

EAU : HYGIÈNE ET ASSAINISSEMENT DANS LES PAYS EN VOIE DE DÉVELOPPEMENT

EXPÉRIENCES EN GUINÉE, AU NIGER, BURKINA-FASO ET SÉNÉGAL

Docteur Dominique VAURETTE, Médecin Biologiste

Le Docteur Dominique VAURETTE assure de nombreuses missions en Afrique autour de l'eau. Il nous est apparu intéressant de montrer les problèmes rencontrés dans ces pays en voie de développement, en particulier du point de vue de la sécurité microbiologique des habitants, avec le décalage profond entre notre rapport à l'eau et celui des populations africaines.

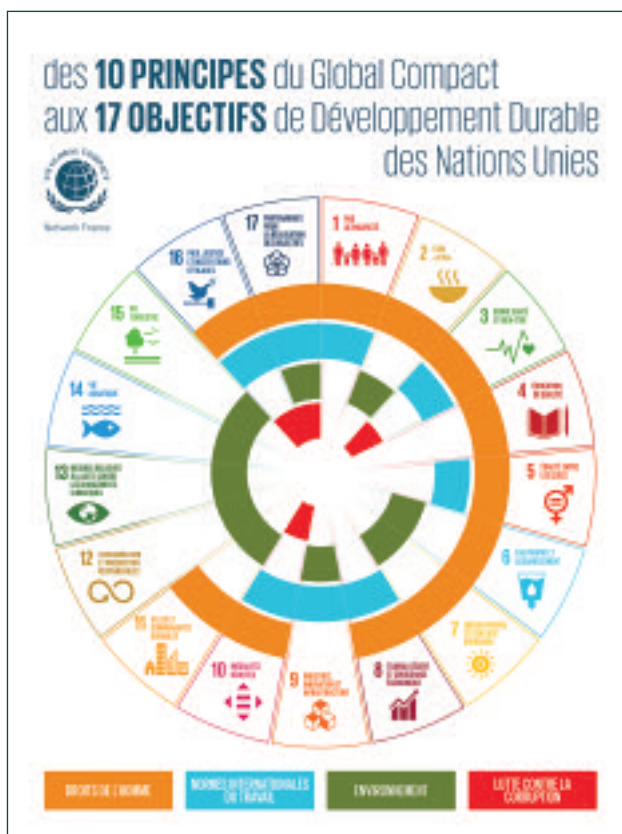


Figure 1 - les ODD ou objectifs du développement durable (OMS)
(Source <https://www.globalcompact-france.org/p-136-les-odd-et-le-global-compact>)

L'eau est la première vectrice de maladie dans le monde. Quelques chiffres mettent en évidence les problèmes de l'eau et de l'assainissement dans les **pays en voie de développement (PED)** :

- Près de 50 % de la population mondiale boit chaque jour de l'eau de qualité douteuse, voire dangereuse.
- 1,8 milliard de personnes utilisent des points d'eau contaminés par des matières fécales.
- 2,4 milliards de personnes manquent d'un assainissement adéquat.
- 946 millions de personnes défèquent à l'air libre.
- 40 % des écoles et établissements de santé dans les PED ne disposent pas d'installations de base pour l'eau, l'assainissement et l'hygiène. L'eau « courante » de nos pays n'est pas souvent accessible...
- 3,2 milliards de personnes sont affectées par les maladies hydriques ou liées à l'eau contaminée.
- 1,7 milliard de personnes sont affectées par des diarrhées chaque année.
- 3 à 5 personnes décèdent de diarrhée chaque minute dont 1 enfant de moins de 5 ans.
- Le taux de mortalité des moins de 5 ans (TMM5) est de l'ordre de 9 %.
- Les diarrhées sont la seconde cause de mortalité infantile.
- 500 millions de personnes connaissent des pénuries sévères d'eau toute l'année.
- 20 % des aquifères de la planète sont surexploités.
- 1 femme sur 3 dans le monde s'expose aux maladies, à des risques de harcèlement, car elle n'a pas d'endroit sûr pour aller aux toilettes.
- En Afrique 90 % des tâches de collecte d'eau sont réalisées par des femmes.
- Les femmes et les filles passent jusqu'à 6 heures par jour à collecter l'eau en Afrique.

Docteur
Dominique VAURETTE,
Médecin biologiste
intervenant
de différentes ONG,
courriel :
vaurette.dominique@sfr.fr

L'OMS a décidé de 17 Objectifs de Développement Durable (ODD) dont un est **spécifiquement dédié à l'eau** (figure 1). **La première cible est d'assumer d'ici à 2030 l'accès universel à l'eau potable, la seconde consiste à assurer l'accès à tous à des services d'assainissement et d'hygiène adéquats. Il s'agit là d'un vaste programme.**

1. APPROVISIONNEMENT EN EAU

L'eau provient des cours d'eau (directement pompée ou par l'intermédiaire de barrages), de lacs, des nappes phréatiques par forage et de la pluie.

Quand il existe un système, quelques particuliers bénéficient de raccordement au réseau public, s'il existe.

1.1. LES AGENCES D'EAU

Seules les grandes villes africaines, préfectures, sous-préfectures sont dotées d'agence d'eau qui assure la distribution par un réseau public.

Cette eau est traitée et chlorée (Chlore Libre Actif (CLR) environ 1 mg/L) et microbiologiquement considérée comme salubre.

Les particuliers ont accès à cette eau du réseau par des bornes publiques ou plus rarement, par un raccordement individuel au réseau (figure 2).



Figure 2 - Bornes publiques

1.2. LES AUTRES SOLUTIONS

1.2.1. Forages profonds

L'eau est prélevée au niveau des nappes «**captives**» situées à une profondeur d'environ 100 m. Ces nappes se reconstituent en saison d'hivernage et ne sont pas contaminées par les germes de surface, une couche imperméable d'argile, traversée par le forage, réalisant une barrière et la profondeur assurant, par la terre, une épuration des eaux pénétrant dans le sol (figure 3).

L'eau est prélevée à l'aide d'une pompe à motricité humaine (VOLANTA ou VERGNET) ou motorisée notamment grâce à des panneaux solaires. Les forages peuvent être associés à une réserve métallique et desservir plusieurs bornes (Centre de santé, école, borne publique) réalisant ainsi un système de mini-adduction d'eau (figures 4).

Les entreprises qui réalisent les forages sont tenues d'effectuer une analyse de salubrité de l'eau dans un laboratoire agréé.

1.2.2. Les puits

Puits modernes

Ce sont des ouvrages de 1 à 2 m de diamètre avec des parois consolidées.

La partie de captage est constituée de massif filtrant (graviers) et de crépine (buse filtrante). L'eau est prélevée au niveau de nappes superficielles à environ 8-10 m de profondeur. Ces nappes sont souvent contaminées par des microorganismes de surface. De plus, si un tel puits n'est pas fermé en surface et que le puisage est manuel (seau et corde), l'eau sera contaminée par les poussières, les eaux de ruissellement et les mains sales (figure 5).

Selon l'OMS 40 % de ces puits seraient contaminés. À noter que le massif filtrant retient le sable ou la terre mais laisse passer les microorganismes. En surface le puits doit comprendre une margelle, un muret de protection et un système pour l'écoulement des eaux vers une petite réserve destinée aux animaux. Notons que ces puits modernes sont très rarement rencontrés.

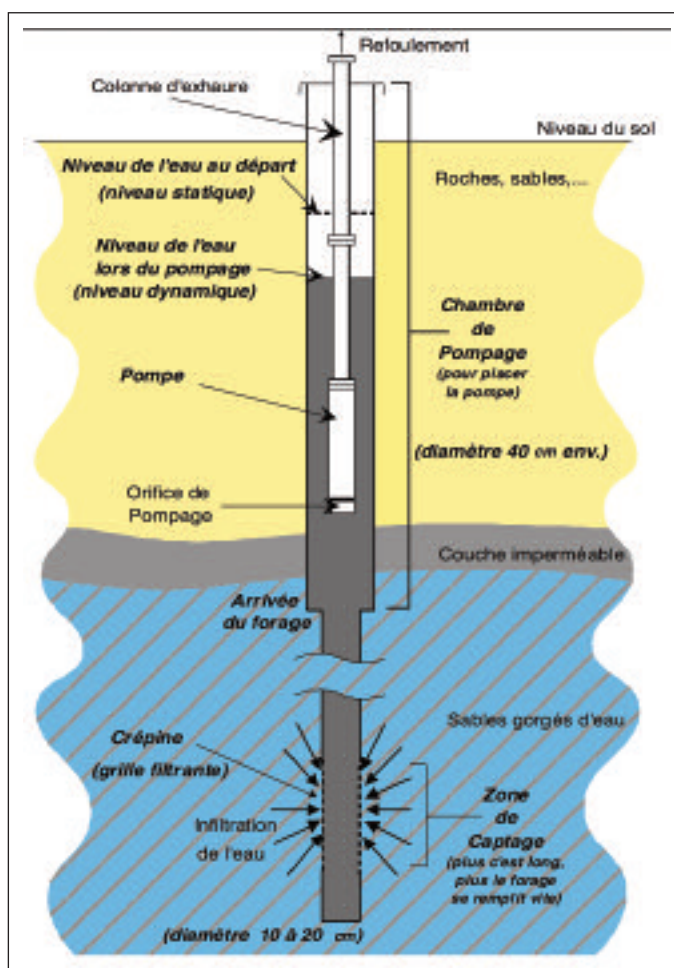


Figure 3 - Schéma de forage profond
(source PSEAU (<https://www.pseau.org/fr>))



Figures 4 abcd
Puits liés à des forages
c: Avec serrure;
d: Borne publique
sur forage profond

Les puits traditionnels (figures 5)

Leur profondeur est de l'ordre de 8-15 m, ils sont creusés dans le sol argileux ou rocheux pour atteindre la nappe superficielle. Les latrines sont généralement bien situées à une distance correcte (10-20 m) mais pas toujours en aval du puits. À Mamou (Guinée), les margelles sont petites (20-30 cm) d'où des risques de contamination notamment en saison de pluies par les eaux de ruissellement. Il n'existe pas de murets de protection contre les animaux. Certes, ils ont tous un couvercle mais celui-ci n'est jamais hermétique d'où des risques de contamination par les poussières. L'intérieur est relativement propre. Le prélèvement de l'eau s'effectue à l'aide d'un seau ou d'un bidon et d'une cordelette qui traînent au sol. Seau et corde sont donc contaminés par les germes présents au sol et surtout par les « mains sales ».

Ces puits sont tous contaminés.

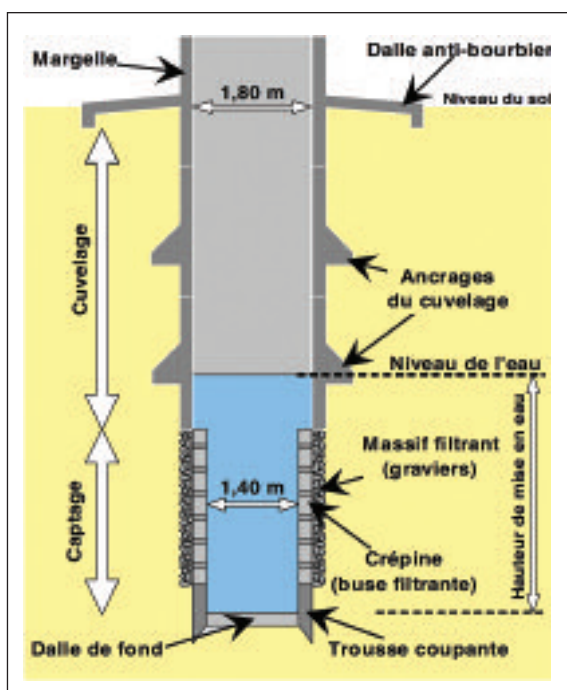


Figure 5 - Schéma de puits moderne
(source PSEAU (https://www.pseau.org/fr/document/d%C3%A9velopper_les_services_de_l'eau_potable 18 questions pour agir)

1.1.3. Les eaux pluviales

Dans les pays industrialisés l'eau de pluie est considérée comme insalubre du fait de la présence éventuelle de molécules néfastes pour la santé provenant de fumées d'usine ou de chauffage.

Dans les PED, la saison d'hivernage est souvent courte. Une bonne partie de cette eau ne s'infiltre pas dans les nappes, mais forme des ruisseaux parfois importants entraînant des multiples dégâts (puits maraichers, cultures...). Une partie de cette eau est perdue.

Des systèmes de récupération des eaux pluviales sont réalisés dans les PED. Ces systèmes nécessitent une surface de captage (toiture en tôle ondulée) ainsi que des gouttières (PVC ou tôle) pour acheminer l'eau de pluie dans un réservoir de stockage (métal, béton ou PVC) (figure 7).

Il faut bien sûr avant l'hivernage nettoyer les toitures, utiliser un système de dérivation des premières pluies, entretenir les gouttières et le réservoir, filtrer l'eau avant son arrivée dans la cuve et effectuer une chloration de l'eau afin de la rendre consommable.



Figures 6 abc – Puits traditionnels

Figure 7 - Récupération de l'eau de pluie

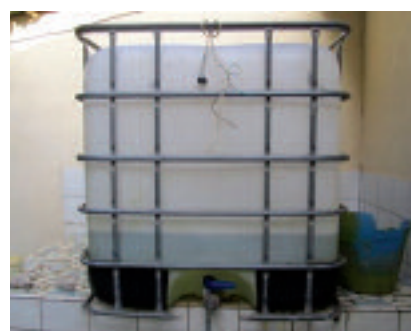
1.3. TRANSPORT ET STOCKAGE DE L'EAU

Le transport doit être effectué à l'aide de bidons à bouchon étroit et, pour une bonne sécurité :

- Le délai du transport ne doit pas excéder 30 minutes (aller-retour et délai d'attente)
- Le stockage doit se faire dans des bidons semblables et non dans les seaux voire des jarres.
- Les bidons doivent être nettoyés régulièrement et placés à l'ombre à distance des animaux. (figures 8 et 9)



Figures 8a 8b – Différents modes de transport



Figures 9a 9b 9c – Différents modes de stockage de l'eau

1.3. RELATION ENTRE LE NIVEAU DE SERVICE D'EAU POTABLE ET LE RISQUE SANITAIRE

QUANTITÉ D'EAU	DISTANCE DU POINT D'EAU	COUVERTURE DES BESOINS	RISQUE POUR LA SANTÉ
Pas d'accès < 5 L par jour	> 1000 m ou à 30 minutes	Aucun des besoins n'est couvert	Très élevé
Accès minimal : ≤ 20 L par jour	De 100 m à 1000 m ou de 5 à 30 minutes	Besoins couverts : • boisson • hygiène pour la nourriture • lavage de mains	Hygiène personnelle difficile à assurer
Accès intermédiaire : > 100 L par jour	Robinet dans la parcelle ou à moins de 100 m ou à 5 minutes	Besoins couverts : • boisson • hygiène pour la nourriture • lavage de mains • hygiène personnelle (WC, douche et lessive)	Risque de contamination de l'eau dans le transport et le stockage
Accès optimal : > 100 L par jour	Approvisionnement continu grâce à de nouveaux robinets	Besoins couverts : • boisson • hygiène pour la nourriture • lavage de mains • hygiène personnelle (WC, douche et lessive)	Très faible

Plus l'accès à l'eau potable est difficile et plus s'accroît le risque sanitaire et diminue la consommation.

L'eau est souvent contaminée et les principales sources de contamination sont les matières fécales et l'urine, humaines comme animales. L'assainissement est donc très important pour l'éviter.

2. ASSAINISSEMENT : LE PROBLÈME DES EXCRÉTAS HUMAINS

Une grande partie de la population défèque à l'air libre avec tous les risques que cela comporte sur la santé (transmission des maladies, infiltration des germes dans les nappes superficielles...).

Dans certains pays le taux d'accès à l'assainissement familial en milieu urbain n'est que de 35 % et de 12 % en milieu rural.

Les **latrines** évitent une défécation anarchique. Les excréta sont stockés dans les fosses et doivent être régulièrement éliminés ou laissés en place. Ils peuvent éventuellement être traités pour réduire le risque infectieux. Ils peuvent ou même devraient constituer une source très importante d'engrais.

Dans nos pays, l'arrivée récente du tout-à-l'égout ne doit pas faire oublier l'existence des fosses septiques auxquelles étaient reliées les toilettes. Certains d'entre nous n'ont pas oublié les toilettes au fond du jardin... Les eaux de vaisselle, de toilette... sont généralement mises au puisard.

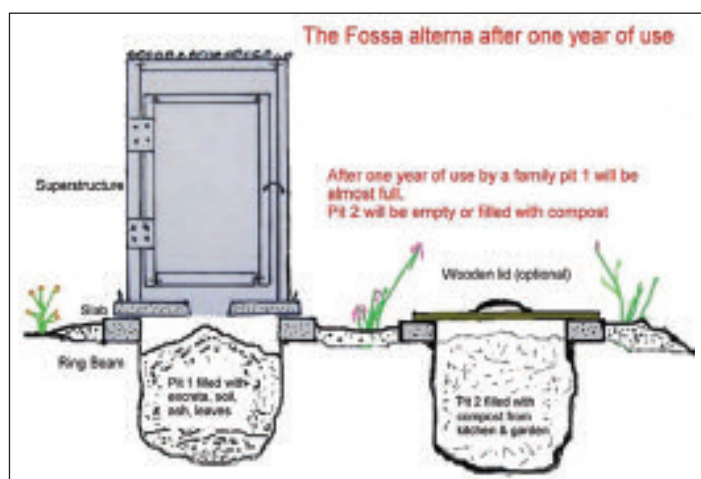


Figure 10 – Schéma de latrine individuelle type alterna classique
(<https://wikiwater.fr/a9-les-latrines-ecologiques-ecosan.html>)

2.1. DIFFÉRENTS TYPES DE LATRINES

• Latrine individuelle de base ALTERNA

En fonction des revenus des familles, différents types de latrines sont rencontrées. Les latrines alterna sont de simples trous creusés dans le sol et recouverts d'une plaque SAMPLAT. L'intimité est assurée par de simples tôles métalliques ou des branches. D'autres sont construites de briquettes et doivent être surélevées par rapport au sol. Les latrines alterna sont généralement au même niveau que le sol. En saison d'hivernage cela peut poser un problème ; en effet les eaux de ruissellement peuvent pénétrer dans la fosse ce qui peut entraîner des débordements et une sortie des excréta. (figures 10 et 11)



Figure 11 - Latrines alterna

Après chaque défécation, du sable et des végétaux sont ajoutés pour réduire l'impact des odeurs.

Quand la fosse est pleine les excréments sont de nouveau recouverts de sable et de terre, voire de végétaux.

Une autre fosse est alors creusée.

Nous avons proposé d'y planter un arbre au bout d'un à deux ans (latrine ALTERNA) mais ce procédé n'est pas accepté par la population.

Le lavage des mains avec du savon après défécation reste encore peu fréquent.

• Latrine VIP (latrine améliorée à fosse ventilée)

- La toilette VIP de base est composée à minima des éléments suivants (figures 12 et 15) :
- Une dalle solide et facile à laver.
- Un conduit d'aération grillagé permettant de réduire les odeurs et la présence des mouches.
- Une fosse consolidée et étanche notamment en cas de nappe proche.
- Un abri de protection procurant une certaine intimité.
- Une dalle amovible pour la vidange.
- Une dalle de fond pour limiter les infiltrations.

Ces latrines à simple fosse posent le problème de leur vidange (voir ci-après) avec le risque biologique, le coût...

Cette vidange peut se faire directement par le trou de défécation si on dispose d'un tuyau adéquat ou grâce à une «trappe» amovible située à l'arrière des latrines.

• Amélioration avec la double fosse

Les latrines VIP peuvent être constituées de deux fosses utilisées alternativement comme le montre la figure 13.

Quand une fosse est presque pleine (20 cm), on ajoute des végétaux et du sable puis elle est obstruée par un bouchon de ciment. La seconde fosse est alors utilisée. Au bout de 18-24 mois les excréments de la première fosse ne sont plus infectieux ; cela facilite la vidange et les excréments peuvent être utilisés comme compost à condition de pouvoir convaincre la population.

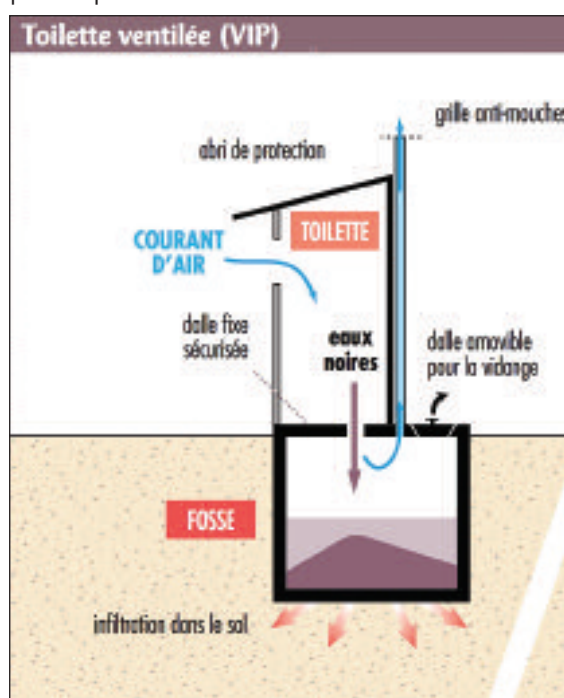


Figure 12 – Toilette ventilée
(source Pseau)

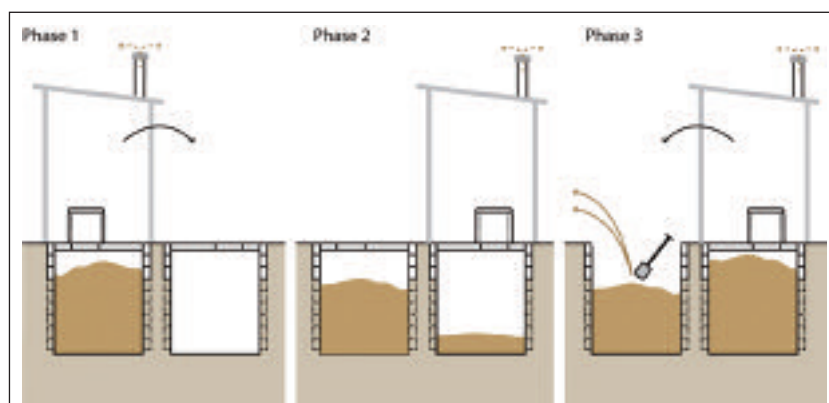


Figure 13 - Latrines à double fosse
(https://akvopedia.org/wiki/Fossa_Alterna).
Les deux fosses sont sous le même toit.

Les deux fosses peuvent être accessibles dans une seule cabine, l'une étant obstruée.

Elles sont très rarement rencontrées.

Voir aussi : <https://wedc-knowledge.lboro.ac.uk/resources/booklets/G027-VIP-latrines-on-line.pdf>



• Amélioration avec la double fosse et séparation des matières fécales – urines : latrine Écosan

Le principe des deux fosses est identique ; par contre la dalle présente deux trous, l'un pour les fèces et l'autre pour les urines figure 14). Dans ce cas les fèces, du fait de l'action de l'air, de l'humidité et du soleil (UV) ne sont plus infectieuses au bout de **6 mois**. Les urines sont recueillies dans un bidon ; une fois rempli le bidon est conservé à l'ombre pendant 40 jours et dans ce cas les urines peuvent être utilisées, ainsi que les fèces, comme agent fertilisant à condition de maîtriser les dosages car l'urine doit être utilisée diluée au 1/5 à 1/10 selon les légumes cultivés. Si non utilisées, fèces et urines peuvent même être vendues...

À Mamou, malheureusement les urines ne sont pas recueillies et utilisées comme engrais. Cette utilisation n'est pas encore entrée dans les mœurs. Cela est dommage car l'urine qui contient notamment du potassium, du phosphore et de l'urée (donc de l'azote) pourrait constituer un excellent engrais gratuit. Il faudra peut-être accentuer la sensibilisation de la population dans ce sens.

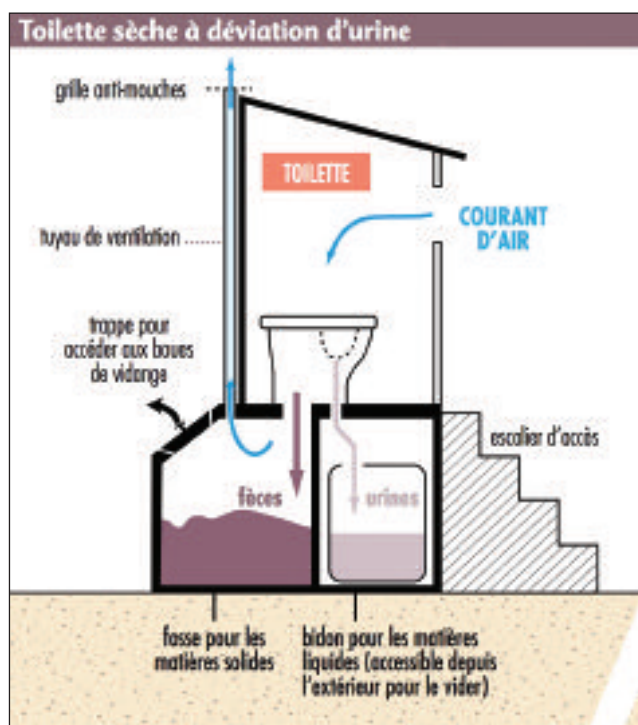


Figure 14 – Latrines à double fosse avec séparation matières fécales et urines



Latrine VIP



Latrine VIP



Latrine Ecosan

Figures 15 abc – Différents types de latrines

2.2. TRANSPORT ET TRAITEMENT DES BOUES DE VIDANGE

■ Transport et vidange

Le transport et la vidange de ces boues posent aussi problème.

Certes il existe des camions vidangeurs dans les grandes agglomérations. Sinon on fait appel à des vidangeurs manuels qui travaillent parfois sans protection avec une simple charrette à traction animale. Il existe aussi de simples saignées de chaque côté de la route. On y trouve tous les déchets possibles qui sont entraînés par les eaux de pluie lors de la saison des pluies.

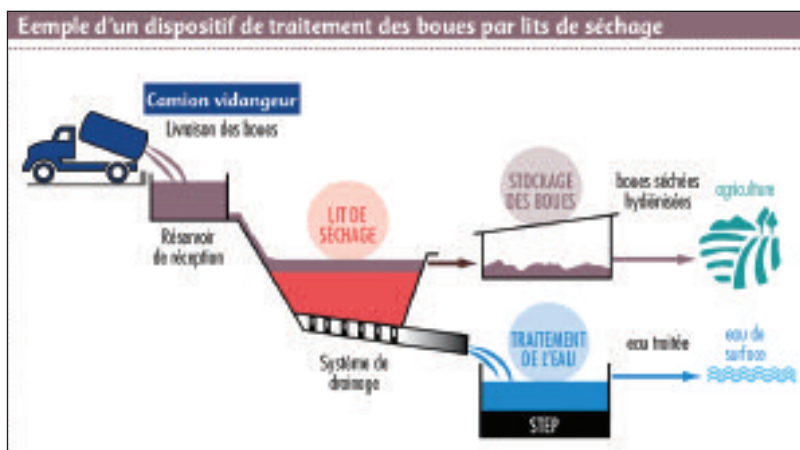


Tant que ce problème d'assainissement (vidange, traitement des excréta...) ne sera pas résolu, la problématique de l'eau salubre perdurera (figure 16).

Figure 16 abc - Transport des boues de vidange ou déversement dans les «égouts» (document pseau)

Traitement

Dans les capitales il existe des usines de traitement des boues de vidange. Sont-elles à même de traiter la totalité de ces boues ? Cela est peu probable. Dans les villages de moindre importance le problème est identique. Généralement ces boues sont déversées dans des sites de dépotage provoquant des risques d'infiltration des microorganismes dans les nappes phréatiques, de multiplication d'insectes vecteurs de maladies. En saison d'hivernage il arrive que ces boues soient entraînées par les eaux de ruissellement parfois même au sein du village. Dans certains lieux, existe un système d'assainissement écologique en lagunes (figures 17 et 18).



Figures 17 ab - Photographies de lagunages

Figure 18 - Exemple d'un dispositif de traitement des boues par lits de séchage

Un système d'assainissement adéquat permet de réduire de 36 % les maladies diarrhéiques.

Les excréta pourraient faire l'objet d'un assainissement écologique, en construisant trois lagunes : sédimentation des boues, action des végétaux et des bactéries puis action des UV du soleil. L'eau en bout de chaîne peut être utilisée pour les cultures. Un tel système est séduisant mais onéreux.

Voir

- https://akvopedia.org/wiki/Fossa_Alterna
- <http://washinschoolsmapping.com/wengine/wp-content/uploads/2015/10/Sudan-KhartoumTechnGuidelinesRuraHealthLatrines.pdf>

3. MICROBIOLOGIE DE L'EAU

3.1. MALADIES LIÉES A L'EAU ET LEUR TRANSMISSION

Les maladies

De nombreux microorganismes sont éliminés dans les selles, urines et expectorations ; on peut les retrouver dans l'eau de boisson. Ces microorganismes peuvent déclencher des maladies chez les personnes qui consomment cette eau.

Ce sont des :

VIRUS	BACTÉRIES	PARASITES
<ul style="list-style-type: none"> • polio • hépatite A et E 	<ul style="list-style-type: none"> • typhoïde • choléra 	<ul style="list-style-type: none"> • amibes • ascaris • ankylostomes

Des **vecteurs**, comme les moustiques, qui ont besoin d'eau pour leur développement larvaire, peuvent transmettre des maladies comme le paludisme, la fièvre jaune, la dengue, le chikungunya, etc. Les mouches peuvent également transporter des microorganismes et polluer un point d'eau.

Mode de transmission des maladies liées aux excréta

Les excréta peuvent contaminer l'eau et les aliments soit directement soit indirectement comme le montre la figure 19.

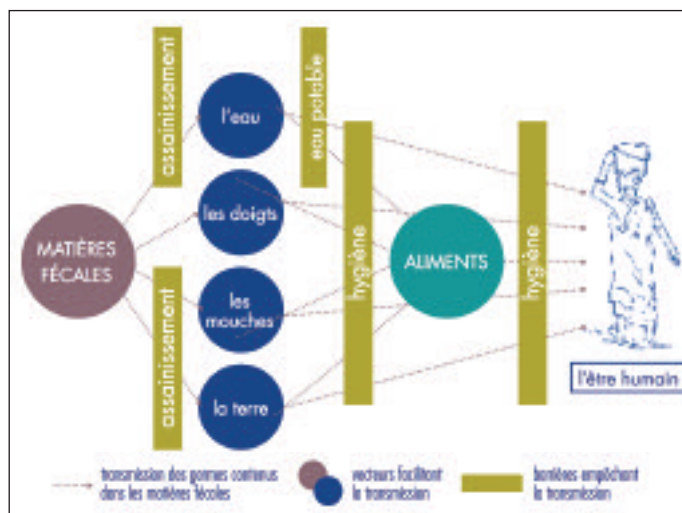
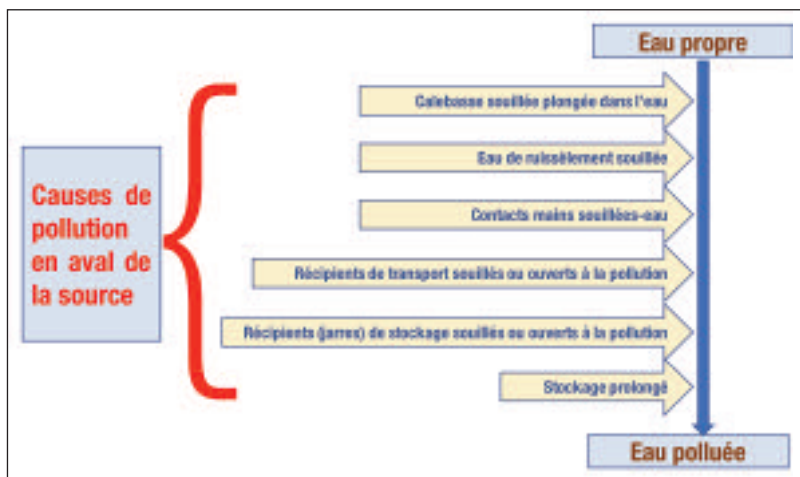


Figure 19 - Mode de transmission des maladies liées aux excréta (schéma trouvé dans un document de PSEAU)





Pollution de l'eau en aval de la source

Certes il est fondamental d'avoir un forage fournissant une eau propre. Il est également très important que cette eau reste potable jusqu'à son utilisation au domicile. Elle ne doit pas être contaminée entre ces deux points.

Il existe de nombreuses causes de pollution en aval de la source comme le montre le schéma ci-dessous.

Figure 20 – Pollution de l'aval

3.2. MARQUEURS MICROBIOLOGIQUES DE L'EAU

De nombreux agents pathogènes peuvent être présents dans l'eau : bactéries, virus et parasites.

Ces microorganismes pathogènes proviennent des rejets de matières fécales humaines, des pluies de ruissellement, des fosses septiques, du dysfonctionnement des stations d'épuration et, en cas de gros orages, du débordement des stations d'épuration. Plusieurs facteurs peuvent favoriser la croissance de certains microorganismes : les matières en suspension qui réduisent l'autoépuration et l'action des UV, l'apport de nutriments, la température...

La contamination microbiologique des eaux peut causer des maladies graves en particulier dans les PED : ce sont avant tout des **gastro-entérites** (banales, typhoïde, choléra...), accessoirement des méningites, des infections hépatiques...

La mise en évidence des pathogènes étant quasiment impossible techniquement et financièrement, pour analyser la qualité microbiologique de l'eau on utilise des « **microorganismes indicateurs** » de la **contamination fécale**, généralement non pathogènes, mais indiquant la présence de pathogènes issus des matières fécales.

Deux indicateurs sont appropriés : *Escherichia coli* (colibacilles) et entérocoques intestinaux bien corrélés aux maladies gastro-intestinales. *Escherichia coli* est une bactérie strictement fécale présente dans les matières fécales humaines et animales, indicatrice entre autres des salmonelles et des streptocoques. Sa durée de vie dans les eaux naturelles, les sédiments, peut varier de quelques heures à plusieurs jours selon les conditions environnementales. Les **streptocoques fécaux ou entérocoques (*Enterococcus*)** sont essentiellement des bactéries intestinales, mais, comme il a été indiqué précédemment, ils sont moins nombreux dans les matières fécales que les colibacilles, bien que, pratiquement, tous les membres du genre *Enterococcus* s'y rencontrent.

Dans l'eau, les entérocoques ne se multiplient pas et disparaissent plus ou moins rapidement comme *E. coli*, en tous cas plus vite que les autres coliformes ; par conséquent, la caractérisation de l'entérocoque dans un échantillon d'eau est un signe certain d'une *pollution fécale récente*. Quand l'entérocoque est rencontré, il est très rare que *E. coli* ne soit pas présent en même temps ; généralement, le rapport des entérocoques présents aux coliformes présents est compris entre 1 et 10.

On admet qu'une eau potable ne doit contenir *aucun entérocoque dans 100 millilitres*.

En fait, l'entérocoque est un témoin peu sensible et sa recherche ne peut en aucun cas remplacer celle d'*E. coli*. Par contre, la caractérisation de l'entérocoque constitue une excellente confirmation d'une souillure fécale. Les **coliformes totaux**, dont fait partie *E. coli*, constituent un groupe hétérogène de bactéries **d'origines fécale et environnementale**. En effet, la plupart des espèces de coliformes totaux peuvent **se trouver naturellement dans le sol et la végétation**. Leur présence dans l'eau n'indique **pas une contamination fécale ni un risque sanitaire**, mais plutôt une **dégradation de la qualité bactérienne de l'eau**. Cette dégradation peut être attribuée, entre autres, à **une infiltration d'eau de surface dans les puits**, ou au développement progressif d'un biofilm bactérien sur les parois. L'analyse des coliformes totaux permet notamment d'obtenir de **l'information sur la vulnérabilité possible d'un puits à la pollution de surface**.

Selon l'OMS le meilleur indicateur d'une contamination fécale de l'eau est *E. coli*. Une eau potable ne doit contenir aucune *E. coli* dans 100 mL (ODD eau). Il existe pour certains une tolérance dans les PED à savoir :

• 0-10	EC/100 mL	= eau potable
• 10-100	EC/100 mL	= eau suspecte pouvant être consommée, à traiter éventuellement.
• > 100	EC/100 mL	= eau insalubre.

3.3. CONTRÔLE MICROBIOLOGIQUE DES EAUX DETECTION D'UNE CONTAMINATION FÉCALE

Il existe des laboratoires de référence au sein des services d'eaux. Ils ne sont pas nombreux : probablement moins de 10 à l'échelle d'un pays. Combien de points font l'objet d'une analyse ? Une centaine par an ? Je n'ai jamais été autorisé à visiter ces laboratoires.

- Pour le prélèvement, les solutions utilisées, pour réduire les coûts et faciliter le travail :
- Pour le chlore résiduel, la mesure peut être faite directement auprès du puits ou des bornes.
- Pour les puits traditionnels, le volume est réduit : les pots d'urine (30 mL) conviennent, les boîtes Humeau ne nécessitant que 1 à 3 mL. Le reste sert aux analyses chimiques.
- Pour les forages, des flacons de coproculture (250 mL) moins coûteux que les flacons IDEXX peuvent être utilisés. La quantité nécessaire à la bactériologie est de 100 mL, le reste servant à la chimie.

Pour les eaux de ville, les flacons IDEXX sont plus pratiques car additionnés de thiosulfate neutralisant le chlore, pour la réalisation des tubes COLILERT ou la plaque QUANTITRAY. Un pot d'urine permet de réaliser les analyses chimiques.

ANALYSE CHIMIQUE

Au niveau chimique, la recherche et le dosage peuvent être réalisés à l'aide de simple bandelette, par exemple avec le coffret AQUAMERCK. Le coût est peu élevé, la lecture des réactions se fait à l'œil nu à l'aide d'une gamme étalon colorée (figure 21). Cette technique est moins exacte qu'un dosage en laboratoire mais peut être réalisée sur le terrain et donner une bonne idée de la qualité chimique de l'eau pour les paramètres étudiés. Le coût est un autre avantage : 0,5 € contre 10 € dans un laboratoire de référence africain.

Les analyses portent en particulier sur pH, ammonium, nitrates et nitrites.



Figure 21 - Exemple de test pour les nitrites (Aquamerck)

ANALYSE MICROBIOLOGIQUE

→ TECHNIQUE PAR FILTRATION

Au niveau microbiologique la technique de référence reste la méthode de filtration.

Il existe des kits portatifs type DEL'AGUA ou POTATEST. Ces kits sont relativement coûteux et nécessitent des nombreuses manipulations (pesées du milieu, stérilisation, préparation des milieux dans des boîtes de pétri métalliques, filtration, lecture des résultats par des techniciens compétents en microbiologie). Il faut savoir que dans les hôpitaux, hormis les grandes structures, les analyses microbiologiques se limitent à des examens directs et des colorations de GRAM. Les laborantins n'ont qu'une formation technique sommaire en microbiologie. La pratique n'est pas acquise.

C'est la raison pour laquelle nous optons pour des techniques simples, peu coûteuses et faciles à transporter. Les prélèvements sont évidemment effectués dans un flacon stérile et transportés dans une glacière et analysés le jour même dans un laboratoire disposant d'une étuve.

Selon CARITAS SENEGAL l'eau devrait faire l'objet d'une analyse au printemps et à l'automne.

→ TECHNIQUE COMPACT DRY (Laboratoire HUMEAU)

Il s'agit de petites boîtes de Petri contenant des milieux déshydratés prêts à l'emploi.

Les milieux permettent :

- Le dénombrement de la flore totale (Milieu PCA + indicateurs Redox TTC ; les colonies sont colorées en rouge).
- Le dénombrement des coliformes ; COMPACT DRY CF (Milieu chromogénique avec mise en évidence d'une activité enzymatique X-GAL ; les colonies sont colorées en bleu / bleu vert).
- Le dénombrement d'*E. coli* et des coliformes : COMPACT DRY EC (milieu chromogénique avec mise en évidence de 2 activités enzymatiques X Glu et Magenta-Gal probablement β -glucuronidase et β -galactosidase, les *E. coli* sont colorés en bleu / bleu pourpre et les autres coliformes en rose / rouge).

Utilisation :

- À l'aide d'une seringue à insuline, déposer 1 mL de l'échantillon à analyser au centre du COMPACT DRY contenant un milieu de culture déshydraté.
- La diffusion de cet échantillon se fait d'elle-même, sur la totalité de la surface de la boîte, sans aucune autre manipulation ou applicateur... ce qui optimise la répétabilité et la reproductibilité.
- Le milieu réhydraté par l'échantillon se gélifie et le COMPACT DRY est alors retourné pour incubation.



2019

XXXXX

L'OPÉRON N°92

- Après incubation, les colonies apparaissent colorées et donc faciles à compter.
 - un papier blanc placé en-dessous des boîtes facilite la lecture
 - si la quantité de colonies est importante, un quadrillage sur le fond de la boîte améliore la lecture (figure 22).

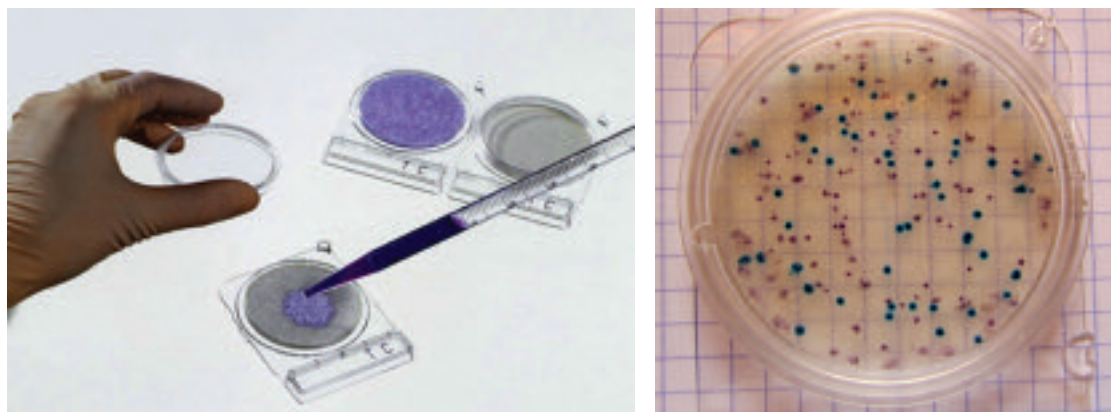


Figure 22 ab – la technique à gauche – un résultat obtenu sur le terrain à droite (COMPACT DRY EC)

Cette technique présente l'avantage d'être très simple d'utilisation et peu coûteuse (environ 1 € la boîte) soit 2 ou 3 € par échantillon.

L'analyse ne porte que sur 1 mL et non 100 mL : un résultat pourra être faussement négatif. Cette technique pourra être utilisée pour les **puits traditionnels**. L'eau venant de ces puits en Guinée est toujours fortement contaminée (4 à 50 Coliformes / mL).

On peut se limiter à l'utilisation de 2 boîtes (CF et EC). Le coût est de 1 € la boîte.

Note : Attention aux moisissures qui forment des colonies floconneuses.

→ TECHNIQUE COLILERT EN FLACON ou EN TUBES LABORATOIRE IDEXX



Figure 23 abc – Exemple de résultats technique Colilert en flacon (à gauche) et en tubes

1- Introduction

Colilert permet la détection simultanée des coliformes totaux et *E. coli* dans l'eau. Ce test est basé sur la technologie brevetée *Defined Substrate Technology* (DST) d'IDEXX. Lorsque les coliformes totaux métabolisent ONPG, le chromogène contenu dans le réactif Colilert, le prélèvement vire au jaune. Lorsque *E. coli* métabolise MUG, un autre chromogène contenu dans le réactif Colilert, le prélèvement devient fluorescent. Colilert peut détecter simultanément ces bactéries à 1 cfu/100 mL en 24 heures.

La technique en flacon (P/A présence/absence) est très simple : l'eau à analyser est placée dans un flacon puis on introduit le milieu de culture en poudre. La lecture est réalisée comme pour les tubes après incubation (figure 23). Le mélange obtenu peut être réparti dans une plaque (voir ci-dessous : TECHNIQUE QUANTITRAY EN PLAQUE).

La méthode NPP (nombre le plus probable) en tubes est utilisable sur les zones d'intervention d'urgence avec peu de moyens.

2- Matériels nécessaires pour mettre en œuvre la méthode

1 étuve à 35-37 °C

1 lampe UV portable

3- Mode d'exécution

Prendre 10 tubes par échantillon pour la détermination du NPP à effectuer.

En respectant l'asepsie, mettre 10 mL d'échantillon d'eau bien mélangé dans chaque tube de Colilert à l'aide d'une seringue par exemple.

Boucher les tubes hermétiquement.

Agiter vigoureusement les tubes en les retournant plusieurs fois pour dissoudre le réactif. Il se peut que certaines particules ne se dissolvent pas. La dissolution se poursuivra pendant l'incubation.

Incuber les tubes avec le réactif à $35,5 \pm 0,5$ °C pendant 24 heures.

Interpréter les résultats en se référant au tableau d'interprétation des résultats ci-dessous. Pour déterminer la concentration en coliformes totaux et en *E. coli* d'un échantillon de 100 mL, comparer le nombre de tubes positifs obtenus pour chaque série d'échantillons au tableau de probabilité NPP (nombre le plus probable) ci-dessous.

4- Interprétation des résultats

Évaluer la fluorescence avec une ampoule UV de 6 Watts et 365 nm placée à 13 cm du prélèvement dans l'obscurité. Orienter la lumière vers le prélèvement, dans la direction opposée à celle des yeux de l'opérateur.

5- Lecture des résultats

Moins jaune que le comparateur = Négatif pour les coliformes totaux et *E. coli*.

Aussi jaune ou plus jaune que le comparateur = Positif pour les coliformes totaux.

Couleur jaune et fluorescence égales ou supérieures au comparateur = Positif pour *E. coli*.

Les résultats de Colilert doivent être lus entre 24 et 48 heures. En outre, les résultats positifs pour les coliformes totaux et *E. coli* notés avant 24 heures, de même que les résultats négatifs notés après 48 heures sont également valides (Cf documents ci-dessous).

6- Interprétation des résultats

NOMBRE DE TUBES POSITIFS SUR LES 10 TUBES DE 10 mL	INDICE NPP / 100 mL	LIMITES DE CONFIANCE À 95 % (APPROXIMATIVES)	
		Inférieure	Supérieure
0	< 1,1	0	3,0
1	1,1	0,03	5,9
2	2,2	0,26	8,1
3	3,6	0,69	10,6
4	5,1	1,3	13,4
5	6,9	2,1	16,8
6	9,2	3,1	21,1
7	12,0	4,3	27,1
8	16,1	5,9	36,8
9	23,0	8,1	59,5
10	>23,0	13,5	Infinité

Tableau - Indices NPP et limites de confiance à 95 % pour les différents résultats obtenus sur dix tubes de 10 mL

Cette technique déjà testée par nos soins en Guinée est une excellente technique facile à réaliser et donne des résultats par 100 mL d'eau à étudier, ce qui correspond aux normes officielles.

Cependant elle reste onéreuse (15 €/eau analysée).

→ TECHNIQUE QUANTITRAY EN PLAQUE

Cette technique est la même que Colilert, plus exacte mais plus onéreuse (figure 24).

Le recueil d'eau est effectué dans un flacon stérile de 100 mL auquel est ajoutée une dosette de réactif. Après dissolution du réactif l'eau est transvasée dans une plaque où elle est répartie en cupules. Selon la plaque choisie on peut déterminer 200 à 2000 UFC/100 mL

La plaque est scellée par un simple fer à repasser puis placée à l'étuve.

Après 18-24 h d'incubation, les cupules jaunes signalent la présence de coliformes.

Ces cupules examinées à l'aide d'une lampe UV deviennent fluorescentes donnant une couleur bleue si l'on est en présence *E. coli*.

On peut également incuber ces plaques à 42 °C si on souhaite quantifier les coliformes thermotolérants (= 90 % *E. coli*, 10 % = autres entérobactéries) cela permet de faire l'économie de l'achat d'une lampe à UV. Une table de calcul permet de déterminer la concentration en coliformes totaux et en *E. coli*.



Figure 24 a - Lampe Ultraviolet Spectroline portable sur piles

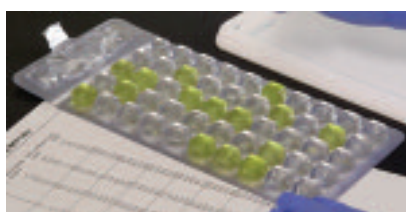


Figure 24 bc - Exemple de résultat (extrait de vidéo de présentation IDEXX)

Rappelons que la technique IDEXX, certifiée ISO international (ISO 93-08-2 : 2012), est utilisée comme méthode officielle dans de nombreux pays (USA, Canada, Allemagne, Italie, Espagne, Grande-Bretagne...). En France elle est utilisée comme méthode alternative d'autocontrôle microbiologique. Cette méthode est largement utilisée par de nombreuses ONG lors de catastrophes (Haïti, Japon) voire dans les camps de réfugiés. Cette technique nous paraît bien adaptée aux PED compte tenu de sa facilité d'utilisation et de manipulation. De plus elle est facile à transmettre à un technicien n'ayant pas de connaissance approfondie en microbiologie.

Dans **les PED on peut se limiter à la recherche de coliformes et ou d'E. coli pour évaluer une contamination fécale.**

La technique QUANTITRAY nous semble bien adaptée car simple d'utilisation et peu onéreuse (6,30 € la plaque avec le réactif). Cette même recherche coûte plus de 10 € dans un laboratoire de référence africain pour une recherche soit 22 € pour les coliformes et *E. coli*.

→ RECHERCHE DE *ENTEROCOCCUS* (MÉTHODE ENTEROLERT – DW)

Principe

Enterolert – DW a été conçu pour détecter les entérocoques dans des échantillons d'eau potable. Ce kit est basé sur la technologie *Defined Substrate Technology* (DST) brevetée d'IDEXX. Enterolert-DW associé au système Quanti-Tray d'IDEXX permet d'obtenir des résultats quantitatifs et confirmés en 24 heures. Enterolert-DW utilise un substrat, l'ortho-nitrophényl D-glucoside, comme indicateur et sa formule incorpore un fond bleu spécialement conçu. Lorsque les entérocoques métabolisent le substrat, l'échantillon passe du bleu au vert indiquant ainsi qu'il est positif. Le résultat est considéré comme positif dès lors que la couleur initiale vire au vert. L'exposition aux UV n'est pas nécessaire. Enterolert-DW détecte les entérocoques dans des échantillons d'eau potable en 24 heures.

Technique

- Prélever 100 mL d'eau dans un flacon stérile prêt à l'emploi contenant du thiosulfate.
- Ajouter le contenu d'un sachet de réactif fourni.
- Fermer le flacon et agiter jusqu'à dissolution.
- Placer le flacon à 37 °C pendant 24 h.

Lecture des résultats

- Si le flacon est bleu la recherche d'entérocoques est négative.
- Si le flacon est vert la recherche d'entérocoques est positive.
- Comparativement aux entérobactéries les streptocoques sont rarement retrouvés ; leur recherche dans les PED n'est pas fondamentale.

4. HYGIÈNE ou COMMENT RÉDUIRE LES RISQUES

4.1. SENSIBILISATION

La sensibilisation avec la notion d'hygiène peut être réalisée par les agents de santé, les instituteurs, ...

■ Généralités

- Au niveau de la ville et des villages :
- Tri des ordures
- Ramassage des ordures ménagères pouvant être utilisées comme compost pour les maraichers
- Utilisation de brûleurs
- Éviter toute eau stagnante constituant des gîtes larvaires pour les moustiques
- **Le simple lavage des mains réduit de 50 % les maladies diarrhéiques (2^{ème} cause de mortalité infantile) et de 20-25 % les infections pulmonaires (1^{ère} cause de mortalité infantile).**

Pour les lavages réguliers des mains on peut utiliser des systèmes simples type TIPPY TAPS

- Attention aux expectorations (tuberculose, méningite, ...)
- Hygiène corporelle
- Hygiène alimentaire :
 - Propreté des ustensiles de cuisine
 - Couvrir les aliments
 - Laver les fruits et les légumes
 - Bien cuire les aliments (viandes, poissons)
 - Placer tous les ustensiles de cuisine en hauteur

À noter que l'hygiène réduit de 33 % les maladies diarrhéiques, l'assainissement de 36 % et le lavage des mains de 40 à 50 %.

■ Traitement élémentaire de l'eau

L'eau est d'abord sédimentée, puis filtrée (avec un linge en usage individuel, ou par un système de filtration, puis chlorée (figure 25).

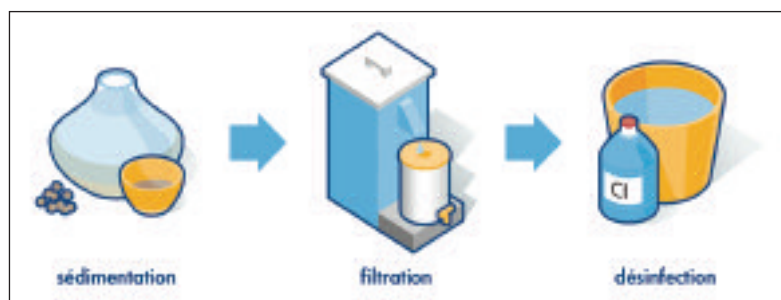


Figure 25 – Traitement de l'eau (à droite filtration individuelle)

■ Lavage des mains

Le lavage des mains sales est essentiel : l'amibiase est avant tout la « maladie des mains sales ».

Un premier exemple avec recueil des eaux usées (figure 26)

Un deuxième système élémentaire facilite ce lavage : le système Tippy Taps (tap = robinet) (figure 27)

Sites à consulter par exemple :

<http://www.le-projet-olduvai.com/t8975-un-petit-truc>
https://www.cdc.gov/safewater/publications_pages/tippy-tap.pdf
<https://www.salvationandsurvival.com/2012/05/tippy-tap.html>
<http://www.tippytap.org/the-tippy-tap>



Figure 26 – Bidon d'eau, bouteille d'eau savonneuse, deux bidons de recueil eau « sale »

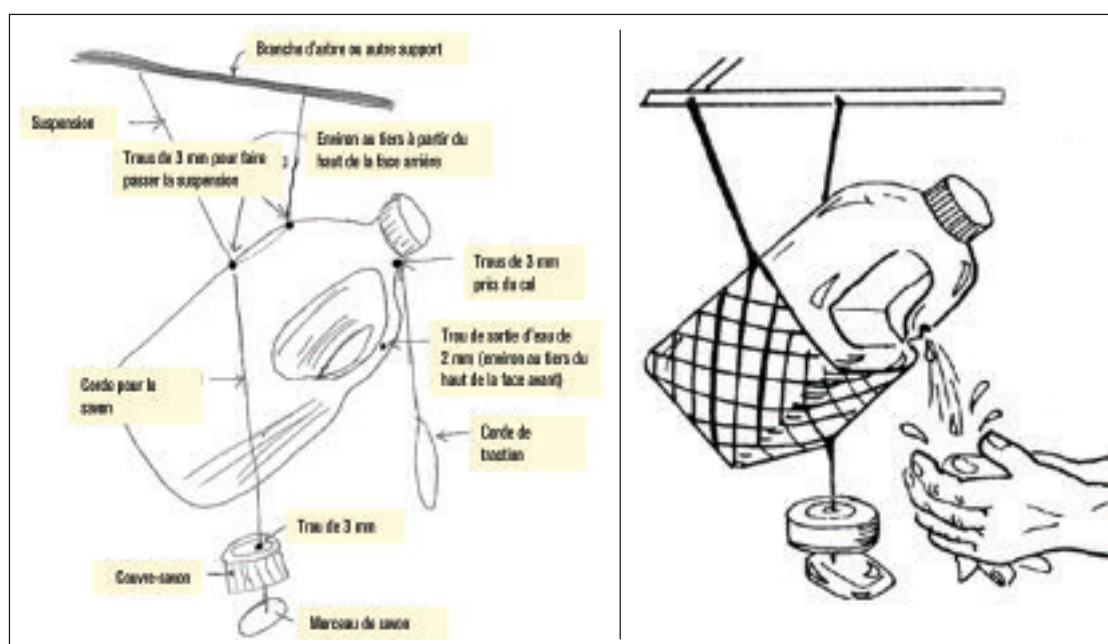


Figure 27 – Système de lavage des mains artisanal Tippy Taps (source : <http://apatut-ewbphilly.blogspot.com/>)

4.2. TRAITEMENT DE L'EAU

Le traitement utilise le « chlore » : en fait il s'agit de solutions d'hypochlorite de sodium (eau de Javel). Leur concentration (à grande dilution) est exprimée en Chlore actif résiduel (CLR ou CA) : g de chlore potentiellement dégagés par 100 g de solution (il s'agit d'une fraction massique et non d'une concentration – on assimile les deux pour des solutions diluées).

1. Les agences d'eau traitent l'eau à l'aide de chlore

Le taux de chlore résiduel mesuré au niveau des bornes fontaines est de l'ordre de 0,5 à 1 mg CLR/L contre 0,1-0,3 mg dans les pays développés. Cet excès de chlore permet de poursuivre son action lors de transport et du stockage ce qui évite une contamination ultérieure. Ainsi l'eau stockée dans un réservoir en PVC de 1 m³ présente encore au bout de 7 jours un taux de CLR de 0,1 mg et l'eau est indemne de microorganismes.

Si les réserves d'eau ne sont pas effectuées dans des bonnes conditions elles peuvent être contaminées.



2. L'eau des puits traditionnels (plus 250 puits étudiés)

Les puits sont tous contaminés (moyenne coliforme = 2500, *E. coli* = 150 / 100 mL).

En principe cette eau est utilisée pour le maraîchage. Il est évident que dans certaines circonstances (saison sèche particulièrement longue, distance d'un forage, borne publique très éloignée, voire des raisons économiques) certains habitants utilisent cette eau comme eau de boisson.

Cette eau peut être décontaminée par l'addition d'hypochlorite de sodium. Pour une eau trouble il faudra ajouter après filtration sur un linge 4 mg de CA/L et pour une eau limpide 2 mg (sources OMS et UNICEF). Il suffit de faire un calcul en fonction de la concentration (en fait fraction massique) en CA de l'eau de javel pour connaître le volume d'hypochlorite à ajouter. Cet ajout peut se faire à l'aide d'une seringue à insuline par exemple. Après 30 min de temps d'action l'eau est stérilisée. Nous en avons fait l'expérience.

3. L'eau de forage (plus de 60 eaux analysées)

Cette eau est indemne de microorganismes sauf bien sûr en cas de problème technique au niveau de système d'exhaure (= tuyau défectueux avec réinfiltration de l'eau et des microorganismes de surface par exemple). Cependant reste le problème du stockage et du transport.

C'est pourquoi on peut recommander d'ajouter à l'eau de forage 0,5 à 1 mg de CA/L.

L'hypochlorite de sodium peut être achetée sur place (coût 1 L = 1,2 €).

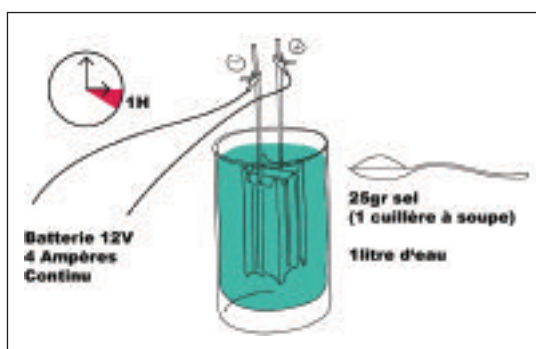
On peut également fabriquer ce produit à partir d'une solution de NaCl (système WATA). Pour cela il faut disposer d'électrodes alimentées par des panneaux solaires. Il existe bien sûr des systèmes de filtre en céramique mais ils ont un coût et une durée de vie limitée.



On pourrait également stériliser l'eau à l'aide de lampes à UV. Ces deux systèmes ont un coût non négligeable. On pourrait les utiliser au domicile car ils ne prennent pas en compte le problème du transport et du stockage. Lors de la dernière épidémie d'EBOLA en Guinée l'UNICEF a distribué des grandes quantités d'hypochlorite (CHLORE'C à 2,4 % CA). Le protocole était bien précisé sur le flacon, soit un bouchon de CHLORE'C pour 20 L d'eau limpide et 2 bouchons pour une eau trouble après filtration.

Dans ces conditions l'eau de puits traditionnel peut être consommée. Pour effectuer les dosages de CLR nous utilisons un chlorimètre HACH à piles identique à celui des agents des services d'eau en France (figure 28). Le fonctionnement est très simple et les réactifs se présentent sous forme de petits sachets à usage unique.

Figure 28 - Colorimètre pour le dosage du chlore actif (méthode au DPD)



Le tarif de l'eau au niveau des bornes fontaines est variable d'un pays à l'autre (environ 5 FCFA (0,008 €) le bidon de 20 L).

Afin de limiter les risques pour la santé, on estime qu'un volume de 25 L d'eau par jour et par personne est correct. Il est peu probable qu'un tel volume soit disponible au sein d'une famille. Le problème de l'accès à l'eau peut de plus générer des problèmes entre les maraîchers et les éleveurs, voire entre certains villages.

Figure 29 - Système WATA-Standard : principe de fonctionnement

LE SYSTÈME WATA

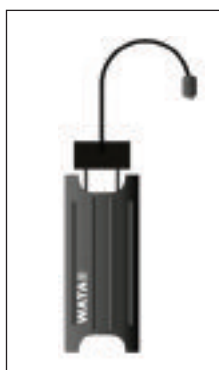


Figure 30 - Système WATA-Standard™
(<https://watatechnology.com/>)

Le système WATA est constitué d'un électrolyseur qui produit, à partir d'une solution salée (NaCl) une solution chlorée. La figure 29 montre le principe utilisant une source de courant sur batterie (des panneaux solaires 100 W sont aussi possibles, ainsi qu'une alimentation sur secteur stabilisée).

La figure 30 montre un exemplaire du système le plus courant (hauteur 15 cm). En 2 h 30, il produit deux litres d'une solution d'hypochlorite de sodium à 6 g/L soit 12 g de chlore actif, ce qui permet de traiter 8000 L d'eau ou d'obtenir 6 L de désinfectant pour les sols, les latrines... Puissance de 48 W.

Le coût de l'appareil lui-même serait de 200 € pour 90 m³ par jour (hors batterie, panneaux solaires, régulateur...).

ÉTUDES DE LA PERSISTANCE DU CHLORE DANS LES EAUX DE STOCKAGE (MAMOU – GUINÉE)

Forage

Nous avons voulu vérifier à Mamou la persistance du chlore dans l'eau stockée.

Nous avons utilisé dans un premier temps l'eau d'un forage indemne de microorganismes. À cette eau nous avons ajouté environ 3 mg/L de chlore ; cette eau a été répartie dans 6 flacons stériles de 100 mL (dans la réalité sont utilisés, selon les disponibilités, des flacons de coproculture de 250 mL...), fermés de manière hermétique et laissés à température ambiante (25- 28 °C).

Chaque jour nous avons ouvert un flacon et dosé le CLR. Les résultats obtenus sont les suivants :

J ₀	J ₁	J ₂	J ₃	J ₄	J ₅
2,20 mg/L	2,00 mg/L	2,00 mg/L	1,90 mg/L	1,77 mg/L	1,70 mg/L

Concluons que, dans des flacons propres, bien fermés, bien remplis, la disparition du chlore est minime. Puis, pour une eau stockée dans une villa dans des containers de 1 m³, les résultats sont les suivants :

J ₀	J ₂	J ₅
0,90 mg/L	0,24 mg/L	0,16 mg/L

Cette diminution du taux de CLR au niveau des réserves de la villa est due à la destruction du chlore en fonction du temps. Elle est plus importante que dans l'expérience précédente du fait du volume stocké plus conséquent, de la surface de contact eau-air et de la fermeture moins hermétique.

ÉTUDES DE LA DÉSINFECTION DE L'EAU PAR CHLORATION (MAMOU – GUINÉE)

Nous avons utilisé un bidon de 20 L préalablement nettoyé.

À l'eau du forage de Telico contenant plus de 23 coliformes et 5 *E. coli* dans 100 mL, nous avons ajouté un bouchon de chlore soit environ 2,5 mg/L de CA (CHLORE'C). Après un contact de 30 minutes le taux de CLR est de 2 mg/L les cultures sont demeurées stériles.

La même expérience a été effectuée sur l'eau d'un puits traditionnel (Madina Tambassa). Cette eau limpide contient 4000 coliformes et 100 *E. coli* dans 100 mL. Nous avons ajouté la même quantité de chlore, le taux de CLR est également de 2 mg/L. Les cultures sont demeurées stériles.

Enfin, nous avons étudié une eau fortement contaminée : celle du puits de Boulbinet. Cette eau contient plus de 10 000 coliformes et 100 *E. coli* dans 100 mL. Elle est très trouble avec un dépôt important. Elle a été filtrée à l'aide d'un linge propre puis nous avons ajouté 2 bouchons de CHLORE'C soit environ 5 à 6 mg/L de CA. Le taux de CLR a chuté à 0,1 mg/L mais les cultures sont restées stériles.

Les résultats correspondent aux recommandations de l'UNICEF. La population pourrait donc utiliser une eau limpide contaminée à condition d'y ajouter un bouchon de CHLORE'C, voire 2 bouchons après filtration si l'eau est trouble.

Le coût du CHLORE'C dosé à 1,24 % de CA est de 0,5 € les 250 mL ; un bouchon représente environ 4-5 mL. Il est dommage que l'eau de javel ne soit vendue qu'au litre (1,20 €) d'autant qu'elle est 2 fois plus concentrée en CA. Le cout d'un bouchon à concentration égale de chlore varie donc de 1 à 4. Cependant, il est difficile de demander à la population d'acheter de l'eau de Javel car son utilisation ne sera pas assez rapide par rapport à sa destruction dans le temps.



2019

XXXXX

L'OPÉRON N°92

5. CONCLUSIONS

Ainsi que nous avons vu, l'eau dans les PED est un véritable problème, le réchauffement climatique complique la problématique. Les pays dans lesquels j'ai œuvré (Guinée, Niger, Burkina-Faso et Sénégal) font partie des pays les plus pauvres du monde. Les moyens financiers sont limités. On peut estimer que 50 % de la population ne dispose pas d'eau potable ni d'assainissement. Le problème est triple : l'action doit porter sur l'accès à l'eau salubre mais aussi sur l'assainissement et l'hygiène. Ces trois points sont intimement liés au point que certaines agences d'eau françaises, grâce à la loi OUDIN, n'apportent leur contribution que si les ONG agissent sur les trois éléments.

L'approvisionnement de l'eau est fondamental. Il convient donc de multiplier les **FORAGES** (coût d'un forage 10-15 000 €), en les associant aux latrines et aux systèmes de lavage des mains. Les puits traditionnels devraient être réservés aux animaux et au maraîchage.

En ce qui concerne l'assainissement il faudrait mettre l'accent sur des **LATRINES DOUBLE FOSSE**

voire ECOSAN. Il faut également effectuer une sensibilisation de la population aux notions hygiène. Pour évaluer la contamination bactérienne on devrait faire appel à des techniques peu coûteuses et simples à réaliser sur le terrain.

Enfin la **CHLORATION SYSTÉMATIQUE DE L'EAU DE BOISSON** semble la méthode la plus simple pour fournir une eau salubre. Pour ces trois points, toute autre solution plus sophistiquée me paraît à ce jour utopique.

La recherche d'une contamination fécale doit cependant être réservée à des cas particuliers : lors de création d'un forage, de problème technique sur le système d'exhaure (*installation assurant l'évacuation des eaux*) ou lors d'apparition d'une épidémie. Cette recherche ne peut être généralisée d'autant qu'elle s'avère inutile si une bonne chloration de l'eau est effectuée.

Il reste encore un long chemin à réaliser si on veut que l'ODD (objectif de développement durable) soit tenu pour 2030.

En attendant, les maladies vont perdurer ainsi que la lutte pour l'eau et l'exode des populations rurales vers les grandes villes voire vers d'autres pays.

NB :

Au niveau chimique la présence d'ammonium et de nitrites sont exceptionnelles.

Par contre les nitrates dépassent souvent le seuil de 50 mg/L (engrais ?) avec des conséquences possibles sur la santé notamment pour les femmes enceintes et les nouveau-nés.

Résumé :

PAS D'EAU SALUBRE SANS ASSAINISSEMENT ET HYGIÈNE

CHLORATION DE L'EAU AVEC DES CONTRÔLES DU Chlore résiduel (CLR)

CONTRÔLES MICROBIOLOGIQUES PONCTUELS :

- LORS DE LA CRÉATION D'OUVRAGES
- LORS DE PROBLÈME TECHNIQUE SUR LE SYSTÈME.
- LORS D'ÉPIDÉMIES
- VOIRE PLUS SOUVENT EN FONCTION DES POSSIBILITÉS

ANNEXE 1 : EXEMPLES DE RÉSULTATS

ANALYSE EAU À MAMOU (GUINÉE)

<p>1. Lieu : Lycée Séré</p> <p>Origine : Forage</p> <p>Nature du terrain : Rocheux</p> <p>Conditions atmosphériques : saison sèche</p> <p>Distance des latrines : 30 m en aval propre (Ecosan mais système non utilisé)</p> <p>Mode de prélèvement : Robinet</p> <p>Population concernée : 1500 habitants</p> <p>Caractéristiques du puits :</p> <p>Profondeur : 20 m Intérieur : Roche</p> <p>Margelle : 50 cm</p> <p>Surface : couvercle non hermétique</p>	<p>2. Lieu : quartier Petel II</p> <p>Origine : Puits traditionnel</p> <p>Nature du terrain : Rocheux</p> <p>Conditions atmosphériques : saison sèche</p> <p>Distance des latrines : 40 m en aval</p> <p>Mode de prélèvement : Seau + corde</p> <p>Population concernée : 100 habitants</p> <p>Caractéristiques du puits :</p> <p>Profondeur : 20 m Intérieur : Rocheux</p> <p>Margelle : 30 cm</p> <p>Surface : couvercle non hermétique</p>						
<p>ÉTUDE CHIMIQUE DE L'EAU</p> <p>Aspect : Limpide</p> <p>pH : 5,5</p> <p>Ammonium : 0 mg/L (n < 0,5) Nitrites : 0 mg/L (n < 0,1)</p> <p>Nitrates : 10 mg/L (n < 50)</p>	<p>ÉTUDE CHIMIQUE DE L'EAU :</p> <p>Aspect : Dépôt</p> <p>pH : 6</p> <p>Ammonium : 0,1 mg/L (n < 0,5) Nitrites : 0 mg/L (n < 0,1)</p> <p>Nitrates : 0 mg/L (n < 50)</p>						
<p>ÉTUDE BACTÉRIOLOGIQUE</p> <table><tr><td>Technique IDEXX</td></tr><tr><td>Coliformes totaux : 0 /100 mL</td></tr><tr><td><i>E. coli</i> : 0 /100 mL</td></tr></table>	Technique IDEXX	Coliformes totaux : 0 /100 mL	<i>E. coli</i> : 0 /100 mL	<p>ÉTUDE BACTÉRIOLOGIQUE :</p> <table><tr><td>Technique Compact Dry</td></tr><tr><td>Coliformes totaux : 40 /mL</td></tr><tr><td><i>E. coli</i> : 1 / mL</td></tr></table>	Technique Compact Dry	Coliformes totaux : 40 /mL	<i>E. coli</i> : 1 / mL
Technique IDEXX							
Coliformes totaux : 0 /100 mL							
<i>E. coli</i> : 0 /100 mL							
Technique Compact Dry							
Coliformes totaux : 40 /mL							
<i>E. coli</i> : 1 / mL							
<p>CONCLUSION (SELON NORMES POUR PED) : EAU POTABLE</p>	<p>CONCLUSION (SELON NORMES POUR PED) : NON POTABLE</p>						

ANNEXE 2 : CONTRÔLE BACTÉRIOLOGIQUE DE LA POTABILITÉ DE L'EAU À NIAMEY

Nous avons effectué avec l'accord du Ministère des contrôles bactériologiques de potabilité au niveau de 5 bornes publiques à NIAMEY.

Ces bornes sont généralement de simples robinets non protégés de murets d'où des risques de détérioration possible. Par commodité un tuyau en plastique y est fixé trainant parfois à même le sol. Les prélèvements ont été effectués à partir des robinets. L'eau a été analysée avec des réactifs IDEXX (méthode P/A).

Tous les échantillons examinés sont exempts de coliformes et d'*E. coli*. Le taux de chlore résiduel a également été dosé à l'aide d'un chlorimètre HACH. Les valeurs varient de 0 à 0,38 mg/L (voir tableau ci-dessous) pour des chiffres attendus de l'ordre de 0,5 à 1 mg/L afin d'éviter une contamination ultérieure lors du transport, du stockage dans des bidons probablement souillés et de l'utilisation proprement dite de l'eau (lavage des légumes, des fruits et préparation des aliments).

BORNES PUBLIQUES

	pH	Température	Chlore résiduel
Fada loubatou	7,17	29 °C	0,00 mg/L
Pangire	6,9	28 °C	0,38 mg/L
Université	6,99	28 °C	0,00 mg/L
Gamkale 1	6,87	28 °C	0,28 mg/L
Gamkale 2	6,97	28 °C	0,26 mg/L

Ces bornes publiques se trouvent dans le centre de NIAMEY. Il est probable que dans les quartiers périphériques plus éloignés les résultats soient plus bas. Ces analyses ont été réalisées à la FACULTÉ DE SCIENCES de NIAMEY dans le service de Dr SANDAO Issoufou avec la collaboration de ses deux techniciens.

Nous avons également étudié l'eau d'un puits moderne dans un quartier périphérique de NIAMEY (Kirkirsoye). Il s'agit d'un puits busé mais non fermé ; l'eau est prélevée à l'aide d'une outre et d'une cordelette.

Cette eau contient de nombreux coliformes mais pas d'*E. coli*. Ayant utilisé la technique Positif-Négatif (1 flacon) nous n'avons pas effectué de numération de microorganismes.

Nous avons réalisé des tests en ajoutant des quantités croissantes de chlore. Il a fallu ajouter 5 mg/L de chlore pour obtenir une eau indemne de germes. Bien sûr il ne s'agit là que d'un test « approximatif » du fait de l'absence de numération des microorganismes et de manipulations sans pipette de précision. Ce type de test sera repris de manière plus précise en GUINÉE en 2017.

Néanmoins ce chiffre correspond aux données de l'OMS.

Le docteur OUSSEINI Abdoulaye chef de la division contrôle qualité des eaux considère, comme l'OMS le préconise, que l'eau des bornes publiques devrait contenir 0,5 mg/L de CA.

Il nous a assuré que des contrôles bactériologiques de l'eau sont effectués avec la technique de filtration. Ces analyses sont réalisées au niveau des services hydrauliques.

Nous avons convenu d'un rendez-vous afin de visiter l'un de ces laboratoires, mais cette rencontre a été annulée.

Nous nous sommes rendus au laboratoire de santé publique LANSPEX. La directrice Mme DADY Aichatou nous a chaleureusement accueillis. Elle nous a confirmé que la technique de filtration était également utilisée dans son laboratoire. Malheureusement le personnel était absent lors de notre visite, nous n'avons pas pu visiter le laboratoire.

La technique en milieu liquide (IDEXX par ex.) est inconnue. À notre avis cela est dommage vu sa simplicité d'utilisation. Recommandée dans de nombreux pays cette technique est également utilisée en France par certains services d'eau publique et privés.

La technique de filtration présente de nombreux inconvénients pour les pays en développement (technique classique ou celle incluse dans les Kits POTATEST ou DEL AGUA) : préparation des milieux (pesée de poudre, dissolution dans un tampon, stérilisation), boîtes de Pétri en plastique à usage unique (ou métallique donc à vider après utilisation puis à stériliser après usage par flambage à l'éthanol...), entonnoir pour la filtration de l'eau à stériliser après chaque analyse. Toutes les manipulations ne peuvent être effectuées que par des techniciens bien formés.

Malheureusement je n'ai pas pu, malgré mes demandes et tentatives, visualiser la réalisation et les résultats de cette technique sur le terrain.

Pour Mr OUSEINI la norme de potabilité en matière de bactériologie est de 0 microorganisme/100 mL (*E. coli*, *Enterococcus*...) comme souhaité dans les ODD.

Il réfute les normes tolérées dans les pays en développement par l'OMS, l'UNICEF, BIOFORCE, HCR, MSF indiquées comme ci-dessous.

- *E. coli* : 0 à 10 /100 mL : qualité raisonnable eau consommable telle quelle
- *E. coli* : 10 à 100 /100 mL : eau polluée, consommable mais un traitement est souhaitable
- *E. coli* : > 100 /100 mL : eau dangereuse devant être traitée



ANNEXE 3 : COUT ANALYSES EAU DANS UN LABORATOIRE DE RÉFÉRENCE AFRICAIN

N°	Désignation	Unité	Quantité	Prix unitaire FCFA	Prix total FCFA	Prix unitaire (€)
1. Prélèvement						
1	Déplacement	km	90	280	25200	0,43 €
2. Analyses physico-chimiques						
1	Température	u	1	2000	2000	3,08 €
2	pH	u	1	2500	2500	3,85 €
3	Conductivité	u	1	3000	3000	4,62 €
4	Turbidité	u	1	3000	3000	4,62 €
5	Dureté	u	1	2000	2000	3,08 €
6	TA	u	1	2000	2000	3,08 €
7	TAC	u	1	2000	2000	3,08 €
8	Chlorures	u	1	6580	6580	10,12 €
9	Bicarbonates	u	1	2000	2000	3,08 €
10	Carbonates	u	1	2000	2000	3,08 €
11	Sulfates	u	1	7115	7115	10,95 €
12	Nitrates	u	1	6645	6645	10,22 €
13	Nitrites	u	1	6615	6615	10,18 €
14	Fluorures	u	1	6790	6790	10,45 €
15	Sodium	u	1	8635	8635	13,28 €
16	Potassium	u	1	8180	8180	12,58 €
17	Calcium	u	1	3475	3475	5,35 €
18	Magnésium	u	1	2000	2000	3,08 €
19	Ammonium	u	1	1950	1950	3,00 €
20	Fer	u	1	6850	6850	10,54 €
SOUS TOTAL 2					85 335	131,60 €
2. Analyses bactériologiques						
1	Microorganismes totaux à 37 °C	u	1	7000	7000	10,77 €
2	Coliformes fécaux	u	1	7000	7000	10,77 €
3	Streptocoques fécaux	u	1	7000	7000	10,77 €
SOUS TOTAL 3					21 000	32,30 €
TOTAL					131 535	202,36 €
Arrêté, le présent devis, à la somme de CENT TRENTE ET UN MILLE CINQ CENT TRENTE CINQ FCFA.				(la colonne en € a été ajoutée pour concrétiser en € les valeurs indiquées en Francs CFA)		

ANNEXE 4 - QU'EST-CE QUE PS-EAU ?



Le programme Solidarité-Eau (pS-Eau) est un réseau multi-acteurs français qui s'engage pour garantir l'accès à l'eau et à l'assainissement pour tous ainsi que pour la gestion durable des ressources en eau (ODD 6) dans les pays en développement. Privilégiant le soutien aux acteurs locaux, il permet les échanges et organise la concertation entre les acteurs de la coopération décentralisée et non gouvernementale depuis plus de 30 ans. Présent en France et à l'étranger (points focaux dans les pays de concentration de l'aide française), il produit de la connaissance, accompagne les initiatives locales et promeut la solidarité pour l'eau et l'assainissement. Ses activités, animées par une équipe aux compétences multiples, visent à augmenter le nombre et la qualité des actions de coopération décentralisée et non gouvernementale pour l'eau et l'assainissement. Il est soutenu par l'Agence française de développement, le ministère de l'Europe et des Affaires étrangères, l'Agence française pour la biodiversité, les agences de l'eau et de nombreuses collectivités territoriales françaises.

<https://www.pseau.org/>



Copie d'écran montrant les documents accessibles sur le site pseau

ANNEXE 5 - DOCUMENT CONTRE LA DIARRHÉE

