérieure à 5 UNT. L'OMS recommande qu'avant tout traitement, la turbidité moyenne de l'eau soit de 1 UNT, pouvant occasionnellement dépasser cette valeur sans jamais atteindre 5 UNT.

Les recommandations de l'OMS sont uniquement des guides pour indiquer ce vers quoi l'on doit tendre, mais absolument pas des normes. Les normes nationales doivent, tenir compte de considérations sociales, culturelles et économiques de chaque pays ; l'objectif final étant de parvenir à la définition de filières de traitement, tenant compte préalablement de la protection de la ressource. Actuellement, tout les pays se sont cependant accordés à suivre les normes OMS en matière de bactériologie.

Questions et remarques de l'assistance :

- **Relation directe entre la turbidité et l'efficacité de la chloration** (M. Montiel de la SAGEP)

On considère que la chloration est très efficace et permet un abattement bactériologique de 1 à 3 log., lorsque la turbidité est inférieure à 0,3. Pour éliminer les crypto-sporidium, il faut 1g de chlore par litre d'eau à traiter avec une turbidité de cet ordre.

L'adhérence du biofilm et la teneur en calcium, joue également un rôle important dans l'efficacité du traitement. En présence de calcium, l'argile se comporte comme un échangeur de cations, chargés négativement comme le sont les acides humiques.

L'institut Pasteur a fait des travaux sur les abattements obtenus en fonction de ces différents paramètres.

Dans les eaux de surface, on a des bactéries fixées à des polysaccharides ce qui augmente leur résistance au chlore, d'un facteur de 200 à 700 ; seule la filtration lente peut apporter un abattement significatif, grâce à un effet tamis et à un effet de concurrence vitale. L'OMS a d'ailleurs imposé la filtration lente, les filtrations rapides et les traitements chimiques dépendant de l'approvisionnement en réactifs alors que la filtration lente est un traitement passif, les bactéries présentes au sein du massif faisant le travail. Par ce système l'on parvient à obtenir un abaissement de turbidité très important, puisqu'avec une turbidité en entrée supérieure à 10 UNT on peut garantir une turbidité en sortie inférieure à 0,3 UNT.

Au Ghana, un pilote est actuellement en place sur financement allemand.

M. Montiel a également fait remarquer qu'il est difficile, d'ajuster la dose de chlore, car beaucoup de méthodes de dosage sont elles-mêmes délicates. Ainsi, la méthode du CT (couple concentration de chlore et temps de contact), impose une filtration préalable. Actuellement un modèle mathématique a été mis au point pour calculer le CT, mais d'un petit contrôle simple on est passé à une notion compliquée.

Sur les grandes unités, les bassins assurent un temps de contact suffisant, ce qui n'est pas le cas sur les petites unités. On a donc dû remplacer l'obligation de résultats de désinfection de réseau par l'obligation de moyens.

D'autre part, le CT du dioxyde de chlore est différent de celui du chlore et dépend du pH.

- Adsorption des bactéries sur les matières en suspension (M. Girou de l'INSA)

A l'INSA de Toulouse des études ont montré qu'à la surface de l'eau on avait des concentrations importantes en *staphylocoques Aureus*. Ceci tendrait à infirmer les techniques de décantation, les particules les plus fines, donc les moins décantables présentant des surfaces et donc des capacités d'adsorption supérieures. Cependant ces observations seraient particulières aux eaux de piscine qui présentent en surface des corps gras tensioactifs responsables de cette concentration anormalement élevée, ce qui n'est pas le cas pour l'eau potable.

- Dominique Peter du ministère de l'Environnement considère qu'il est difficile d'appliquer des filières de traitement complexes à des petites collectivités des pays du Sud à l'instar de ce qui se passe en Europe. Par exemple en France le cahier des charges est conçu de manière à ce que les performances globales de la potabilisation soient assurées. Les travaux sont suivis par un ensemble responsable du respect de ces performances. Il apparaît donc nécessaire que très en amont dans les études, toutes les variantes soient explorées et que celui qui mène l'étude soit également responsabilisé au niveau de

l'exploitation. Actuellement cela se traduit par le respect du cahier des charges en attendant que des termes de référence soient mis en place.

Points clés :

- Choisir en priorité des sources d'eau naturellement potables et protégées.
- La protection de la ressource est primordiale.
- Les matières en suspension favorisent la survie des bactéries et réduisent l'effet bactéricide du chlore.
- Si une eau brute est trop chargée, comme c'est souvent le cas avec une eau de surface, une filtration sera nécessaire avant la chloration.
- Si une eau brute est trop dure, risque de précipitation, chlore non actif et colmatage du point d'injection.

1.4 - Contrôle bactériologique et désinfection

(présenté par Marie-Claude Viland)

1.4.1 - Quelques exemples où la chloration est apparue nécessaire

a - Un programme de chloration en semi-continu, dans le cadre de la réhabilitation de forages très anciens équipés de motopompes et d'un réservoir a été mis en oeuvre en Ethiopie. Selon cette méthode, on apporte une dose connue de chlore le matin, que l'on laisse agir pendant une demi-heure avant de commencer à prélever l'eau.

b - Des chloration ponctuelles d'équipements hydrauliques nouvellement installés (forages ou puits) et répondant à un constat de non-potabilité ont aussi été effectuées. Cette chloration est toujours associée à des mesures de protection et à une inspection sanitaire appropriée du point d'eau. Dans le cas de forages profonds, il s'agit de contaminations secondaires liées à une insuffisance de mesures de protection.

c - Systématisation de la chloration sur les puits et forages à la fin des travaux au moment de la mise en place des pompes, si ils en sont équipés, ou au moment de la remise des puits à la population.

Cette seule chloration au départ demande de nombreux aménagements et pose quelques difficultés :

- former les gens de l'entreprise au nettoyage du matériel d'intervention et de pompage : préparation d'une solution chlorée à 20 ppm, soit 1g d'hypochlorite de calcium à 70 % de chlore par seau de 20 l, puis brossage des différents éléments préalablement nettoyés ;
- concevoir un petit muret de protection de la dalle bétonnée, permettant la dépose des éléments de la pompe sur une surface propre ;
- mettre un couvercle au-dessus du tubage ouvert pendant les travaux ;
- limiter la manipulation de la pompe à 3 ou 4 personnes aux mains lavées et munies de gants (souvent trop de personnes interviennent sur les chantiers, ce qui multiplie les risques de contamination) ;
- traiter le tubage à 10 ou 15 ppm de chlore et laisser le forage fermé pendant 16 heures (test de demande en chlore préalable).

La systématisation de la chloration par les artisans réparateurs suppose des aménagements leur permettant d'intervenir dans de bonnes conditions sanitaires. Il est préalablement indispensable de les former à l'hygiène de l'eau avant d'introduire dans leurs trousseaux des outils de petits sachets de chlore et des chiffons propres.

La formation des animateurs au respect des aménagements autour du point d'eau est également nécessaire.

d - Chloration des récipients de stockage d'eau à domicile.

Des campagnes de sensibilisation ont été organisées, pour expliquer aux usagers l'importance du brossage et du lavage à l'eau savonneuse des récipients de transport et de stockage de l'eau. Il ne sert à rien de fournir de l'eau potable si l'on stocke de l'eau pure dans un récipient sale. Des séances d'animation ont été réalisées avec le concours des agents de santé. Au cours de ces séances, des récipients de stockage sont traités par chloration à 20 ppm pendant une demi-heure avec le concours des agents de santé qui pourront en cas d'épidémie renouveler ces séances. Cela suppose qu'ils disposent de produits chlorés en réserve.

Après avoir procédé à un nettoyage au savon et à une chloration (20 ppm, TC 1/2 heure) des récipients, il faut les rincer de nombreuses fois avec des petites quantités d'eau avant de les remplir. Cette opération est délicate à réaliser au point d'eau, surtout si une rigole d'évacuation n'est pas prévue.

Au cours du transport et du stockage à domicile, les récipients doivent être couverts. Enfin à la maison, ces récipients doivent être placés en hauteur hors de portée des enfants, des animaux domestiques et des insectes.

L'eau doit être prélevée des récipients de stockage par siphonnage et non à l'aide d'un gobelet, le plus souvent exposé aux insectes et aux poussières.

1.4.2 - Contrôle de la qualité de l'eau pour déterminer quand il faut chlorer

Il est nécessaire de savoir si l'eau est potable ou non, pour savoir si les aménagements apportés depuis le point d'eau jusqu'à l'utilisateur ont été efficaces. L'analyse de terrain est donc indispensable. Différents types de matériels utilisables sur le terrain et permettant d'isoler les germes indicateurs de pollution d'origine fécales existent.

L'analyse bactériologique permet, dans un premier temps, d'identifier non pas les germes fécaux pathogènes directement, mais des germes indicateurs qui ont la même origine et qui indiquent que l'eau a été en contact avec des matières fécales ; dans un deuxième temps l'analyse permet de les dénombrer. Le prélèvement de l'eau est aujourd'hui facilité grâce à l'utilisation de sachets stériles à usage unique munis de languettes de fermeture.

De nombreuses méthodes d'analyse existent :

a - Des méthodes normalisées : basées sur 2 méthodes générales

Méthodes des tubes multiples ou NPP (Nombre le Plus Probable) de HACH

- Le principe général de ces méthodes :

Identification : coliformes totaux et coliformes fécaux

Principe : - prélèvement dans un sac stérile ;

- pipetage de 10 ml de l'échantillon, introduits pour chaque essai dans une série de 5 tubes contenant un milieu nutritif permettant le développement des bactéries que l'on cherche à identifier ;

- mise en incubation pendant 24 heures dans un incubateur à 37 ou 44,5 °C.

La croissance des bactéries se traduit par une turbidité et un dégagement de gaz mis en évidence par une cloche Duram à l'intérieur des tubes. Ces 2 réactions traduisent la présence de bactéries coliformes, on a une présomption positive on effectue alors :

- un prélèvement de 10 ml du milieu dans lequel se sont développées les colonies que l'on met en contact avec un deuxième milieu qui va confirmer la présence de coliformes. Pour cela on imbibe le capuchon du tube et on le met sur le deuxième milieu de culture ;

- mise en incubation pendant 24 heures dans un incubateur à 37 ou 44,5°C

Résultat : si on a un trouble avec dégagement de gaz, le résultat est positif.

- 2 systèmes existent sur ce principe :
 - Le système Coliver (HACH) :
 - . mise en évidence des coliformes totaux (non révélateurs d'une pollution d'origine fécale)
 - . 1^{er} milieu : *Lauryl tryptose* / 2^{ème} milieu : *Vert brillant* (Bile)
 - . incubation à 37 °C
 - . lecture par comparaison à une table :

(si on a plus de 16 coliformes/100 ml, on peut faire une dilution pour affiner le résultat)

nb de résultats positifs	nb de coliformes totaux/100 ml
5	+ de 16
4	16
3	9
2	8

- Avec milieu de Eijckam :
 - . mise en évidence des coliformes fécaux
 - . 1^{er} milieu : *Lauryl tryptose* / 2^{ème} milieu : *Eijckam*
 - . incubation à 44,5° C (température d'incubation des coliformes fécaux)
 - . Lecture par comparaison à un tableau
- Une méthode sur le même principe NPP, avec une autre gamme de réactifs : MUG (HACH).

Cette méthode permet de mettre en évidence des coliformes fécaux, la première étape est identique aux deux méthodes précédentes (10 ml de l'échantillon dans des tubes de *Lauryl triptose*, incubés 24 heures à 44,5 °C), mais le second milieu est remplacé par un réactif (MUG). Ce réactif donne un résultat 10 à 20 heures après la mise en contact et met en évidence la glucuronidase (qui traduit la présence de coliformes fécaux) en développant une fluorescence que l'on peut lire à l'aide d'une lampe à UV.

Méthode des membranes filtrantes

- Principe :
 - faire passer 100 ml d'eau sur une membrane calibrée à 0,45 µ (pores de taille inférieure à la taille des plus petites bactéries), qui retient toutes les bactéries ;
 - mise en contact avec un milieu nutritif ;
 - incubation pendant 14 heures à 44,5 °C ;
 - comptage des colonies qui se sont développées.

b - Des méthodes rapides de terrain.

L'échantillonneur Millipore :

Cette méthode est basée sur la filtration à travers une membrane quadrillée, en contact avec un tampon ouaté imprégné d'un milieu nutritif déshydraté. Cet échantillonneur qui se présente sous la forme d'une languette est trempé dans l'échantillon pendant 1 à 2 minutes.

La membrane filtrante s'imprègne alors de 1 ml de solution, puis l'échantillonneur est mis dans un incubateur à 37 °C (ou dans sa poche) ; la lecture pourra se faire 24 heures plus tard, par comparaison avec un tableau.

La précision de la mesure est de l'ordre de 10^2 à 10^6 . Cet échantillonneur ne permettra donc pas de déterminer si l'eau est potable ou non potable puisque l'on est dans une gamme trop élevée. Ce système n'est valable que pour des eaux de rivière, des eaux de piscines, des eaux de surface, ou pour l'industrie lorsque l'on fait des analyses régulières et quotidiennes.

Système Bacti count (CIFEC) :

Cette méthode est basée sur le même principe que l'échantillonneur à filet millipore (trempage dans l'échantillon d'eau, incubation puis lecture par comparaison à un tableau).

Cette méthode permet de mettre en évidence la présence de coliformes, de germes totaux, de levures et moisissures, et de bactéries sulfito-réductrices.

Les résultats obtenus sont également dans des gammes de 10^3 à 10^7 , cette méthode est plus spécifiquement destinée aux eaux de rivière, eaux de piscines, eaux usées et eaux de refroidissement de l'industrie.

c - Des méthodes alternatives.

- Méthodes utilisables sur le terrain, mises au point par Millipore :

Elles permettent de réaliser le prélèvement et les manipulations au point d'eau, grâce à un nouveau modèle d'étuve léger, transportable sur le dos et équipé d'une batterie ayant une autonomie de 8 à 12 heures et qui peut être branchée sur un allume-cigare. Le réglage de la température est stable et précis (préréglé), ce qui est un impératif pour le développement des coliformes fécaux.

Ces systèmes sont composés d'éléments jetables, stériles, à usage unique et gradués ce qui permet des dilutions. La membrane de filtration est soudée au fond de l'entonnoir ce qui diminue les manipulations, donc les risques d'erreurs dues à des contaminations extérieures.

1^{ère} méthode :

Cette méthode comprend 2 tests, un test de détermination et un test de confirmation :

- le test de détermination : le milieu nutritif pour les coliformes fécaux est constitué de lactose qui convient à la croissance de coliformes fécaux Gram +, de sels biliaires pour inhiber les bactéries non fécales et d'un colorant (bleu d'aniline). Les milieux de culture existent sous forme d'ampoules prêtes à l'emploi, qu'il faut conserver à 4 °C (frigo de voiture ou glacière). Les coliformes fécaux utilisent le lactose du milieu et dégagent de l'acide qui fait virer le bleu d'aniline. Les colonies de coliformes fécaux apparaissent alors très nettement colorées en bleu, ce qui facilite leur numération ;

- le test de confirmation : dans le cas du test Millipore, la consommation de lactose par les coliformes fécaux est mise en évidence par la présence d'ONPG, et par l'absence de cytochrome oxydase. Ce test dure 4 heures.

Il existe également un test chez Bio-Mérieux, qui est plus rapide (2 heures) et met en évidence l'indole pour l'identification d'*Escherichia coli*.

Ces tests de confirmation ne sont pas indispensables, mais ils permettent d'avoir une équivalence avec les tests de laboratoire.

Avantages :

- . le matériel est stérile et à usage unique ;
- . il n'y a pas de manipulation de la membrane ;
- . l'incubateur est transportable ;
- . l'échantillon peut être analysé dès son prélèvement ;
- . la lecture des résultats est simple et fiable ;
- . la durée de mise en évidence est de 14 heures pour la détermination et de 2 à 4 heures pour la confirmation facultative.

2^{ème} méthode : système "Microfil" (Millipore)

L'innovation par rapport à la méthode précédente est la possibilité de décoller facilement la membrane du support. On met ensuite la membrane en contact avec un milieu solide réhydraté par la membrane.

Les conditions d'incubation et la lecture sont identiques à la méthode précédente.

1.4.3 - Bilan

Si le coût de l'équipement de base est élevé, celui d'une analyse est faible, environ 100 FF de consommables. Le coût d'une expertise reste largement plus élevé.

Ces méthodes demandent une formation des utilisateurs, c'est pourquoi un guide pédagogique pour l'utilisation de la méthode Milliviva de chez Millipore a été réalisé par Marie-Claude Viland. Cette dernière a par ailleurs formé, lors de chaque projet auxquelles elle a participé, 2 ou 3 personnes, qui après avoir réalisé 100 à 150 analyses bactériologiques pouvaient être considérées autonomes. L'ETSHER à Ouagadougou, a organisé des formations à l'analyse bactériologique, en 1991 pour l'Afrique Sahélienne et en 1993 pour l'Afrique centrale.

Bien sûr, la méthode doit toujours être choisie en fonction du niveau de formation requis pour son utilisation.

Dans certains cas, l'observation des conditions extérieures révèle des risques certains de non-potabilité (puits ouverts, forages non protégés, mauvais état de la pompe...). L'analyse est alors parfaitement inutile, on peut chlorer le point d'eau et contrôler uniquement à posteriori.

Points clés :

- L'analyse bactériologique permet de contrôler la qualité de l'eau, et ainsi de déterminer si la chloration est nécessaire.
- La méthode d'analyse doit être suffisamment simple et adaptée, pour que des habitants des villages puissent l'utiliser.
- L'observation des conditions extérieures de fourniture d'eau est un préalable à toutes décisions d'analyse de la qualité de l'eau. Une attention particulière sera portée à l'analyse des coûts, mis en relation avec les services attendus de ces résultats.

DEUXIEME PARTIE

**EXPERIENCES EN MATIERE DE
CHLORATION**

2.1 - En milieu rural français : l'exemple de la Lozère

(présenté par M. Chappé de la DDASS de la Lozère)

Comme nous allons le voir, le contexte de la fourniture d'eau potable en Lozère nous apporte de précieuses indications sur les limites des systèmes de chloration que nous pouvons envisager dans les PVD.

La Lozère est le département français le moins peuplé et la densité y est inférieure à 14 habitants au km² (moins de 1 habitant au km² dans certaines zones). Le département est rural et montagnard (altitude moyenne : 1 000 m), avec 1100 captages d'eau publics et un nombre indéterminé de captages privés. Il s'agit le plus souvent d'eaux d'origine karstique. Sur le département, 1200 captages sont suivis au niveau des communes par un agent qui, parmi d'autres fonctions, a la responsabilité de l'installation. Une formation de ces agents a été organisée mais peu de personnes étaient disponibles. Deux personnes de la DDASS sont employées à plein-temps pour le contrôle sanitaire de ces installations, et ont pour objectif de passer une fois par an sur chaque captage pour vérifier l'installation, le réseau et la distribution.

La diversité de la ressource, le nombre très important d'adductions et la multiplicité des tâches dévolues aux personnes chargées de la chloration posent un problème de qualité et de traitement de l'eau.

Sur le bassin Adour-Garonne, l'objectif sanitaire pour les petites adductions d'eau (inférieure à 500 habitants) est : « moins de 30 % de résultats non conformes sur le plan bactériologique pour un point d'eau ». Ce seuil montre toute la difficulté que l'on peut avoir en France à distribuer une eau conforme aux normes en vigueur.

La difficulté à obtenir une eau de qualité pour les petites adductions d'eau a de nombreuses racines

2.1.1 - Le contexte

- Il est difficile de faire comprendre à la population le but de la désinfection ; l'hygiène de l'eau n'est en effet pas quelque chose d'acquis et la mise en oeuvre de périmètres de protection en concurrence avec les zones d'élevage est difficilement admise.
- Le risque sanitaire est souvent mal perçu eu égard à la tradition qui veut que l'eau de source soit potable ; ainsi les diarrhées automnales sont perçues par e nombreux habitants comme des conséquences normales faisant parti du cycle habituel. Les services d'hygiène restent souvent désarmés devant le solide bon sens de ces habitants.

2.1.2 - Le principe de la chloration

Il reste difficile à cerner, et la dose employée n'est pas toujours ajustée, ce qui entraîne soit une désinfection incomplète, soit un surdosage à l'origine d'odeurs et de goûts désagréables. Le temps de contact est rarement respecté, les réservoirs étant souvent chlorés juste avant une forte consommation. Tout ceci nécessite un ajustement de la technique à ceux qui vont l'employer.

2.1.3 - L'installation de la pompe doseuse

L'installation de dispositifs de chloration a posé quelques problèmes :

- Pour que le chlore ait le meilleur contact possible avec l'eau, le dispositif de chloration doit être disposé en amont du réservoir. Au niveau de petites installations, l'asservissement de la pompe doseuse au débit entrant nécessite un investissement supplémentaire qui n'est généralement pas fait pour des raisons d'économie ou de méconnaissance du principe. Il n'y a alors, dans bien des cas, pas d'asservissement au débit d'entrée.
- Le choix du point d'injection du chlore, qui est un réactif puissant, est très important, sous peine d'une dégradation rapide en cas d'erreur de positionnement. Or, les installateurs n'y prêtent que peu d'attention. Dans le cas d'injection directement dans le réservoir, on aura un très bon résultat avec de l'eau de Javel non diluée, mais il est alors très important de brasser pour obtenir une diffusion homogène.
- Il est nécessaire de protéger l'installation contre la foudre ou l'orage, sous peine de pannes fréquentes qui entraîneraient des surcoûts. Dans de nombreux cas, les collectivités renoncent à investir dans ces éléments de protection pour des raisons d'économie immédiates.

2.1.4 - L'utilisation de la pompe doseuse

- En théorie trois réglages sont possibles :
 - réglage de la membrane, mais la molette dans la pratique est souvent forcée, car elle ne doit être réglée que lorsque l'appareil est en service ;
 - réglage de la fréquence, facilement utilisé, mais qui pose le problème de la protection ;
 - réglage de la concentration du réactif, mais cela demande la maîtrise du procédé.
- L'eau de Javel est fréquemment stockée, or elle perd de son efficacité avec le temps. De plus, il n'y a généralement pas d'équipement pour mesurer le chlore résiduel et vérifier ainsi l'adéquation du dosage.
- Le nettoyage du dispositif (crépine, clapets, point d'injection) est simple mais les fontainiers ne sont pas équipés pour le faire.
- Lors des interventions, le montage et le démontage ne sont pas toujours bien réalisés ; par exemple, les clapets sont interchangeables et sont souvent remontés à l'envers. Les responsables de l'entretien n'interviennent que très rarement et ne se rappellent pas les précautions élémentaires à prendre.

2.1.5 - Le suivi et l'inspection de l'installation

Le suivi de l'installation est rarement assuré, l'agent communautaire ne passant pas tant qu'il n'y a pas d'anomalies, ce qui laisse des pannes bénignes devenir irréparables. Ce contrôle n'est ni motivant, ni valorisant et les agents ne peuvent établir de mesures sur place par manque de matériel.

Questions et remarques de l'assistance

Les interventions demandent des compétences humaines rapidement disponibles. Il faut en conséquence garder impérativement le contact avec l'installateur et expliquer qu'il ne faut pas hésiter à faire appel à des praticiens expérimentés.

Le contrôle sanitaire n'est pas une fin en soi mais permet de remettre les choses à leur place, de diagnostiquer les besoins en formation. La chloration n'est qu'une étape pour obtenir une eau potable.

Le maire est responsable administrativement du service de distribution d'eau sur sa commune, mais la DDASS se substitue souvent au service communal, l'adduction devant répondre au plus près aux normes nationales. Les élus sont peu conscients des problèmes d'hygiène de l'eau.

Le ministère de la Santé est en opposition avec la politique des Agences de l'eau, et privilégie la fourniture d'une eau potable de qualité plutôt que le traitement global des eaux.

Une enquête menée par des écoles primaires sur le département de la Lozère, a été particulièrement significative. Les enfants ont fait analyser l'eau des sources et ont montré, à la surprise des adultes, que dans de nombreux cas elle n'était pas potable. Ils ont poursuivi leur réflexion et ont mis en évidence l'influence des épandages dans la pollution des sources. Le respect des règles élémentaires d'hygiène ne semble pas du tout quelque chose d'acquis, mais la sensibilisation est plus efficace auprès des enfants dans les écoles qu'auprès des adultes.

Points clés :

<p>La chloration de nombreux petits points d'eau en milieu rural est problématique tant en France qu'à l'étranger. Quelques remarques peuvent être avancées :</p> <ul style="list-style-type: none">• manque de sensibilisation et d'éducation de la population à l'hygiène liée à l'eau, sensibilisation par les enfants très efficace ;• manque de motivation et de formation du personnel responsable du service d'eau ;• difficulté d'obtenir des interventions rapides, faute de compétences locales et de suivi.
--

2.2 - Dans les pays en voie de développement

2.2.1 - La sensibilisation des usagers à la consommation d'une eau saine

(présenté par M. Laurenceau - CINAM)

L'impact d'un projet hydraulique, par exemple la création d'un forage, est sur le plan de l'amélioration sanitaire difficile à démontrer, hormis pour l'élimination du vers de Guinée. (Il faut noter que le chlore n'a pas d'action notable sur le vers de Guinée et que seule une diminution poussée de la turbidité a une influence).

Pour les diarrhées infantiles, cet impact n'a pu être précisément évalué, mais semble peu important. L'éducation sanitaire et la considération de l'hygiène dans son ensemble sont les deux éléments importants qui doivent accompagner la fourniture en eau potable.

Les forages apportent une eau relativement pérenne, de proximité et de qualité. L'eau doit cependant être considérée dans un contexte large, Ainsi au Maroc, des enquêtes épidémiologiques ont montré que l'état sanitaire n'était pas seulement lié au mode d'approvisionnement mais surtout à l'environnement familial ; fournir de l'eau de qualité ne suffit pas !

Il faut donc promouvoir une approche participative, impliquer les communautés et appréhender la réalité culturelle.

Les éléments présentés ci-après sont issus d'expériences menées plusieurs pays : Maroc, Burkina Faso, Guinée, Togo.

a - La mise en place du projet

Pratiquement, différentes phases peuvent être distinguées :

- **le diagnostic** qui est établi avec les communautés : il s'agit de réfléchir sur les problèmes de santé locaux, de soulever ces problèmes, de les identifier et de les expliquer ;
- **l'identification** d'actions adaptées, destinées à remédier à ces problèmes ;
- **une diffusion dynamique** des façons de procéder, assurée par un groupe moteur ;
- **l'évaluation des résultats** :
 - qu'est-ce qui a été réalisé ?
 - pertinence de ce qui a été réalisé ?
 - qu'est-ce qu'il faut changer ?

Cette démarche nécessite :

- **l'adhésion contractuelle** des habitants du village : toute action doit préalablement être adoptée par le village ;
- **un environnement technologique viable** :
 - une pompe qui marche,
 - un système d'entretien de la pompe qui soit au point,
 - un encadrement régulier ;
- **un principe d'autopromotion** des problèmes de santé et d'hygiène par une approche globale. L'action repose sur un **trio pivot** constituant la force de frappe du programme :
 - **l'agent de l'hydraulique** qui prenait également en charge l'animation ;
 - **l'instituteur** ;
 - **l'infirmier ou un agent de la santé.**

b - Les problèmes rencontrés

La coordination

Il est difficile de faire travailler ensemble des personnes de structures différentes (hydraulique, santé et éducation). Cependant il semble absolument indispensable d'axer les efforts sur les personnes chargées de la santé pour mener une action plus globale, et avec les instituteurs pour sensibiliser les enfants.

Les comportements

L'expérience montre qu'il est facile de faire passer et de diffuser des connaissances, et de faire comprendre l'origine de certaines maladies, mais l'impact sur la modification des comportements demeure très faible, voire nul. Ainsi, le médecin chef d'un programme ne respectait pas chez lui les principes qu'il diffusait.

Cela démontre que si le respect de principes d'hygiène nécessite une charge de travail supplémentaire, envisager leur adoption devient peu réaliste. Il ne faut donc pas être trop ambitieux, mais cibler des objectifs d'éducation réalisables.

Les facteurs culturels

Il faut créer le besoin, la demande pour une eau saine n'existe pas au départ. Lorsque l'on réalise un réseau de distribution d'eau de forages, on choque certaines personnes, surtout les plus âgées, qui sont habituées à une certaine qualité gustative de l'eau. Souvent ces personnes recourent l'eau des forages avec l'eau des mares pour conserver le goût qu'elle avait auparavant.

On risque de rencontrer le même problème avec la chloration. Ainsi au Maroc les habitants refusent de façon unanime l'eau chlorée, car elle change le goût du thé. Lors des épidémies de choléra, les cafetiers avaient plusieurs bidons d'eau : l'un chloré pour respecter les règlements sanitaires, l'autre non chloré pour le thé afin de ne pas modifier son goût. Les cafetiers qui préparaient leur thé avec de l'eau chlorée n'avaient plus de clients.

Ce n'est pas tant le risque sanitaire (l'ébullition prolongée est un bon moyen de désinfection) que la non-prise en compte des us et coutumes locaux qui est ici soulignée. Ainsi de nombreux autres facteurs culturels, moins évidents, risquent d'être oubliés.

La définition du message

La définition de message en matière éducative est très difficile, car on doit se limiter au strict minimum tout en restant efficace. Ces messages doivent être acceptables sur le plan social et ne pas être trop complexes, car ils seraient alors incompris et leur impact nul.

c - Les techniques utilisées

Les techniques utilisées, qui ont pour but d'imager le dialogue et d'amener à la réflexion, sont variables selon les zones ou les programmes considérés.

Les diapositives

Il s'agit de photographies réalisées dans le village, qui permettent de soulever les éléments qui posent problème.

La vidéo :

Cette méthode a été expérimentée lors d'un programme de lutte contre le ver de Guinée. Une petite séquence, présentant les gens autour du point d'eau et dans leurs activités quotidiennes, était filmée l'après-midi dans un village. Le soir, après les travaux ménagers, ce petit film était présenté aux habitants du village.

Il est difficile d'évaluer l'impact d'une telle méthode ; quoiqu'il en soit, les habitants du village étaient très intéressés de se reconnaître à la télévision. Ce support a permis de retenir l'attention, et de soulever un certain nombre de questions et de problèmes, qui pouvaient faire l'objet d'un débat par la suite.

Le "flanellographe"

C'est un tissu sur lequel on peut poser des images ; les villageois eux-mêmes construisent l'animation et trouvent la solution. On peut utiliser dans ce cas un schéma que l'on appelle "l'arbre à problèmes" :

- chaque racine représente un comportement à risque dû à une hygiène défectueuse (hygiène domestique, hygiène corporelle, hygiène du prélèvement de l'eau, hygiène du transport de l'eau entre le forage et la maison, hygiène du stockage) ;
- le tronc représente la mauvaise hygiène de l'eau, la mauvaise hygiène alimentaire, etc ;
- chaque branche représente une maladie issue d'un comportement néfaste.

L'image du "siège à trois pieds" :

Le siège à trois pieds est d'usage très courant au Burkina Faso. Dans ce cas, chaque pied est présenté comme un élément clé de l'hygiène, et il suffit qu'il manque un pied pour que le tabouret tombe. L'hygiène est un ensemble.

Conclusions

En matière d'éducation sanitaire, il faut viser sur le long terme, et pour cela collaborer étroitement avec les enseignants, tout en ayant une approche globale de tous les problèmes d'hygiène. Les enfants ont un rôle primordial dans la diffusion des messages de sensibilisation à l'hygiène.

Lorsque l'on souhaite réaliser la chloration d'un point d'eau, toute précipitation risque d'induire des effets pervers. En effet, les usagers peuvent considérer que le chlore est le "médicament de l'eau", que l'eau ne craint plus de contamination car elle est définitivement protégée. La chloration nécessite donc une éducation et une sensibilisation préalables de l'ensemble de la population concernée, y compris les responsables locaux, et elle doit être demandée par la communauté.

Par exemple, les pots chlorateurs en fond de puits ont été un échec, ceux-ci ayant été installés par le ministère de la Santé sans avoir suffisamment impliqué la population et surtout sans que la demande vienne des usagers.

2.2.2 - Installation de postes d'eau potable (PEP) auprès des familles

(présenté par Pascal Revaut de EAST)

Cette expérience a été menée dans la province de Baselia au Burkina Faso, dans un environnement rural (à 80 %) et éclaté où se pose le problème de conserver à l'eau sa qualité d'origine. Des enquêtes ont en effet montré que la contamination de l'eau augmentait au fur et à mesure que l'on s'éloignait du point d'eau (*Escherichia coli* a été utilisé comme indicateur).

Une sensibilisation à la notion et aux méthodes de traitement de l'eau avait été réalisée auprès des enfants dans le cadre scolaire. Les enfants profitaient d'une eau saine lorsqu'ils étaient à l'école, mais les parents ont fait remarquer que dès qu'ils rentraient chez eux ils buvaient une eau non potable. La réalisation d'une campagne de sensibilisation similaire au sein des familles a été envisagée. Cette expérience a débuté en 1991 sur 1000 familles de 5 à 15 personnes.

L'objectif général de cette action, défini par l'animateur responsable de cette zone, était de lutter contre le péril fécal.

a - Déroulement et principe de l'action

- Un des premiers points est de vérifier la motivation des villageois lors d'une "causerie" sur le thème de "l'eau et les maladies". Des outils tels que le flanellographe ou des diapositives peuvent aussi être utilisés.
- Suite à cette discussion, une seconde réunion est organisée, au cours de laquelle les animateurs doivent constater que les villageois ont modifié et protégé leur point d'eau. Si cela est effectivement le cas, la notion de poste d'eau potable (PEP) est introduite dans la famille.
- Lors de la réunion suivante les usagers apprennent à fabriquer eux-mêmes leur PEP. L'école a été choisie comme lieu d'apprentissage, à la fois pour les enfants et pour les parents. Le PEP est construit à partir d'un canari traditionnel que l'on modifie. Son coût total est de 5 000 FCFA, dont 3 000 FCFA pour le robinet qui est fourni par l'ONG. La durée de vie d'un PEP est d'au moins 3 ans, à moins qu'il ne soit cassé (annexe 7).
- Une autre réunion permet d'expliquer le principe de fonctionnement du PEP et de la chloration : le rôle du PEP est de protéger et traiter l'eau contre les germes des maladies les plus courantes.

La chloration se fait avec de l'eau de Javel ; dont deux types se trouvent sur le marché :

- l'eau de Javel importée ; elle offre plus de sécurité car il n'y a pas de contrefaçon et son emballage opaque permet de mieux la conserver.
- l'eau de Javel "Ouedra", fabriquée au Burkina Faso, mais dont on trouve de nombreuses contrefaçons dans lesquelles il n'y a pas de chlore.

Le prix de ces deux marques d'eau de Javel est peu différent.

N.B. : l'eau de Javel est aussi utilisée pour d'autres usages, dont la désinfection des plaies.

Deux protocoles expérimentaux de chloration ont été mis au point par Pascal Empereur-Bissonet, selon qu'il s'agisse d'une eau de forage, claire et non contaminée, ou qu'il s'agisse d'une eau de puits, souvent trouble. Une campagne de sensibilisation à la non-utilisation de l'eau de marigot avait été réalisée. L'unité de mesure de l'eau de Javel, qui doit être simple et diffusable dans tous le pays, est le bouchon de la bouteille. L'obtention de 5 l d'eau potable nécessite 1 FCFA d'eau de Javel.

Lorsqu'il s'agit d'eau de puits plus ou moins chargée, une filtration lente est préalablement nécessaire. La graine de *Moringa olifeira* ("arbre du paradis"), peut être utilisée pour favoriser la décantation comme cela se fait d'ailleurs traditionnellement. Les graines de *Moringa olifeira* écrasées sont introduites dans le PEP après qu'il ait été rempli à moitié, on mélange, on complète, puis on attend 2 heures. Après 2 heures, on ouvre le robinet, par lequel s'écoule le culot. Lorsque l'eau qui s'écoule est claire, on ferme le robinet et on ajoute l'eau de Javel.

Critères d'efficacité du traitement :

- 0,5 à 2 mg de chlore résiduel par litre d'eau ;
- absence d'*Escherichia coli* ;
- pas d'augmentation significative du taux de coliformes totaux depuis la source jusqu'au PEP.

Ces protocoles ont été largement diffusés auprès de la population, notamment grâce à la méthode du flanellographe.

b - Bilan

La fraîcheur que procure à l'eau le PEP (contrairement aux stérilisations par ébullition) et sa proximité des traditions de stockage est un facteur d'acceptabilité du PEP.

Cependant les résultats n'ont pas été à la hauteur des espoirs que suscitait ces observations

Une évaluation a montré qu'entre juin 1992 et juin 1993, seulement un tiers des PEP installés fonctionnaient correctement. Dans de nombreux cas, le rôle du PEP a été détourné, soit il est devenu un récipient de stockage alimentaire, soit il est devenu un fétiche, objet de savoir et de pouvoir que l'on expose à tout le monde.

Ce résultat qui traduit une résistance terrible des villageois à ce système, révèle un véritable problème de société.

Les causes supposées de ce mauvais résultat sont les suivantes :

- beaucoup de villageois ne comprennent pas l'intérêt économique du PEP ;

- le mode de transmission des connaissances n'a pas suffisamment été étudié au départ ;
- le choix du milieu scolaire comme lieu d'apprentissage n'est peut-être pas le bon. Même si la transmission du message sanitaire par les enfants est un bon canal, l'école représente une autorité extérieure à la communauté villageoise, ce qui ne facilite pas l'adhésion des adultes ;
- les femmes ont la charge du transport et du traitement de l'eau, or elles ne sont pas présentes aux réunions car les hommes se sont appropriés le PEP.

Par ailleurs, de nombreuses personnes souhaitent intervenir dans le projet (les chefs religieux, le préfet, les responsables d'hôpitaux, etc.) ; or bien qu'il soit souvent nécessaire d'impliquer les « leader », cela risque de ralentir le processus.

Pour les intervenants dans ce domaine, il faut tenir compte de la coopération indispensable avec les services de l'Etat et des réticences possibles que peut susciter cette collaboration chez les détenteurs du pouvoir local.

Remarques :

Pour valider les conditions d'utilisation des PEP, et apprécier leurs performances, il manque des études sur la turbidité de l'eau et plus généralement sur sa composition chimique.

Des différentes méthodes utilisées pour estimer l'impact des PEP du point de vue bactériologique, la méthode Millipore s'est révélée la plus sensible. Elle manque cependant de spécificité, ce qui peut entraîner une surestimation de la contamination.

Points clés :

- | |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Développer une approche participative, avec adhésion de l'ensemble de la population |
| <ul style="list-style-type: none"> • Appréhender la réalité culturelle, sinon le projet sera un échec. |

TROISIEME PARTIE

QUELQUES MATERIELS EXISTANTS, DOMAINES D'APPLICATION ET PERSPECTIVES ENVISAGEES

3.1 - Pots chlorateurs

(Système présenté par la DDASS de Loire-Atlantique)

Ce système a été testé sur 18 puits collectifs privés dans une commune rurale du département de Loire-Atlantique. Cela peut paraître anachronique, car les grosses installations avec de longs réseaux, sont plus fréquentes dans l'Ouest.

3.1.1 - Situation du département et de la commune concernée

La presque totalité du département de Loire-Atlantique est alimentée par 20 unités de production d'eau potable. Il y a très peu de réserves d'eau souterraine, comme dans l'ensemble du massif Armoricaïn, ce sont essentiellement les eaux superficielles (à 80 %) qui sont utilisées. La Loire alimente 65 % des habitants de ce département qui compte 1 million d'âmes, et à elle seule, l'usine de Nantes fournit de l'eau pour 500 000 habitants.

Du fait qu'il y a peu de ressources en eau, les canalisations de desserte sont très longues, par exemple :

- de l'usine de Nantes jusqu'à St Nazaire (80 km) ;
- de l'usine de Camoëil sur la Vilaine (Morbihan) jusqu'à St Nazaire, Vannes et même Rennes.

Par contre, il y a un petit secteur du département dans lequel, sur une seule commune, on trouve 18 captages desservant chacun de 30 à 150 personnes. Deux raisons peuvent expliquer cet état de fait :

- le contexte hydrogéologique : le sous-sol étant constitué de schiste et de placages de sable, qui retiennent l'eau, on y trouve beaucoup de sources ;
- le contexte politique : le maire de cette commune était président du conseil général, et très tôt (juste après guerre) il a équipé sa commune de petits captages desservant chacun un réseau de 5 à 6 villages.

En fonction des conditions météorologiques, on constate une dégradation importante de ces sources sur le plan bactériologique ; on peut ainsi passer de 0 à 1 000 coliformes fécaux/l. Le taux de nitrate est en dégradation chronique, comme dans tous le pays actuellement.

Par contre les eaux sont limpides (pas ou peu de matières en suspension) et on n'y trouve pas d'ammoniaque ni de pesticides.

Tout le reste du département étant alimenté en eau chlorée et de bonne qualité bactériologique, la DDASS a proposé à la commune de développer un système de chloration pour chaque point de distribution. Le système des pots chlorateurs a été retenu.

3.1.2 - La mise en place des pots chlorateurs

Le système est constitué d'un double pot, à l'intérieur duquel on introduit de l'hypochlorite de calcium, du sable pour lester et de l'hexamétaphosphate de sodium pour éviter la prise en masse de l'ensemble. Le principe est basé sur la diffusion lente de l'acide hypochloreux au travers de ce double pot.

Le système de pots chlorateurs avait déjà été expérimenté dans d'autres régions de France. Les plans ont été fournis à un potier local qui a pu les fabriquer pour un coût de 200 FF l'unité.

Les 18 groupements collectifs privés de chaque puits se sont regroupés pour l'achat des pots, des produits de traitement (hypochlorite de calcium, hexamétaphosphate de sodium) et de trousseaux d'analyse pour le suivi de la qualité. Chaque groupement est constitué d'un

bureau et une ou deux personnes sont élues pour gérer les produits et contrôler la qualité de l'eau.

Deux possibilités se présentaient, soit chlorer directement dans le puits, soit chlorer dans la réserve de 15 à 20 m³ qui équipe chaque puits.

3.1.3 - Résultats

L'objectif était de fournir aux usagers une eau de bonne qualité bactériologique, ayant un minimum de chlore. Pour cela, des concentrations très faibles de chlore ont été utilisées (inférieure à 0,1 mg/l), mais le temps de contact est très long (au moins une demi-journée).

Cette expérience a été lancée en 1988, et depuis un suivi régulier a été assuré. Après plus de cinq ans, on arrive à 80 ou 90 % de résultats satisfaisants.

Problèmes rencontrés :

- le non-rechargement du pot chlorateur (le pot doit normalement être rechargé tous les mois ou tous les deux mois, selon la quantité d'eau prélevée) ;
- les différences de débit (les possibilités de réglage sont très approximatives) ;
- la turbidité importante de certains puits ;
- les pollutions brutales (d'où l'importance des périmètres de protection) ;
- la lente dégradation par rapport aux nitrates (il est nécessaire de respecter les périmètres de protection des captages, et dans certains cas d'envisager la réalisation de forages plus profonds).

Coût pour un forage en 1988 :

Le coût du traitement n'intervient pas de façon significative dans le prix de vente de l'eau qui est déjà très faible

Achat du pot chlorateur	200 F
Consommation d'hypochlorite de calcium	50 F/mois
Consommation d'hexamétophosphate de sodium	5 F/mois
Prix de vente de l'eau	0,50 à 1 F/ m ³

3.2 - Chloration par pompes doseuses

3.2.1 - Système de pompe doseuse sur batterie Stereconome

(Présentation par M. Clause du CIFEC)

Ce système de pompe doseuse sur batterie est commercialisé par la société CIFEC, sous le nom "Stereconome" (système de stérilisation économe en électricité) ; 150 installations de ce type fonctionnent en France et dans les DOM-TOM.

L'appareil est conçu pour répondre aux besoins des très nombreuses collectivités françaises qui ont une multitude de points de captage d'eau isolés et dépourvus d'électricité.

Les conditions définies par le cahier des charges sont les suivantes :

- pouvoir chlorer avec un débit variable ;
- autonomie de 5 à 6 mois sans panneaux solaires, ces derniers pouvant être source de pannes et de vandalisme.

Il existait auparavant des pompes doseuses sur batterie, mais leur autonomie de fonctionnement était insuffisante (maximum 1 mois).

a - Principe de fonctionnement

L'idée de départ était d'intercaler entre la batterie et le matériel d'injection (pompe doseuse), un élément permettant d'économiser et de régulariser l'énergie, mais aussi de diffuser le chlore proportionnellement au débit d'eau.

Le système est constitué d'un coffret "Stereconome" et d'un compteur à impulsion, d'une batterie, d'une pompe doseuse et d'un bac (nécessite donc une pompe équipée d'un bassin tampon est nécessaire). Le compteur à impulsion a été installé sur l'arrivée d'eau, et chaque fois qu'un volume défini d'eau passe, par exemple 100 litres, le compteur envoie une impulsion vers le coffret du "Stereconome" qui donne ordre à la pompe d'injecter une dose précise d'eau de Javel (ou d'autres réactifs : hypochlorite de calcium, chlore gazeux).

L'astuce a été de réduire au minimum le temps de fonctionnement du système : entre 2 impulsions les appareils sont mis en sommeil et ne consomment pas du tout d'électricité, contrairement aux autres types d'appareils qui existent et qui ont toujours une consommation de base.

L'échange et le rechargement des batteries sont très faciles, et le niveau de charge est vérifiable grâce à un témoin.

b - Autonomie du système

Le système a une autonomie variable selon les cas :

Puissance des batteries	Degré chlorimétrique de l'eau de Javel	Pression au point d'injection	Taux de chlore souhaité	Débit journalier	AUTONOMIE
2 X 40-45 A/h	48°	< 4 bars	0,2 à 0,9 g/l	200 m ³	6 mois
2 X 40-45 A/h	48°	> 4 bars	0,2 à 0,9 g/l	200 m ³	3 mois
2 X 40-45 A/h	12° (Afrique)	< 4 bars	0,2 à 0,9 g/l	200 m ³	1 mois ½
2 X 40-45 A/h	12° (Afrique)	< 4 bars	0,2 à 0,9 g/l	50 m ³	6 mois
Panneau solaire (2 Wc) + 1 petite batterie	12° (Afrique)	< 4 bars	0,2 à 0,9 g/l	200 m ³	6 mois

Ce système peut tout à fait être associé à un pompage solaire.

Coût du système "Stereconome" seul : environ 15 000 F

Si l'on a un débit de pompe constant, il n'est pas nécessaire d'avoir un compteur à impulsion, il suffit d'une injection automatique.

Ce système n'a pas encore été testé en Afrique, mais il a démontré sa fiabilité dans les DOM-TOM. Le boîtier a été conçu pour résister à des conditions de températures et d'humidité difficiles (les composants sont noyés dans de la résine).

Points clés :

- Grande autonomie (jusqu'à 6 mois).
- Adaptation aux conditions des pays en voie de développement à démontrer.

3.2.2 - Poste automatique de stérilisation (FF25 Garhin)

Ce système très simple et purement mécanique, est utilisé depuis 1993 dans des pays en voie de développement.

a - Description de l'appareil

Il se compose de :

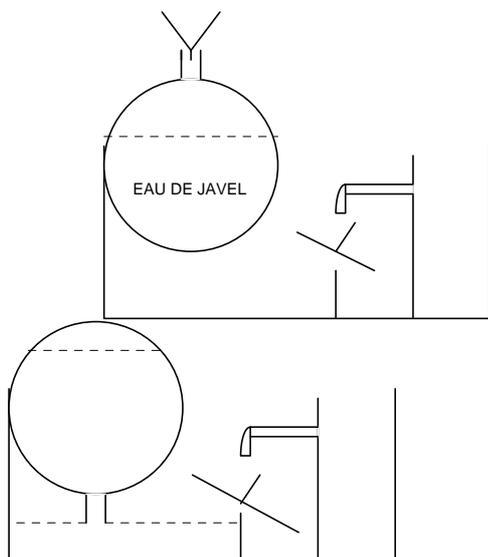
- un bac divisé en 4 compartiments, dont un à niveau constant d'eau de Javel. La face avant est réalisée en PVC transparent afin de permettre un contrôle aisé du niveau d'eau de Javel ;
- un réservoir cylindrique de 25 litres, reposant dans un logement prévu à cet effet et pouvant pivoter autour d'un axe horizontal. La face avant est également en PVC transparent. Le réservoir est muni d'un ajutage qui permet soit le remplissage du réservoir lorsqu'il est en position haute, soit l'alimentation du compartiment à niveau constant d'eau de Javel lorsqu'il est en position basse ;
- une bascule composée de deux godets ;
- un bras doseur solidaire de la bascule ;
- un dispositif d'alimentation en eau des godets de la bascule.

Dimensions : 670 mm de longueur ; 430 mm de largeur ; 440 mm de hauteur.

Poids à vide : 16 kg

b - Remplissage du réservoir

Le réservoir se remplit par l'ajutage amené en position haute. Lorsque le réservoir est plein, on le fait pivoter de 180°, l'eau de Javel s'écoule alors au travers de l'ajutage jusqu'à ce que sa base soit noyée.



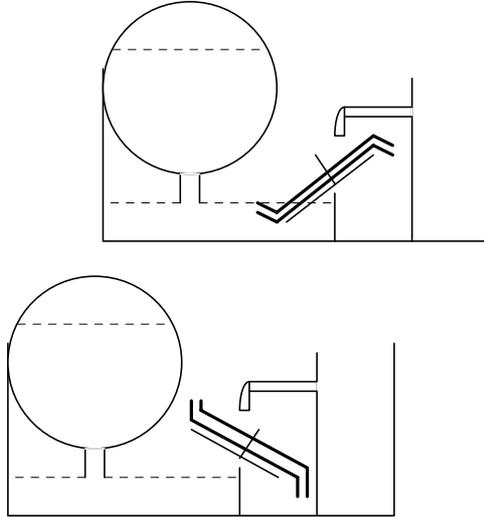
c - Fonctionnement

L'arrivée d'eau motrice se fait par un compartiment, situé à l'arrière, muni de 2 chicanes de tranquillisation. Une partie de l'eau de ce compartiment s'écoule au travers d'un ajutage muni d'une petite pastille calibrée vers les godets de la bascule. Un filtre destiné à retenir les éventuelles impuretés est placé en avant de l'ajutage.

Le premier godet se remplit jusqu'à ce que le poids d'eau soit suffisant pour le faire basculer et entraîne le bras doseur dont l'une des extrémités munie d'un coude plongée dans le compartiment à niveau constant d'eau de Javel, prélève un volume défini d'eau de Javel.

L'eau de Javel se déverse alors dans le compartiment avant et se mélange au trop-plein du compartiment arrière et à l'eau de vidange des godets. Le mélange s'écoule alors vers l'installation d'eau potable.

Puis c'est le deuxième godet qui se remplit à son tour et bascule dans sa position initiale, le bras doseur revenant plonger dans le compartiment d'eau de Javel.



Ce système peut fonctionner à débit constant d'eau de Javel (jusqu'à 50 m³ d'eau traitée/jour) ou à débit proportionnel (jusqu'à 25 m³ d'eau traitée/jour). Lorsque les débits à traiter sont supérieurs, une vanne de réglage permet de ne faire transiter par l'appareil qu'une partie du débit total.

d - Autonomie

Degré chlorimétrique de l'eau de Javel	Taux de chlore souhaité	Débit journalier	AUTONOMIE
48°	1 mg/l	500 m ³	1 semaine
48°	1 mg/l	120 m ³	1 mois

Si on utilise de l'eau de Javel titrant à 12°, l'autonomie sera largement réduite.

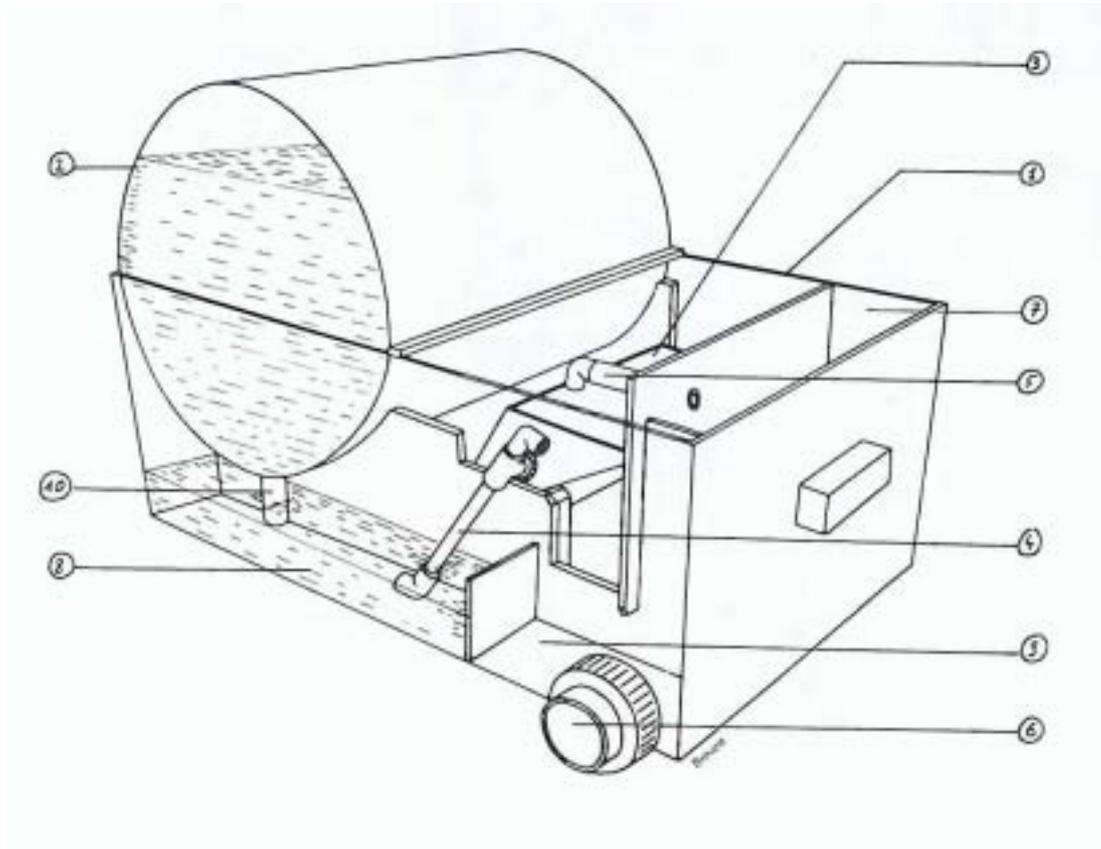
La contrainte principale de cet appareil est d'être obligé de l'installer en bout de canalisation, ce qui augmente la HMT d'une part et d'autre part peut rendre l'installation et l'accessibilité ultérieure à l'appareil problématiques.

Coût de l'appareil : 9 000 F

Points clés :

<p><u>Avantages</u> :</p> <ul style="list-style-type: none"> fonctionne sans électricité ; système simple et fiable. <p><u>Inconvénients</u> :</p> <ul style="list-style-type: none"> doit être installé en fin de canalisation ; installation et accessibilité parfois difficiles.

Schéma descriptif du poste automatique de stérilisation Garhin



- ① - bac
- ② - réservoir cylindrique d'eau de Javel (25 litres)
- ③ - bascule composée de 2 godets
- ④ - bras doseur solidaire de la bascule
- ⑤ - dispositif d'alimentation en eau des godets de la bascule
- ⑥ - orifice de sortie de l'eau
- ⑦ - compartiment d'arrivée de l'eau
- ⑧ - compartiment à niveau constant d'eau de Javel
- ⑨ - compartiment où se fait le mélange
- ⑩ - ajustage du réservoir

3.3 - Chlorateurs à la pompe

(systèmes présentés par B. Gay du GRET et par M. Boukari de l'INSA Toulouse pour le principe de fonctionnement)

3.3.1 - Objet et partenaires

Il s'agissait de mettre au point un équipement qui puisse être aisément placé sur une pompe manuelle d'hydraulique villageoise (du type de celles utilisées en Afrique) et pouvant chlorer l'eau proportionnellement au volume pompé par la pompe.

Cette action a été conduite par IT Dello/GRET (B. Gay) et la société Vergnet (H. Conan), avec la participation du SEDIF (M. Grimaud) et de l'INSA de Toulouse (MM Boukary et Girou).

3.3.2 - Le cahier des charges des chlorateurs

a - Conditions techniques

- Adaptable à toutes pompes ayant un débit compris entre 200 l/h et 10 m³/h
- Dosage de chlore proportionnel au débit
- Bonne régularité du dosage dans le temps
- Le réglage du dosage de chlore doit être possible, et d'une précision de 0,2 mg/l
- Pertes de charges très faibles (inférieures à 20 cm de c.e.), pour éviter que l'eau ne déborde
- Accepte les débits saccadés
- Accepte les eaux légèrement chargées

b - Conditions d'environnement

- Rustique et robuste avec peu de pièces en mouvement
- Facile à installer et à entretenir
- Montable et si possible fabricable localement
- Autonomie de fonctionnement de plusieurs jours
- Coût de fonctionnement faible

Aucun système répondant à ce cahier des charges n'existant dans le commerce, le choix technique s'est alors porté sur les équipements mis au point par l'INSA de Toulouse. Après une phase expérimentale sur une pompe manuelle en laboratoire à Toulouse, ces équipements ont été placés durant plusieurs mois en conditions standards d'utilisation dans des villages du Bénin.

Une stagiaire a expérimenté 7 systèmes sur plusieurs villages :

- 3 chlorateurs à galet d'hypochlorite de calcium (INSA) ;
- 3 chlorateurs à eau de Javel (INSA) ;
- 1 chlorateur doseur à eau de Javel.

3.3.3 - Etudes en laboratoire du fonctionnement des chlorateurs

(présenté par M. Boukari de l'INSA Toulouse)

Une étude en laboratoire de la chloration de l'eau au niveau des pompes à motricité humaine a été réalisée par messieurs Boukari et Girou de l'INSA Toulouse, et par monsieur Conan de la société Vergnet.

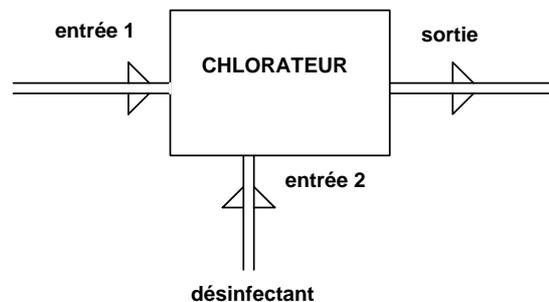
Cette étude a pour objectif principal de vérifier en laboratoire l'adéquation de ces systèmes au cahier des charges définies ci-dessus.

a - Les 2 systèmes de chloration peuvent, sur le plan expérimental, se définir comme suit :

- Un système hydraulique de dosage proportionnel de liquide avec comme produit de chloration l'eau de Javel. Ce chlorateur peut éventuellement recevoir d'autres types de désinfectants liquides tels que l'hypochlorite de calcium.

Il est muni de 2 entrées :

- l'entrée 1, alimentée en eau ;
- l'entrée 2, servant à l'aspiration du désinfectant.



Les mesures expérimentales, faites en régime continu, montrent que le débit d'aspiration du désinfectant varie proportionnellement en fonction du débit d'alimentation du chlorateur.

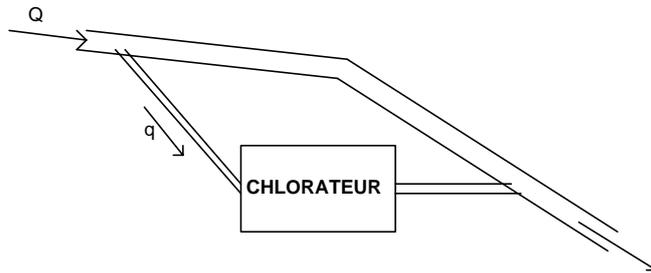
- Un système hydraulique de dosage en continu, utilisant comme produit de chloration les galets de chlore. Là aussi, les essais montrent que le taux de chloration reste constant quel que soit le débit du chlorateur.

b - Avantages des deux systèmes

- Le dosage est essentiellement basé sur des phénomènes hydrauliques et non mécaniques (pas de pièces en mouvement, donc moins de risques de panne).
- L'injection du désinfectant est régulière dans le temps et proportionnelle au débit d'eau à traiter.
- Il est possible de travailler à très faible pression (inférieure à 0,5 bar).
- Fonctionnement en débit saccadé (pompe à motricité humaine) ou constant (réseau ou pompe solaire ou thermique).
- Fonctionnement correct même si l'eau contient des matières en suspension (mais le chlore n'aura pas la même efficacité).

c - Aspects hydrauliques

L'installation des deux types de chlorateurs se fait en dérivation sur la fontaine de la pompe.



		Système hydraulique à galets d'hypochlorite de calcium	Système hydraulique de dosage proportionnel à l'eau de Javel
Concentration en chlore		0 à 4 mg/l	0 à 5 mg/l
Autonomie de fonctionnement		3 semaines/galet (1 à 3 galets)	+ de 2 semaines avec un réservoir de 20 litres
Régularité de la chloration		bonne avec un incertitude de $\pm 0,2$ mg/l	très précise
Débits de la pompe	Débit minimal	0,5 m ³ /h	0,5 m ³ /h
	Débit maximal	3 à 5 m ³ /h	5 à 10 m ³ /h
Fonctionnement avec une eau chargée (2 g/l de bentonite équivalent à 30 UNT)		bon (légère augmentation de la consommation de chlore)	bon

d - Aspects bactériologiques

Afin de déterminer l'efficacité de traitement de ces chlorateurs, nous avons fait des tests sur 3 souches de bactéries.

Le but de ces tests était de déterminer le temps de latence (temps correspondant à la destruction de la majeure partie des bactéries). La concentration en bactéries au départ, pour chaque souche, est de 1 000 germes/100 ml d'eau à traiter. Pour toutes ces souches, le temps de latence est de moins de 2 minutes avec des teneurs en chlore libre de 0,5 à 1,5 mg/l.

e - Autres applications du système

Les deux systèmes peuvent être utilisés dans le traitement d'eau potable ou d'eau de piscine pour injecter les produits désinfectants ou floculants. Le système de dosage proportionnel de liquide ou gaz peut aussi être utilisé dans le traitement d'eau résiduaire pour l'aération. Dans le cadre du traitement d'eau potable, des essais d'injection d'eau de chaux ont donné de bons résultats.

3.3.4 - Résultats techniques des chlorateurs installés sur le terrain

Les chlorateurs à eau de Javel, expérimentés au Bénin, n'ont pas fonctionné de manière satisfaisante :

- Le chlorateur doseur en raison d'une mauvaise adéquation au cahier des charges (trop peu rustique)
- Le chlorateur INSA répond bien au cahier des charges et donne satisfaction lors des essais en laboratoire. Les problèmes rencontrés sur le terrain sont dus à des difficultés de

montage et n'invalident pas le matériel en lui-même, qui doit encore être perfectionné avant d'être à nouveau testé sur le terrain.

Le chlorateur à galet a bien fonctionné. Deux villages en particulier l'ont utilisé, avec une totale satisfaction, durant 3 mois sur des pompes à faible débit (1,5 à 2 m³/jour), de deux types "Issakou" et "Vergnet".

Les résultats techniques obtenus suite à l'expérimentation des **chlorateurs à galet d'hypochlorite de calcium** dans ces deux villages sont les suivants :

a - Une bonne régularité du taux de chlore

Même si le débit de pompage est variable, la concentration en chlore reste constante. On enregistre tout de même le matin un léger fléchissement durant les premières dizaines de litres. Il n'y a pas de surdosage, ni de sous-dosage notables.

b - Un réglage d'une précision de 0,2 mg/l

Le réglage s'effectue, dans le cas du chlorateur à galet en ouvrant plus ou moins la vanne qui dérive une partie de l'eau pompée vers le chlorateur. La précision du réglage est de 0,2 mg/l.

c - Une mise en oeuvre facile

La mise en place du chlorateur à galet se fait sans grand problème. Il suffit que le chlorateur soit installé à l'horizontal, à la sortie de la pompe. Les difficultés rencontrées étaient liées au non-respect de l'horizontalité et à un manque de rigidité de la fixation. Un système ad hoc de fixation doit être conçu pour s'adapter aux types de pompes les plus courants.

d - Un fonctionnement et une maintenance sans problèmes

L'appareil n'a pas connu de pannes particulières et son entretien est minime : un nettoyage hebdomadaire est semble-t-il nécessaire.

Le chlorateur accepte plusieurs galets (jusqu'à 3). Un galet permet de traiter environ 50 m³ d'eau. Un chlorateur équipé possède donc une autonomie de 100 à 150 m³, soit 2 à 4 semaines selon le degré d'utilisation de la pompe.

Le système n'ayant pas de pièces en mouvement, on estime sa durée de vie supérieure à 5 ans, limitée seulement par l'usure du PVC qui le constitue.

e - Un coût abordable mais non négligeable (coûts avant dévaluation)

Dans le tableau suivant, sont présentées deux cas types, selon qu'il s'agisse d'un village de 200 ou de 1 000 habitants.

	200 habitants	1 000 habitants
Consommation d'eau	2 m ³ /jour	10 m ³ /jour
Consommation annuelle	730 m ³ /an	3 650 m ³ /an
Nombre de galets consommés	15	73
Coût des galets (1 galet = 6 FF)	90 FF	438 FF
Coût annuel du chlorateur (1 000 FF amorti sur 5 ans)	200 FF	200 FF
Coût de maintenance	30 FF	30 FF
Coût total annuel	320 FF	668 FF
	32 000 FCFA	66 800 FCFA
Coût par m ³ chloré	44 FCFA / m ³	18 FCFA / m ³

Le coût de la chloration varie de 30 000 à 80 000 FCFA /an selon la consommation d'eau. Il est à comparer aux dépenses annuelles générées par les pompes manuelles. Celles-ci varient de 40 000 à 100 000 FCFA /an. La chloration de l'eau induit donc un surcoût non négligeable par rapport aux dépenses initiales qui sont déjà lourdes dans de nombreux cas.

Si l'on regarde uniquement le consommable (comme cela est pratiqué pour la maintenance des pompes), le coût de la chloration diminue sensiblement et devient abordable : de 8 000 à 40 000 FCFA /an, soit de 12 à 16 FCFA /m³. Les galets sont une solution moins chère que l'eau de Javel, en effet cette dernière coûte au Bénin entre 800 et 1200 FCFA /l, en titrant 12° chlorimétrique, soit 36 grammes de chlore/litre. Un litre de cette eau de Javel permet de chlorer 20 m³ d'eau, soit un coût de 40 à 60 FCFA /m³.

Dans les sites où l'eau est vendue à la pompe, ou à la borne fontaine, le prix de vente pratiqué est souvent très élevé : de l'ordre de 300 à 600 FCFA le m³, par exemple 10 FCFA le seau de 15 litres ou 30 FCFA la bassine de 40 litres. Dans ce cas, la chloration n'induit pas de surcoût important puisqu'elle représente au mieux 10 % du prix de vente de l'eau.

On peut donc en conclure que la chloration a de bonnes chances d'être acceptée, surtout dans les zones où la vente de l'eau existe déjà et est bien organisée.

A l'avenir, il faudra envisager de pouvoir stopper la chloration pour abaisser le coût de l'eau, lorsque l'eau n'est pas destinée à la consommation domestique, mais à des usages tels que la lessive, l'abreuvement des animaux ou la construction.

f - Le problème de l'approvisionnement en galets

La difficulté technique première qui peut limiter la diffusion de ce chlorateur, c'est la non-disponibilité des galets de chlore en Afrique, même si l'on trouve de temps en temps des galets destinés au traitement des eaux de piscines. La solution préconisée est de développer la commercialisation des galets en s'appuyant sur les réseaux existants de distribution de pièces pour les pompes. Ces réseaux fonctionnent déjà, et peuvent assurer ce service, d'autant que le chlorateur peut être considéré comme une pièce supplémentaire de la pompe.

Cette commercialisation restant pourtant aléatoire, il ne faut pas abandonner la chloration par l'eau de Javel. Utilisée à d'autres usages (désinfection, traitement du linge) elle est disponible partout en Afrique.

3.3.5 - L'impact de la chloration

a - Le maintien du taux de chlore libre dans les canaris chez les habitants

La chloration de l'eau permet de conserver du chlore actif durant 1 à 2 journées, selon les conditions de stockage et les taux de chloration pratiqués.

Un taux de 1,5 mg/l permet de disposer de chlore libre pendant plus de 24 heures lorsque le stockage est propre (jarres propres, lavées, couvertes et entreposées à l'abri). En cas de mauvais stockage, le chlore est totalement absorbé en 18 heures. Lorsque le taux est plus élevé (2 à 2,5 mg/l), on trouve du chlore libre après 48 heures. Il faut noter que les eaux dont il est question sont des eaux de forage très peu chargées.

Pour savoir si la population boit en permanence de l'eau protégée, il faudrait connaître le taux de renouvellement du stockage. Des mesures réalisées au hasard sur des jarres présentaient un résiduel de chlore libre compris entre 0,5 et 1,2 mg/l. Ceci tend à montrer que lorsque l'on chlore à la pompe, les gens boivent de l'eau "protégée".

b - La relation entre chlore et germes microbiens

Comme le montrent toutes les études, la présence de chlore libre est toujours en lien étroit avec l'absence de colibacilles fécaux. Les mesures faites confirment ce point, alors qu'elles indiquent que les germes se développent très rapidement dans les eaux non chlorées, pourtant pures à la sortie de la pompe (1 000 à 100 000 bactéries/ml juste après le transport).

c - L'acceptation par la population

Lors de cette expérience, il n'a pas été constaté de rejet de l'eau chlorée par la population, mais pas d'engouement non plus. Les gens se servaient indistinctement de l'eau chlorée ou non chlorée, ce qui a pu être parfaitement vérifié sur les sites équipés de 2 pompes, dont l'une seulement était équipée d'un chlorateur.

Ceci confirme qu'il n'y a pas eu, au Bénin, dans les quelques villages testés, de rejet du goût du chlore. On a plutôt constaté une augmentation progressive des doses selon le principe que plus le goût est prononcé, plus le système marche bien !

d - L'éducation à l'hygiène

Durant la période d'introduction des chlorateurs, les femmes, ont reçu des formations sur les différents aspects de l'hygiène et des maladies liées à l'eau. L'impact de ces formations est difficile à apprécier ; il semble que le changement des comportements ne puisse être perceptible qu'à long terme.

L'avantage de la chloration est d'apporter tout de suite un gain sanitaire sans attendre un changement notable des pratiques quotidiennes. Cependant, il ne sert à rien de boire de l'eau pure si les contaminations proviennent d'autres sources (mains, ustensiles, aliments). Un programme de chloration reste donc indissociable d'un programme d'éducation sanitaire.

3.3.6 - Perspectives

Cette action a montré la faisabilité de la mise en place de la chloration de l'eau et l'intérêt de cette chloration sur la qualité de l'eau consommée par les populations rurales. Une action de plus grande envergure doit maintenant montrer comment, et dans quelles conditions il est possible de généraliser la diffusion des chlorateurs. Il s'agira alors, de mettre en place un programme de diffusion à une échelle régionale qui permettra de valider le matériel, les dispositifs d'approvisionnement, les méthodes de suivi, les méthodes d'éducation sanitaire d'accompagnement ...

Un tel programme aura pour ambition de définir une méthode d'action généralisable, de manière réaliste, en accompagnement des futurs projets d'hydraulique villageoise ou en complément des réalisations déjà existantes.

Points clés :

- | |
|---|
| <ul style="list-style-type: none">• Adaptable à toute pompe |
| <ul style="list-style-type: none">• Rustique |

QUATRIEME PARTIE

LES THEMES DE DISCUSSION

4.1 - Faut-il chlorer dans les pays en voie de développement ?

La chloration est un des moyens utilisables pour fournir une eau de qualité aux usagers, mais elle ne constitue qu'un des maillons de la chaîne de potabilisation, elle ne doit donc pas être isolée des autres mesures d'hygiène public.

Il faut dans un premier temps prendre des mesures préventives :

- protéger la ressource :
 - définir un périmètre de protection ;
 - maintenir les abords de la pompe ou du puits propres et équipés d'une margelle bétonnée sur laquelle on peut déposer les pièces de la pompe lors d'interventions ;
 - interdire les abords du point d'eau aux animaux ;
 - dans le cas d'un forage, il est impératif d'installer des pompes auto-amorçantes, sinon lors de l'amorçage on introduit dans la pompe et dans le forage une eau qui très souvent est contaminée.
- diagnostiquer les causes de pollution :
 - soit l'ouvrage est "sale", il faut alors le décontaminer, vérifier que la nappe est propre et sensibiliser les usagers au respect des normes d'hygiène ;
 - soit la nappe est polluée, il faut alors faire une chloration.

Si on envisage une chloration, cela doit répondre à une demande de la population, sinon elle ne sera pas socialement acceptée.

Une démarche de sensibilisation et d'éducation à l'hygiène est également nécessaire ; en effet, il ne suffit pas de fournir une eau potable à la source, il faut également qu'elle le soit à domicile. Pour cela quelques mesures sont nécessaires :

- lorsqu'il s'agit d'un puits, les usagers doivent utiliser une corde et une "puisette" qui soient très propres, sinon ils contamineront non seulement l'eau qu'ils ont puisée, mais également l'ensemble du puits et donc l'eau des autres habitants ;
- l'eau devra être transportée et stockée dans un récipient propre ;
- lors de la manipulation de l'eau, il faut avoir les mains propres.

Un résidu de chlore dans l'eau permet de la protéger légèrement contre une contamination ultérieure pendant quelques temps (effet rémanent), mais un non-respect des mesures d'hygiène la rendrait non potable. La chloration ne doit donc pas être considérée comme un "médicament" qui rend définitivement l'eau potable.

Il s'agit là d'avis exprimés lors de cette rencontre. Nous pouvons cependant faire les remarques suivantes :

- est-il utile d'envisager des aménagements coûteux, avant d'avoir pu influencer sur les comportements de la population par une élévation générale du niveau de vie ? Cette réflexion est également valable pour les mesures à prendre, qui doivent plus résulter d'un processus d'ensemble de modification des comportements que de dispositions "techniques" ou informatives ;
- est-il réaliste de chlorer un puits ou un forage si la nappe est réellement contaminée?

La nature de la nappe influera certainement dans la réponse à apporter.

En conclusion, nous pouvons retenir que l'aspect technique de la chloration n'est pas remis en cause, que le facteur social et la sensibilisation sont indispensables, qu'il faut au maximum protéger la ressource et que la chloration est particulièrement utile dès lors qu'il y a stockage.

4.2 - Chloration collective ou individuelle ?

Chloration collective

L'approche collective permet d'obtenir une eau de bonne qualité, mais n'oblige pas chaque individu à modifier son comportement. Il y a toujours un risque de démobilisation qui peut conduire la population à se désintéresser de l'entretien du puits ou du forage entraînant une dégradation de la qualité de l'eau fournie. Mais surtout si la population ne change pas son comportement sanitaire, il est inutile de fournir une eau potable à la source qui ne le sera plus à domicile.

Pour être adopté, un système supplémentaire à entretenir doit être bien compris et intéresser la population, faute de quoi il sera rapidement en panne et abandonné.

Ainsi quel que soit le mode de gestion des systèmes collectifs, le rajout d'un système supplémentaire, de chloration ou autre, entraînera fatalement des coûts supplémentaires. Seul un lien avec les impacts sur la santé peut mettre en évidence un "gain" économique qui motivera les gestionnaires collectifs d'un système d'approvisionnement en eau. Nous voyons bien toutes les limites du système dans le cas des puits où l'eau est gratuite ou dans celui des forages confiés à une gestion privée.

Chloration individuelle

La chloration individuelle nécessite tout d'abord une phase de sensibilisation et d'éducation, qui aboutit généralement à une bonne mobilisation de la population. Mais cette démarche doit se faire sur le long terme.

L'expérience de l'ONG EAST est révélatrice de ces difficultés à faire évoluer les comportements. Quelle que soit l'innovation introduite, elle doit être le fait de la population et de ses leaders. Toute autre démarche passera par une phase d'appropriation et de modification généralement très longue et à l'aboutissement incertain. La rémanence du chlore permet à l'eau stockée dans les cases de ne pas croupir, mais il est illusoire de penser que sans un changement des comportements (nettoyage des récipients, fermeture, chloration régulière...) et une élévation du niveau de vie, une amélioration de l'état sanitaire de la population puisse être obtenue.

Bilan

Dans tous les cas, il est nécessaire d'informer, de responsabiliser la population, et d'accompagner les changements de comportements en matière d'hygiène.

Cette difficulté d'appréhension de l'impact du comportement général et quotidien sur la qualité de l'eau et de son influence sur la santé n'est pas réservée aux seuls pays en voie de développement (cf. l'exemple de la Lozère et de la Loire-Atlantique).

On ne peut en outre d'emblée choisir entre une chloration collective et une chloration individuelle : ce choix sera fonction de la situation et du contexte local précis. Cependant, on peut estimer qu'en zone rurale à habitat dispersé, des systèmes individuels seront mieux adaptés, et que par contre, au sein d'un village, un traitement collectif conviendra mieux.

4.3 - Quel type de produit utiliser ?

Ce point est fondamental et dépendra de la disponibilité du produit, du contexte d'utilisation, des techniques employées.

Trois types de produits sont susceptibles d'être utilisés pour la chloration en milieu rural dans les pays en voie de développement : les galets de chlore (hypochlorite de calcium ou de sodium), l'eau de Javel et l'hypochlorite de calcium en pastille.

Les galets de chlore :

- avantages :

- leur efficacité ;
- le transport, le stockage et leur conservation sont aisés ;
- leur usage est pratique et sans risques.

- inconvénients :

- ne se trouvent pas couramment dans les pays en voie de développement. L'adoption de ce procédé nécessite la mise en place d'un réseau de distribution (ce réseau pourrait être le même que celui de diffusion des pièces de pompes) ;
- ces galets ne doivent pas contenir d'isocyanurate dont la non-toxicité à long terme n'a pas été prouvée.

L'eau de Javel :

- avantages :

- elle est très répandue dans les pays en voie de développement ;
- les villageois la connaissent car ils l'utilisent pour d'autres usages (lessive, désinfectant).

- inconvénients :

- son usage nécessite de prendre des précautions ;
- stockage et conservation difficile (avec le temps, elle perd de son pouvoir actif) ;
- le degré chlorimétrique et la qualité des eaux de Javel fabriquées dans les pays en voie de développement ne sont pas fiables ; il existe de nombreuses contrefaçons.

A l'heure actuelle on préférera l'eau de Javel importée, dont il n'existe pas de contrefaçons. Elle a généralement un degré chlorimétrique et une qualité fiables, et elle se conserve mieux car elle est souvent conditionnée en flacon opaque.

L'hypochlorite de calcium $\text{Ca}(\text{ClO})_2$, en granulés :

- avantages :

- on en trouve dans tous les services d'hydraulique des pays africains, conditionné en fût de 60 à 80 kg ;
- il se conserve très bien (de l'hypochlorite de calcium de plus de 10 ans n'avait perdu que 5 % de son pouvoir actif).

- inconvénients :

- sa conservation doit se faire dans des fûts d'un acier particulier, dans un lieu sec et ventilé ;
- son transport est délicat.

Chaque produit à ses avantages et ses inconvénients, cependant nous pouvons dégager les recommandations suivantes :

- pour l'instant l'utilisation des galets reste hypothétique, des galets sans isocyanurate n'étant à notre connaissance pas disponibles en Afrique et encore moins dans le réseau des réparateurs de pompes ;
- l'hypochlorite de calcium conviendra aux installations de dimension moyenne (mini adduction d'eau), à condition qu'une contractualisation claire avec les services de l'Etat évite les risques de stockage et de pénurie ;
- l'eau de Javel est couramment utilisée, les risques supplémentaires induits par la chloration de l'eau lors des manipulations sont importants mais s'en trouvent relativisés. Dans la mesure où une marque fiable est privilégiée, ce produit demeure le mieux adapté en milieu rural.

4.4 - Quel principe d'action pourrait être envisagé pour le développement de cette chloration ?

Avec quels acteurs ?

Comme dans toute opération de développement dans le domaine de l'eau, il est particulièrement important d'associer les services techniques, éducatifs, sociaux et médico-sanitaires. En effet comme nous l'avons souligné, la chloration sans sensibilisation préalable et accompagnement des changements comportementaux est parfaitement inutile. Il s'agit donc bien d'agir sur le contexte globale et non de mener une action isolée qui restera à la surface des problèmes, s'attaquant aux symptômes sans influencer sur les causes réelles de la mauvaise qualité de l'eau de boisson.

Les usagers et les familles sont les acteurs principaux. Si la demande ne vient pas d'eux ou de leurs représentants dans les comités de point d'eau, toute action est vouée à l'échec.

A l'instar de ce qui a été testé en Lozère où les enfants ont été le "révélateur" des problèmes de qualité de l'eau, il est important de faire prendre conscience par les plus jeunes de l'impact du comportement général des usagers sur la qualité de l'eau avant d'envisager toute mesure "technique". Toutefois il faut engager l'ensemble de la population et ses "leaders", les jeunes n'étant généralement pas suffisamment écoutés, surtout si l'action est trop ciblée sur cette tranche de population. Enfin, un changement dans les habitudes introduit par des éléments extérieurs à la communauté rural, instituteur compris, peut être mal perçu.

De quelle manière ?

Un parallèle peut être fait entre les systèmes de chloration et les pompes solaires, car tous deux font appel à une technicité supérieure. Une quinzaine d'années ont été nécessaires pour mettre en place un réseau de pompes solaires qui fonctionne bien. L'acceptation de la chloration demandera elle aussi du temps.

Un parallèle peut également être fait avec l'électrification en milieu rural. Celle-ci a d'abord été introduite dans les petits centres ruraux où elle a peu à peu été acceptée et a alors pu être diffusée. La chloration pourrait suivre le même cheminement.

Un projet de chloration aura tout intérêt à être réalisé dans le cadre de la réhabilitation d'installations existantes déjà acceptées, à la condition que la demande vienne des usagers.

Quoiqu'il en soit, la chloration ne doit pas précéder la sensibilisation et être isolée des autres mesures d'hygiène publique.

Avec quel suivi ?

Nous avons vu que l'acceptation de nouvelles techniques nécessite un temps d'adaptation long et difficile à estimer.

Seule une implication à long terme des services techniques et sanitaires peut permettre un changement des comportements en veillant à adapter le message aux réalités locales en constante évolution.

Il faut accompagner le processus de prise de conscience en informant les usagers sans se substituer à l'expression de leurs priorités. Il faut inciter, informer mais si la situation n'est pas mûre pour une compréhension de l'intérêt d'un système de chloration et sa prise en charge, il est préférable de reporter sa réalisation.

Quelle surveillance ?

Suivant les dispositifs, la surveillance nécessaire sera très diverse.

Pour le chlorateur à la pompe, l'essentiel est de disposer d'un stock de consommable suffisant et d'avoir un responsable du point d'eau formé à la surveillance de ce petit dispositif qui nécessite peu de réglage. Les artisans réparateurs locaux doivent être à même d'intervenir en cas de panne.

Dans le cas de mini-adductions d'eau, le réseau de maintenance doit être formé et doté d'un stock de pièces de rechange. Les responsables du point d'eau doivent être formés et avoir la possibilité de contacter rapidement le ou les professionnels chargés de l'entretien en cas de dysfonctionnement.

Pour les pots chlorateurs, il faut surtout veiller à ce qu'il n'y ait pas de diffusion trop irrégulière du produit. Un manque d'homogénéité dans la chloration nuit à l'efficacité du dispositif ; d'autre part si la turbidité est importante, la chloration au puits est inefficace.

CONCLUSION

La qualité de l'eau souterraine généralement exploitée pour la fourniture d'eau de boisson en milieu rural ne nécessite pas, le plus souvent, de traitements particuliers.

Les premières mesures à prendre concernent la protection de la ressource et la fiabilité des équipements d'exhaure afin de garantir la qualité de l'eau mise à disposition.

Cette qualité s'altère cependant fortement lors du transport et du stockage. A l'heure actuelle la chloration, de par la rémanence du chlore, est le seul moyen de garantir dans le temps la qualité d'une eau de boisson.

Ce document fait un point rapide sur les dispositifs de chloration qui peuvent être utilisés en milieu rural. La rusticité des dispositifs et la possibilité de maintenance locale sont les premiers critères qui ont été retenus.

Rapidement il s'est avéré que toute action visant à améliorer la qualité de l'eau ne peut être efficace qu'en lien avec des opérations de sensibilisation et d'accompagnement de l'évolution des comportements des usagers.

La chloration prend tout son sens dans le cas de mini-réseaux dotés de réservoirs de stockage assurant un temps de contact suffisant au produit.

La chloration individuelle ou collective peut être envisagée et dépend du contexte dans lequel intervient l'action. En milieu rural, en dehors des villages, il semble que la chloration à domicile soit mieux adaptée, si toutefois un ensemble d'actions de sensibilisation à l'hygiène sont menées.

Des opérations de ce type doivent être basées sur la demande des usagers, même s'il est évident que celle-ci ne pourra s'exprimer sans encouragements.

Le diagnostic de la qualité de l'eau, tout particulièrement sur le plan bactériologique, est important. Il ne doit pas cependant être systématique ni toujours aboutir à une chloration en cas de pollution. Seule une analyse préalable du contexte permettra d'adopter ou non la chloration.

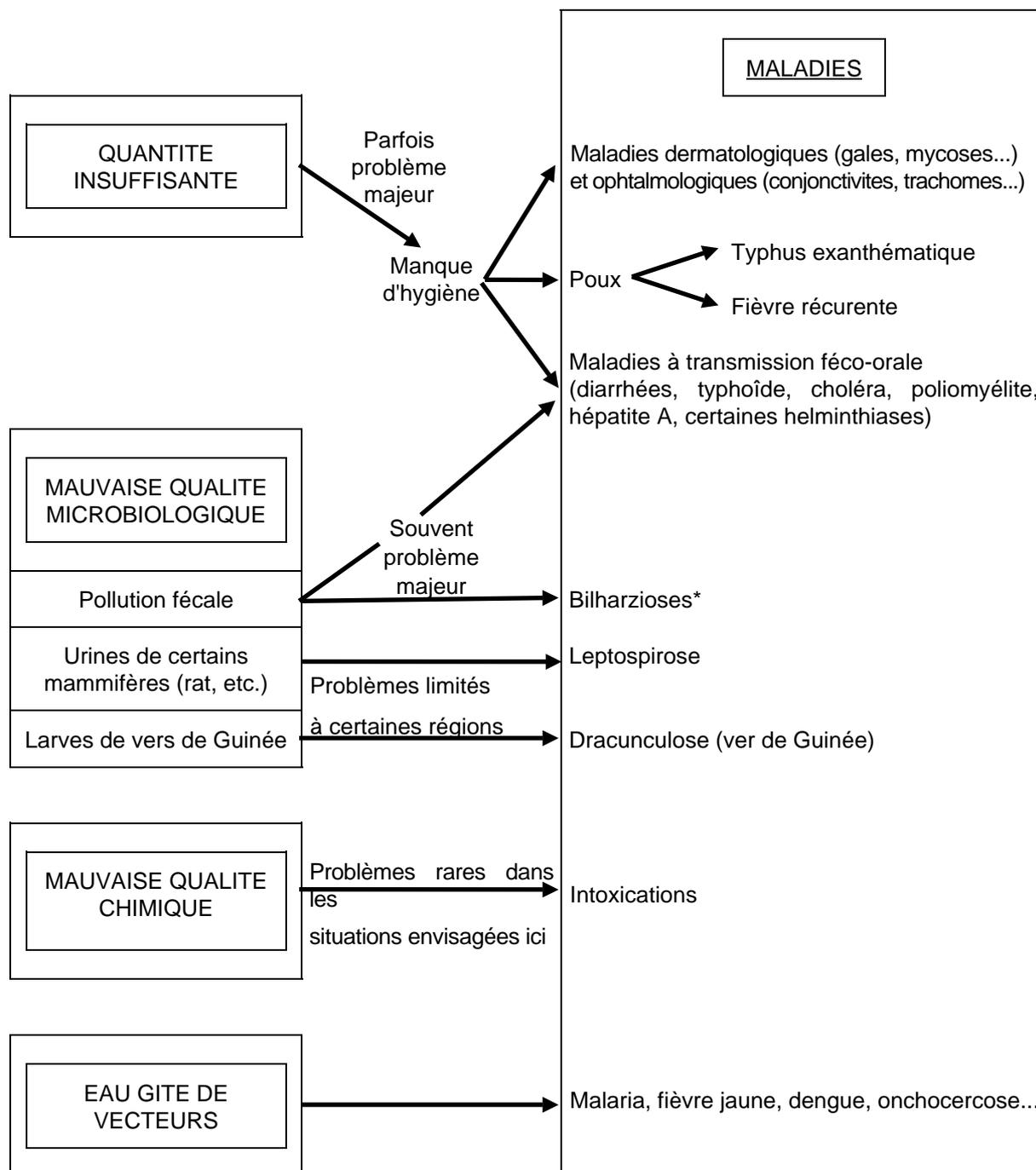
ANNEXES

	Page
Annexe 1 : Les problèmes sanitaires liés à l'eau (extrait de <i>L'eau dans les camps de personnes déplacées</i> , Médecins sans frontières)	53
Annexe 2 : Fiches techniques de quelques produits de chloration (extrait de <i>L'utilisation des réactifs de traitement de l'eau potable et le contrôle de leur mise en oeuvre</i> , Les cahiers techniques de la fondation de l'eau n° 3)	55
Annexe 3 : Liste des fabricants ou fournisseurs de matériels d'analyse portatifs, de désinfectants et de filtres	57
Annexe 4 : Exemples de dispositifs de chloration disponibles	59
Annexe 5 : Matériel pour le contrôle bactériologique	75
Annexe 6 : Courbe d'absorption du chlore libre	85
Annexe 7 : Schéma du Poste d'Eau Potable (PEP)	87
Annexe 8 : Personnes ressources	89

Annexe 1 :

Les problèmes sanitaires liés à l'eau

(extrait de *L'eau dans les camps de personnes déplacées*, Médecins sans frontières)



* Pour la bilharziose à *Schistosoma hæmatobium*, la transmission se fait par l'intermédiaire des urines et non par les matières fécales

Annexe 2 :

Fiches techniques de quelques produits de chloration

(extrait de *L'utilisation des réactifs de traitement de l'eau potable et le contrôle de leur mise en oeuvre*, Les cahiers techniques de la fondation de l'eau n° 3)

HYPOCHLORITE DE SODIUM (EAU DE JAVEL)

Liquide
NaClO

DESINFECTION PRECHLORATION

CARACTERISTIQUES :

- Concentration initiale de la solution commerciale : 47 à 50° chlorométriques (1° chlorométrique = 3,17 g de chlore/kg), soit environ 150 g chlore/l
- Produit instable qui se décompose sous l'action de la chaleur et de la lumière.
- Perte de concentration : environ 1/10^e de degré chlorométrique par jour pour un stockage correct.
- Densité de la solution commerciale à 20°C : 1,21.
- Réactif alcalin.

REMARQUES :

- Réactif à conserver dans un endroit frais et sombre.
- La dilution doit être effectuée avec de l'eau douce pour éviter la précipitation d'insolubles (Ca CO₃). Si l'eau disponible est dure, elle sera adoucie ou traitée par un produit dispersant.
- Risques de dégagement de chlore gazeux si contact avec un produit acide.

MANIPULATION :

Réactif irritant.

Port de vêtements de protection et de lunettes recommandé.

En cas de contact avec la peau, laver abondamment à l'eau.

VERIFICATION DE LA CONCENTRATION DES SOLUTIONS :

Mesure du chlore par iodométrie.

HYPOCHLORITE DE CALCIUM

Solide
Ca (ClO)₂

DESINFECTION PRECHLORATION

CARACTERISTIQUES :

- Pureté du produit commercial : 650 à 700 g chlore/kg (65 à 70 %).
- Limite de solubilité à 20°C : 225 g/l.
- Réactif alcalin.
- Stabilité : perte de chlore égale à environ 2 % par an.
- Noms commerciaux : HTH, Pittchlore, Hydrochlor 70.

REMARQUES :

- Utilisation : solution de concentration inférieure à 100 g/l.
- La solution contient toujours des particules insolubles (nettoyage fréquent des bacs).
- Le pH élevé de la solution provoque la précipitation de carbonate de calcium si la dureté et l'alcalinité de l'eau de dilution sont importantes : un traitement de cette eau (par adoucissement ou utilisation d'un dispersant) est alors nécessaire.
- Stockage : loin des sources de chaleur, des substances organiques ou oxydables (risques d'incendie) et des acides (risques de dégagement de chlore).

MANIPULATION :

Réactif irritant.

Port de vêtements de protection et de lunettes recommandé.

En cas de contact avec la peau, laver abondamment à l'eau.

VERIFICATION DE LA CONCENTRATION DES SOLUTIONS :

Mesure du chlore par iodométrie.

CHLORITE DE SODIUM

Solide/Liquide.
NaClO₂.

PREOXYDATION DESINFECTION (préparation du dioxyde de chlore).

CARACTERISTIQUES :

- Produit solide :
 - pureté : 500 à 800 g de NaClO₂/kg.
 - limite de solubilité à 20°C : 500 g de produit commercial/l.
- Produit liquide :
 - pureté : 250 g de NaClO₂/kg.
 - densité à 20°C : 1,22 - 1,24.

REMARQUES :

- Réactif uniquement utilisé pour la préparation du dioxyde de chlore, à l'aide de générateurs spécifiques.
- Stockage du produit commercial solide : éviter tout contact avec des matières réductrices (risques d'inflammation et d'explosion).
- Il ne faut pas mélanger du chlorite non dilué avec un acide concentré.
- Eviter toute exposition à la chaleur.
- L'utilisation du liquide permet de supprimer la manipulation du produit solide (poussières irritantes) et sa mise en solution (risques d'erreurs et formation de dépôts).

MANIPULATION :

A manipuler avec précaution. Port de vêtements de protection et de lunettes.

En cas de contact avec la peau ou un vêtement, laver abondamment à l'eau.

VERIFICATION DE LA CONCENTRATION DES SOLUTIONS :

Mesure de densité.

CHLORE

Gaz liquéfié.
Cl₂.

DESINFECTION PRECHLORATION PREPARATION DU DIOXYDE DE CHLORE.

CARACTERISTIQUES :

- Mise en oeuvre sous forme d'eau de chlore par dissolution du gaz (concentration : 2 à 5 g/l).
- Pression dans le réservoir de stockage à 20°C : environ 6 bars.
- Densité du gaz par rapport à l'air : 2,491.
- Masse volumique à 0°C et sous 760 mm Hg : 3,214 g/l (gaz).
- Fumées blanches en présence d'ammoniaque en grande quantité.

REMARQUES :

- Débit horaire de gaz soutiré : inférieur à 1 % de la capacité du réservoir à 15°C.
- Le stockage et la distribution du chlore doivent respecter la législation : circulaire du 28 juillet 1977. *Journal officiel du 15 septembre 1977.*
- Le chlore peut être soutiré liquide des réservoirs. Il est ensuite gazéifié dans un évaporateur chauffé.

MANIPULATION :

Gaz irritant et suffocant. Port de masque d'un modèle agréé obligatoire.

Recherche de fuites systématique. Ventilation des locaux.

VERIFICATION DE LA CONCENTRATION DES SOLUTIONS :

Mesure du chlore par iodométrie dans l'eau de chlore.

Annexe 3 :

Liste des fabricants ou fournisseurs de matériels d'analyse portatifs, de désinfectants et de filtres

Fabricants

Distributeurs

1. TROUSSES POUR ANALYSES PHYSIQUES ET CHIMIQUES UTILISABLES SUR LE TERRAIN

HACH (diffusé par OSI)
USA

Fisher Scientific OSI
av. Gay Lussac. ZI de la Clé St Pierre
BP 2
78996 Elancourt
France
Tél.: 01,30,13,24,00 - Fax: 01,30,13,24,24
E-mail: ventes@fr.fishersci.com
<http://www.fr.fishersci.com>

SAVERSTOFF (diffusé par OSI)

Fisher Bioblock Scientific Sa
Parc d'innovation Strasbourg-Illkirch
BP 111
67403 Illkirch Cedex
France
Tél.: 03.88 67 14 14 - Fax: 03.88 67 11 68
E-mail: infos@bioblock.fr
<http://www.bioblock.com>

LOVIBOND
U.K.

CIFEC
12 bis, rue du Commandant Pilot
92200 Neuilly-Sur-Seine
Tél: 33 (0)1 4640 4949, Fax: 33 (0)1 4640 0087
email: info@cifec.fr
<http://www.cifec.fr>

VWR International S.A.S. (ex Prolabo)
"Le Périgares" - Bâtiment B
201, rue Carnot
F-94126 Fontenay-sous-Bois cedex
Tél: +331-45148500 - Fax:0825,02,30,35
service.clients@fr.vwr.com
[http:// fr.vwr.com](http://fr.vwr.com)

MERCK
Allemagne

VWR International S.A.S. (ex Prolabo)
"Le Périgares" - Bâtiment B
201, rue Carnot
F-94126 Fontenay-sous-Bois cedex
Tél: +331-45148500 - Fax:0825,02,30,35
service.clients@fr.vwr.com
[http:// fr.vwr.com](http://fr.vwr.com)

Annexe 3 :

2. NECESSAIRES POUR ANALYSES BACTERIOLOGIQUES

MILLIPORE Intertech Inc.
USA

MILLIPORE S.A.
Rue Jacques Monod
Rond point du sanglier
78280 GUYANCOURT
Adresse postale :
B.P. 307
78054 SAINT-QUENTIN-EN-YVELINES
Tél. : +33.1.30 12 70 00 Fax : +33.1.30 12 71 80
fr_lwd_ventes@millipore.com
<http://www.millipore.com>
SARTORIUS FRANCE S.A.R.L.
4, av. Emile Baudot
91127 PALAISEAU CEDEX
Tél. : +33 1 69 19 21 00 / 05 48 58 26
Fax : +33 1 69 20 09 22
filtration.france@sartorius.com
<http://www.sartorius.com>

SARTORIUS GmbH
Allemagne

3. TROUSSES POUR ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES ET BACTERIOLOGIQUES

WELSH WATER MARKETING
BRECON GREAT BRITAIN
Tél. : 8743181
Fax : 8744167

4. DESINFECTANTS

HYDROCLONAZONE
Comprimés de chloramine T 0,0122g

CLS Pharma
8, rue du Bac
92150 Suresnes
Tél.: +33 1 40 99 06 95
Fax: +33 1 42 04 15 83
cls.pharma@wanadoo.fr
Katadyn France
5, rue Gallice
38100 Grenoble /France
Tel + 33 4 76 96 42 46
Fax +33-4 76-96 39 81
atmosphair@free.fr
<http://www.katadyn.fr>
Laboratoire Rivadis
BP 111
79100 Thouars
tél: +33 5 49 68 15 15
Fax +33 5 49 68 19 45
email: m-chausseped@labo-rivadis.fr
www.thouars.labo-rivadis.fr

KATADYN
Comprimés MICROPUR de sels d'Argent
Suisse

MILTON
Hypochlorite de Sodium à 1 %

Annexe 3 :

5. FILTRES DU COMMERCE

Filtres BURON

BURON S.A.
11, rue Marbeuf
75008 PARIS
Tél. : (+33) 1 53 67 90 11
Fax : (+33) 1 40 70 14 76
jjravaux@buron-eau.fr
<http://www.buron-eau.com>

Modèle siphon muni d'une bougie porcelaine

Cerabacter

Modèle piston muni d'une bougie porcelaine Cerabacter relié à une seringue de 100 cc

ESSER

Fontaines Filtres

BURON

6. SYSTEMES DE MICROFILTRATION

MILLIPORE

KATADYN

Annexe 4 :

Exemples de dispositifs de chloration disponibles

Annexe 4 :

Stéréconome CIFEC

Type de procédé :	Station autonome par énergie solaire. Désinfection par chloration (existe pour l'eau de Javel et le chlore gazeux).
Description :	Injection de solution chlorée par une pompe doseuse à chaque impulsion du compteur - énergie fournie par un panneau solaire et/ou une batterie. Un système sans énergie peut également être fourni, mais il faut alors un écoulement gravitaire de l'eau.
Données techniques :	<ul style="list-style-type: none">▪ Traitement proportionnel au débit▪ Débits traités : jusqu'à 100 m³/jour▪ Pression maximum de refoulement : 8 bars▪ Autonomie en réactifs : supérieure à 30 jours▪ Encombrement : 1 880 x 1 080 x 530 mm▪ Poids à vide / en service : 80 kg : 200 kg▪ Autonomie de 5 mois sans panneaux solaires (batteries)
Conditions d'installation :	Non précisées
Maintenance :	Similaire au kit Total Energie
Prix :	20 000 FF HT Panneaux solaires : 3 000 à 4 000 FF
Fabricant :	CIFEC

Annexe 4 :

Station de chloration

Type de procédé :	Unité de chloration en armoire, fonctionnant sous gravité ou avec énergie manuelle.
Description :	Chloration par eau de Javel et pompe proportionnelle
Données techniques :	/
Conditions d'installation :	Non précisées
Maintenance :	Approvisionner en chlore régulièrement
Prix :	22 000 FF
Fabricant :	FRADIS Energie

Chlorateur à galets et chlorateur à eau de Javel

	Chlorateur à galets	Chlorateur à eau de Javel
Type de procédé :	Chlorateur sans énergie Désinfectant solide	Chlorateur sans énergie Désinfectant liquide
Description :	Formation d'un film liquide venant balayer la base d'un galet à dissoudre.	Entraînement de la solution de chlore par la dépression créée par le décollement de la veine fluide suivi de la création de tourbillons (effet Karman).
Données techniques :	<ul style="list-style-type: none">▪ Traitement proportionnel au débit▪ Débits traités : 50 à 200 l/h▪ Pression minimale : 0,05 bars (eau sous pression)▪ Réglage du dosage par une vanne et le diamètre des galets à dissoudre▪ Grande autonomie.	<ul style="list-style-type: none">▪ Traitement proportionnel au débit▪ Débits traités : 100 à 700 l/h▪ Pression minimale : 0,05 bars (eau sous pression)▪ Réglage du dosage à l'aide de la vanne de régulation du débit d'aspiration du désinfectant▪ Autonomie : 2 semaines environ
Conditions d'installation :	<ul style="list-style-type: none">▪ Horizontalité de l'appareil▪ Position de l'appareil par rapport aux robinets de distribution d'eau : au dessus ou au même niveau, jamais en dessous.	Aucunes
Maintenance :	<ul style="list-style-type: none">▪ Nettoyage des dépôts sur le fond tous les deux mois environ▪ Réapprovisionnement en galet▪ Confection des galets	<ul style="list-style-type: none">▪ Nettoyage à l'eau du système d'injection, de la soupape de retenue et de la vanne de régulation.▪ Remplissage du réservoir.
Prix :	2 000 FF environ	2 000 FF environ
Concepteurs :	Messieurs Mourou Boukari et André Girou INSA-Toulouse Département GPI Compexe scientifique de Rangueil 31077 Toulouse Cedex Tél. : 61 55 97 48 Fax : 61 55 97 60	

Annexe 4 :

Potabloc 5 S

Type de procédé :	Unité de potabilisation
Description :	Floculation / décantation / filtration / désinfection Préchloration en option.
Données techniques :	<ul style="list-style-type: none">▪ Débit traité : 50 m³/h▪ Dimensions : 4 000 x 2 065 x 2 670 mm▪ Poids à vide : 2 tonnes▪ 3 filtres lavables séparément, lavage à contre courant▪ Choix du média filtrant selon la qualité de l'eau brute▪ Désinfection par injection de chlore (hypochlorite) ou par cartouches de Pentapure▪ Lavage des filtres et réglage de l'injection des réactifs sont manuels▪ Alimentation électrique par moteur thermique, panneau solaire ou groupe électrogène.
Conditions d'installation :	Aucunes
Maintenance :	<ul style="list-style-type: none">▪ Lavage manuel des filtres▪ Lavage périodique à l'acide passivée des dispositifs d'injection des réactifs▪ Contrôle de la propreté générale des appareillages et des cuves▪ Similaire à n'importe quelle station d'eau potable classique▪ Préparation solution▪ Réglage pompe doseuse, etc.
Prix :	371 790 FF ex-usine Prix comprenant une pompe d'alimentation aspiration maxi 5 mètres HMT et 3 postes de préparation et de dosage des réactifs chimiques.
Délai de mise à disposition :	2 mois
Fabricant :	MAISONNEUVE

Annexe 5 :

Matériel pour le contrôle bactériologique

Annexe 5 :

Annexe 5 :

Annexe 5 :

Annexe 5 :

SACHETS STERILES ETANCHES VIDES
ET REMPLIS
MILLIPORE ou CIFEC

Annexe 5 :

Annexe 6 :

Courbe d'absorption du chlore libre
(extrait du Mémento technique de l'eau - Degrémont)

Annexe 7 :

Schéma du Poste d'Eau Potable (PEP)

Annexe 8 :

Personnes ressources

Administrations

Monsieur Nicolas FRELOT
Ministère de la Coopération
DEV/ILU
20, rue Monsieur / 75700 PARIS
Tél. : 53 69 41 62 - Fax : 53 69 41 63

Monsieur Pierre ICARD
Ministère de la Coopération
DEV/ERN
1 bis, avenue de Villars
75007 Paris
Tél. : 53 69 31 27 / Fax : 53 69 30 06

Monsieur Pierre EOZENOU
Ministère de la Coopération
DEV/SAO
20, rue Monsieur / 75007 PARIS
Tél. : 53 69 31 69 - Fax : 53 69 37 19

Monsieur Lucien COUSIN
Ministère de la Coopération
DEV/IVA
20, rue Monsieur
75007 PARIS
Tél. : 53 69 41 74 - Fax : 53 69 43 92

Monsieur Jean-Luc LAURENT
Ministère de l'Environnement
20, rue de Ségur
75302 PARIS 07 SP
Tél. : 42 19 20 21 - Fax : 42 19 12 22

Monsieur Philippe GUETTIER
Ministère de l'Environnement
20, rue de Ségur
75302 PARIS 07 SP
Tél. : 42 19 12 39 - Fax : 42 19 12 22

Madame Marie-Laure GUILLEMOT
Ministère de la Santé
8, avenue de Ségur
75700 PARIS (Vanves)

Monsieur DENIAU
CFD
37, rue Boissy d'Anglas
75379 PARIS CEDEX 08
Tél. : 40 06 31 31 - Fax : 40 07 03 07

Monsieur CHAPPE
DDASS de la Lozère
Faubourg Montbel
48000 MENDE
Tél. : 66 65 35 25 - Fax : 66 49 03 07

Monsieur Gérard COURTOIS
DDRAS de Montpellier
615, bd Antingone
34000 MONTPELLIER
Tél. : 67 22 89 21

Monsieur DUCHEMIN
DDASS
18, rue Paul Ramatier
44200 NANTES
Tél. : 40 99 86 00

Monsieur MANSOTTE
DDASS Seine Maritime
Rue du 74e R.I.
2032 X
76040 ROUEN CEDEX
Tél. : 35 58 81 00
Fax : 35 58 81 81

Monsieur Patrice DUFOUR
Banque Mondiale
Bureau Européen
66, avenue d'Iéna 75116 PARIS
Tél. : 40 69 30 25 - Fax :

Monsieur KREISEL
Monsieur Michel HELMER
Monsieur LAUGERIE
Monsieur Gregor WATTERS
OMS
Avenue Appia 20
CH 1211 GENEVE 27
Tél. : 41 22 79 12 111
Fax : 41 22 79 10 746

Monsieur MARCHANDISE
OMS
149, rue gabriel Péri
54500 VANDOEUVRE
Tél. : 33 83 15 87 70
Fax : 33 89 15 87 73

Annexe 8 :

Collectivités

Madame Sylvie BLOTTIERE
Conseil régional de Bretagne
3, Contour de la Motte /BP 66 A
35031 RENNES
Tél. : 99 02 82 22

Monsieur BOUTBOUL
CJ de Créteil
3, esplanade des Abbeyssees
94000 CRETEIL

Monsieur BUSSERY
Comité de Jumelage de Juvisy
BP 56 / 6, rue Piver
91265 JUVISY SUR ORGES
Tél. : 69 96 91 30 Fax : 69 96 89 19

Monsieur J.Y. CHAUVREAU
CJ de Chateauroux
85, rue des Etats Unis
36000 CHATEAUROUX

Monsieur CHUPIN
Chambre d'agriculture de la Haute Vienne
32, avenue du Général Leclerc
87065 LIMOGES CEDEX
Tél. : 55 77 70 27

Madame Chiara CORAZZA
Conseil régional d'Ile de France
16, bd Raspail
75007 PARIS
Tél. : 40 43 84 75

Monsieur Michel DELMAS
Comité de Jumelage d'Apt
Mairie
84400 APT
Tél. : 90 74 00 34 - Fax : 90 74 28 13

Monsieur DEMAIN
CJ de Chinon
Gare de Etersmes
37420 AVOINE

Monsieur DENIS
Comité de Jumelage de Chalons sur
Marne
Hôtel de Ville
51022 CHALONS SUR MARNE
Tél. : 26 68 54 44 (mairie) 26 74 74 40

Monsieur DUCHET
Comite de jumelage de L'allier
Conseil général de L'allier
37, cours Jean-Jaurès
03016 MOULINS
Tél. : 70 59 71 01

Madame Mijo FAYE
Maison internationale de Rennes
7, quai Chateaubriand
35000 RENNES
Tél. : 99 78 22 66

Monsieur Guy FERRON
Comité de Jumelage de La Ferté Macé
Mairie
61600 LA FERTE MACE
Tél. : 33 37 00 31

Madame Nicole FONDENEIGE-VAUCHERET
Mairie d'Athis-Mons
Hôtel de Ville
91205 ATHIS-MONS CEDEX
Tél. : 60 48 03 70 / 68 54 54 31 (Mme
COURREAU secrétaire)

Monsieur FORESTIER
CJ de La Fouillouse
16, allée de l'Aviation
42480 LA FOUILLOUSE

Monsieur Bernard GERAULT
Comité de Jumelage Cesson
9, square Prosperite
77240 CESSON
Tél. : 60 63 20 22

Monsieur Roger HUE
Comité de Jumelage de Cléon
Hôtel de Ville
76410 CLEON
Tél. : 35 77 06 32

Monsieur Robert LE GARGASSON
CJ Le Bourget/Mushubati
1, rue Pierre Curie
93150 LE BOURGET

Monsieur le Responsable des Relations
Internationales
CONSEIL GENERAL
39, avenue de la Libération
87031 LIMOGES CEDEX

Annexe 8 :

Madame Evelyne LEBAULT
Comité de Jumelage Savigny/Boutilimit
Mairie BP 147
77547 SAVIGNY LE TEMPLE
Tél. : 60 63 27 27

Monsieur Jangui LECARPENTIER
CUF
60, rue de la Boétie
75008 PARIS
Tél. : 45 61 24 54 - Fax : 45 63 26 10

Monsieur Michèle LECLERC
Comité de Jumelage Faches Thumesnil
Hôtel de Ville / 50, rue Jaurès
59155 FACHES THUMESNIL
Tél. : 20 95 46 52 - Fax : 20 97 39 77

Monsieur André LUNEAU
Comité de Jumelage de Saint Benoit du
Sault
LAZ BOUEE
36170 LA CHATRE L'ANGLIN
Tél. : 54 47 53 26

Monsieur MINZIERE
CJ de Laval
101, bld Brune
53000 LAVAL

Monsieur MORICEAU
CJ de Mamers
94, rue E. Rottier
72600 MAMERS

Madame MORLET
CJ de Macon
Hôtel de Ville
71000 MACON

Madame Bernadette NACK
Comité de jumelage d'Argenton
Les Jolivet / Le Pechereau
36200 ARGENTON SUR CREUSE
Tél. : 54 24 02 13

Monsieur Marcello NORWENSTEIN
CUD
22, rue d'Alsace
92300 LEVALLOIS PERRET
Tél. : 47 39 36 86 - Fax : 47 39 36 85

Monsieur PECHINOT
Hôtel de ville
21000 DIJON
Tél. : 80 74 51 29 - Fax : 80 74 52 96

Monsieur Raymond PINARD
comité de Jumelage Melun Senart
6, allée des Fauvettes
77240 VERT SAINT DENIS CESSON
Tél. : 60 63 35 33

Monsieur RENAUD
Mairie de Mormaison
85260 MORMAISON

Monsieur REYNAUD
Comité de Jumelage de Montbeliard
7, rue Wuntemberg
25200 MONTBELIARD
Tél. : 81 91 26 67

Monsieur Jacques RYCKELINCK
Comité de Jumelage de Limours-Fégui
3, rue du Chemin Vert Roussigny
91470 LIMOURS
Tél. : 64 91 04 29

Monsieur Robert SCHWINT
Comité de Jumelage de Besançon
Hôtel de Ville
25031 BESANCON CEDEX
Tél. : 81 61 50 50

Monsieur Jean-Claude SLAMA
Mairie de Montreuil
Maison des associations 35, avenue de la
Resistance
93100 MONTREUIL
Tél. : 48 70 60 13

Madame SOUDRIE BOURGEOIS
Comité de Jumelage de Chilly Mazarin
Mairie
91380 CHILLY MAZARIN
Tél. : 69 10 37 92

Monsieur Jean-Pierre SPIES
Comité de Jumelage de Villeneuve de
Marsan
Rue de lasbroustères
40120 VILLENEUVE DE MARSAN
Tél. : 58 45 81 29

Annexe 8 :

Organismes études recherche

Monsieur BECHAC
ENSP
rue du Professeur Léon Bernard
35000 RENNES CEDEX
Tél. : 99 28 29 90

Messieurs Boukari et Girou
INSA-Toulouse Département GPI
Compexe scientifique de Rangueil
31077 Toulouse Cedex
Tél. : 61 55 97 48
Fax : 61 55 97 60

Monsieur CASTEIGNAU
Université scientifique de Limoges
13, rue de Genève 87000 LIMOGES
Tél. : 55 45 73 67

Monsieur Francois LAURENCEAU
CINAM
63, rue du Caducée
34090 MONTPELLIER
Tél. : 67 54 31 50

Monsieur MALAFOSSE
BURGEAP
27, rue de Vanves 92100 BOULOGNE
Tél. : 46 10 25 00 - Fax : 46 10 25 25

Monsieur SOULIER
CRITT VERSeau
Domaine de Lavalette
859, rue Jean-François Breton
34090 MONTPELLIER
Tél. : 67 61 04 00 - Fax : 67 52 28 29

Monsieur TORRENT
BRGM
Avenue de Concyr BP 6009
45060 ORLEANS CEDEX 2
Tél. : 38 64 30 38 - Fax : 38 64 30 30

ONG

GATE
Dag Hammajkjöld Weg 1
D 6236 ESCHBORN 1

Monsieur Guy JFR ALAERTS
IHE DELFT
PO BOX 3015
NL - 2601 DA DELFT
Tél. : 31 (15) 15 17 66
Fax : 31 (15) 12 29 21

Monsieur Claude BAERHEL
CCFD
4, rue Jean Lantier
75001 PARIS
Tél. : 44 82 80 00 - Fax : 45 74 22 48

Monsieur Edouard BALENT
INTERAIDE
44, rue de la Paroisse
78000 VERSAILLES
Tél. : 39 02 38 59 - Fax : 39 53 11 28

Monsieur Philippe BARAIZE
OICS Medicus Mundi
65, avenue Parmentier 75011 PARIS
Tél. : 47 00 18 00 - Fax : 47 00 06 07

Monsieur Teun BASTEMEIJER
IRC
BP 93190 NL - 2509 AD THE HAGUE
Tél. : (31) 70 33 141 33
Fax : (31) 70 38 140 34

Dr Hartmut BAUER
EZE
Mittlerstrasse 37 D-5300 BONN 2
Tél. : 49 (228) 8 10 10

Monsieur Jan BERTÉLING
SNV
Bezuidenhoutseweg 161, p.o. Box 20 61
NL - 2500 EB THE HAGUE
Tél. : 31 (70) 34 40 244
Fax : 31 (70) 38 55 531

Monsieur Pierre-Marie CELLIER
Peuples Solidaires
4, rue Franklin 93200 SAINT DENIS
Tél. : 48 09 30 90 - Fax : 48 09 30 85

Monsieur Laurent CHABERT d'HIERES
Eau Vive
12, rue Rochambeau 75009 PARIS
Tél. : 48 78 30 33 - Fax : 48 74 14 10

Annexe 8 :

Madame Adeline CORBEAU
TARA
59, Bld Curie
85000 LA ROCHE SUR YON
Tél. : 51 37 02 67

Monsieur Rudi de MEYER
NCOS
de Vlasfabriekstraat 11,
B-1060 BRUXELLES
Tél. : 32 2 539 26 20

Monsieur Marx DIETER
BROT FUR DIE WELT
Staffenbergstasse 76
PO Box 101142
D 7000 STUTTGART 10
Tél. : 49 (711) 2 15 90
Fax : 49 (711) 2 15 92 88

Monsieur Klaus ERBEL
GTZ
GmbH - Division 414 DAG
Hammarskpaeld
weg 1 Postfach 5180
D-6236 ESCHBORN
Tél. : 61 96 79 12 65 - Fax : 61 96 79 61 05

Monsieur Jacques FONTAN
BIOFORCE Aquitaine
47, rue Charles Tournierve
33300 BORDEAUX
Tél. : 78 67 32 32 Fax : 78 70 27 12

Monsieur Pierre GALAND
OXFAM Belgique
Rue du Conseil, 39
B-1050 BRUXELLES
Tél. : 32 2 512 99 90 - Fax : 32 2 514 28
13

Monsieur Bernard GAY
IT Dello GRET
211-213, rue Lafayette
75010 PARIS
Tél. : 40 05 61 56 - Fax : 40 05 61 10

Monsieur Pierre GREGA
CNCD
Quai du Commerce 9
B-1000 BRUXELLES
Tél. : 32 2 218 47 27 - Fax : 32 2 217 60 78

Monsieur GROMARD
CCFD
4, rue Jean Lantier 75001 PARIS
Tél. : 44 82 80 00 - Fax : 44 82 81 45

Monsieur Hans HARTUNG
FAKT
Gansheidestr 43
D-7000 STUTTGART 1
Tél. : 07 (11) 23 50 30
Fax : 07 (11) 60 06 08

Monsieur Jean Marie HATTON
CFSI
32, rue Le Peletier 75009 PARIS
Tél. : 44 83 88 50 - Fax : 44 83 88 79

Monsieur Rolf HERLING
Deutsche Welthungerhilfe
Adenauerallee 134 Postfach 12 05 09
D-5300 BONN 1
Tél. : 49 (228) 2 28 80
Fax : 49 (228) 22 07 10

Monsieur Christian HOUDUS
Eau Vive
12, rue Rochambeau 75009 PARIS
Tél. : 75 40 83 79 - Fax : 75 41 42 63

Madame Kathy HUMPHRIES
EURO ACTION ACORD
Francis House
Francis Street
GB - LONDON SW1P 1DQ
Tél. : (01) 828 7611/6544 (01) 976 6113/
Tlx : 8954437 ACORD G
Fax (01) 976 6113

Monsieur Guy JACQUIER
MSF
8, rue Saint Sabin 75011 PARIS
Tél. : 40 21 29 29

Monsieur Jan JANSSENS
TECHWARE
rue aux Laines, 70
B-1000 BRUXELLES
Fax : 32-2 5026 735

Dr Frank JUDD
OXFAM
274 Bandury Road
GB - OXFORD OW2 7DZ
Tél. : 44 (865) 311 311
Fax : 44 (865) 312600

Monsieur Peter KOLSKY
London School of Hygiene and Tropical
Medecine
Keppel Street
GB - LONDON WC1 E7HT
Tél. : 44 (71) 436 43 20

Annexe 8 :

Monsieur Jangui LECARPENTIER
CUF
60, rue de la Boétie 75008 PARIS
Tél. : 45 61 24 54 - Fax : 45 63 26 10

Monsieur Carlo LOTTI
HYDRO CONTROL
Strada 52 Poggio dei Pini
I - 09012 COPOIERRA (CA)
Tél. : (070) 725 412 et 477 et 582
Fax : (070) 725 476 et 643

Monsieur Dave MATHER
WaterAid
Prince Consort House
27-29 Albert Embankment
GB - LONDON SE1 7UB
Tél. : 44 (171) 793 45 00
Fax : 44 (171) 793 45 45
Email : 101566.1612@compuserve.com

Monsieur Loïc MONJOUR
EAST
35, rue Broca 75005 PARIS
Tél. : 43 26 12 08 - Fax : 45 83 88 58

Monsieur Lutz NEUMANN
Deutsche Welthungerhilfe
Adenauerallee 134, Postfach 12 05 09
D-5300 BONN 1
Tél. : 49 (228) 2 28 80
Fax : 49 (228) 22 07 10

Monsieur Silvano ORLANDI
MANI TESE '76
Via Cavenaghi 4
I - 20149 MILANO
Tél. : 39 (2) 46 97 188
Fax : 39 (2) 48 12 296

Monsieur Alan REED
OXFAM GB
274 Banbury Road
GB - OXFORD OX2 7DZ
Tél. : 44 1865 31 2355
Fax : 44 1865 31 2600

Monsieur Docteur REMI
UNICEF
35, rue Félicien David 75016 PARIS
Tél. : 44 39 77 42

Madame Pila SALLABERRY
CIMADE
176, rue de Grenelle pavillon
75007 PARIS
Tél. : 44 18 60 50 - Fax : 45 55 73 52

Monsieur Joaquim SANCHEZ GOMEZ
PROSALUS
Maria Panes 4 / E - 28003 MADRID
Tél. : 34 (1) 533 64 19
Fax : 34 (1) 535 06 65

Monsieur Roland SCHERTENLEIB
IRCWD
Ueberlandstrasse 133
CH - 8600 DUEBENDORF
Tél. : 41 1 823 55 11
Fax : 41 1 823 50 28

Monsieur Régis TAISNE
ISF
1, place Valhubert 75013 PARIS
Tél. : 44 24 06 82 - Fax : 45 86 16 04

Monsieur Raymond TIBERGHIE
HSF
16, avenue Bourcet 38240 MEYLAN
Tél. : 76 90 06 14

Monsieur Jonch-Clausen TORKIL
Water Quality Institute
Agern Allé 11
DK-2970 HORSOLM
Tél. : 45 42 86 52 11
Fax : 45 42 86 72 73

Monsieur VAN DER BERG
NOVIB
Amaliastraat, 7
NL - 2514 JC DEN HAAG
Tél. : 31 (70) 342 16 21 - Fax : 361 44 61

Monsieur J.H. VAN DIJK
SAWA
Schoolplein 7
NL - 3581 PX UTRECHT
Tél. : 31 (30) 34 09 58 / Fax : 31 (30) 31 37 64

Monsieur Jean-Michel VOUILAMOZ
AICF
34 avenue de Reille 75014 PARIS
Tél. : 45 65 40 40 - Fax : 45 65 92 50

Monsieur Martin WEGELIN
IRCWD
Ueberlandstrasse 133
CH - 8600 DUEBENDORF
Tél. : 41 1 823 55 11 / Fax : 41 1 823 50 28

Monsieur Brice WONG
HSF
20, route du Sécheron
73000 JACOB BELLECOMBETTE
Tél. : 79 69 51 35 ou 76 90 06 14

Annexe 8 :

Professionnels

HYDROEXPERT

15, Allée du Pré Lambesc

91190 GIF SUR YVETTE

Tél. : 64 46 37 48

Monsieur AUBERT

SOGREA

BP 172

38042 GRENOBLE CEDEX 09

Tél. : 76 33 40 00

Monsieur BARRE

Société DOSAPRO

269, rue de la garenne

F-92024 NANTERRE CEDEX

Tél. : 46 13 02 46 - Fax : 47 85 68 67

Monsieur André BENOIT

CGE

52, rue d'Anjou

75008 PARIS

Tél. : 42 66 91 50 - Fax : 42 66 50 06

Monsieur BERGAYA

POMPES MAUPU

ZI des Montées - rue JB Corot

45073 ORLEANS CEDEX 2

Tél. : 38 66 16 83 - Fax : 38 51 90 85

Monsieur Dominique BERTON

BETURE SETAME

2, rue Stephenson

78181 SAINT QUENTIN EN YVELINES

Tél. : 30 60 61 00

Monsieur André BLANCHARD

Fondation Rhône-Poulenc Sante

20, avenue Raymond Aron

92165 ANTONY CEDEX

Tél. : 40 91 70 47 - Fax : 40 91 67 33

Madame Dominique BOIZEAU

CGE

52, rue d'Anjou

75008 PARIS

Tél. : 49 24 36 40 / 49 24 33 98

Fax : 49 24 69 17

Monsieur Michel BOULAN

Agence de L'Eau Artois-Picardie

764, bld Lahure

59508 DOUAI CEDEX

Tél. : 27 99 90 00 - Fax : 27 87 08 94

Monsieur BOUTAN LAROSE

Société Buron

83, rue Philippe de Girard

75017 PARIS

Tél. : 42 05 03 84 - Fax : 46 07 37 51

Madame BRIES

ENSAE Toulouse

110 av. Ed. Belin

31055 TOULOUSE

Monsieur Alain CADIOU

Agence de l'eau Seine Normandie

52, rue Salvador Allende

92027 NANTERRE CEDEX

Tél. : 41 20 18 07 ou 41 20 18 09

ou 41 20 16 00 (standard)

Fax : 41 20 16 09

Monsieur Jacques CAVARD

SEDIF

Tour Lyon Bercy 185, rue de Bercy

75579 PARIS CEDEX 12

Tél. : 43.45.30.65 - Fax : 43 44 90 15

Monsieur Jean Francois CHENE

Lyonnaise des Eaux

72, avenue de la Liberté

92022 NANTERRE CEDEX

Tél. : 46 95 50 00 - Fax : 46 95 54 58

Monsieur CLAUSE

CIFEC

12bis, rue du Commandant Pilot

92200 NEUILLY

Tél. : 46 37 54 02 - Fax : 46 40 00 87

Monsieur Jean-Francois DONZIER

OIEau

21, rue de Madrid

75008 PARIS

Tél. : 44 90 88 60 - Fax : 40 08 01 45

Madame GALAUP

AGENCE DE L'EAU ADOUR GARONNE

90, rue férétra

31078 TOULOUSE CEDEX

Tél. : 61 36 37 38

Monsieur Bruno GRANGE

agence de l'Eau Loire Bretagne

Avenue Buffon

BP 6339

45063 ORLEANS CEDEX

Tél. : 38 51 73 73

Annexe 8 :

Monsieur Gilles GUERIN
FRADIS
12, rue Chabanais
75002 PARIS
Tél. : 42 61 81 03 - Fax : 40 15 01 65

Monsieur Gilles GUERIN
HIKORY
53, rue de la République
BARBERAZ - BP 1737
73017 CHAMBERY CEDEX
Tél. : 79 71 17 71 - Fax : 79 71 17 73

Monsieur MAKANGA
OIEau
Rue Chamberlan
87100 LIMOGES
Tél. : 55 11 47 70

Monsieur MERCIER
Sté des produits chimiques de
l'Harbonniere
80131 HARBONNIERES

Monsieur MONTIEL
SAGEP
9, rue Schoelcher
75014 PARIS
Tél. : 40 48 99 04 - Fax :

Monsieur POULIQUEN
GAZECHIM
13-19, rue denis papin
77292
MITRY-MAURY

Monsieur Serge RAMON
Agence de l'Eau Rhin Meuse
Rozerieulles
BP 19
57160 MOULIN
Tél. : 87 34 47 00

Monsieur ROMANI
GARHIN SA
ZI malmerspech
BP 17
68550 SAINT AMARIN
Tél. : 89 82 74 65 - Fax : 89 38 76 05

Monsieur Bernard VERHILLE
Sté des produits chimiques de
l'Harbonniere
80131 HARBONNIERES

Monsieur Jacques WITMEYER
SYCLOPE Electronique
4, clos du Vallon
31320 MERVILLA

EAU CHLORE SANTE
Syndicat des halognènes et dérivés
14 rue de la république
92800 PUTEAUX
Tél. : 46 53 10 41 - Fax : 46 53 10 48

CIR
Zone Industrielle de Fosses Saint Witz
95470 SURVILLIERS
Tél. : 34 68 62 62 - Fax : 34 68 42 62

BIBLIOGRAPHIE

COX C. R., *Technique et contrôle du traitement des eaux*, OMS, Genève, 1967.

EMPEREUR-BISSONET P. et SALZMAN V., *Recherche de techniques améliorant la qualité de l'eau de boisson*, Bulletin de liaison du CIEH n° 73, Ouagadougou, 1988.

FONDATION DE L'EAU, *L'utilisation des réactifs de traitement de l'eau potable et le contrôle de leur mise en oeuvre*, Les cahiers techniques de la fondation de l'eau n° 3, 1986.

LANOIX J. N. et ROY M. L., *Manuel du technicien sanitaire*, OMS, Genève, 1976.

POTELON J. L. et ZYSMAN K., *Guide des analyses d'eau potable*, Dossier d'experts, Editions de "La Lettre du Cadre Territorial", Voiron, 1993.

PROGRAMME SOLIDARITE EAU, *L'eau potable et la santé*, Cahier technique n° 1, Paris, 1991.

RENCHON B., *L'eau dans les camps de personnes déplacées*, Médecins sans frontières, Paris, 1988.

VILAND M.-C., *Eau et santé*, dossier "Technologies et développement", Ministère de la coopération et du développement, la documentation française, Paris, 1990.



Le pS-Eau édite et diffuse des documents d'information et de conseils techniques réalisés par des spécialistes ou par les groupes de travail du programme. Sont actuellement disponibles :

DES CAHIERS TECHNIQUES

- ◆ Cahier n°1 : **L'eau potable et la santé** / BURGEAP / Septembre 1991 / 33 pages.
- ◆ Cahier n°2 : **Professionnels de l'eau en Afrique de l'Ouest** / B. Gay / Avril 1991/102 pages.
- ◆ Cahier n°3 : **Fleuve Sénégal - Répertoire des actions non-gouvernementales et jumelages**. 4ème édition Décembre 1993 / 133 pages.
- ◆ Cahier n°5 : **Pratiques d'approvisionnement en eau dans le municipale de Pintade au Brésil** / Claire Bernat / 1992 / 70 pages
- ◆ Cahier n°6 : **Les périmètres irrigués dans la vallée du fleuve Sénégal** / Novembre 1992 / 48 pages.
- ◆ Cahier n° 7 : **L'énergie solaire photovoltaïque, un outil de développement** / B. Gay / Décembre 1993 / 46 pages.
- ◆ Cahier n°8 : **Eléments de réflexion pour une démarche de développement en partenariat, progressive, adaptée et concertée** / Didier Allély / Juillet 1995 / 22 pages.
- ◆ Cahier n°9 : **Financements accessibles aux Ong et collectivités du Sud** / Christophe Le Jallé / Octobre 1995 / 170 pages.
- ◆ Cahier n°10 : **Chloration en milieu rural dans les pays en voie de développement - Actes de la réunion organisée par le pS-Eau en décembre 1993** / Pierre Marie Grondin / juin 1996 / 50 pages + annexes.

DES OUVRAGES D'INFORMATION

- ◆ **Solidarité Eau, les élus et la coopération décentralisée** / Juillet 1992 / 48 pages
- ◆ **Etude de faisabilité de mécanismes européens pour le développement de la coopération décentralisée dans le domaine de l'eau** / E. Pichot / Décembre 1993.
- ◆ **L'eau et la santé dans les quartiers urbains défavorisés** / Mai 1994 / 192 pages / 70 FF (Version également disponible en anglais et en espagnol)
- ◆ **Diagnostic de la coopération dans le domaine de l'eau en Méditerranée - propositions pour de nouvelles solidarités** / C. Caillère, P.M. Grondin, C. Le Jallé / Juin 1995 / 22 pages (Version également disponible en anglais)
- ◆ **La gestion du service de l'eau dans les centres secondaires** / D. Allély, B. Collignon / Juillet 1995 / 160 pages / 90 FF

UNE EXPOSITION ITINERANTE.

Le pS-Eau a réalisé, en collaboration avec la Cité des Sciences et de l'Industrie de la Villette et le CRITT-Verseau, une exposition itinérante sur l'eau et le développement. Sa présentation sur 32 m² comprend 15 panneaux présentant l'implication de collectivités locales, d'associations et de professionnels de l'eau dans les actions de coopération avec les pays en développement.

UNE LETTRE D'INFORMATION

Le pS-Eau édite une lettre trimestrielle d'information sur les activités de ses partenaires.