



collection Etudes et travaux ● Editions du Gret ● Ministère des Affaires étrangères



Programme Solidarité Eau

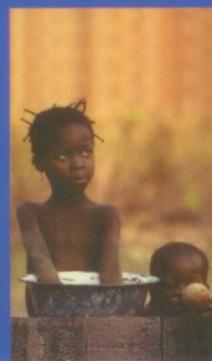
Marie Viland, Antoine Montiel

J. Duchemin, M. Larivière, P. Zarrabi

Graphisme : J.C. Chazelon

Eau et Santé

Guide pratique pour les intervenants en milieu rural africain



pS-Eau, Editions du Gret

Marie Viland, Antoine Montiel

J. Duchemin, M. Larivière, P. Zarrabi

Graphisme : J.C. Chazelon

Eau et Santé

Guide pratique pour les intervenants en milieu rural africain

PREFACE

En préface à ce manuel
pédagogique, est offert
le beau texte
de Monsieur
Camille Talkeu Tounounga,
sociologue et
anthropologue camerounais,
qui invite à réfléchir
sur les multiples rôles
de l'eau
dans la culture africaine.

CAMILLE
TALKEU TOUNOUNGA.
Sociologue et anthropologue camerounais a
publié
« Islam et négritude »,
« Le nomadisme en Afrique, l'exemple des
Peuls » et « Symbolique des masques en
Afrique noire »
(in *Le Messager* 1993).

SYMBOLIQUE AFRICAINE

Source de vie, substance purificatrice, élément de régénération, les significations symboliques attachées à l'eau dans les traditions négro-africaines ne manquent pas.

Dans la cosmogonie des Dogons du Mali, l'eau est une semence divine, de couleur verte, qui féconde la terre pour donner des héros jumeaux. Hommes jusqu'aux reins, serpents au-dessous, ceux-ci sont aussi de couleur verte. Toujours selon la mythologie dogon, la fécondation de la femme suppose que dans sa matrice l'huile, la semence masculine s'unisse à l'humidité vaginale en une ligne hélicoïdale symbolisant la vibration créatrice.

Mais les Dogons, à l'instar de leurs voisins Bambaras, vont encore plus loin et assimilent l'eau, semence fécondante, à la lumière et à la parole, au Verbe générateur. Eau sèche et parole sèche expriment la pensée, c'est-à-dire la potentialité, sur le plan de l'humain comme du divin. Ils attribuent la genèse du monde au Dieu suprême ouranien, Amma, lorsqu'il créa son double Nommo, Dieu d'eau humide. Dans la musique, si la mélodie est huile, le rythme est eau, parole.

Chez ces mêmes populations, ainsi que dans de nombreux pays d'Afrique sub-saharienne, les rites qui entourent la naissance sont étroitement associés à l'eau, principe de vie. A l'expulsion du placenta, preuve que l'enfant est vraiment né, une des femmes qui assiste la parturiente prend de l'eau dans sa bouche et en asperge légèrement l'enfant. La fraîcheur de l'eau le fait crier : il a officiellement reçu la parole.

Divinisée par toute l'Afrique depuis l'Antiquité pharaonique, l'eau fascinante participe à la fertilité des champs, à la fécondité des terres et des choses. Mais en outre, chaque sorte d'eau – pluie, source, rivière, mare, lac, mer, eau recueillie dans le creux d'un arbre, rosée – est investie d'une signification particulière. Pour les Bantous, le lieu de la première création est un grand trou d'eau tourbillonnante, ou un lit de roseau, qu'ils situent vers l'Orient. Les Falis du Cameroun associent l'eau, élément matriciel, aux poissons. Chez les Bamilékés de l'ouest du Cameroun, le père bénit sa fille le jour de son mariage avec de l'eau où trempent des feuilles de fefe, une sorte d'épinard qui symbolise la douceur, la concorde.

PURIFICATIONS ET LIBATIONS

La purification, indissociable des rites d'initiation, élimine les souillures antérieures, chasse les forces maléfiques et protège les initiés. Ainsi les néophytes bambaras, à la fin de leur initiation, reçoivent une aspersion d'eau projetée en pluie par la bouche du chef du kore, la société des initiés. Puis ils sont lavés à deux reprises : une première fois dans l'enceinte du kore par un ancien initié avec de l'eau puisée dans la mare sacrée du village, et une seconde fois au puits sacré du village.

C'est aussi une aspersion d'eau puisée dans unealebasse que les jeunes filles saras du Tchad reçoivent sur le ventre, de la bouche de leur mère. Les jeunes zouloues quant à elles, au terme d'une réclusion qui peut durer plusieurs semaines, prennent un bain rituel dans le fleuve, où elles font disparaître l'argile rouge dont elles s'étaient frottées.

L'eau, séjour des esprits, a son rôle à jouer dans les cérémonies vaudou du Bénin, du Togo et du Nigéria. Elle est omniprésente à Haïti, où le vaudou, culte familial et collectif, est pour le haïtien un moyen de retrouver une identité disloquée par l'arrachement des ancêtres à la terre africaine. Il s'agit pour lui de reconquérir cette Afrique mythique dont viennent tous les esprits, à travers les eaux souterraines qui constituent un monde grouillant de toutes les activités humaines. D'où le caractère magique des sources, des rivières et des cascades. D'où aussi le geste de répandre de l'eau devant les autels au début de toute cérémonie, afin de convoquer les esprits du monde souterrain.

L'eau peut aussi fonder le pouvoir temporel et religieux de groupes d'initiés, généralement constitués en sociétés secrètes, qui s'approprient par des moyens surnaturels les attributs magiques des génies aquatiques. Un type d'organisation que l'on observe chez les doualas, population côtière du Cameroun, qui possèdent un ancêtre de l'eau, le jengu, anciennement représenté sous les traits d'un homme noir à la longue chevelure, aux yeux exorbités, aux pieds retournés, et, dans sa version moderne, sous ceux d'une femme blanche aux longs cheveux. Le jengu donne la richesse aux hommes et la fécondité aux femmes. Il peut s'incarner dans le corps d'un être humain, lequel manifeste sa

puissance par des miracles et des prophéties et fait contrepoids à l'autorité des chefs.

Jusqu'à la colonisation allemande, le jengu a ainsi joué un rôle politique important chez les doualas : honoré comme un ancêtre, il pouvait contracter mariage au sein de la noblesse. Il conserve de nos jours ses pouvoirs thérapeutiques : si les anciennes croyances ont pratiquement disparu dans la vie publique, elles subsistent encore dans le contexte de la maladie et de la guérison, dans les invocations, les possessions, les transes et les prières.

RITUELS ET INVOCATIONS

L'eau est une matière précieuse dont la raréfaction est une véritable catastrophe naturelle. La vie du paysan est littéralement suspendue au régime des pluies : qu'elle vienne à manquer, qu'elle tarde ou soit trop abondante, et il multiplie les rituels et les invocations qui tissent la trame de la civilisation rurale. De nombreux mythes expliquent l'origine de ces pratiques.

Ainsi pour les Diolas d'Afrique occidentale, il y avait au commencement deux divinités : Amontong, dieu de la sécheresse, et Montogari, dieu de la pluie. Ils possédaient de grands troupeaux et vivaient ensemble, jusqu'au jour où ils se disputèrent et finirent par en venir aux mains. Comme ils se battaient, les femmes d'Amontong firent partir leurs enfants avec des peaux sèches attachées à des cordes. En les traînant derrière eux, ceux-ci soulevaient beaucoup de poussière. C'est ainsi que naquirent les nuages. Le bruit que faisaient les peaux engendra le tonnerre. Les dieux se tiraient dessus avec leurs fusils : c'est ainsi que naquit la foudre ; du coup les enfants de Montogari prirent ce qui restait de poussière et firent la pluie.

CAMILLE TALKEU TOUNOUNGA

AVANT PROPOS

Ce manuel est une commande du pSEau pour la remise à jour du document Eau-Santé - Dossier Technologies et Développement réalisé par Marie Viland pour le Ministère de la Coopération et du Développement en 1989.

Cet ouvrage, comme le précédent, est un manuel pédagogique à l'intention de tout opérateur intervenant au niveau de l'exécution et de la maintenance des aménagements destinés à fournir de l'eau potable aux populations des pays en développement : associations, collectivités locales, entreprises, hydrogéologues, agents de santé, animateurs, enseignants, techniciens, sociologues, spécialistes de santé...

Il a pour objectif d'apporter les éléments utiles :

- pour comprendre l'importance de la qualité de l'eau sur la santé des consommateurs,
- pour évaluer les paramètres qui permettent de suivre les critères de qualité,
- pour protéger la ressource en eau depuis son origine jusqu'à sa consommation,
- pour amener le consommateur à utiliser une eau potable,
- enfin, pour améliorer une eau défectueuse par des traitements appropriés.

Etant donné la diversité des thèmes abordés, ce document a été préparé par un groupe de cinq spécialistes :

J. Duchemin, Ingénieur Sanitaire DDASS, Loire Atlantique

M. Larivière, Professeur de médecine tropicale

A. Montiel, Mission Scientifique de la Qualité de l'Eau, SAGEP

M. Viland, expert en Sciences de l'Environnement et Qualité de l'Eau

P. Zarrabi, expert en Sociologie du Développement.

La conception graphique a été confiée à J.C. Chazelon.

SOMMAIRE

Page 6

Chapitre 1

Cycle de l'eau - Répartition de l'eau sur la terre - Les différentes catégories d'aquifères

Page 10

Chapitre 2

Les éléments de l'eau - Les caractéristiques de l'eau qui peut être utilisée

Page 14

Chapitre 3

Eau et santé de l'homme - Besoins en eau et maladies liées à l'eau

Page 22

Chapitre 4

Les risques induits par l'eau de consommation

Page 28

Chapitre 5

La protection de la ressource - L'aménagement des différentes catégories d'ouvrages

Page 36

Chapitre 6

Les mesures correctives - L'amélioration de la qualité des eaux

Page 44

Chapitre 7

Sensibilisation à l'hygiène - Entretien des ouvrages

Page 56

Chapitre 8

Le contrôle analytique de l'eau
- Les paramètres à prendre en compte
- Les mesures sur le terrain

30 FICHES

Page 64

1. Nappe souterraine en terrain sédimentaire

Page 65

2. Nappe souterraine en terrain cristallin

Page 66

3. Schéma hydraulique du milieu fissuré sous couverture altérée

Page 67

4. Vulnérabilité des aquifères en région granitique

Page 68

5. L'écosystème d'eau douce

Page 69

6. Tableau récapitulatif des problèmes sanitaires liés à l'eau

Page 70

7. Cycle du Ver de Guinée

Page 71

8. Mode de vie des moustiques

Page 73

9. Mode de vie des simules

Page 75

10. La balance ionique

Page 76

11. Un exemple de réalisation de superstructures d'un point d'eau

Page 81

12. Origine des pollutions

Page 82

13. Les périmètres de protection

Page 83

14. Récapitulatif des paramètres de suivi de la qualité de l'eau

Page 84

15. Les directives de l'OMS pour les paramètres de l'eau (1993)

Page 91

16. Protocole de l'analyse bactériologique de l'eau sur le terrain : méthode Millivia

Page 92

17. Mesure de la turbidité sur le terrain : méthode du tube

Page 93

18. Mesure de la conductivité

Page 94

19. Mesure du pH

Page 95

20. Dosage des éléments de la chaîne azotée : ammonium, nitrites, nitrates

Page 96

21. Dosage du fer

Page 97

22. Dosage du manganèse

Page 98

23. Préparation de solutions de chlore à 20 ou 30 ppm

Page 99

24. Mesure du chlore dans l'eau

Page 100

25. Désinfection par le chlore de l'eau de boisson en cas d'épidémie

Page 101

26. Désinfection par chloration d'un puits

Page 102

27. Qui fait Quoi en matière de contrôle de l'eau

Page 103

28. Liste des fabricants de matériel de terrain pour le contrôle de l'eau

Page 104

29. Récapitulatif des éléments de la fiche d'enquête villageoise

Page 105

30. Documents pour la sensibilisation

1

Cycle de l'eau Répartition de l'eau sur la terre

CYCLE DE L'EAU (schéma 1)

Toute l'eau de la terre rentre dans un cycle perpétuel ; c'est toujours la même eau qui se transforme sous l'effet de l'énergie solaire et qui peut prendre trois formes :

- **liquide** (mers, océans, lacs, rivières, pluie),
- **gazeuse** (vapeur, nuages),
- **solide** (glace, neige).

La chaleur du soleil provoque l'évaporation de l'eau existant à la surface de la terre et l'évapotranspiration de l'eau constituant les plantes, cette évapotranspiration étant infime par rapport à l'évaporation des eaux de surface. Ces deux facteurs sont des éléments importants du climat puisqu'ils provoquent la formation des nuages.

Ces nuages, poussés par le vent, retombent s'ils rencontrent des masses d'air froid, en pluie, neige ou grêle.

Sur le sol, l'eau ruisselle, s'infiltré ou s'évapore.

Si les terrains sont trop secs ou imperméables, l'eau ruisselle et s'évapore.

Si les terrains sont perméables, l'eau s'infiltré à travers le sol ; elle permet d'une part à la végétation de se développer, et d'autre part aux réserves d'eau souterraine d'être alimentées.

En moyenne, le cycle pluie-ruissellement-évaporation s'effectue en dix jours mais l'eau des aquifères profonds et captifs peut être vieille de plusieurs milliers d'années.

La différence entre la quantité d'eau précipitée et la quantité d'eau évaporée, puisée par les plantes ou qui ruisselle, représente la pluie efficace, c'est-à-dire celle qui alimente les réserves souterraines en s'infiltrant. Cette eau infiltrée représente 1/3 de ce qui est tombé sous forme de pluie en zone tempérée soit 250 à 300 litres/m²/an, 1/10ème en région sahélienne où l'évaporation est beaucoup plus puissante, soit 40 litres/m²/an. Ces valeurs représentent le bilan hydrique d'un sol (schéma 2).

REPARTITION DE L'EAU SUR LA TERRE

Les océans et les mers occupent 71 % de la surface du globe et représentent 1350 millions de km³ d'eau salée.

29 millions de km³ d'eau se retrouvent sous forme de glace dans les glaciers et les calottes glaciaires.

L'eau douce, à la surface de la terre et dans le sol, représente 8,6 millions de km³.

L'eau atmosphérique sous forme de vapeur d'eau est évaluée à 13 000 km³.

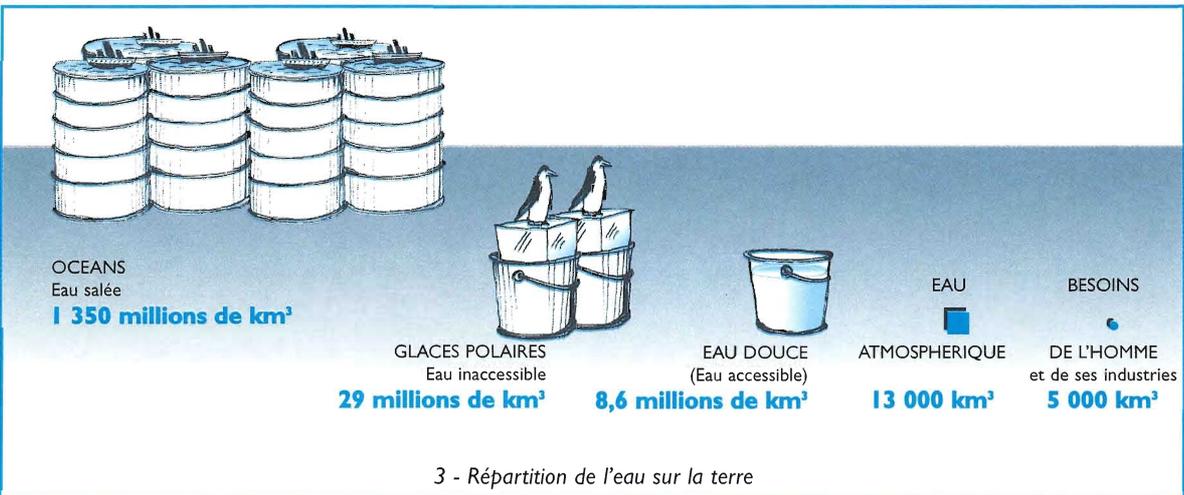
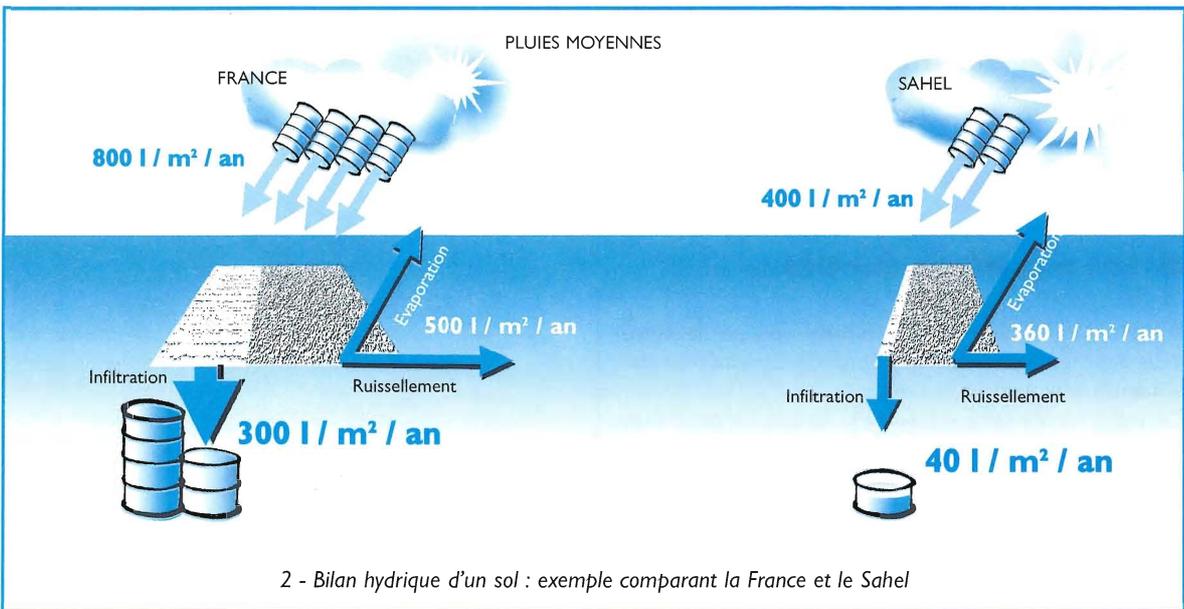
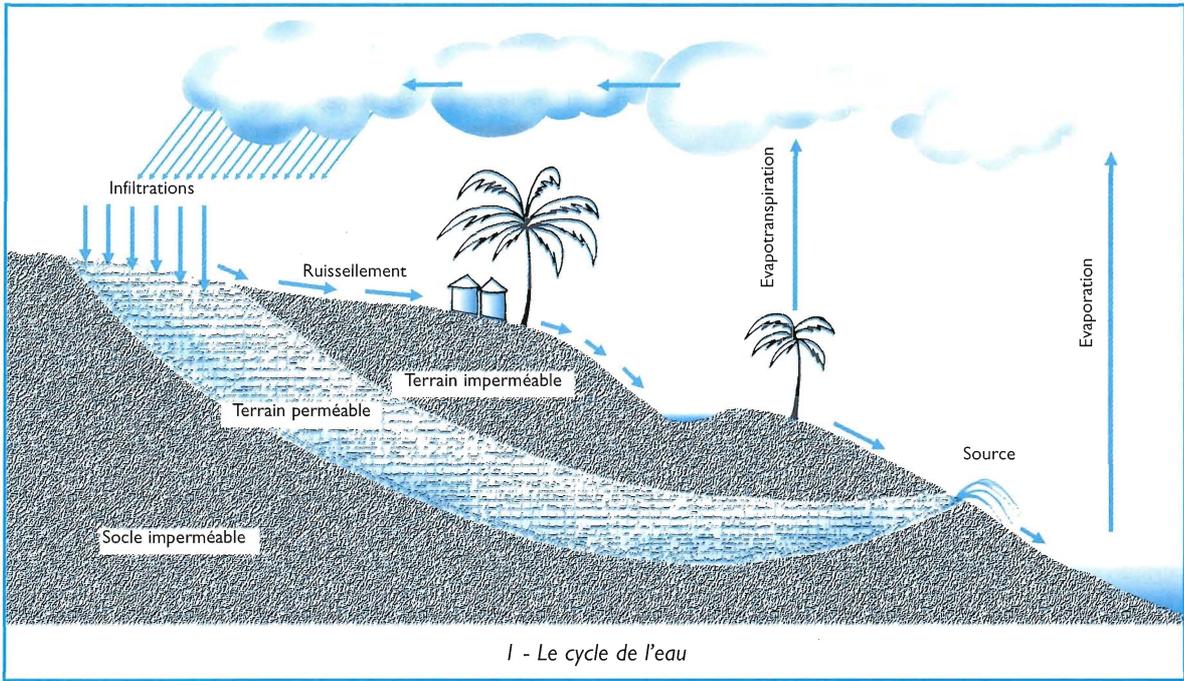
Les besoins pour l'homme sont de 4000 à 5000 km³ / an, ce qui proportionnellement peut être imagé par le schéma ci-après (n° 3).

Pour son utilisation, l'homme aura trois possibilités :

- **recueillir l'eau météorique** (pluie) ; mais pour la consommation humaine, cette eau présente des inconvénients dus à sa composition et à son manque de potabilité en raison essentiellement de son mode de collecte et de stockage.

- **prélever l'eau superficielle** qui, elle aussi, nécessitera d'être purifiée (traitée) pour être bue.

- **prélever dans la réserve d'eau souterraine**. Ces eaux au cours de leur infiltration dans le sol se sont purifiées. En général, plus ces eaux sont profondes, plus elles sont claires et bonnes à la consommation.



LES DIFFERENTES CATEGORIES D'AQUIFERES

L'eau infiltrée dans le sol va être stockée dans une roche "réservoir" ou "magasin" dont elle remplit les vides : espaces entre les grains de sable, fissures d'un granite, fissures de calcaires poreux. Ces roches infiltrées d'eau sont appelées aquifères. Selon la disposition des couches imperméables qui emprisonnent l'aquifère, on distingue :

■ Les aquifères libres (schéma 4)

Leur alimentation se fait directement par infiltration verticale. La limite supérieure de l'aquifère appelée niveau piézométrique ou niveau statique, est, en général, peu profonde : de quelques mètres jusqu'à une dizaine de mètres ; cette limite peut affleurer en saison des pluies ; c'est ainsi que se constitue la plupart des mares connues, en Afrique, sous le nom de marigots ou boullis dans certaines régions. Cet aquifère proche de la surface du sol est parfois appelé nappe phréatique. Il peut également être alimenté latéralement par les berges d'un cours d'eau, on parle alors de nappe alluviale.

Les alluvions assez fines, le sable, assurent une filtration naturelle efficace mais limitent le débit des captages.

Les graviers, les calcaires fissurés permettent de gros débits mais avec une eau de qualité moins régulière.

L'exploitation de cette ressource se fera par puits à drains rayonnants dans les sables, ou par forage permettant de capter l'eau en profondeur en évitant celle du "toit" de la nappe moins bien filtrée.

■ Les aquifères captifs (schéma 5)

Il s'agit d'aquifères profonds, formant une poche entre deux couches imperméables (et protectrices) du sous-sol, alimentés latéralement et à distance.

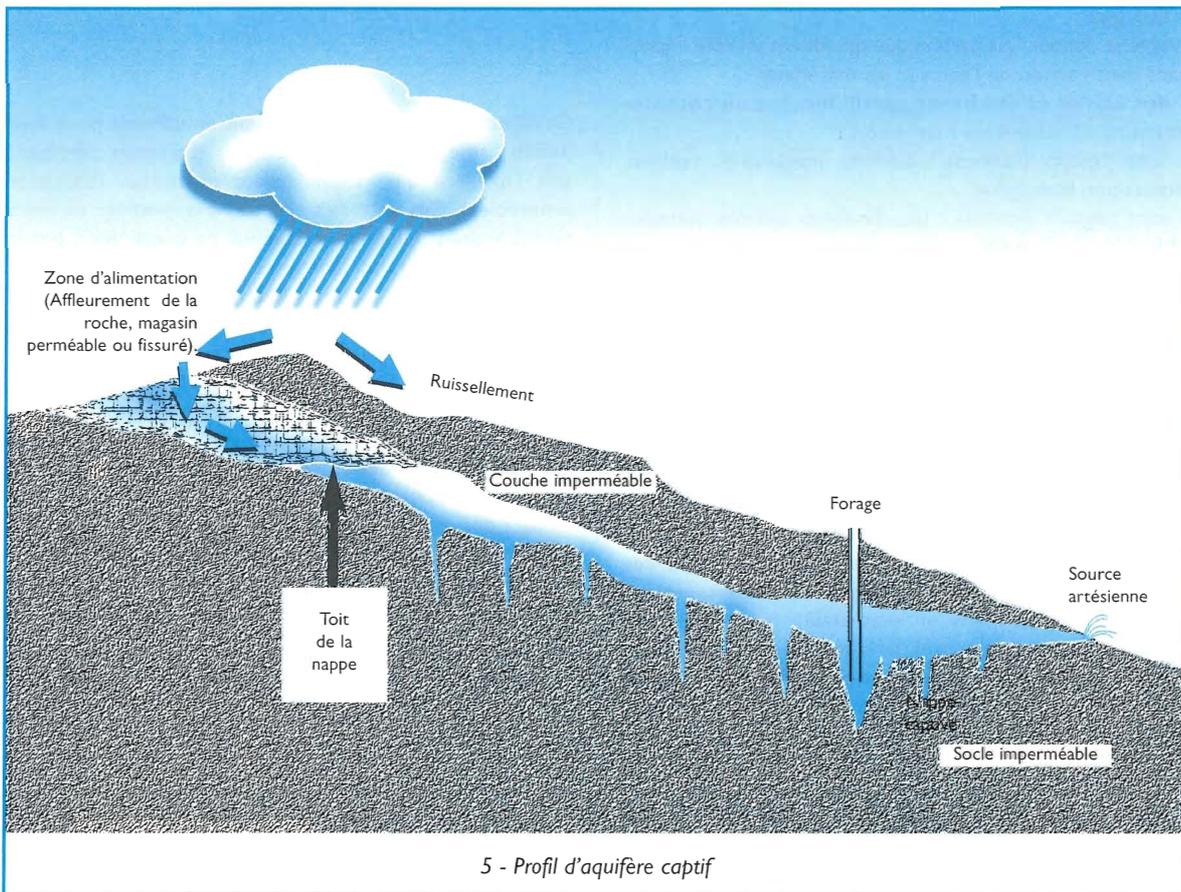
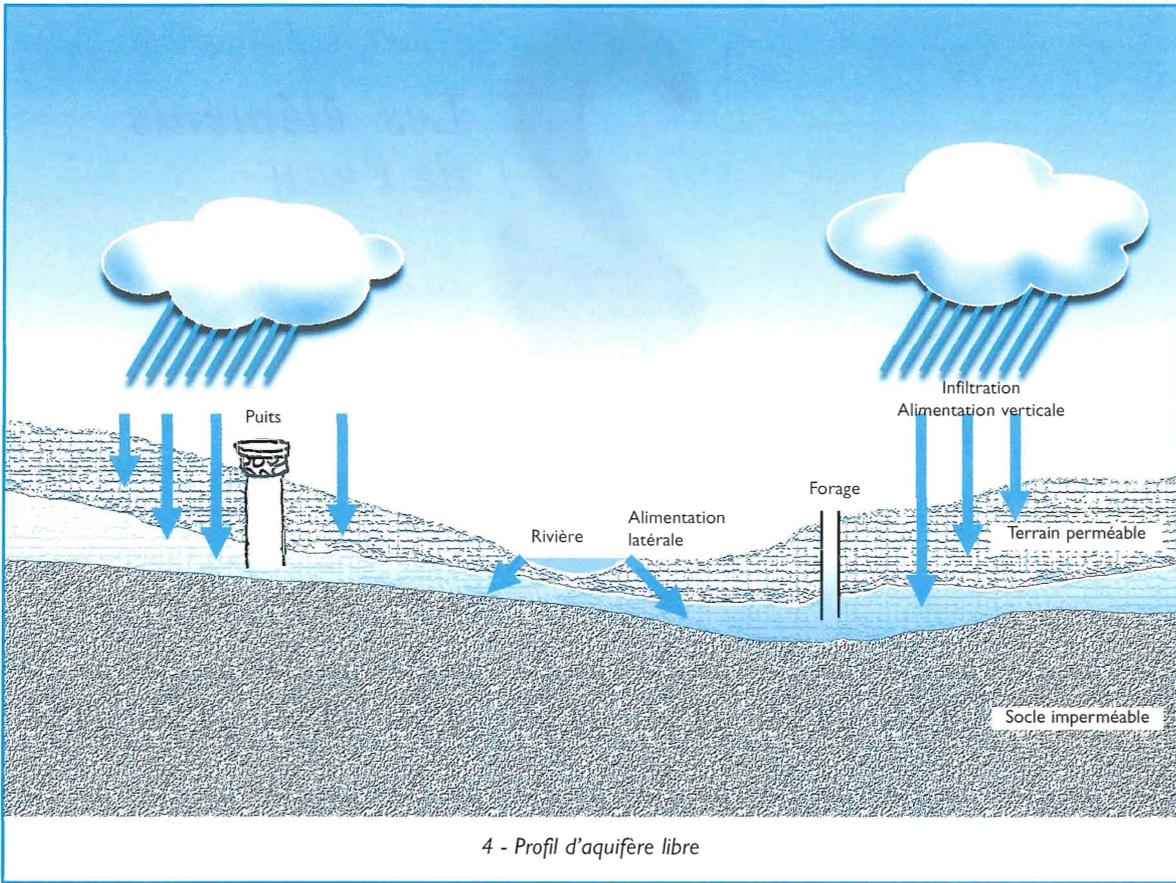
L'exploitation de cette ressource en eau se fait par forage à travers la couche imperméable supérieure, à plusieurs dizaines ou centaines de mètres, ou par aménagement des sources là où la roche magasin affleurerait en partie basse, ou se déchargerait par les fissures.

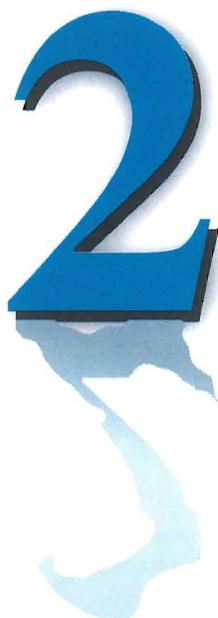
Les modes de protection de la ressource devront tenir compte des différences liées au type d'aquifères :

Dans le cas des **aquifères libres**, il faudra protéger le sol surplombant directement la nappe captée à la fois contre les trous, créant un risque de contamination par manque de filtration de l'eau, et contre les pollutions de surface domestiques, industrielles ou agricoles qui peuvent être organiques ou chimiques. Cette protection devra se faire également sur tout le bassin versant de la rivière, à l'amont, dans le cas d'une nappe alluviale.

Dans le cas des **aquifères captifs**, c'est dans la zone d'alimentation décalée, là où la roche magasin affleure, qu'il faudra protéger la réserve d'eau des pollutions organiques et chimiques. De plus, la couche imperméable protectrice de la nappe autour du forage ou au-dessus des sources, devra être soigneusement protégée des trous et excavations.

Des exemples d'aquifères sont présentés dans les fiches 1, 2, 3 en fin de manuel : aquifère en terrain sédimentaire, aquifère en terrain cristallin, vulnérabilité des aquifères en terrain granitique.





Les éléments de l'eau

Les caractéristiques de l'eau qui peut être utilisée

LES ELEMENTS DE L'EAU

La molécule d'eau, deux atomes d'hydrogène pour un atome d'oxygène, est dissymétrique et chargée électriquement, ce qui en fait un excellent solvant qui garde la trace de tous les éléments avec lesquels elle a été au contact.

L'eau pure H₂O n'existe donc pas dans la nature ; elle contient les éléments suivants :

- des gaz :

oxygène dissous, gaz carbonique qui jouent un rôle important dans l'action de l'eau sur les matériaux

- des acides et des bases partiellement ou complètement dissociés en : (schéma 6)

- ions positifs (cations) : calcium, magnésium, sodium, potassium, hydrogène.

- ions négatifs (anions) : bicarbonates, sulfates, nitrates, chlorures, hydroxyde.

Ces ions, chargés électriquement, sont responsables des variations importantes de la salinité de l'eau, de son pouvoir de corrosion pour les métaux, d'agressivité pour le calcaire et le béton et de sa tendance à faire des dépôts. La notion d'Equivalent et de milliEquivalent a été introduite pour évaluer la validité d'une analyse d'eau (se reporter à la fiche 10).

Les éléments minéraux sont indispensables à la santé de l'homme.

- des matières en suspension :

dispersées en particules fines qui sont des substances organiques ou minérales non dissoutes. Ces suspensions peuvent subsister dans un état stable : état colloïdal. L'argile est le type courant de cet état colloïdal qui ne décante pas car les particules chargées électriquement et de même signe se repoussent en restant en suspension stable. Ces particules donnent à l'eau sa turbidité et constituent un support où s'adsorbent bactéries et virus.

- des matières organiques dissoutes :

particulièrement les acides humiques, qui sont des éléments de décomposition des débris provenant des

matières vivantes, végétales ou animales attaquées par des bactéries. Les acides humiques confèrent à l'eau sa couleur.

Enfin l'eau contient :

- des microorganismes :

ils constituent le phytoplancton et le zooplancton (algues, bactéries, protozoaires, crustacés). Les divers éléments vivants que l'on peut trouver dans l'eau sont présentés dans les fiches en fin de manuel.

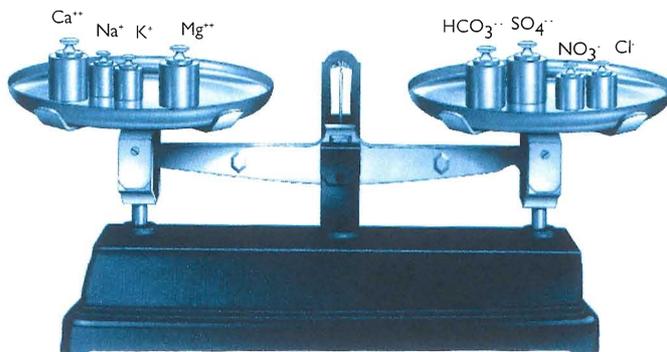
Certaines bactéries se développent en utilisant pour leur métabolisme soit l'oxygène dissous (bactéries aérobies) soit l'oxygène d'un anion sulfate ou nitrate (bactéries anaérobies). Ces bactéries effectuent la synthèse de leurs acides aminés (éléments essentiels de la cellule) à partir d'éléments minéraux (bactéries autotrophes) ou d'éléments organiques (bactéries hétérotrophes). Ce sont ces bactéries qui permettent aux eaux de surface de s'autoépurer. Il ne faut pas les confondre avec les bactéries pathogènes qui, à l'état naturel, y prolifèrent rarement.

L'eau, au cours de son cycle, se trouve plus ou moins chargée de ces différents éléments. Elle est soumise essentiellement à deux processus qui lui permettent de s'épurer (l'évaporation ou la filtration) à travers le sol. La plupart des traitements mis au point par l'homme se sont inspirés de ces deux phénomènes naturels. C'est en effet en évaporant l'eau que les premiers systèmes de fabrication d'eau distillée ont été mis au point, c'est en traversant les couches du sol qu'elle se purifie.

LA BALANCE IONIQUE

Voir également Fiche n° 10

**EQUIVALENTS
CATIONS +**



**EQUIVALENTS
ANIONS -**

L'eau du robinet contient des minéraux (cations positifs et anions négatifs) qu'elle a acquis naturellement dans le sol ou par traitement dans une station.

La somme des équivalents cations positifs (+) est égale à la somme des équivalents anions négatifs (-).

L'EAU EST ÉLECTRONIQUEMENT NEUTRE.

LE CALCIUM

Ca⁺⁺



$$\frac{(Ca^{++}) \text{ mg/l}}{2} = 40$$

- Nourrit les dents, les os et les ongles. Il en faut :
- ni trop (entartrage des tuyaux d'eau chaude).
- ni trop peu (dissolution des métaux).
- 40 à 60 mg/l est une bonne moyenne.

LES BICARBONATES

H CO₃⁻



$$\frac{(HCO_3^{--}) \text{ mg/l}}{61} = 61$$

- Evite l'acidité de l'eau, la rend plus légère et digestive.

LE SODIUM

Na⁺



$$\frac{(Na^+) \text{ mg/l}}{23} = 23$$

- Le seuil de goût du sodium dans l'eau de boisson dépend de l'anion associé.
- contribue à la corrosion des tuyaux.
- la valeur moyenne est inférieure à 200 mg/l, mais dans les zones arides, cette valeur peut atteindre 1000mg/l.

LES SULFATES

SO₄⁻⁻



$$\frac{(SO_4^{--}) \text{ mg/l}}{96} = 96$$

- Effet purgatif à haute dose (1 - 2 g/l). L'eau du robinet en contient 10 à 60 mg/l. La norme est à 250 mg/l.

LE POTASSIUM

K⁺



$$\frac{(K^+) \text{ mg/l}}{39} = 39$$

- Tonifiant, utile à l'équilibre physique et psychique de l'individu.
- les teneurs sont de l'ordre de 10mg/l.

LES CHLORURES

Cl⁻



$$\frac{(Cl^-) \text{ mg/l}}{35,5} = 35,5$$

- Le seuil de goût des chlorures dans l'eau de boisson dépend du cation associé.
- Le seuil est de 200 mg/l pour le chlorure de sodium.
- Contribue à la corrosion des tuyaux.

LE MAGNESIUM

Mg⁺⁺



$$\frac{(Mg^{++}) \text{ mg/l}}{24,3} = 24,3$$

- Même chose que le potassium, tonifiant, utile à l'équilibre physique et psychique de l'individu.

LES NITRATES

NO₃⁻



$$\frac{(NO_3^-) \text{ mg/l}}{62} = 62$$

- Utiles à la croissance des plantes, pas des mammifères.
- En excès dans l'eau, ils contribuent à asphyxier le sang des nourissons (cyanose).
- Ils seraient à l'origine de certains cancers digestifs.
- La norme est à 50 mg/l.

6 - La balance ionique (D'après J. Duchemin)

L'EAU QUI PEUT ETRE UTILISEE

Il existe dans la nature trois possibilités de ressources en eau pour l'alimentation humaine :

Les eaux de pluie sont souvent recueillies dans les pays en développement par divers systèmes de récupération de l'eau de pluie qui ruisselle sur les toits. Ces eaux se caractérisent par une minéralisation très faible, et la contamination possible par les impuretés de l'air et le mode de stockage. Ces eaux vont contenir des gaz de l'atmosphère : azote, oxygène, gaz carbonique, mais également des gaz dus à la pollution : anhydride sulfureux, oxyde d'azote, plomb organique, solvants, hydrocarbures, pesticides.

Elles contiennent aussi les polluants liés aux matériaux du toit et du stockage.

Les eaux de surface sont caractérisées par la présence de gaz dissous en particulier de l'oxygène, sauf dans le cas de températures élevées entraînant la surconsommation d'oxygène, la présence de plancton (zoo et phytoplancton), une concentration de diverses matières en suspension (MES), de matières organiques. Ces eaux peuvent en zone chaude tropicale et équatoriale être très riches en acides humiques colorés. Ces eaux ont une qualité variable en fonction de la température, de l'ensoleillement, des saisons et des pollutions dues aux activités qu'elles suscitent. Les eaux de surface lorsqu'elles existent sont encore très fréquemment utilisées dans les zones rurales des pays en développement (marigots, rivières, fleuves). Or, elles sont toutes fortement contaminées et doivent impérativement subir un traitement de base pour être consommables : clarification (élimination des MES), désinfection (élimination des micro-organismes parmi lesquels les pathogènes) (schéma 7).

Les eaux souterraines ou aquifères qui sont des eaux plus minéralisées. L'eau de pluie agressive qui arrive sur le sol dissout les substances solubles des roches et acquiert de nouvelles caractéristiques physiques et chimiques. Cette minéralisation dépend de la nature des roches traversées, de la solubilité des sels minéraux, du temps de contact de l'eau avec les minéraux, de l'alimentation plus ou moins importante des aquifères. Parmi ces eaux souterraines, on distingue les aquifères peu profonds et les aquifères profonds.

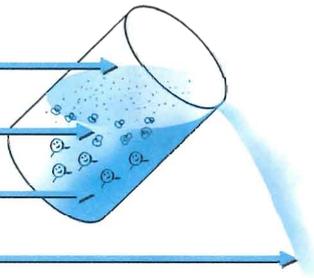
Les aquifères peu profonds peuvent appartenir à deux catégories : les nappes alluviales en liaison avec les lits des rivières et les premières nappes sous le sol appelées aussi nappes phréatiques. Ces eaux ont une qualité variable qui dépend du substratum et de la qualité des rivières avec lesquelles les échanges sont fréquents. Cette qualité variable dépend également de la période de l'année : en période sèche, ces eaux sont directement alimentées par les eaux de rivière ou, si les rivières s'assèchent elles tendent à diminuer de volume et donc à se concentrer d'un point de vue minéral ; en période humide, elles sont également alimentées par les eaux de pluie qui s'infiltrent.

En fonction des matériaux constituant le sol, ces nappes sont plus ou moins contaminées ; elles nécessitent impérativement une analyse et une protection efficace si elles sont exploitées pour la boisson.

Les aquifères profonds sont le plus souvent naturellement potables (à l'exception de certains sols fissurés qui sont assimilables à des eaux de surface). Ces eaux profondes sont celles qu'on recherche en priorité pour l'alimentation des populations, car, ayant été épurées par infiltration dans le sol, elles présentent en général une faible turbidité et une grande pureté bactériologique. Leurs caractéristiques physiques et chimiques sont stables et dépendent de la nature géologique des sols. Elles peuvent cependant comporter des éléments en excès à éliminer provenant des couches géologiques traversées. C'est le cas tout particulièrement du fluor, des nitrates, du fer et du manganèse. L'élimination de ces substances sera exposée dans le chapitre 6. Il peut également se produire qu'une mauvaise protection de la ressource entraîne des anomalies secondaires de l'eau dues notamment aux activités de surface : contamination fécale ou pollution liée à l'agriculture. Ces aspects seront traités dans les chapitres 4 et 5 (schéma 8).

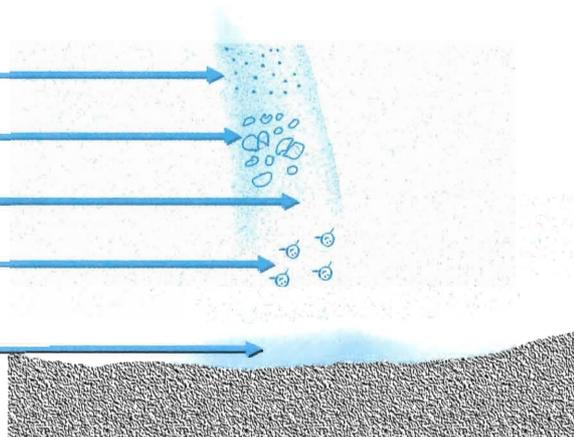
**UNE EAU DE SURFACE
CONTIENT :**

- Des matières en suspension (MES)
- Des substances organiques
- Des (micro) organismes vivants, se nourrissant des substances organiques
- L'eau est trouble



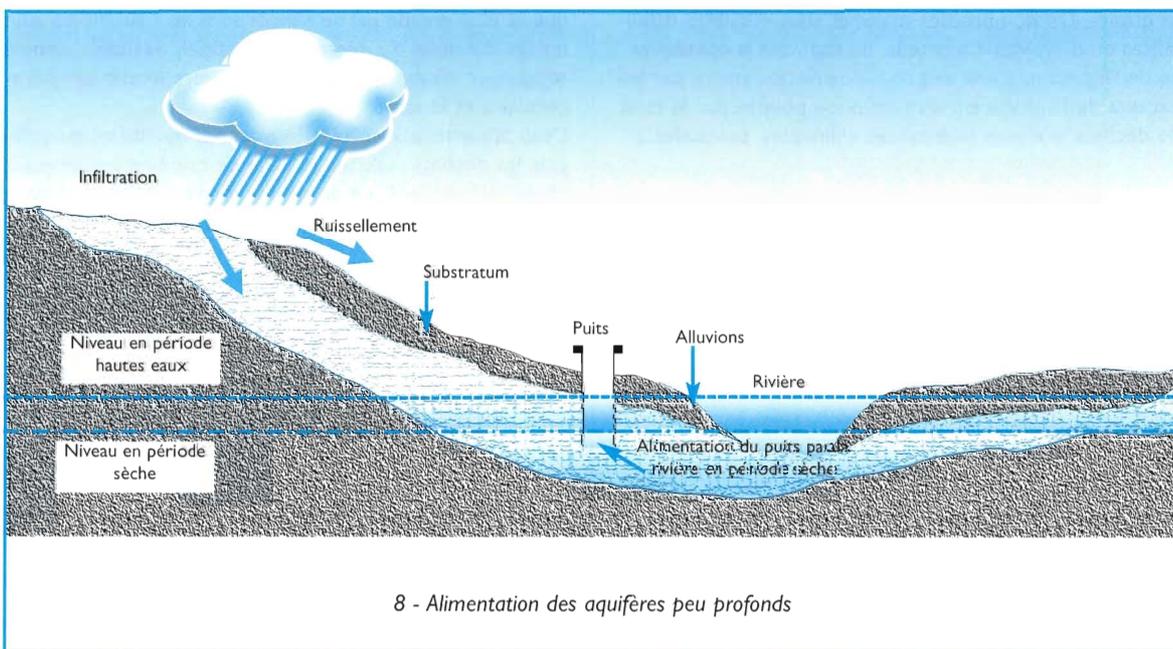
LE SOL :

- Retient les MES
- Dégrade les matières organiques
- Diminue la turbidité
- Tue les organismes en les privant de substances nutritives



**APRES INFILTRATION
DANS LE SOL, L'EAU
EST AINSI PURIFIEE**

7 - La filtration à travers le sol



8 - Alimentation des aquifères peu profonds



Eau et Santé de l'homme

Besoins et maladies liées à l'eau

Respirer, boire et manger sont des nécessités impérieuses pour l'homme.

- En l'absence d'oxygène il n'est plus de vie possible pour lui et la mort survient très rapidement.

- Les aliments apportent les éléments indispensables (protéides, glucides, lipides, vitamines...). Pourtant l'homme peut perdre 40 % de son poids corporel, tout son glycogène (réserve de sucres), toute sa graisse, la moitié de ses protéines, et continuer à vivre.

- Mais la perte de 10 % de son eau entraîne des troubles graves, de 20 à 22 % le tue. L'absence totale d'eau dans la diète ne lui permet pas de vivre au-delà de deux jours.

L'homme a, dès sa naissance, conscience de l'indispensable besoin vital d'eau grâce au signe d'alarme: la soif. Mais s'il perçoit toujours la nécessité d'un apport quantitatif, il ignore longtemps, et de nombreuses populations l'ignorent encore de nos jours, la non moins grande importance de sa qualité. De nombreuses maladies transmissibles débilitantes ou d'évolution mortelle, ne sont que la conséquence de l'ingestion d'une eau souillée principalement par les excréta de l'homme ou d'animaux ou polluée par le rejet de déchets toxiques (substances chimiques, pesticides..).

LES BESOINS QUANTITATIFS EN EAU

L'eau représente 70 % du poids corporel de l'homme et 80 % de celui de l'enfant. Elle se répartit ainsi (schéma 9) :

5 % sous forme de plasma sanguin, lymphe.

15 % constitue le liquide interstitiel

50 % se trouve à l'intérieur des cellules (liquide intracellulaire).

L'eau, ingérée sous forme de boissons ou d'aliments, parvient rapidement dans le tube digestif. L'estomac en absorbe une très faible quantité, voire même pas du tout, l'intestin constituant, par contre, la voie essentielle de pénétration de l'eau dans l'organisme. De là, une partie de l'eau absorbée passe directement dans la lymphe, tandis que la plus grande partie s'incorpore au courant sanguin qui la distribue au secteur interstitiel, véritable centre régulateur du mouvement de l'eau vers le secteur intracellulaire et le sang.

L'eau apporte aux cellules le matériel nutritif et en véhicule les déchets ; elle est le siège de nombreux processus physiologiques et l'une de ses fonctions importantes est la régulation de la température corporelle.

L'absorption quotidienne d'eau par l'homme est en moyenne de 2,6 litres soit :

1,3 l sous forme d'eau de boisson

1 l contenu dans les aliments solides

0,3 l provenant des oxydations de l'organisme

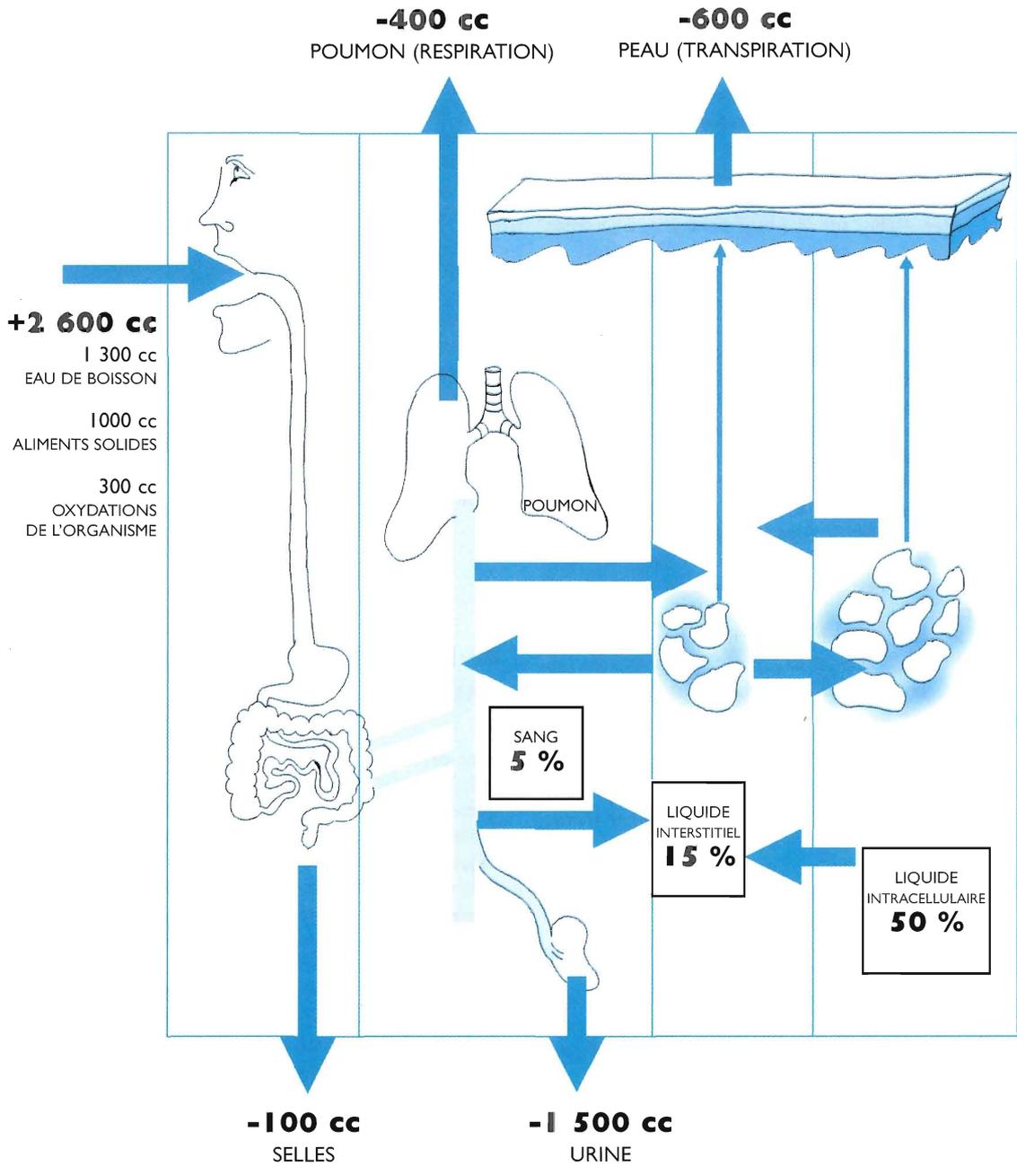
Car, dans les conditions d'activités normales, l'homme élimine chaque jour :

0,4 l d'eau par les poumons (respiration)

0,6 l d'eau par la peau (transpiration)

1,5 l par les reins (urine)

0,1 l par l'intestin (selles)



9 - L'eau dans le corps humain

Les poumons, la peau et l'appareil digestif éliminent les quantités d'eau nécessaires à leurs fonctions spécialisées et peuvent aussi épuiser les réserves organiques d'eau et d'électrolytes lors de sudations abondantes, de vomissements et de diarrhées intenses ; les maladies fébriles aiguës augmentent la fréquence respiratoire et donc les pertes d'eau par les poumons.

Seuls les reins régulent le volume et la composition chimique des liquides organiques. Ils sont capables, si besoin est, de concentrer leur excrétion, mais ils doivent cependant, pour éliminer leurs déchets, excréter une quantité minimale d'eau qui, chez l'adulte, est d'environ 600ml par 24 heures. Si on ne donne pas cette quantité, les reins la prélèveront dans les tissus.

On appelle pertes minimales obligatoires la quantité de liquide qu'un homme au repos et à température normale (pas de sueur visible sur la peau) perd par différentes voies, malgré la suppression de toute absorption de liquides. Ces pertes sont d'environ 1,5 litre par 24 heures (0,9 l par la respiration et la transpiration, 0,6 l par les urines).

De sorte qu'un sujet en jeûne complet doit recevoir au moins 1500ml de liquide par jour pour remplacer ces pertes minimales obligatoires, mais à condition que sa fonction rénale soit normale et qu'aucune circonstance ne vienne augmenter les pertes.

Par exemple, une forte chaleur extérieure peut entraîner une transpiration visible qui signifie une déperdition de deux à plusieurs litres d'eau par la peau. Les travaux physiques intenses sous la chaleur peuvent entraîner une perte d'eau par la respiration et la sudation allant jusqu'à 10 litres par 24 heures.

La fièvre, les vomissements, la diarrhée peuvent entraîner des pertes considérables d'eau. Si ces pertes ne sont pas compensées, une déshydratation aiguë survient, pouvant entraîner la mort.

L'eau est indispensable à la vie, il faut donc boire.

En principe, l'homme peut subsister en utilisant pour la boisson et d'autres usages 5 litres d'eau par jour et même moins (nomades).

En réalité, il doit disposer de plus de 20 litres pour avoir un niveau correct d'hygiène et de confort.

L'habitant d'un village, qui pratique l'élevage ou l'agriculture, devrait disposer de 100 litres d'eau par jour. On est bien loin de cette quantité dans de nombreuses régions déshéritées du monde, alors que, dans les pays industrialisés, 400 à 500 litres d'eau sont parfois consommés par personne et par jour.

LA QUALITÉ DE L'EAU

Si boire de l'eau est une nécessité absolue du maintien de la vie, il faut encore que cette eau soit potable, saine, c'est-à-dire non contaminée par des virus, des bactéries, des parasites dont l'ingestion peut être la cause de maladies graves, mortelles (diarrhées, dysenteries...), et exempte de substances toxiques et de quantités excessives de matières minérales ou organiques.

L'eau, en effet, peut être le véhicule d'un très grand nombre d'agents pathogènes éliminés dans le milieu extérieur par les matières fécales humaines et, dans certains cas, animales.

En 1996, l'OMS chiffrait à 4 milliards le nombre d'épisodes diarrhéiques survenus dans le monde, responsables de la mort de 3,1 millions de personnes dont la très grande majorité a été des enfants de moins de 5 ans.

La répartition de ces cas montre une énorme différence entre les pays développés où le contrôle de l'eau de distribution publique et la neutralisation puis l'élimination des excréta sont soumis à des exigences de méthodes de traitements de plus en plus performantes, et les pays en développement où la mise à disposition d'eau potable est plus rudimentaire. Dans les pays développés, la mortalité infantile est inférieure à 20 pour 1000 dont 1 % par diarrhée, tandis que dans les pays sous-équipés, elle est de 200 pour 1000 dont 50 % par diarrhée.

■ L'eau contient des substances chimiques

dont certaines, d'origine naturelle, sont utiles et même indispensables à la santé de l'homme à faibles concentrations, mais peuvent devenir toxiques lorsqu'elles sont présentes dans l'eau en trop grandes quantités.

Ainsi, si la concentration de fluorures dans l'eau est inférieure à 0,5mg/l on a, dans la population, une incidence élevée de caries dentaires. Par contre, la fluorose endémique due à des taux élevés de fluor dans l'eau peut entraîner des lésions osseuses graves.

A l'heure actuelle, surtout dans les pays industrialisés, une des grandes préoccupations de l'hygiène publique est la neutralisation de produits chimiques que multiplient l'activité industrielle, les pratiques agricoles et l'évacuation des déchets radioactifs.

Ces risques associés à la présence de substances chimiques en excès dans l'eau seront développés dans le chapitre 4.

■ L'eau est le véhicule de nombreux agents pathogènes qui peuvent être :

- des bactéries,

qui dans l'eau peuvent aussi se multiplier et dont la plus connue est le *vibron cholérique*, responsable du choléra, dont l'OMS enregistrait pour 1994, 384 403 cas déclarés et 10 692 décès, en Afrique particulièrement dans les camps zairois de réfugiés rwandais. Le vibron persiste dans des réservoirs aquatiques, animaux et chez les porteurs apparemment en bonne santé (asymptomatiques). Il peut vivre longtemps dans l'eau chaude d'une salinité de 250 à 300 mg/l et de pH 8 ; il est aussi parfaitement adapté à l'eau salée et très probablement fixé à la flore et la faune des estuaires (au Bangladesh, l'incidence du choléra est 5 fois plus élevée chez les hindous qui pêchent dans les estuaires que chez les musulmans qui travaillent les champs ;

- les *salmonelles*, agents de fièvres typhoïdes ;
- les *shigelles* responsables de dysenteries bacillaires ;
- *Escherichia coli* dont la souche 0157-H7 est la cause de diarrhées sanglantes ;
- *Helicobacter pylori* impliqué dans l'étiologie (étude des causes des maladies) de l'ulcère et du cancer de l'estomac.

- des virus,

dont les plus connus sont le *virus poliomyélitique* et ceux des *hépatites A et E*.

Les virus ne peuvent se développer hors de cellules vivantes ; l'eau n'en est par conséquent qu'un véhicule. Leur présence dans le milieu extérieur ne s'explique que par une émission massive dans les selles et une grande résistance. Les sujets porteurs de *virus poliomyélitique* excrètent jusqu'à 10 millions de particules virales par gramme de selles. Celles-ci peuvent alors survivre des mois à pH neutre, à basse température, en présence de matières organiques et à l'humidité : sur le sol, 110 jours entre 18 et 21 degrés, 170 jours entre 3 et 10 degrés avec des variations liées aux périodes d'ensoleillement et à la dessiccation auxquelles elles sont particulièrement sensibles. Dans l'eau polluée, cette survie est plus longue que dans l'eau propre, et elle est également importante dans l'eau de mer. Il faut savoir également que dans les latrines à fond perdu leur survie peut être de plusieurs mois.

Le *virus de l'hépatite A* peut se maintenir plusieurs semaines dans le milieu extérieur car, à température moyenne, il présente une très grande résistance aux conditions physico chimiques du milieu. Sa transmission à l'homme est également possible par consommation de fruits de mer (palourdes, huîtres, moules, coques), sachant que ceux-ci filtrent jusqu'à 300 litres d'eau par jour et que le virus peut y rester présent pendant plusieurs semaines. Signalons aussi que la cuisson à la vapeur est insuffisante pour le détruire et que le lait pasteurisé n'est pas formellement à l'abri de contamination.

- des protozoaires

tels qu'*Entamoeba histolytica*, agent de l'amibiase, présent chez 10 % de la population du globe, avec 50 millions de cas cliniques (dysenterie, abcès du foie) et un taux de mortalité de 100 000 par an.

Autres protozoaires, les *Giardias* sont responsables de 4000 hospitalisations par an malgré un haut niveau de protections sanitaires.

Les *cryptosporidium*, dont la première contamination humaine fut décrite il y a 20 ans, sont responsables de diarrhées sans grande gravité chez les sujets normaux immuno compétents (ayant des défenses immunitaires) mais qui sont cataclysmiques (pertes hydriques quotidiennes allant jusqu'à 1,8 litres) pour les personnes atteintes de sida qui ont perdu leurs défenses immunitaires (immuno-dépresseurs).

Les *microsporidies* sont également responsables de diarrhées profuses souvent mortelles chez les sidéens.

- des vers intestinaux,

dont sont porteurs 1 milliard 400 millions de personnes, sont responsables de taux élevés de morbidité et de mortalité.

La circulation de tous ces agents pathogènes et leur transmission à l'homme n'est pas identique pour tous. On peut retenir 3 types de développement (cycle évolutif) que parcourent les uns et les autres.

Le cycle direct court



Il est le plus simple.

Les agents pathogènes présents dans le tube digestif des sujets infestés dénommés réservoirs de virus, sont éliminés dans le milieu extérieur avec les matières fécales, et ne subissent, dans cet environnement nouveau, aucun changement morphologique. Seules se multiplient les bactéries tandis que virus et protozoaires intestinaux n'entament aucun processus de reproduction.

L'homme se contamine essentiellement par voie orale. L'amibe dysentérique (*Entamoeba histolytica*) par exemple, est éliminée avec les matières fécales de l'homme sous forme de **kystes directement contaminants**. L'ingestion d'eau polluée par ces kystes ou d'aliments consommés crus, cultivés ou lavés par cette eau, constitue la forme la plus courante de contamination nouvelle. Les mains sales également peuvent véhiculer ces kystes jusqu'à la bouche, comme d'ailleurs aussi les mouches et les blattes ayant été en contact avec ces matières fécales. Dans les selles, les kystes peuvent rester infestants durant 5 à 15 jours selon l'état de déshydratation des matières. Ils survivent 5 minutes sur les mains et 45 minutes sous les ongles, 20 jours dans l'eau douce à +20 degrés bien que leur pouvoir infestant ne s'y conserve pas plus de 5 à 6 jours. Leur pouvoir de contamination se maintient 2 jours à 37 degrés et 6 jours entre 0 et 6 degrés, ce qui explique les contaminations possibles en pays tempérés.

La taille de ces kystes les empêche de franchir les différentes couches des filtres à sable et les filtres en porcelaine, mais aucun antiseptique utilisé habituellement pour la désinfection de l'eau ne les détruit. Le chlore ne parvient à les tuer qu'à des concentrations de 3mg/l pendant un temps de contact de 36 heures, et le permanganate, pour être efficace, nécessiterait des concentrations très fortes, de l'ordre de 1/250^{ème}. Seul le trempage des légumes dans une solution de Lugol à 200ppm (parties par million) est efficace, mais elle leur confère un goût désagréable et altère leur fraîcheur.

A ce cycle biologique, appartiennent également d'autres protozoaires : *Giardias*, *cryptosporidies*, *microsporidies*.

Le cycle direct long



Il concerne essentiellement un certain nombre de vers parasites du tube digestif de l'homme : *ascaris*, *trichocéphales*, *ankylostomes*, *anguillules*.

Ce cycle est proche du précédent mais s'en distingue par le fait que les œufs ou les larves de ces parasites n'ont pas encore atteint leur stade infestant lorsqu'ils sont rejetés à l'extérieur avec les selles. Leur pouvoir de contamination s'acquiert en un temps plus ou moins long selon les conditions du milieu.

Les œufs d'*ascaris*, rejetés avec les selles, atteignent leur stade infestant en 4 semaines, à une température de 20 degrés ou en 2 semaines à 30 degrés. La température la plus basse compatible avec leur développement est de 10 degrés et la plus haute de 40 degrés ; on comprend donc l'absence d'ascaridiasse autochtone dans les zones désertiques fortement ensoleillées.

Les œufs d'*ascaris* embryonnés c'est-à-dire contenant la larve infestante, sont très résistants.

Les œufs de *trichocéphales* s'embryonnent en 6 semaines dans les conditions les plus favorables de climat chaud et humide. La formation de l'embryon est plus lente dans les climats froids : 120 jours à 15 degrés.

La contamination de l'homme se fait par voie orale, en ingérant les œufs embryonnés d'*ascaris* ou de *trichocéphales* présents dans l'eau ou sur des fruits et légumes consommés crus.

Avec les *anguillules* et les *ankylostomes*, nous abordons un autre mode de contamination, la pénétration à travers la peau, de larves infestantes. Les sujets parasités par les *anguillules* rejettent dans leurs selles des larves qui atteignent leur pouvoir infestant en quelques jours de séjour dans l'eau si les conditions de température extérieure sont favorables. C'est en marchant pieds nus ou en se baignant en eau douce que l'homme se contamine.

Les *ankylostomes adultes*, présents dans le tube digestif de l'homme, pondent des œufs qui, rejetés avec les selles, vont se transformer en larves infestantes. La température la plus favorable est comprise entre 25 et 30 degrés. Au-dessous de 14 degrés et au-dessus de 35 degrés, le développement de l'œuf s'arrête.

Alors que les *anguillules* se développent dans l'eau sans support solide, les larves d'*ankylostomes* se trouvent essentiellement dans les boues humides et c'est en marchant pieds nus que l'homme se contamine.

Le cycle indirect



Contamination possible après passage par un hôte

Les parasites issus de l'hôte sous forme d'œufs ou de larves, n'atteignent leurs formes de contamination qu'après passage obligatoire par **un hôte intermédiaire** qui assure par simple transformation ou, pour certains parasites (douves, schistosomes) par l'addition d'un effet multiplicateur, la maturation des formes infestantes.

Certains de ces hôtes intermédiaires indispensables vivent en milieu aquatique :

- le *cyclops*, petit crustacé copépode d'eau douce dont la taille est inférieure au millimètre, est l'hôte intermédiaire de la filaire de Médine (ver de Guinée). Le ver adulte, qui mesure 55 à 80 cm de long, vit sous la peau de l'homme souvent aux membres inférieurs. Au contact de l'eau, ce ver perce la peau et lâche ses embryons qui sont avalés par des cyclops qui les transforment en larves infestantes. C'est en buvant de l'eau de mares contenant des cyclops infestés de larves que l'homme se contamine. Aussi, compte tenu de la taille des cyclops, il est théoriquement facile de se protéger de cette parasitose en filtrant l'eau à travers un tissu fin.

Depuis plusieurs années, l'OMS a développé un immense programme de lutte contre la filariose de Médine ou dracunculose par l'effet conjugué de mise à disposition des populations des zones d'endémie, de filtres à mailles fines et de campagnes de destruction des crustacés dans les eaux où ils sont présents, avec un espoir d'éradication avant la fin du siècle.

- Les *bilharzioses* sont parmi les endémies parasitaires majeures qui affectent le continent africain : 200 millions de personnes sont infestées, 20 millions ont des formes cliniques sévères tandis que 120 millions sont asymptomatiques. Elles sont totalement inféodées à l'eau où vivent les mollusques hôtes intermédiaires, indispensables à l'accomplissement du cycle évolutif des schistosomes qui sont responsables de ces verminoses. Les vers adultes, présents dans l'organisme de l'homme, pondent des œufs qui sont rejetés à l'extérieur par les urines (bilharziose urinaire) ou par les selles (bilharzioses intestinales). Ces œufs éclosent dans l'eau douce et libèrent un embryon qui pénètre chez un mollusque aquatique spécifique. Chez lui, l'embryon se transforme et se multiplie, donnant naissance, au terme de ce développement, à des milliers de cercaires qui s'échappent du mollusque et nagent dans l'eau. Elles pénètrent à travers la peau de tout homme entrant en contact avec cette eau contaminée.

Il est encore difficile de lutter contre les bilharzioses et dans certaines régions, en l'absence de concertation préalable avec des épidémiologistes confirmés en malacologie (science des mollusques), des travaux d'irrigation se sont soldés par une extension préjudiciable des bilharzioses.

■ L'eau peut être aussi le lieu de reproduction d'insectes vecteurs de maladies transmissibles

Les **moustiques** peuvent être vecteurs de maladies **parasitaires** ou **virales**.

On distingue 3 groupes principaux de moustiques :

- les *aèdes* ou *stegomyas*, principaux vecteurs de la fièvre jaune en Afrique et d'autres arboviroses responsables de fièvres hémorragiques, comme la dengue. 2 à 2,5 milliards de personnes sont exposées à la dengue, y compris celles qui vivent dans des pays où n'existent que des vecteurs potentiels. On évalue à 60 à 80 millions les cas annuels de sujets infestés et à 30 000 le nombre de décès.

- les *culex*, vecteurs de viroses et en Afrique de l'Est, de filariose lymphatique.

- les *anophèles*, les seuls moustiques capables de transmettre le *Plasmodium falciparum*, protozoaire responsable du paludisme. Certaines espèces d'anophèles sont également vectrices de *filaires lymphatiques*.

- le *paludisme* vient en tête de la pathologie mondiale. C'est un des plus sérieux problèmes de santé en Afrique au sud du Sahara. On estime à plus de 100 millions le nombre de sujets atteints en 1995 et à 2,1 millions le nombre de morts dont 1 million d'enfants de moins de 5 ans.

Cette maladie est provoquée par le plasmodium dont il existe 4 espèces, le *Plasmodium falciparum* étant le plus redoutable. Le plasmodium est injecté à l'homme par l'anophèle femelle qui a besoin de sang, d'eau et de chaleur pour son existence et sa reproduction.

L'insecte, par sa piqûre, transmet le paludisme de l'homme malade à l'homme sain. Le moustique s'infeste donc en piquant un sujet malade. Le plasmodium va se transformer et se concentrer dans les glandes salivaires du moustique qui, à l'occasion d'un nouveau repas, le réinjecte à l'homme.

La biologie des moustiques est complexe, variable d'une espèce à l'autre, d'une zone géographique à l'autre. Quelques aspects du mode de vie des moustiques sont présentés dans la fiche 8, à la fin de ce manuel.

Un autre insecte ailé, la *simulie*, est vectrice d'une redoutable endémie parasitaire. l'onchocercose. 40 millions de personnes, en Afrique surtout et dans quelques régions d'Amérique tropicale, sont infestés ; 10 millions d'entre elles présentent des lésions oculaires dont 1 million sont des aveugles définitifs.

L'homme héberge les filaires adultes qui pondent des embryons ou microfilaires qui s'accumulent dans les régions découvertes de la peau où elles sont prélevées par les similies femelles qui les transforment en larves infestantes qu'elles inoculeront à d'autres hommes par piqûre à l'occasion d'un nouveau repas de sang.

La durée moyenne d'évolution chez l'insecte est de 7 jours, mais peut être plus longue si la température est inférieure à 15 degrés. A des températures trop basses, ce cycle ne peut s'accomplir.

En piquant l'homme, la simulie rejette des larves infestantes qui traversent la peau et deviennent adultes en 3 à 10 mois.

La biologie et certains comportements des similies sont également présentées dans la fiche 9, à la fin de ce manuel.

En résumé, l'eau, indispensable à la vie de l'homme, peut être aussi pour lui source de douleur, de misère et de mort.

Il lui faut boire quotidiennement et il existe un seuil quantitatif au-dessous duquel il n'est plus de vie possible.

Mais une eau de qualité lui est non moins nécessaire, c'est ce que l'on nomme eau potable.

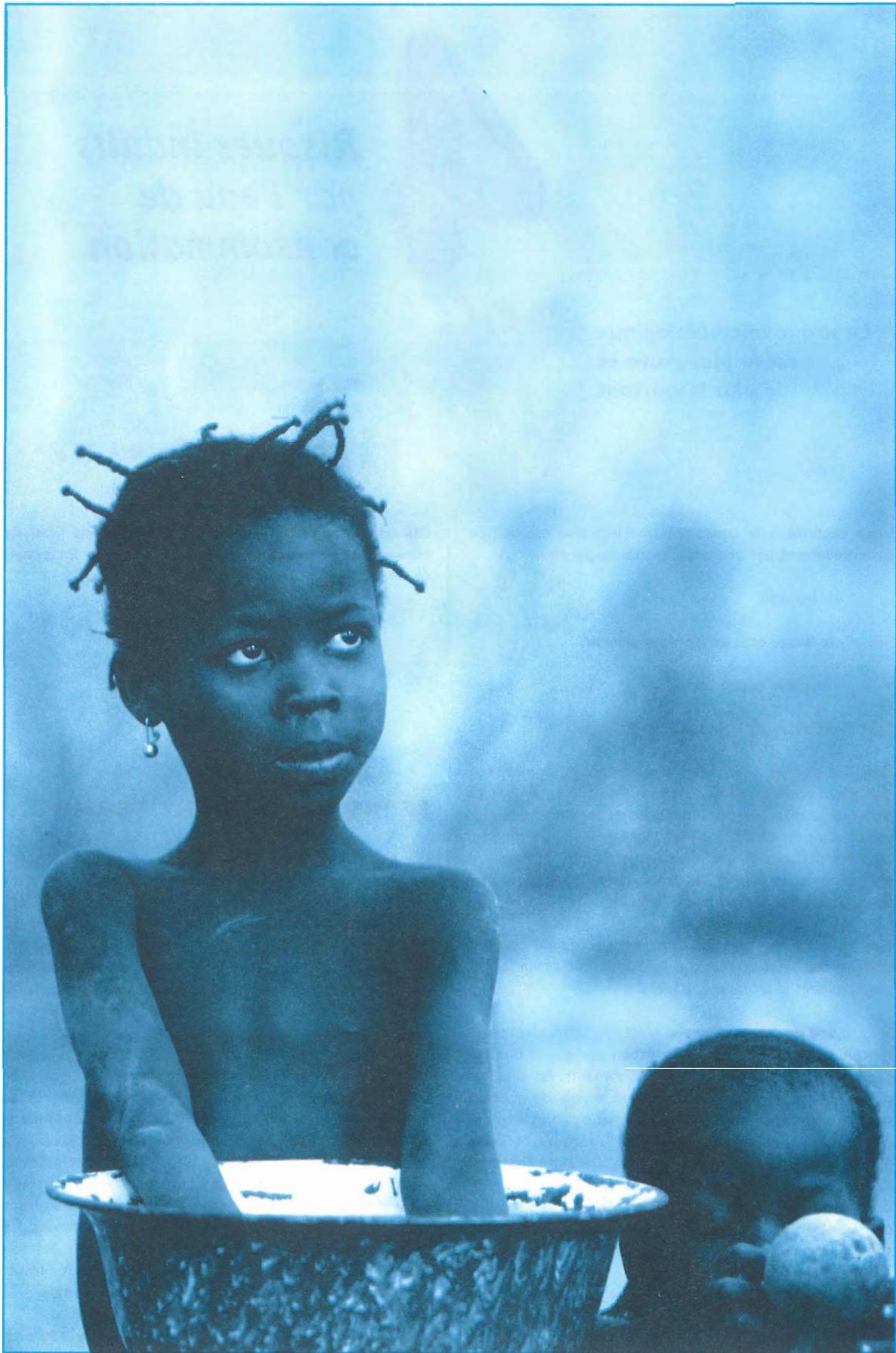
L'eau douce disponible sur la terre est bien loin de répondre partout aux exigences sanitaires fondamentales, et l'on peut juger du niveau de développement d'un pays à la qualité de l'eau consommée par ses habitants et à la maîtrise de l'hygiène de son environnement.

Une multitude d'agents pathogènes, en effet, sont susceptibles d'être véhiculés par l'eau souillée par les excréta humains et animaux, de sorte que l'on ne peut prétendre parvenir à une eau de consommation sans risque, en ignorant les nécessaires et impératives mesures d'accompagnement que sont la neutralisation des excréta et l'hygiène du milieu. Car les eaux de surface sont aussi le lieu de reproduction d'arthropodes vecteurs de maladies graves comme le paludisme transmis par piqûre de moustiques (anophèles), ou l'habitat d'invertébrés comme certains mollusques, hôtes intermédiaires incontournables de la chaîne de transmission des bilharzioses.

Toute personne voyageant dans les pays en développement devrait être conscient du problème grave qui se pose aux populations de ces pays dépourvus, pour la plupart, d'un approvisionnement en eau correct ou suffisant. Cette prise de conscience pourrait être appuyée par un bref document distribué dans les aéroports ou aux frontières, qui évoquerait les problèmes graves liés à une eau rare ou défectueuse et qui demanderait à chacun d'éviter le gaspillage de la ressource.

Les pays industrialisés, quant à eux, ne sont pas à l'abri de graves problèmes liés à une augmentation des produits toxiques dans l'eau de consommation : déchets radioactifs, pesticides, produits chimiques, sont de plus en plus fréquemment déversés dans le milieu extérieur, souvent subrepticement, avec l'arrogance impitoyable que confère le pouvoir économique et financier. On constate, en France en particulier, une dégradation des eaux souterraines qui se chargent progressivement en polluants chimiques notamment en nitrates.

La quantité d'eau disponible sur la terre demeure constante, alors que la population atteindra 8 milliards à la fin du millénaire ; il faudra bien parvenir à la mondialisation d'une indispensable solidarité.



4

Risques induits par l'eau de consommation

**Le risque microbiologique
est le plus grave et
le plus important**

L'eau destinée à la consommation humaine est utilisée essentiellement par ordre d'importance pour :

- la boisson
- le lavage et la cuisson des aliments
- l'hygiène corporelle
- le lavage de la vaisselle et du linge.

Dans les pays en voie de développement, la consommation d'eau destinée à l'alimentation est estimée à 10 litres par jour et par personne dans les zones rurales. Cette valeur, dans les estimations les plus larges, peut atteindre 20 litres par jour et par habitant (la quantité consommée en France est estimée à 150 litres / jour / habitant et aux États Unis à 630 litres / jour / habitant).

Une quantité de 10 à 20 litres permet de prendre en compte les deux premiers usages qui sont essentiels et partiellement le troisième usage.

Si l'eau utilisée pour la boisson n'est pas saine, elle représente un danger direct lié à l'ingestion de l'eau et un danger indirect lié à la préparation des aliments. En effet, les préparations culinaires peuvent jouer le rôle de bouillon de culture et favoriser le développement parfois explosif de micro-organismes présents dans l'eau dont certains, pathogènes, peuvent atteindre la dose infectante (quantité de micro-organismes qui conduit à une maladie). C'est ainsi qu'apparaissent les intoxications alimentaires qui sont plus ou moins graves suivant les germes qui se sont développés. Ces deux dangers peuvent donc être traités ensemble.

Les risques sanitaires induits par l'ingestion de l'eau de consommation peuvent être classés selon leur importance en :

1. risque à court terme
2. risque à moyen terme
3. risque à long terme

LE RISQUE À COURT TERME

C'est le risque le plus grave qu'il faut absolument éviter sur toutes les installations hydrauliques puisqu'il suffit d'un seul verre d'eau pour qu'un sujet sain soit atteint. C'est essentiellement un risque microbiologique concernant les germes pathogènes qui peuvent être des bactéries, des virus ou des parasites qui se trouvent dans l'eau qui a eu un contact avec des matières fécales de sujets malades ou de porteurs sains. Ce risque est donc lié à ce qu'il est d'usage d'appeler le péril fécal.

Les méthodes qui permettraient d'isoler et de dénombrer les germes pathogènes sont techniquement longues et complexes en raison de la présence irrégulière des micro-organismes pathogènes, de leur grande diversité, du long délai d'obtention des résultats d'analyse et donc du coût élevé de telles recherches. En conséquence, on a cherché à identifier des germes non pathogènes, le plus souvent des bactéries, présents en grande quantité (1 milliard / g par exemple) dans les déjections de l'homme et des animaux à sang chaud, qui soient moins fragiles, plus facilement et rapidement isolés et détectés par une analyse.

Ces germes, dont la présence ne constitue pas un risque en soi pour la santé des utilisateurs de l'eau, témoignent d'un contact avec des matières fécales : ce sont des indicateurs.



10 - Le risque à court terme : un seul verre d'eau et un sujet sain peut être contaminé



Appelés aussi germes-tests, ils signalent la présence éventuelle d'organismes pathogènes qui seront obligatoirement présents auprès des germes non pathogènes (les indicateurs) dans des zones infestées ou en période d'épidémie, mais à des concentrations 100 fois moindres. Aussi, l'analyse bactériologique doit-elle être toujours complétée par des informations concernant la santé des populations, les épisodes diarrhéiques, les épidémies. Le but véritable de l'hygiéniste sur le terrain ne sera donc pas de déceler la présence effective de bactéries pathogènes mais de définir les circonstances qui rendent cette présence possible.

L'importance accordée au choix des indicateurs est fondamentale et très vite il s'est avéré qu'il fallait sélectionner plusieurs catégories d'indicateurs.

Tout d'abord, il fallait que les micro-organismes indicateurs aient les mêmes comportements dans le milieu naturel que les germes pathogènes et qu'ils permettent donc d'évaluer le pouvoir filtrant du sol. En l'absence de micro-organismes indicateurs, on peut conclure que l'aquifère est bien protégé des contaminations d'origine fécale et que la filtration par le sol a été satisfaisante. En présence des micro-organismes indicateurs, on en déduit que l'aquifère peut être contaminé par des micro-organismes pathogènes puisque la filtration est insuffisante ou que la protection de la ressource n'est pas assurée.

Ensuite, il fallait que les micro-organismes indicateurs aient une résistance plus grande que les germes pathogènes aux traitements physico-chimiques (filtration, désinfection). L'élimination des germes-tests à la suite d'un traitement devra permettre de conclure que les germes pathogènes éventuellement présents auront bien été supprimés. La présence des germes-tests après traitement signifiera que le traitement a été inefficace ou insuffisant.

C'est ainsi qu'on a défini deux catégories d'indicateurs : les indicateurs de contamination et les indicateurs d'efficacité de traitement.

Les indicateurs de contamination fécale

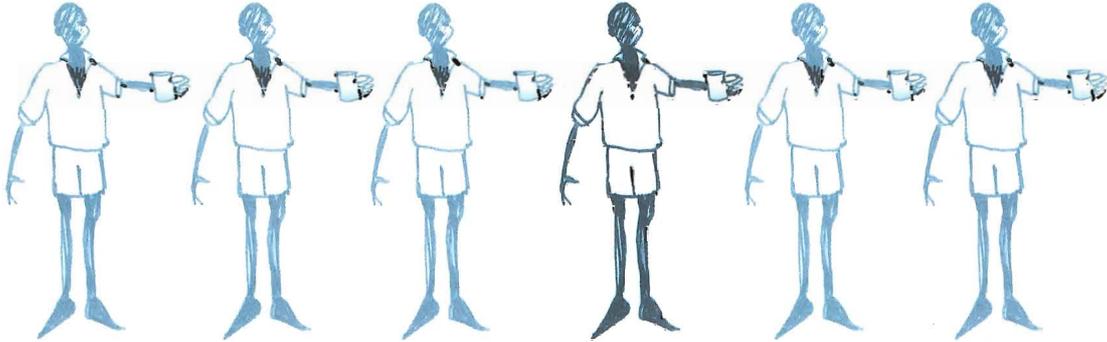
Ce sont les coliformes fécaux ou thermotolérants. Ces coliformes fécaux appelés aussi thermotolérants sont capables de se développer à 44,5°C, alors que les autres coliformes que l'on trouve dans les milieux naturels ne peuvent pas se développer à ces températures élevées. *Escherichia coli* (*E. coli*) est la principale bactérie représentative de ces coliformes fécaux. Elle représente 90 à 95 % des coliformes fécaux présents dans les déjections animales et humaines.

Les indicateurs d'efficacité de traitement

Les procédés de traitement sont de deux types : les uns physico-chimiques ou physiques (sédimentation, filtration avec ou sans coagulation) visent à éliminer les micro-organismes mécaniquement ; la similitude de taille et d'absorption déterminera le choix des germes témoins. Les autres utilisent des agents désinfectants (chlore et dérivés, rayons ultra-violet) qui détruisent ou inactivent les micro-organismes pathogènes. Le germe témoin devra dans ce cas présenter pour le moins la même sensibilité que le pathogène, un germe plus résistant sera un meilleur témoin. Les diverses bactéries coliformes non fécales présentent une sensibilité proche des principaux germes pathogènes.

D'autres indicateurs, les streptocoques fécaux, sont nettement plus résistants à l'action des désinfectants, notamment le chlore, que certains germes pathogènes (*salmonella*, *shigella*). D'autres encore, les *clostridium sulfitoréducteurs* qui sont des spores de bactéries, sont très résistants aux agents extérieurs. Leur recherche s'effectue surtout pour vérifier l'efficacité des traitements physico-chimiques et plus spécialement de la filtration.

*II - Risque à moyen terme :
consommation régulière d'une
eau défectueuse pendant des
périodes de l'ordre de deux
semaines à une année*



Pour les eaux non traitées, la recherche des coliformes thermotolérants est essentielle et suffisante pour s'assurer de la protection de la ressource.

Pour les eaux traitées, la recherche seule des coliformes fécaux n'est pas suffisante, il faut également rechercher les indicateurs d'efficacité de traitement pour s'assurer de la potabilité de l'eau (traitements physiques et traitements chimiques).

Les recommandations de l'OMS pour évaluer ce risque par analyse bactériologique sont présentées dans la fiche I5 en fin de manuel.

En ce qui concerne le danger à court terme indirect, qui consiste à préparer des aliments à partir d'une eau contaminée, c'est le facteur d'amplification qui est à prendre en compte, notamment par l'effet milieu de culture de nombreuses préparations alimentaires. Ces proliférations peuvent en plus de l'effet pathogène conduire à un risque chimique à moyen terme, en raison de la formation de nitrite à partir de la réduction des nitrates pour les eaux qui en sont riches. Ce problème sera abordé dans le chapitre sur les risques à moyen terme.

Enfin, le risque chimique à court terme nécessite des concentrations élevées induisant une toxicité aiguë. Les cas signalés sont peu fréquents et ne sont pas pris en compte dans le cadre de ce document.

LE RISQUE À MOYEN TERME

Ce risque correspond à la consommation régulière d'une eau défectueuse pendant des périodes de l'ordre de deux semaines à une année.

Ce risque peut être d'ordre microbiologique car, ainsi qu'il a été vu dans le risque à court terme, l'analyse bactériologique de l'eau met en évidence et dénombre des germes-tests et non pas les germes pathogènes eux-mêmes, qui sont moins nombreux. Donc, la consommation régulière d'une eau contaminée augmente la probabilité d'être en contact avec des pathogènes et d'atteindre la dose infectante.

Mis à part ce point, le risque à moyen terme concerne plus spécialement des paramètres chimiques qui sont essentiellement au nombre de trois :

- les nitrites
- les nitrates
- le fluor

Les nitrites - les nitrates

Les nitrites sont des oxydes instables du cycle de l'azote qui ont soit des propriétés oxydantes, soit des propriétés réductrices. Ingérés, ils peuvent avoir une action sur l'hémoglobine car ils peuvent bloquer les systèmes d'échange de l'oxygène des poumons vers les cellules. Cela peut conduire à une asphyxie interne : nitrosométhémoglobinémie ou cyanose.

Les eaux peuvent contenir des nitrites mais, comme signalé plus haut, les nitrites peuvent avoir une origine indirecte provenant de la nourriture préparée à partir d'une eau très riche en bactéries se multipliant rapidement lorsqu'elles se trouvent placées dans un milieu favorable.

*12 - Risque à long terme :
consommation régulière pendant
toute une vie d'une eau chargée
d'éléments qui peuvent s'accumuler
dans l'organisme*



Les nitrates ne sont pas en eux-mêmes dangereux à faible dose pour la santé, mais c'est leur transformation en nitrites dans l'organisme qui présente un risque potentiel toxique.

Les normes en vigueur considèrent que la quantité de nitrite dans l'eau ne devrait pas dépasser 3 mg/l. Mais dans certaines conditions, les nitrates peuvent conduire par réduction à la formation de nitrites. Les concentrations des deux paramètres sont donc à prendre en compte ensemble. Si la seule source de nitrites vient des nitrates, alors la norme nitrate est de 50 mg/l. Il est évident que si la norme nitrate est de 50 mg/l, la norme nitrite doit être inférieure à 0,1 mg/l, c'est-à-dire en fait absence de nitrites. D'où les recommandations de l'OMS pour les nitrates et les nitrites.

La réduction des nitrates s'effectue surtout quand le pH au niveau de l'estomac est neutre. Ce n'est pas le cas des adultes, mais le cas des nourrissons. C'est la raison pour laquelle la consommation d'eau contenant plus de 50 mg/l est à proscrire pour l'alimentation des nourrissons de moins de 6 mois. Par contre, si la production de nitrite à une origine indirecte (préparation culinaire ou eau très riche en bactéries) ce risque existe, y compris pour les adultes.

Le fluor

Le fluor n'existe pas à l'état libre dans la nature mais sous forme de sels dissous en association avec d'autres éléments (fluorure de calcium, de sodium, d'aluminium).

Une carence ou un excès de fluor provoque des inconvénients alors que des doses modérées sont bénéfiques pour la santé : prévention des caries dentaires. Les fluorures ingérés avec l'eau sont absorbés presque en totalité et se répartissent rapidement dans l'organisme,

essentiellement au niveau des os et des dents : en cas d'excès, l'ion fluor fixe l'ion calcium, ce qui par ailleurs entraîne une hypocalcémie.

La transformation de l'apatite en fluoro-apatite conduit à des taches jaunâtres sur l'émail et à la fragilisation des dents, de même au niveau osseux, la fluorose osseuse est responsable des douleurs osseuses et articulaires accompagnées de déformations.

Comme dans la ration alimentaire, l'eau peut contribuer jusqu'à 50 % de l'apport en fluorure, en zone chaude, la teneur en fluor dans les eaux ne devrait pas dépasser 0,7 mg/l alors qu'en zone tempérée, la teneur à ne pas dépasser est de 1,5 mg/l. (On considère que la consommation journalière d'eau est deux fois plus importante en pays chauds).

Ces deux risques à court terme et à moyen terme sont les plus importants à prendre en compte.

LE RISQUE À LONG TERME

Ce risque correspond à la consommation régulière pendant toute une vie d'une eau chargée d'éléments qui peuvent s'accumuler dans l'organisme. Les modèles de l'OMS prennent en compte la consommation de 2 litres / jour pendant 70 ans. Dans ce cadre là, les éléments concernés ne peuvent être que chimiques : ce sont essentiellement des éléments qui, soit peuvent s'accumuler dans l'organisme et atteindre le seuil d'effet toxique pour l'homme, soit sont à l'origine de cancers. Ce sont soit des éléments minéraux : mercure Hg, cadmium Cd, antimoine Sb, arsenic As, sélénium Se, plomb Pb, chrome Cr, nickel Ni ; soit des composés organiques : résidus de pesticides, hydrocarbures, phénols...

L'OMS édite régulièrement des recommandations concernant ces paramètres. La dernière version de ces recommandations a été publiée en février 1994.

Dans le cas d'eaux souterraines en zone rurale, l'origine de ces éléments est naturelle et correspond au contexte géologique du milieu qu'il faut connaître avant de démarrer l'équipement des ouvrages.

Enfin, un dernier point est à signaler concernant les risques liés aux traitements de désinfection de l'eau qui pourraient entraîner la formation de produits secondaires présentant un risque à long terme (cet aspect sera repris dans le chapitre "traitement de l'eau"). En aucun cas, ce risque à long terme ne devra être pris en compte s'il induit une diminution de la protection vis à vis du risque microbiologique. Des expériences malheureuses sont à déplorer dans des lieux où cette précaution n'a pas été observée, notamment au Pérou où la protection vis-à-vis du risque à long terme dû aux trihalométhanes a conduit à réduire l'efficacité de désinfection. Cela s'est traduit par une épidémie de choléra.

LE RISQUE LIÉ À LA PRÉSENCE DE SUBSTANCES INDÉSIRABLES DANS L'EAU

Un dernier risque est à prendre en compte ; ce risque, sans danger direct pour la santé des populations, induit des désagréments (goût, couleur) qui peuvent entraîner le détournement de l'utilisateur vers une eau de plus mauvaise qualité.

Les substances qui entrent dans cette catégorie sont le fer, le manganèse, les chlorures.

Le fer

Il entraîne, à des concentrations supérieures à 0,2 mg/l, des effets indirects gênants pour le consommateur : prolifération de bactéries (ferrobactéries), eaux de couleur rouge, goût métallique, réduction du débit dû à la formation de dépôt dans les tuyauteries.

Le manganèse

Comme le fer, le manganèse, à des concentrations supérieures à 0,15 mg/l, entraîne des effets indirects gênants pour l'usager : prolifération de micro-organismes avec formation de débris noirâtres sur les canalisations, eau colorée noirâtre, goût métallique, réduction du débit de l'eau.

Les chlorures

Des concentrations élevées de chlorure nuisent au goût de l'eau en lui conférant une saveur salée à partir de 250 mg/l surtout lorsqu'il s'agit de chlorure de sodium.

Tous les pays n'ont pas la même réglementation en ce qui concerne la valeur des teneurs des différents éléments pris en compte. Par exemple, en Europe, la teneur en atrazine qui est un puissant désherbant, utilisé essentiellement pour le maïs, est limitée dans l'eau potable à 0,1 µg/l ce qui suppose une réglementation stricte de l'utilisation de ce produit et de toutes les substances voisines ; aux Etats Unis, la valeur limite est de 3 µg/l, cette valeur vient d'être fixée à 15 µg/l en Australie. Cette valeur de 0,1 µg/l en Europe a été généralisée à tous les pesticides.

Dans le cadre de la gestion de la qualité de l'eau en zone rurale, compte tenu des différents risques et notamment du risque à court terme, il paraît évident que des priorités sont à respecter :

1. Rechercher de préférence des ressources naturellement potables et naturellement protégées (eaux profondes exploitées par des forages ou des sources bien aménagées).
2. Lorsque ces ressources existent, mettre en place des systèmes de protection passive pour que ces ressources restent non contaminées (périmètres de protection, réglementation des activités de surface).
3. Simultanément, sensibiliser les populations pour que le transport et le stockage de l'eau à domicile ne conduisent pas à une contamination microbiologique de l'eau.
4. Si de telles ressources n'existent pas, mettre en place des traitements de l'eau passifs où l'erreur humaine est la plus faible possible (filtration sur sable).
5. Si ces traitements ne sont pas possibles, mettre en œuvre des traitements actifs de l'eau (chloration) pour lesquels la formation du personnel en charge de ces traitements est primordiale.

Quelle que soit la solution adoptée, la sensibilisation des populations reste des plus importantes en vue de réduire les risques de contamination de l'eau durant son transport et son stockage à domicile.



Equipe de terrain au Bénin

5

La protection de la ressource

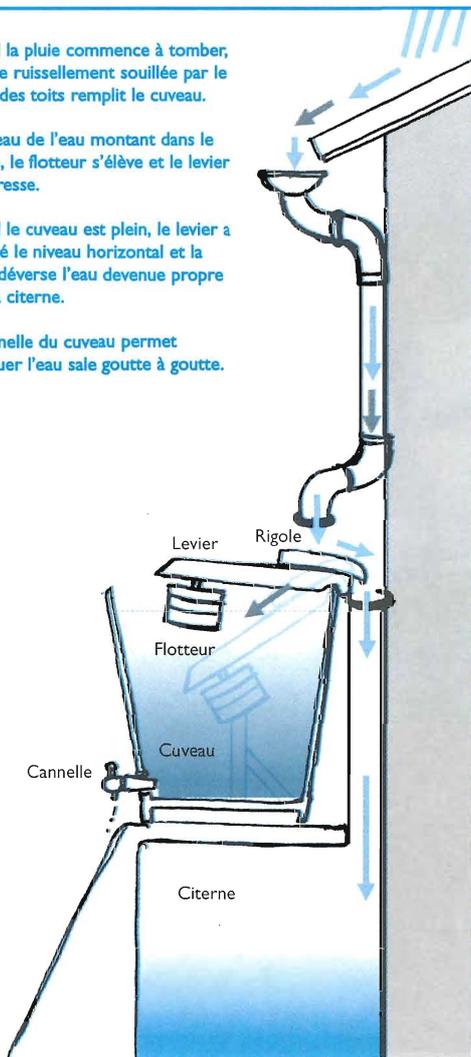
L'aménagement des différentes catégories d'ouvrage

Quand la pluie commence à tomber, l'eau de ruissellement souillée par le lavage des toits remplit le cuveau.

Le niveau de l'eau montant dans le cuveau, le flotteur s'élève et le levier se redresse.

Quand le cuveau est plein, le levier a dépassé le niveau horizontal et la rigole déverse l'eau devenue propre dans la citerne.

La cannelle du cuveau permet d'évacuer l'eau sale goutte à goutte.



13 - Exemple d'un système séparateur de récupération de l'eau de pluie

Protéger la ressource, c'est mettre en œuvre des mesures qui évitent de contaminer l'eau lors de son exploitation et de son utilisation

COLLECTE DES EAUX DE PLUIE

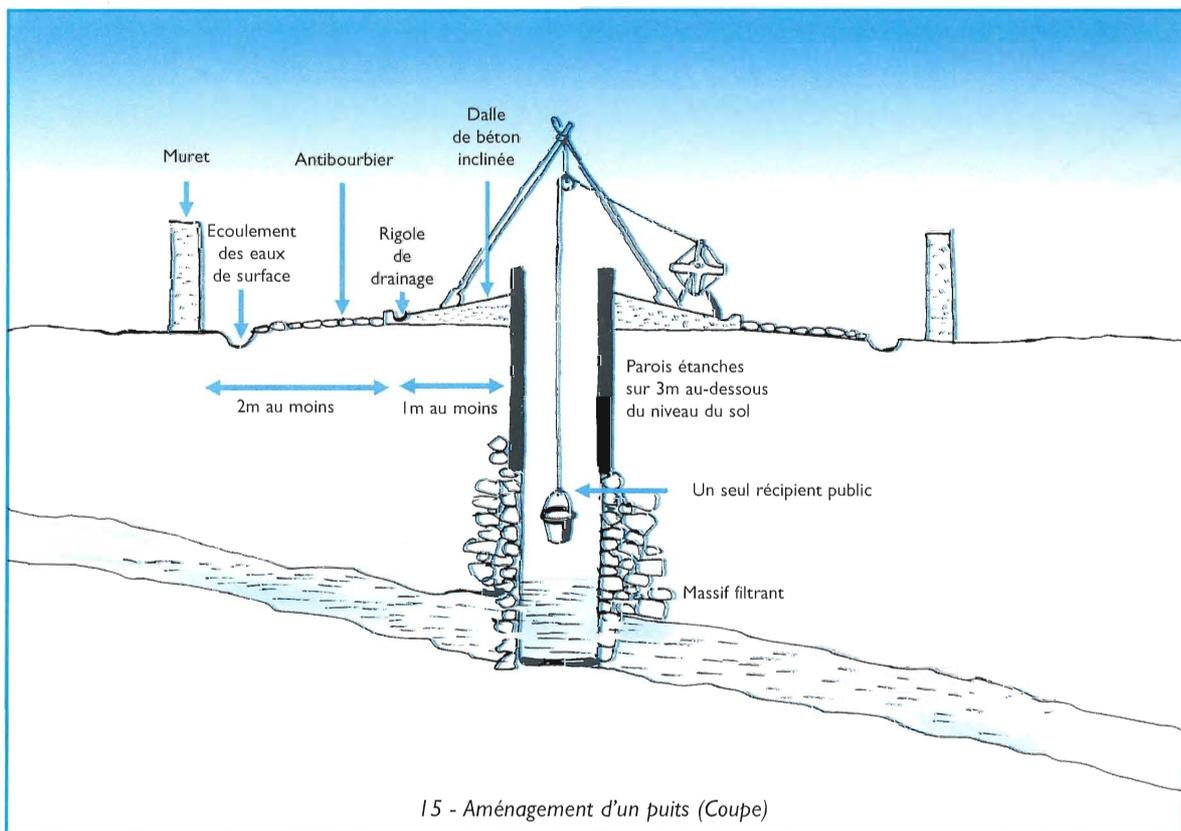
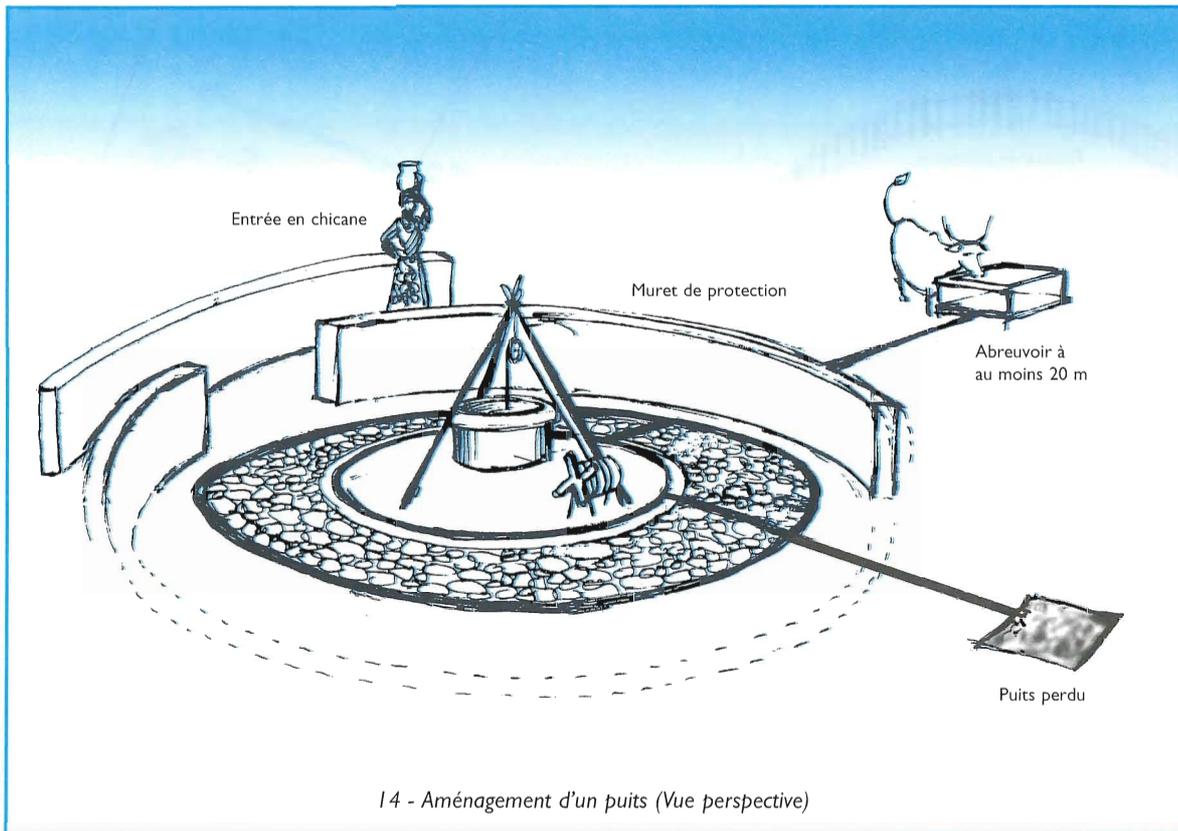
Les eaux de pluie correctement collectées peuvent être une source provisoire ou complémentaire d'alimentation en eau. En effet, en zone rurale, ces eaux ne contiennent pas de gaz dus à la pollution, cependant, étant faiblement minéralisées, elles ne doivent pas être stockées dans des récipients métalliques et leur potabilité dépend des précautions prises pour les récupérer et les stocker. Il est impératif que les premières eaux soient éliminées et que le réservoir ou la citerne soient brossés à l'eau chlorée à 20 ppm une fois par an avant la période des pluies (hiver-nage).

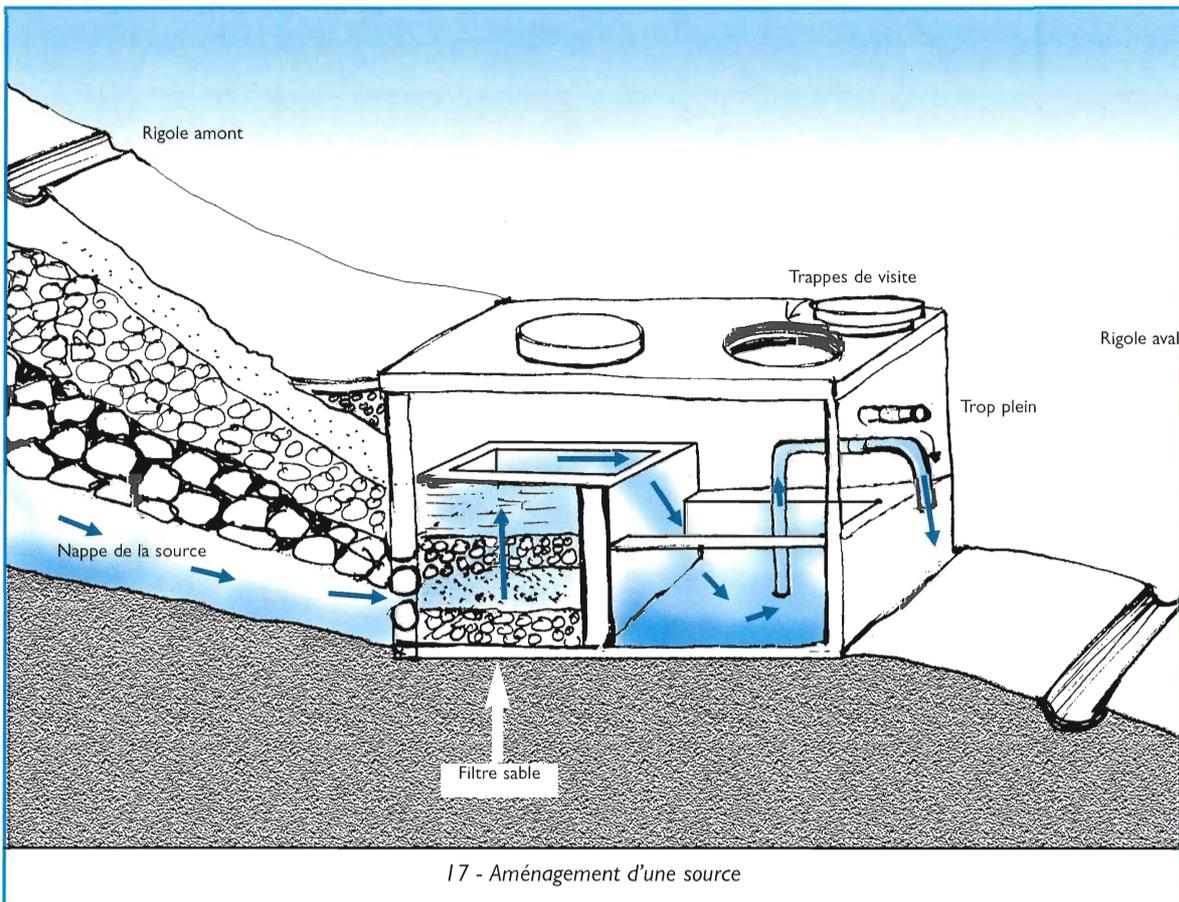
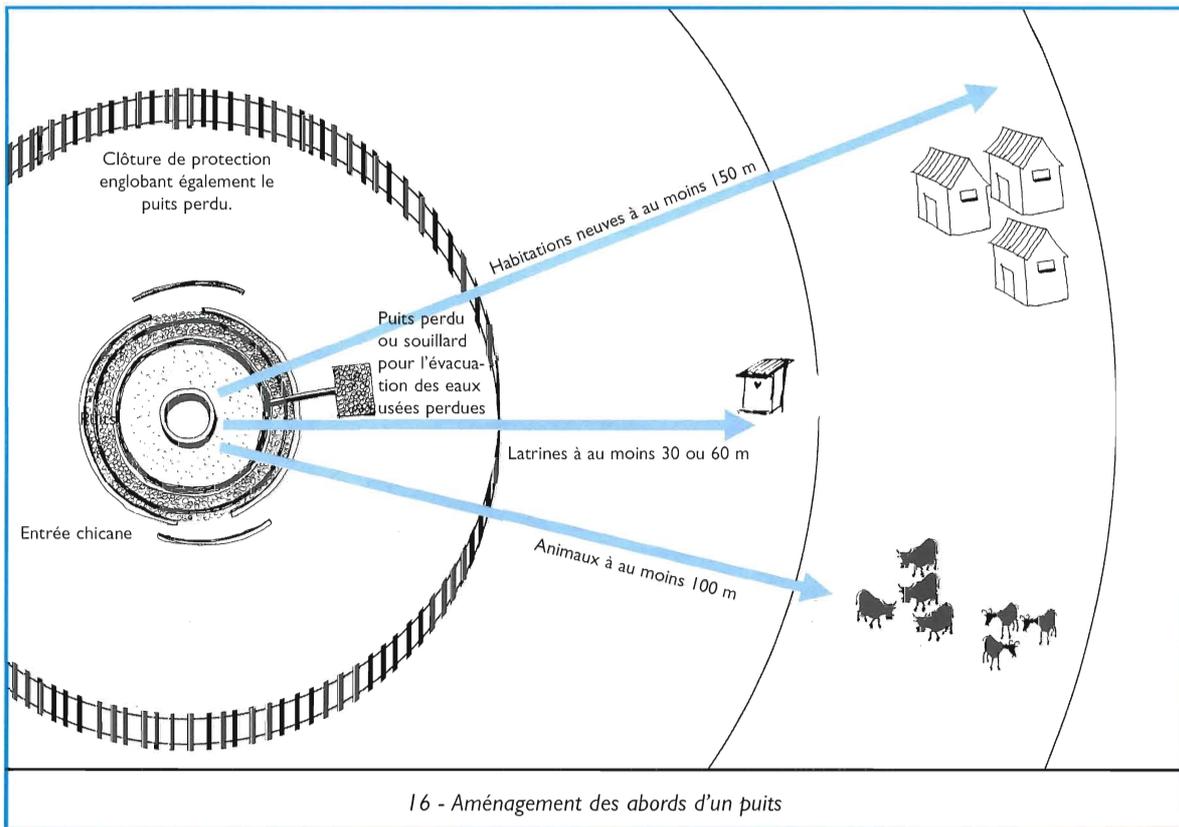
UTILISATION DES EAUX DE SURFACE

Si on envisage d'utiliser des eaux superficielles (rivières, fleuves, marigots, barrages) pour alimenter des populations, les berges du bassin versant doivent être protégées contre les pollutions accidentelles et chroniques.

Les eaux de surface nécessitent un traitement en plusieurs étapes (filtration, chloration) pour être utilisées pour la boisson et les usages domestiques.

Les traitements envisageables en milieu rural sont décrits dans le chapitre 6.





LES EAUX SOUTERRAINES

Les aquifères peu profonds (de 3 à 10m) sont exploités traditionnellement par des puits (puisards, séanes, boulis...), des sources, des puits foncés et plus récemment par des puits busés.

Ces ouvrages qui sont en contact direct avec les éléments souillés de surface, ne peuvent pas assurer la potabilité de l'eau et donc doivent être réservés à l'abreuvement du bétail. Si ces ouvrages sont utilisés pour l'eau de boisson, ils nécessitent comme les eaux de surface un traitement difficile à mettre en œuvre régulièrement dans un contexte rural ou semi-rural.

Avec un recul de presque 20 ans dans le domaine de l'approvisionnement en eau dans les pays en développement, il apparaît comme essentiel, chaque fois que cela est possible, de prévoir des ouvrages délivrant de l'eau pour la consommation humaine différents de ceux où le bétail et les animaux viennent s'abreuver, ceci dans le but d'éviter tous déchets animaux autour du point d'eau aménagé pour l'approvisionnement des populations.

La plupart des projets hydrauliques pour l'alimentation des populations sont tenus, dans leur terme de référence, de réaliser des abreuvoirs qu'ils exécutent à proximité des points d'eau modernes qu'ils réalisent. Ceci représente plusieurs inconvénients : le point d'eau moderne (forage essentiellement) sera rapidement abîmé par les animaux, l'abreuvoir deviendra un gîte larvaire et donc une source de maladies et surtout la population recevra mal les messages concernant l'éloignement des animaux et les risques pour l'eau de boisson.

Or dans toutes les zones d'aménagement de nouveaux points d'eau, il existe des puits traditionnels ou busés qui peuvent être recensés et réhabilités pour que le débit soit correct : ils pourraient être équipés d'abreuvoirs et les nouveaux points d'eau, les points d'eau modernes, seraient réservés exclusivement à l'approvisionnement en eau des populations. Les messages concernant l'éloignement des déchets animaux seraient ainsi plus facilement compréhensibles par les populations.

Les aquifères profonds, supérieurs à 10m, sont captés par des ouvrages, puits, forages ou sources, conçus et exécutés en évitant tout contact entre l'eau de consommation et les déchets qui sont à la surface du sol (il s'agit alors de puits couverts, fermés équipés de pompes à main identiques aux forages).

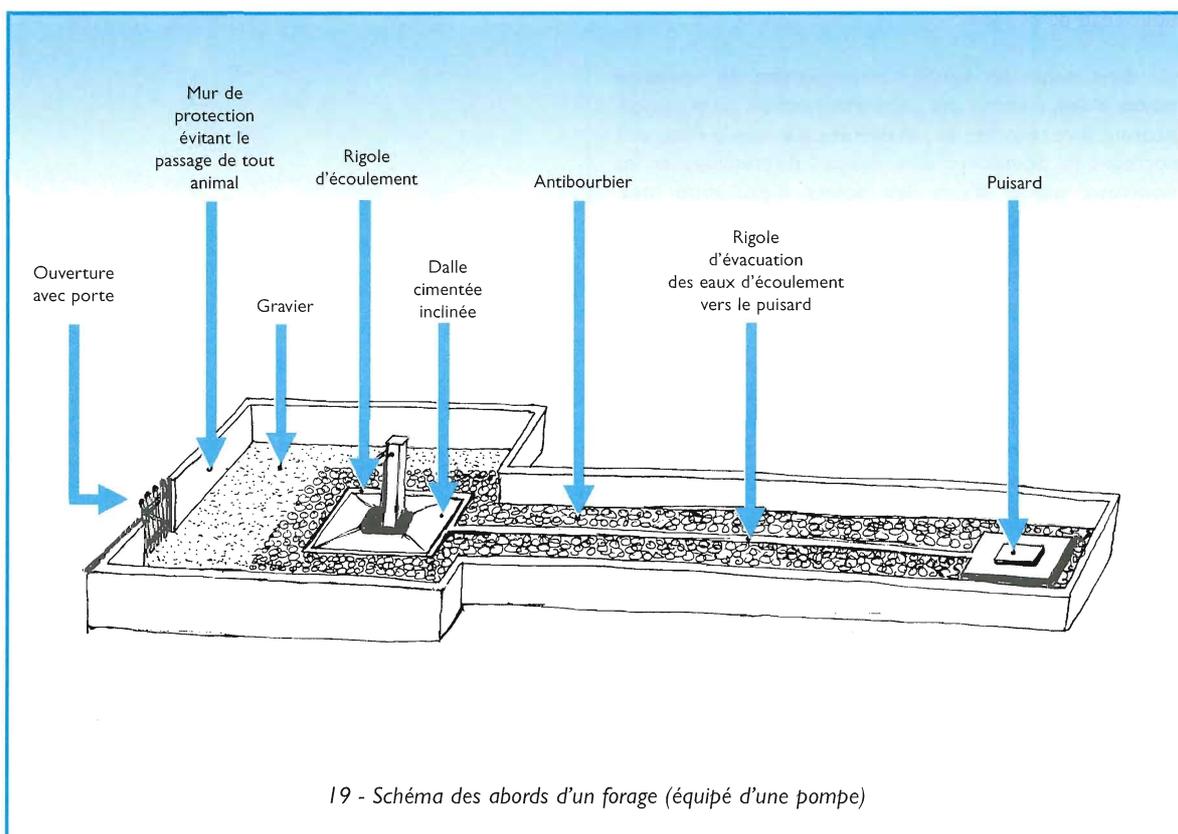
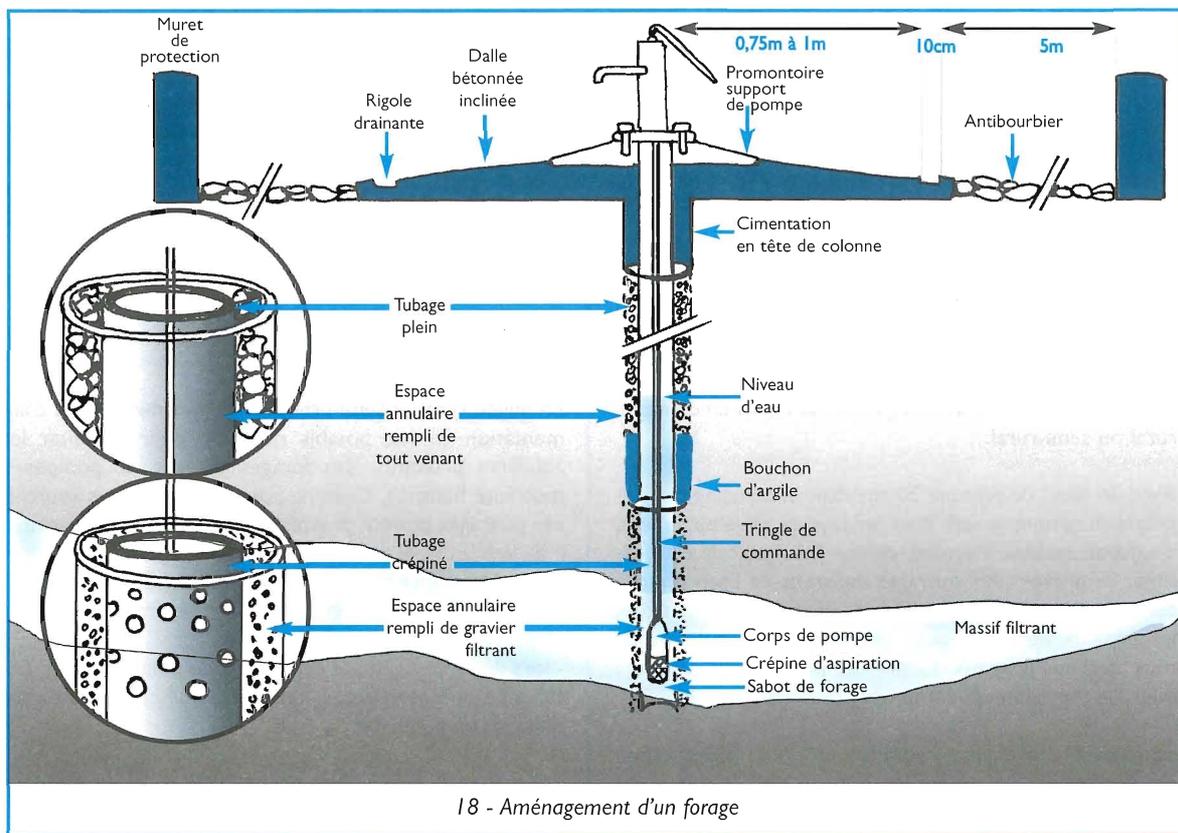
Si les puits ne sont pas couverts, ils nécessitent une plus grande rigueur au niveau de la réalisation de l'ouvrage et des structures de protection et la mise en œuvre de mesures d'assainissement du milieu très strictes : latrines à fosse cimentée à l'amont du puits, à une distance de 30 à 60 m selon la perméabilité du terrain, éloignement du bétail, abreuvoirs distants de 30 à 60 m du puits, mur de protection et antibourbier empêchant le passage des animaux. L'utilisation d'un puits pour l'alimentation humaine demande surtout une grande sensibilisation des commu-

nautés sur le lien excreta-eau-maladies.

Les mêmes principes sont applicables pour l'aménagement des sources exploitant les eaux d'un aquifère profond : récolter une eau correctement filtrée et ne pas la contaminer ; secondairement, donc, prévoir des aménagements de surface pour protéger l'ouvrage et réglementer les activités de surface..

En milieu rural et semi-urbain la plupart des projets d'alimentation en eau potable réalisent, pour exploiter les aquifères profonds, des forages équipés de pompes à motricité humaine. Comme pour les puits et les sources, ces ouvrages doivent prévoir une protection à 3 niveaux :

- lors de la conception et de la réalisation de l'ouvrage lui-même (étanchéité de l'installation) et de son équipement ;
- lors de l'aménagement des abords du point d'eau : structures de surface devant éviter que le point d'eau se contamine secondairement ;
- lors de la réglementation des activités contaminantes sur la zone de captage (éloignement des animaux, des latrines, des tas d'ordures, des cimetières et sépultures sources de nitrates, des épandages d'engrais).



■ L'ouvrage et son équipement

L'ouvrage de captage est prévu pour :

- éviter les infiltrations directes des eaux de surface non filtrées dans le tubage du forage. A cet effet, un **tubage plein**, étanche, est prévu dans les zones superficielles du forage ;

- récolter dans le forage et donc pomper une eau purifiée, correctement filtrée par le sol : **tubage crépiné** au niveau de l'aquifère.

Le fond du forage comporte un **sabot de forage** le plus souvent en ciment pour éviter que des éléments fins remontent dans le forage et endommagent la pompe.

Un **anneau de ciment** est prévu en tête de colonne pour éviter les infiltrations.

Un **massif filtrant** constitué de graviers correctement calibrés remplit l'espace annulaire dans la zone de captage.

Un **bouchon d'argile** est coulé à la partie supérieure du massif filtrant pour éviter tout contact entre la zone superficielle remplie de tout venant et la zone profonde filtrante.

La **pompe** constituée de matériaux neutres (PVC - Inox) comporte également une **crépine** au niveau du corps de pompe.

Le scellement de la pompe se fait avec un joint **d'embase**, étanche, afin d'éviter les infiltrations d'eau ou le passage d'insectes ou de petits animaux (vers, grenouilles). Toutes ces structures doivent être correctement exécutées afin de remplir leur fonction de protection de l'eau du forage.

■ Les abords du forage

A la surface du sol, des aménagements sont prévus pour éviter la stagnation des eaux non utilisées.

Un trottoir appelé aussi **margelle** ou **dalle bétonnée** est bâti pour supporter la pompe. Cette dalle doit être inclinée correctement afin d'entraîner les eaux non utilisées vers une **rigole de drainage** puis une **rigole d'évacuation**, et un **puisard** qui facilite l'infiltration des eaux non utilisées.

Au-delà de la dalle bétonnée, un **anti-bourbier** constitué de blocs de cailloux ou de graviers est aménagé pour empêcher la formation de mare autour du point d'eau. Cette zone doit avoir au minimum 5m de largeur et constitue le **périmètre immédiat**.

Protection du forage

Ce périmètre est clos par un **mur de protection** englobant la rigole d'évacuation et le puisard destiné à empêcher le passage de tout animal même de petite taille (poulets). Ce mur est équipé d'une porte efficace pour limiter le nombre des utilisateurs sur la zone de captage très fragile. A l'extérieur d'un village, cette porte peut être remplacée par un système de chicane (couloir sinueux équipé au sol de blocs rugueux ou de tout autre

système empêchant le passage des animaux).

Tous ces aménagements ne pourront protéger la réserve d'eau exploitée que s'ils sont bien conçus, bien réalisés et correctement entretenus.

■ Les activités contaminantes autour de la zone de captage

Ces activités doivent être définies précisément et soumises aux populations avant qu'elles ne se déterminent pour choisir un nouveau point d'eau. Cette réglementation doit faire partie des engagements préalables des bénéficiaires au même titre que la cotisation initiale ou la mise en place de structures pour l'entretien et la maintenance du point d'eau.

Les activités à réglementer concernent :

(se reporter à la fiche 13 : Périmètres de protection)

- la distance des latrines et des douches et leur conception,
- la distance des tas d'ordures, des marchés,
- l'épandage d'engrais ou de fumier,
- la distance des cimetières et des sépultures.

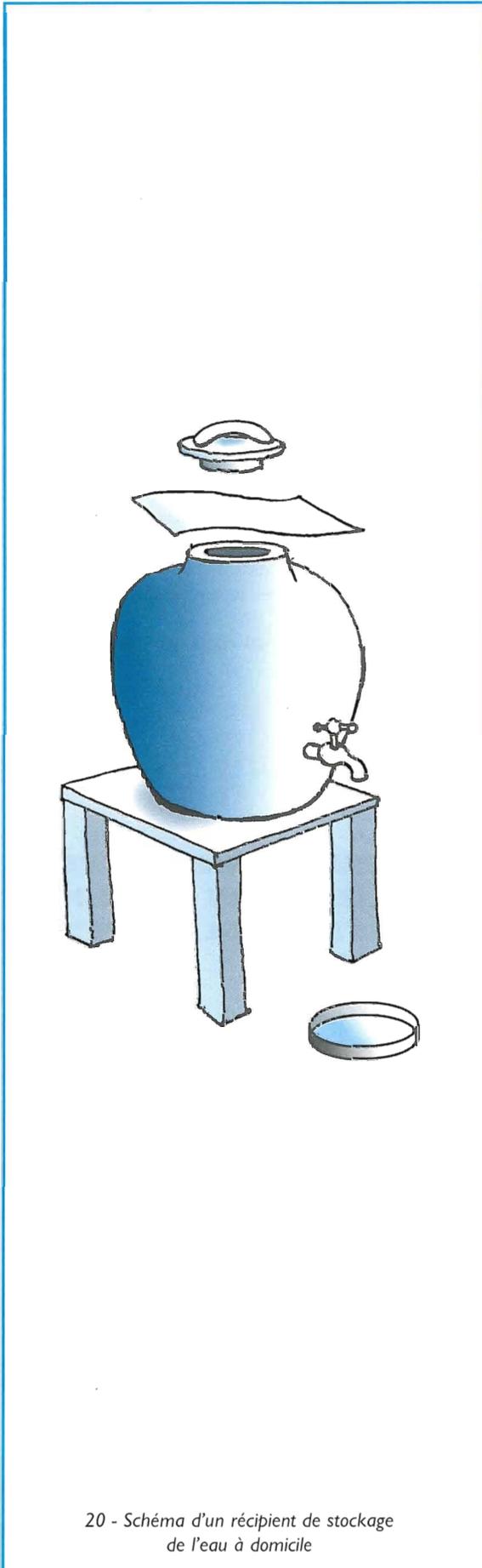
Les instances en charge du choix du site doivent tenir compte de ces éléments.

LES MESURES PRÉVENTIVES À LA COLLECTE, AU TRANSPORT ET AU STOCKAGE DE L'EAU À DOMICILE

Pour la collecte, le transport, le stockage et l'utilisation de l'eau toutes les mesures doivent être mises en place pour éviter un contact entre l'eau et les déchets (excréta) soit par l'intermédiaire des mains sales, soit par l'intermédiaire de tout élément ayant été en contact avec le sol : insectes, rongeurs, sachets plastiques, feuillages, calesses. Il est important de promouvoir des récipients de stockage portant une ouverture (avec un couvercle adapté) pour le remplissage et un orifice muni d'un robinet à la base pour le prélèvement de l'eau.

L'entretien régulier de ces récipients est important, d'une part par un brossage des parois par l'eau et le savon tous les deux jours, d'autre part par la désinfection à l'eau chlorée (20 ppm pendant une demi-heure) puis le rinçage à l'eau, deux fois par mois et plus fréquemment en période d'épidémie.

Enfin, l'animation s'attachera à faire comprendre que chaque membre de la famille doit avoir un gobelet personnel rincé et rangé dans un endroit protégé après usage.



20 - Schéma d'un récipient de stockage de l'eau à domicile

Cette notion est particulièrement difficile à faire passer puisque dans la plupart des communautés boire dans un même gobelet est un signe de politesse.

Ces différentes solutions en vue de protéger l'eau consommée sont des mesures d'hygiène qui paraissent simples mais qui sont longues à mettre en pratique ; il n'est pas raisonnable d'envisager une amélioration des comportements d'hygiène sur des périodes de un à deux ans.

L'analyse des comportements des populations sera envisagée dans le chapitre 7 : sensibilisation des population - l'entretien des ouvrages.

L'ENQUÊTE SANITAIRE

Elle est prévue dans le but de vérifier toutes les mesures décrites dans ce chapitre. Elle permet de mettre en évidence tous les facteurs qui représentent un danger pour la qualité de l'eau. Ces facteurs examinés et recensés systématiquement trouveront des solutions appropriées.

Les éléments de cette enquête sanitaire pour un forage équipé d'une pompe à main sont les suivants :

Données sur l'ouvrage :

- Nom du village
 - Identification de l'ouvrage
 - Profondeur du forage
 - Niveau statique
 - Situation du forage par rapport au village, à la route...
- Cette situation peut être représentée par un dessin*

Données sur la conception de l'ouvrage :

- pompe : marque, état, fonctionnement, scellement, fuites
 - dalle bétonnée : dimension, inclinaison, état
 - rigole d'évacuation : longueur, profondeur, état
 - mur de protection : dimension, état, matériaux
 - porte : matériaux, efficacité
- Tous ces éléments peuvent être portés sur un schéma*

Données sur l'environnement du point d'eau

- Habitations, marché, cimetière ou sépultures, latrines, toilettes, lavoirs, tas d'ordures, eaux stagnantes, cultures, maraîchage (*chacun de ces éléments doit être dénombré, leur distance du point d'eau doit être évaluée*)
- Passage des animaux possible sur le périmètre immédiat
- Propreté des abords
- Sens de ruissellement de l'eau

Tous ces éléments vont permettre de donner une note de salubrité et de vulnérabilité au point d'eau, ce qui va déterminer l'urgence des mesures à mettre en œuvre.

Nom du village:

FICHE D'INFORMATIONS

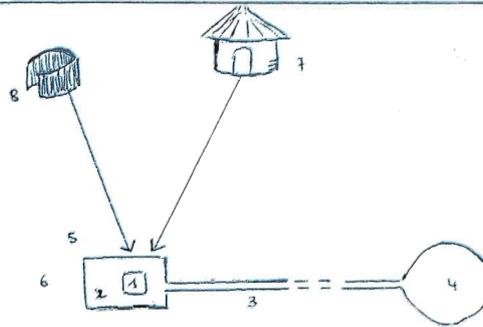
Données sur l'ouvrage:

Date d'installation de la pompe:
Code de l'ouvrage:
Distance du village:

Profondeur:
Hauteur d'eau:

Niveau statique:
Volume d'eau:

Schéma du point d'eau:



Conception du point d'eau:

OUI NON

OUI NON

- | | | |
|-------------------------|---|-------------------------------|
| 1. Pompe: | y a-t-il des fuites d'eau ? | la pompe se désamorce-t-elle? |
| 2. Dalle bétonnée | la dalle existe-t-elle? | est-elle abîmée (fissurée)? |
| 3. Rigole d'évacuation: | existe-t-elle? | est-elle abîmée? |
| | <i>Indiquer sa longueur sur le schéma</i> | |
| 4. Abreuvoir: | existe-t-il? | est-il abîmé? |
| 5. Mur de protection: | existe-t-il? | est-il abîmé? |
| | <i>A matérialiser sur le schéma</i> | |
| 6. Porte: | existe-t-elle? | est-elle efficace? |
| | <i>A matérialiser sur le schéma</i> | |

Environnement du point d'eau:

OUI NON

OUI NON

- | | | |
|--|---|------------------------|
| 7. Habitations-marchés | en existent-ils? | à moins de 10 mètres? |
| | <i>indiquer la distance sur le schéma</i> | |
| 8. Cimetière(tombes) | en existe-t-il? | à moins de 200 mètres? |
| 9. Latrines-toilettes | en existent-ils? | à moins de 10 mètres? |
| | <i>indiquer la distance sur le schéma</i> | |
| 10. Est-ce que l'eau ruisselle en direction du point d'eau? | | |
| | <i>indiquer par une flèche le sens du ruissellement</i> | |
| 11. Déchets animaux autour du point d'eau y en a-t-il? | | à moins de 10 mètres? |
| 12. Eaux stagnantes. | y en a-t-il? | à moins de 10 mètres? |
| 13. Les animaux (poulets-bétail) peuvent-ils passer sur le périmètre immédiat? | | |
| 14. La rigole d'évacuation est-elle encombrée de déchets? | | ou ensablée? |
| 15. L'abreuvoir est-il encombré de déchets? | | rempli d'eaux sales? |

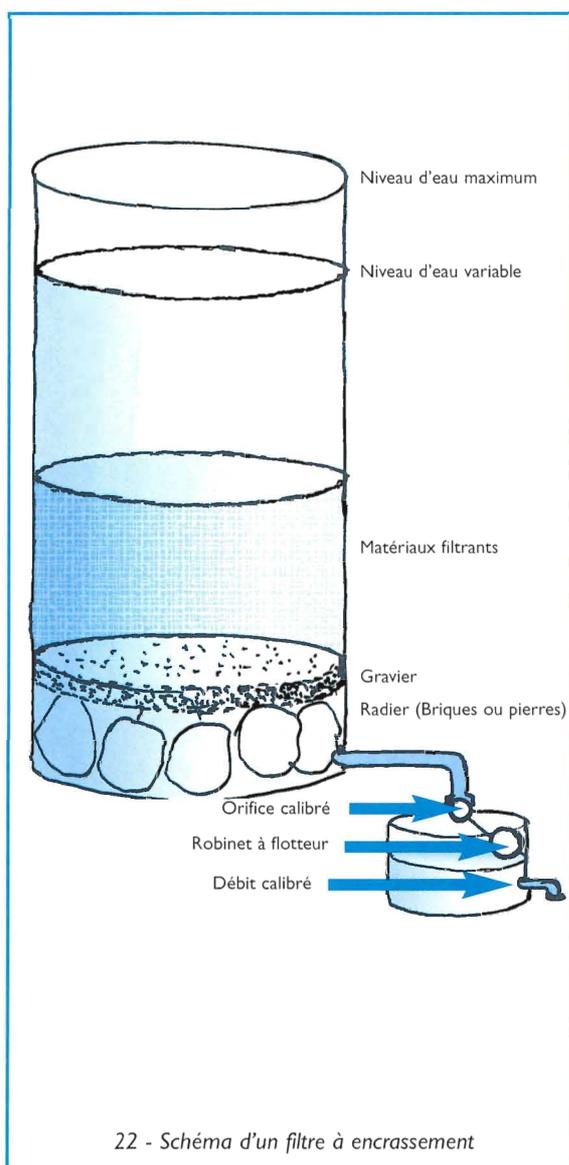
21 - Exemple de fiche d'enquête sanitaire

Lorsque l'eau peut induire un risque à court terme directement ou indirectement, ainsi qu'un risque à moyen terme, la nécessité de traitement s'impose.



L'amélioration de la qualité des eaux : les traitements

Mise en oeuvre et maintenance technique



Dans le cadre de ce manuel, tout ce qui est déjà publié par ailleurs sur le traitement des eaux ne sera pas repris, mais des systèmes de traitement adaptés au contexte des pays en voie de développement en zone rurale et limités à quelques paramètres essentiels ont été sélectionnés. Il s'agit de :

- traitement de clarification pour les eaux de surface
- traitement de déferrisation pour les eaux souterraines
- traitement de désinfection pour toutes les eaux (contaminées ou qui risquent d'être contaminées).

TRAITEMENT DE CLARIFICATION

Suivant la turbidité de l'eau (trouble), plusieurs traitements sont possibles :

- filtration directe
- traitement de coagulation avec sulfate d'alumine ou graines de Moringa
- filtration lente gravitaire
- filtration lente horizontale, souterraine.

Les deux derniers traitements permettent en plus de la clarification de l'eau une élimination par rétention et/ou concurrence vitale des germes pathogènes. Ces traitements permettent donc l'obtention d'une eau potable pour la consommation humaine.

Ces traitements sont très bien décrits dans des ouvrages publiés par l'Organisation Mondiale de la Santé.

■ Filtration directe

Ce type de traitement facile à mettre en œuvre n'est applicable qu'à des eaux de faible turbidité : de l'ordre de 10 NTU (se reporter au chapitre 8, turbidité). La filtration se fait au travers de matériaux fins de taille voisine de 1 mm, l'épaisseur du matériau étant de 1 m et la vitesse de passage de l'eau de 5 à 10 m/h.

Les filtres les plus simples sont des filtres à encrassement et/ou avec une régulation aval par orifice calibré et flotteur. Lorsque l'eau dans le filtre atteint une hauteur limite, il est nécessaire d'effectuer le lavage du matériau par un contre-courant d'eau.

Ce type de filtration peut être utilisé en traitement collectif et au niveau familial, le filtre pouvant être constitué par un fût propre de 200 l.

■ Filtration lente

La filtration lente est l'un des plus anciens procédés de traitement de l'eau. Il a été utilisé depuis le 19^{ème} siècle pour la potabilisation de l'eau de plusieurs grandes villes européennes (Londres, dès 1830, Hambourg dès 1890 et Paris dès 1898). Le traitement mis en place devait donc répondre avant tout à des objectifs de santé publique tels que la lutte contre les épidémies de choléra ou de typhoïde.

La filtration biologique lente est une reproduction du processus naturel d'autopurification de l'eau. Cette technique consiste à faire percoler l'eau sur une couche de sable d'épaisseur 0,6 m à 1 m, de granulométrie 0,5 à 1,2 mm à des vitesses de 2 à 5 m/jour. Au bout de quelques jours, il se développe, dans la couche supérieure du sable, une biomasse complexe composée d'algues, de bactéries, de zooplancton. Il s'établit alors un phénomène très complexe faisant intervenir une grande quantité d'organismes vivants qui vivent à la fois en symbiose et en prédateur les uns des autres.

Ce processus de filtration permet à la fois la clarification de l'eau ainsi que l'élimination des micropolluants organiques, minéraux et les micro-organismes contenus dans l'eau à traiter.

Avantages de la filtration lente

Clarification

Plusieurs phénomènes entrent en jeu pour l'élimination des colloïdes : effet tamis du sable compte tenu de la vitesse de filtration, effet tamis de la membrane biologique se développant à la surface des filtres mais surtout effet de biofloculation par les polysaccharides émis par les micro-organismes.

Élimination des micropolluants minéraux

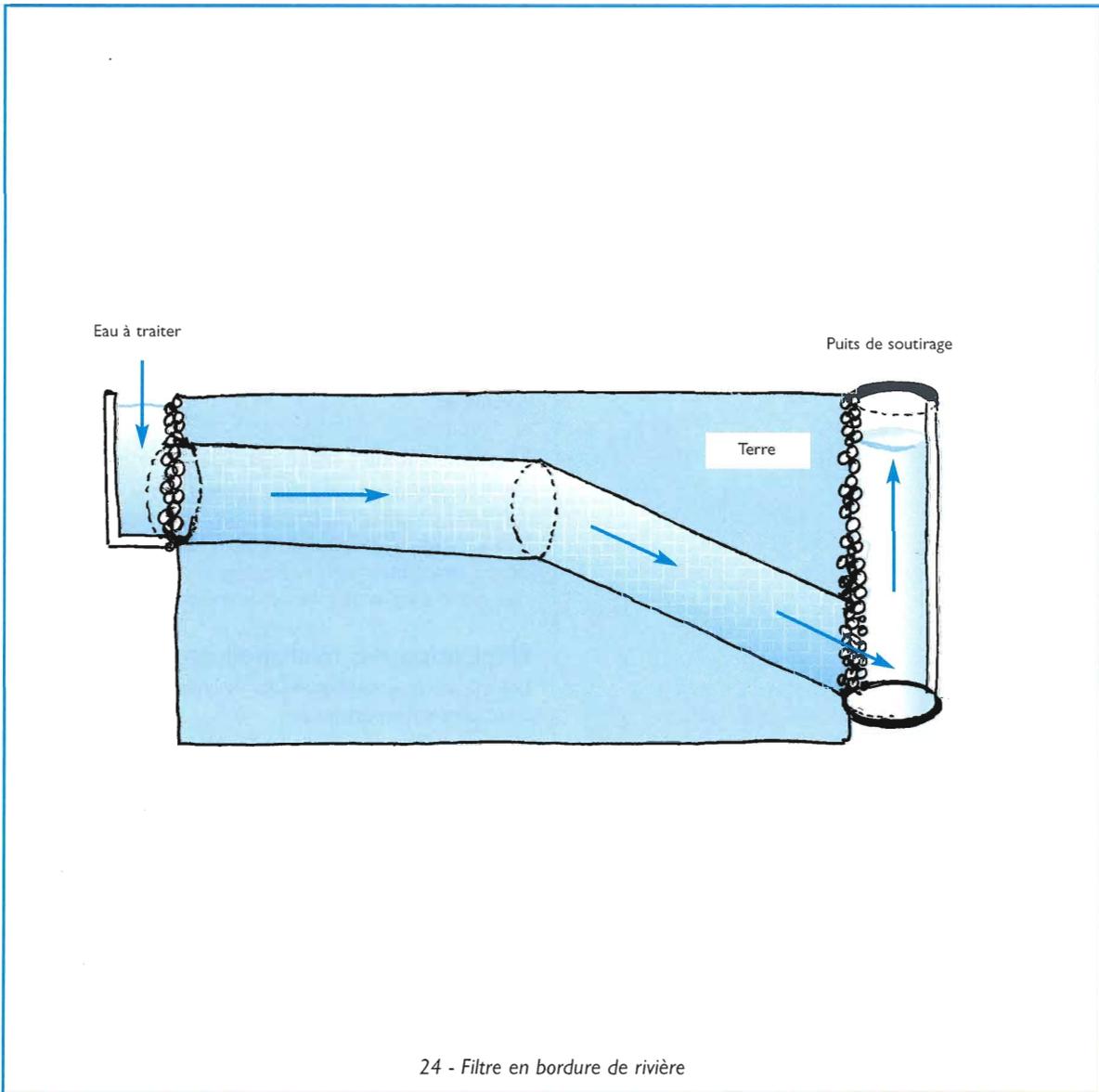
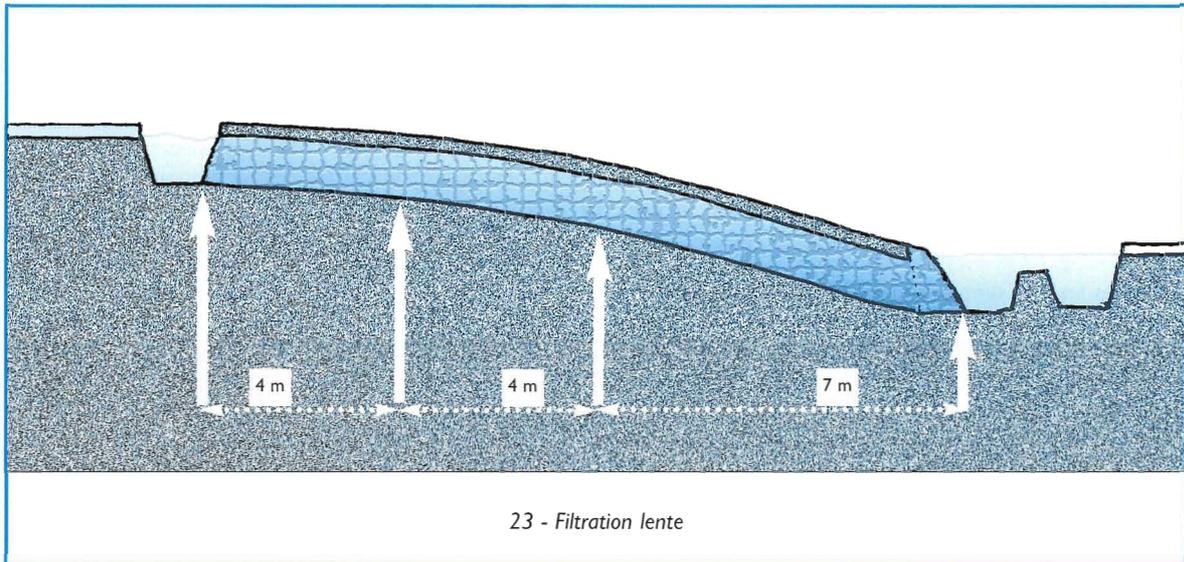
Les micropolluants minéraux peuvent être éliminés par différents processus : précipitation - coprécipitation sous forme d'hydroxydes, de carbonates (Cr, Pb, Hg, Zn), oxydation biologique (NH₄⁺, Fe, Mn...), piégeage et bioconcentration dans la membrane biologique.

Élimination des micropolluants organiques

Les micropolluants organiques peuvent être éliminés par deux processus principaux :

- *Processus abiotiques* : hydrolyse, photolyse, évaporation, précipitation. Ces phénomènes sont dus à la faible vitesse de filtration et donc à un temps de séjour important dans le filtre.

- *Processus biotiques* : biodégradation, hydrolyse, bioadsorption, bioconcentration. Sur la filtration lente, il a été prouvé une très bonne élimination du carbone organique biodégradable. Ce paramètre est reconnu comme l'un des plus importants à éliminer pour limiter la dégradation de la qualité de l'eau dans le réseau de distribution.



Élimination des micro-organismes

La filtration biologique est considérée comme une barrière microbiologique à condition que la vitesse de filtration ne dépasse pas 5 m/jour. L'élimination des germes pathogènes se fait par l'intermédiaire de différents processus : concurrence vitale, effet de tamis de la membrane biologique, effet bactéricide des rayonnements UV et de certains métabolites d'algues.

Ce traitement est une sécurité pour l'élimination des germes pathogènes. C'est la raison pour laquelle il a été préconisé comme traitement désinfectant pour la Décennie Internationale de l'Eau Potable et de l'Assainissement (DIEPA).

Ce traitement est particulièrement efficace pour éliminer les parasites (*Giardia*, *Cryptosporidium*) responsables d'épidémies très importantes en Angleterre et plus récemment aux États-Unis.

De plus, du fait qu'il n'y ait pas de lavage des filtres à contre-courant, l'ensemencement du réseau par des animalcules n'est plus un problème.

Ce traitement permet d'obtenir une très bonne qualité d'eau. Il est fiable car il n'utilise pas de réactifs chimiques. Il est donc très peu sujet aux erreurs humaines. Ce traitement est également assez souple car on peut faire varier la production assez rapidement. Enfin, du fait de la faible vitesse de filtration, il y a un stockage d'eau sur les filtres lents permettant la poursuite de la production en cas de pollutions de courte durée sur la rivière. De plus, cette masse d'eau permet un effet tampon très important.

Inconvénients de la filtration lente

- Elle n'accepte pas les turbidités élevées (supérieures à 10 NTU) sauf si ces eaux sont préfiltrées par un filtre grossier de graviers.
- Elle ne permet pas de faire face à des pollutions accidentelles par certains micropolluants organiques ou minéraux qui nécessitent l'ajout d'un réactif de crise.
- Elle est sujette au développement d'algues en été.
- C'est un procédé extensif et qui nécessite de la main d'œuvre pour le nettoyage des filtres.

Sa diffusion nécessite donc des améliorations qui portent sur des traitements en amont des filtres biologiques (prétraitements) ainsi qu'à l'aval (affinage), filtration sur des matériaux de tailles différentes : graviers = dégrossisseurs, sable = préfiltres. On peut aussi utiliser des filtres horizontaux.

■ Filtration lente horizontale souterraine

Ce type de traitement est très adapté aux pays en voie de développement en zone rurale, mais également aux zones où l'évaporation de l'eau et les risques de contamination sont importants.

Il consiste à reconstituer dans le sol ce qui se passe pour une eau alluviale. Le filtre fonctionne à des vitesses horizontales de l'ordre de 1 à 2 m par jour. Le filtre d'un mètre d'épaisseur est constitué de 3 éléments de filtration horizontale avec des matériaux de tailles différentes afin d'obtenir une épuration progressive de l'eau.

La pente du filtre est définie pour qu'elle prenne en compte la perte de charge due au matériau filtrant.

Ces traitements permettent l'obtention d'une eau de qualité à partir d'une eau de surface dont la turbidité reste inférieure à 50 NTU.

Les schémas 23 et 24 donnent des exemples de filtres pouvant être utilisés.

Le fond du filtre est rendu imperméable par la mise en place d'un film polyéthylène (ou autre). Le dessus du filtre est recouvert d'un « non tissé » sur lequel on dépose une couche de 20 à 30 cm de terre. Afin d'éviter toute contamination de l'eau traitée, dans la partie finale du filtre, le « non tissé » est remplacé par un film polyéthylène (ou autre) imperméable. L'eau traitée peut ensuite être puisée dans un puits central.

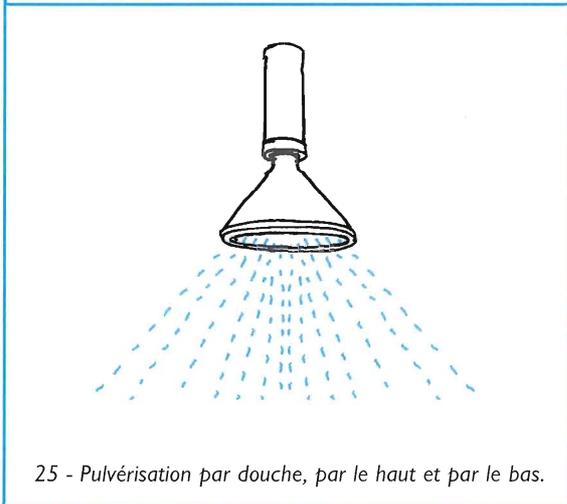
Ce système peut aussi être remplacé en bordure de rivière par un système équivalent.

La filtration lente horizontale permet :

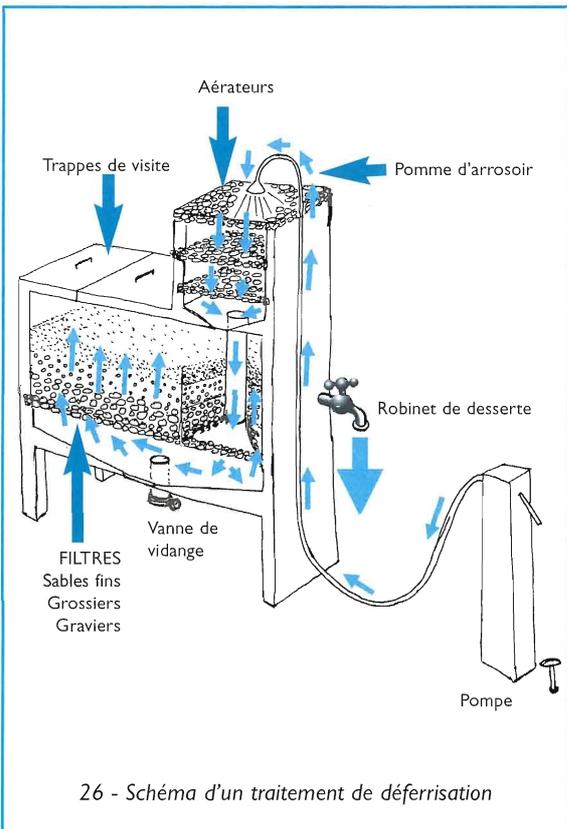
- une très bonne réduction des micro-organismes
- la nitrification des ions ammonium
- une très bonne rétention de la turbidité (0,5 NTU = clarification)
- une bonne rétention des matières organiques.

L'intérêt principal de ce filtre est qu'il ne nécessite aucune intervention humaine. C'est un traitement dit « passif ». Les erreurs humaines sont donc réduites au minimum.

En cas de colmatage, il peut être effectué un pompage dans un puits en milieu de filtre qui, par inversion des flux, induit le décolmatage. Après 3 ans de fonctionnement sur les pilotes actuellement en place, il n'a pas été mis en évidence de colmatage.



25 - Pulvérisation par douche, par le haut et par le bas.



26 - Schéma d'un traitement de déferrisation

TRAITEMENT DE DEFERRISATION

Les eaux souterraines sont souvent chargées en fer.

Le traitement de déferrisation est un des traitements qui peut être utilisé sur les eaux souterraines. Son principe est très simple. Il se décompose en deux parties :

La première : une oxydation du fer divalent soluble en fer trivalent insoluble nécessitant une aération de l'eau.

La seconde : une filtration de l'eau, sur le même modèle que la filtration directe des eaux, permettra la rétention des particules de fer rendues insolubles.

L'oxydation du fer nécessite une aération de l'eau. Cette aération peut être obtenue de façon simple par :

- pulvérisation de l'eau
- passage de l'eau sur plusieurs cascades

La pulvérisation peut être obtenue par le système dit « de douche ».

L'eau peut être recueillie dans un premier temps sur un lit de cailloux grossiers afin d'augmenter la surface de contact eau-air.

Des systèmes, comparables à ceux utilisés en eaux usées pour le traitement par lit bactérien, peuvent être mis en place.

Ces systèmes permettent en plus la mise en place d'un biofilm apte à la déferrisation biologique. De tels systèmes peuvent aussi, dans certaines conditions, permettre aussi l'élimination du manganèse.

TRAITEMENT DE DESINFECTION

La garantie microbiologique de l'eau est la première et la plus importante des obligations à prendre en compte lors de la mise à disposition d'eau destinée à la consommation humaine. La désinfection fiable de l'eau est donc une étape prioritaire et indispensable à toute eau contaminée par des micro-organismes pathogènes. Elle peut être obtenue par différents moyens : physiques (l'ébullition, les rayonnements...), chimiques (le chlore, le bioxyde de chlore, l'ozone...). Le chlore est le réactif le plus utilisé.

La protection de l'eau "à la source", voire son traitement préalable, sera nécessaire à l'assurance d'une bonne désinfection sans réaction secondaire.

Le problème de la formation des "produits secondaires" n'est pas imputable au chlore, mais à la présence concomitante de matières organiques.

Il ne faut donc surtout pas supprimer le chlore pour la désinfection, mais au contraire apprendre auparavant à mieux traiter l'eau.

■ Le devoir de désinfection

Comme désinfectant, le chlore demeure toujours le garant d'une bonne qualité d'eau. On ne peut pas rester plus de 48 h sans boire. On peut par contre s'abstenir de manger plus de 15 jours. L'eau ne doit pas être un risque pour la santé. Pourtant ces risques sont multiples et leur prise en compte fait partie de la responsabilité des élus.

Le risque microbiologique est le plus grave et le plus immédiat. La désinfection de l'eau garantit presque complètement de ce risque immédiat. C'est la priorité.

Le chlore est le plus ancien réactif employé. Son utilisation basée sur l'idée d'une relation entre maladies hydriques et mauvaises odeurs, bien qu'antérieure à la découverte des bactéries à l'origine de la contamination de l'eau, s'est révélée être efficace. Cette première norme de potabilité, basée sur l'appréciation du consommateur, demeure d'actualité : l'eau doit être sans odeur, de saveur agréable et discrète, sans couleur, et limpide.

■ Effets sur la santé

L'ajout d'un désinfectant (le chlore) a pour but de tuer les germes pathogènes. Comme ceux-ci ne sont présents que de façon aléatoire, on vérifiera son efficacité sur des germes de résistance équivalente au pouvoir désinfectant du chlore.

Au cours des années, le chlore a été utilisé à d'autres usages, notamment pour l'élimination de certaines substances minérales (l'ammonium, le fer, le manganèse, les sulfures, etc.) sur des eaux pouvant être riches en matières organiques. A cette fin, les quantités de chlore mises en jeu sont bien plus importantes que celles néces-

saies à la simple désinfection.

Dès 1974, il a été montré qu'à ces concentrations élevées, des réactions parasites sont à craindre ; elles peuvent conduire à la formation de molécules faisant courir un risque à long terme (composés organochlorés, trihalométhanes, chloroforme) aux populations. L'Organisation Mondiale de la Santé a proposé des valeurs limites pour ces composés.

■ Aspects techniques

Chlorer l'eau sans risques

L'optimisation de la désinfection est fonction de la qualité de l'eau et du nombre de micro-organismes à détruire. Une modification de la qualité peut, si la chloration n'est pas adaptée, conduire à des maladies hydriques.

Il faut établir la dose exacte nécessaire. La désinfection n'est pas une stérilisation qui détruit la totalité des germes ; c'est un traitement qui permet de réduire le nombre des germes pathogènes à un niveau sans danger pour la santé. Certains germes, les parasites par exemple, qui résistent à ce traitement seront éliminés par d'autres voies : la filtration. La désinfection n'est qu'une étape du traitement. Elle ne pourra être utilisée seule que sur des eaux souterraines claires et bien filtrées par le sol.

La quantité de chlore à ajouter à l'eau pour la désinfection dépend :

- du type et du nombre de germes à détruire,
- de la température de l'eau,
- du temps de contact,
- de la qualité de l'eau (acidité, pH), présence d'ammonium, de matières organiques, etc).

Ces paramètres sont à définir avant toute chloration. Comme le nombre et le type de germes jouent un rôle primordial, le choix et la protection des eaux souterraines (périmètres de protection), et le traitement préalable des eaux de surface, non filtrées par le sol, sont déterminants. Si le chlore est un désinfectant, il jouit aussi d'un pouvoir oxydant permettant l'élimination de certaines substances minérales. L'utilisation à ces fins de grandes quantités de chlore peut induire des réactions secondaires dues à la présence dans l'eau de matières organiques. La règle générale à suivre est de n'utiliser le chlore que sur une eau très bien épurée, en fin de traitement afin de diminuer les doses efficaces.

La formation de "produits secondaires" de la désinfection de l'eau n'est pas due au chlore lui-même, mais aux matières organiques de l'eau.

Certains éléments présents dans l'eau perturbent la désinfection : l'ammonium, les particules argileuses qui protègent les micro-organismes de l'action désinfectante du chlore.

■ Aspects réglementaires

Plusieurs aspects réglementaires sont à prendre en compte :

1. L'efficacité de la désinfection
2. Le résiduel du chlore
3. Les produits secondaires de la chloration.

Efficacité de la désinfection

En ce qui concerne l'efficacité de la désinfection, il existe un consensus mondial sur l'absence de certains germes indicateurs de la qualité microbiologique et de l'efficacité de traitement qui s'imposent aux autorités.

Ces germes sont : les coliformes thermotolérants, les coliformes totaux, les streptocoques fécaux. Une eau potable ne doit contenir aucun de ces germes dans un volume de 100 ml.

Comme la recherche de ces germes nécessite de 24 à 48 heures, des pays ont introduit certaines règles comme le principe du "CT" qui donne une garantie de désinfection. (C = concentration en mg/l de chlore après un temps de contact T exprimé en minutes).

On estime que pour une eau à une température de 20°C sans trouble (turbidité < 0,5 NTU), et sans ammonium, le CT devrait être de 15 (par exemple, 0,5 ppm de chlore pour 30 minutes de contact). L'avantage de ce système est de pouvoir corriger immédiatement le traitement en cas de défaillance.

Le résiduel de chlore

Pour qu'un traitement par chloration soit suffisant, il faut, après traitement, retrouver dans l'eau une dose de chlore appelée chlore résiduel.

Le chlore donne un goût à l'eau. Selon les pays, les habitudes des consommateurs, le "résiduel de chlore toléré" peut être très différent. En Europe, la plupart des pays limitent ces résiduels à un niveau très bas de l'ordre de 0,1 mg/l. Aux Etats Unis et en Amérique en général, cette teneur est de 1 mg/l. Ces fortes valeurs ont été aussi à l'origine de la formation de produits secondaires (organochlorés).

Les produits secondaires de la chloration

Historiquement, les produits secondaires de la désinfection sont le chloroforme et ses homologues chlorobromés identifiés les premiers en 1974 (trihalométhanés, THM). D'autres molécules organochlorées peuvent être formées.

Pour les détecter, deux approches sont possibles : soit utiliser le chloroforme (ou les THM) comme indicateurs de la présence de produits secondaires, soit identifier spécifiquement la plupart des molécules formées.

■ Position de l'OMS

La protection de l'eau "à la source", et même son traitement préalable (filtration, décantation seront nécessaires pour garantir une bonne désinfection sans réactions secondaires importantes. La désinfection est donc une étape prioritaire et indispensable à toute eau contaminée par des micro-organismes pathogènes.

Dès 1986, l'Organisation Mondiale de la Santé précisait que l'efficacité de la désinfection au chlore n'était garantie que si l'eau avait une turbidité inférieure à un NTU (eau trouble).

■ Rôle des autorités locales

L'autorité locale peut intervenir à différents niveaux :

Le choix de la ressource

Les eaux souterraines sont à préférer aux eaux de surface. Si les quantités d'eau souterraines ne sont pas suffisantes, on s'orientera alors vers les eaux de surface.

Protection de la ressource

Une fois le choix effectué, la ressource doit être protégée par des périmètres de protection pour maintenir dans le temps la qualité initiale de l'eau. La désinfection est alors optimisée en fonction du nombre de germes à inactiver.

Désinfection

Lorsque la désinfection de l'eau est indispensable, il faut assurer la fiabilité totale du traitement. Le nombre de maladies d'origine hydrique induit par une panne de désinfection ne se compte plus dans le monde.

■ Les différents produits chlorés

Les produits disponibles pour réaliser la désinfection de l'eau par le chlore sont :

- le chlore gazeux : Cl_2
- l'hypochlorite de sodium ou eau de Javel : Na OCl
- l'hypochlorite de calcium : Ca(OCl)_2

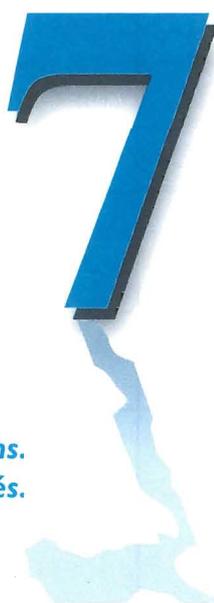
Le choix de l'un ou l'autre de ces produits sera fonction de divers paramètres :

- quantité nécessaire de réactif
- possibilité d'approvisionnement en réactif
- facilité d'exploitation
- sécurité
- coût

Comparaison des différents composés

	Cl_2 : Chlore gazeux	$Na OCl$: Hypochlorite de sodium	$Ca(OCl)_2$: Hypochlorite de calcium
1- Forme sous laquelle se trouve le produit	Gaz liquéfié sous pression	Solution liquide jaune	Solide blanc
2- Teneur en chlore	99 %	15 % maximum	60 à 70 %
3- Stabilité dans le temps	Très bonne	Perte de 2 à 4 % par mois. Perte encore plus importante si la température dépasse 30°C	Perte de 2 à 2,5 % par an
4- Sécurité	Gaz très toxique, attention aux fuites	Liquide corrosif, contient de la soude, libère du chlore si contact acide, entartre les chloromètres	Corrosif, inflammation possible en cas de contact avec certains matériaux

Dans le cadre d'un traitement en zone rurale, les produits utilisés sont soit l'hypochlorite de sodium (en s'assurant du titre de la solution pour établir la dose de traitement), soit l'hypochlorite de calcium.



Sensibilisation à l'hygiène

*Entretien des ouvrages
Stockage et utilisation de l'eau*

**Connaître les populations.
Utiliser des supports adaptés.**

L'aménagement de points d'eau vise à améliorer la santé des populations en fournissant une eau potable. Les ouvrages hydrauliques ne seront fiables que s'ils sont bien conçus, bien réalisés, protégés et salubres.

Les travaux sont exécutés par des hydrogéologues, par une équipe de foreurs pour les forages, par une équipe de puisatiers pour les puits... et le volet animation-sensibilisation est mené par une équipe d'animateurs et d'agents de santé chargés de l'éducation sanitaire et de la sensibilisation des populations qui vont bénéficier de nouveaux aménagements.

HISTORIQUE DU RÔLE DE L'ANIMATION

Durant les années de la Décennie Internationale de l'Eau Potable et de l'Assainissement (DIEPA), la grande majorité des projets d'hydraulique villageoise a été instaurée sur la base mathématique de quantité d'eau à fournir selon des objectifs définis d'une manière plus ou moins précise par les pays bénéficiaires. Les Etats ont alors fixé le nombre de points d'eau potable à construire pour chaque tranche de 500 habitants environ, en établissant que chaque point d'eau devait délivrer à peu près un mètre cube par heure pendant 10 heures. La programmation des projets était relativement simple puisqu'il suffisait de diviser le nombre d'habitants des villages non équipés par la norme adoptée pour obtenir le nombre de points d'eau à construire. Le point d'eau proposé aux populations par les animateurs des projets était le puits en zone pastorale ou le forage en zone rurale. Les animateurs menaient, sur le terrain, des enquêtes assez légères pour connaître le choix des populations et recueillir la participation financière à la fourniture du moyen d'exhaure (à peu près 10 % du prix de la pompe). Les populations étaient aussi informées qu'elles devaient prendre en charge leurs points d'eau.

Le choix de la technologie du forage équipé d'une pompe à motricité humaine a permis de réaliser un grand nombre d'ouvrages à des prix acceptables et de mobiliser des ressources en eau dans des zones arides et même désertiques. Mais, dès 1985, l'évaluation de ces programmes a révélé que plus de la moitié des pompes était en panne et le restait. La réussite des projets hydrauliques ne pouvaient plus s'évaluer par le nombre de points d'eau réalisés mais en terme d'utilisation des équipements après la fin des travaux.

Ce constat d'échec a mis au premier plan l'entretien et la maintenance des ouvrages ainsi que la difficulté d'impliquer les populations. Le rôle de l'animation s'est révélé primordial : mieux connaître les populations et leur environnement, mieux les informer sur le lien eau-santé et l'hygiène, promouvoir une organisation villageoise pour prendre en charge la maintenance des points d'eau, identifier et appuyer les opérateurs de maintenance.

Dans cet objectif, il fallait former des animateurs compétents, capables de transmettre des messages, de former les villageois à leur rôle participatif et à leurs futures tâches de gestionnaires. Les thèmes de sensibilisation étant d'ordre sanitaire, il devenait important de leur associer des agents de santé et d'assainissement et des instituteurs locaux.

LA CONNAISSANCE DU MILIEU

Les animateurs des communautés rurales doivent apprendre à connaître ces communautés dont le mode de vie est adapté au milieu. Les données collectées constituent pour l'animateur de nouvelles connaissances qui devront être restituées aux communautés qui, ainsi, pourront mieux identifier leurs besoins et envisager des actions concrètes à mettre en œuvre ainsi que leur coût. Cette étude s'effectue au cours de visites, de consultations de documents existants, d'enquêtes, d'interviews, de

réunions avec la communauté. Elle doit permettre de connaître aussi bien les populations, leur histoire, leurs activités, leurs revenus que leurs préoccupations, leurs besoins, leurs priorités.

Au cours de cette enquête, les points suivants seront considérés :

Données physiques

Région, ressources.

Données démographiques

Population, ethnies, ethnie majoritaire, peuplement nomade, sédentaire, type d'habitat, nombre de concessions (nombre moyen de personnes par concession).

Activités économiques

Nature, revenus.

Activités agricoles

Nature, revenus.

Infrastructures existantes

Dispensaire / centre de santé, mosquée, église, temple, école, collège, lycée, commerces (lesquels), marché (quel jour).

Vie associative

Associations, groupements, organisations villageoises.

Rôle des femmes

Activités, organisations.

Existence de points d'eau dans le village (visites et état)

L'eau se vend-elle, à combien le fût, le seau.

S'il existe déjà un point d'eau moderne dans le village : comment la population est-elle organisée, montant de la cotisation, entretien, maintenance, artisan réparateur.

Données sur la santé des populations

Maladies, mortalité.

Comportement de la communauté en matière d'hygiène et d'assainissement

Latrines, douches, salubrité des habitats, habitudes alimentaires.

Préoccupations actuelles du village

Cette étude doit permettre d'évaluer les besoins en eau, de connaître le choix technique des bénéficiaires et leur capacité de participation à l'installation et à la prise en charge des ouvrages. Afin de parvenir à l'acceptation et à l'utilisation des équipements, il faut que les futurs utilisateurs soient impliqués dans la sélection des solutions techniques.

LES ACTIONS SANITAIRES ET L'ÉDUCATION À L'HYGIÈNE

Il ne suffit pas de construire des équipements pour améliorer l'approvisionnement en eau et l'assainissement, il faut que ces nouvelles installations soient utilisées par tous, en continu et de façon correcte. Ce qui exige que les autorités aussi bien que les communautés accordent un réel intérêt à la construction, à l'utilisation et à la maintenance d'équipements fiables, accessibles et sans danger pour la santé. La formation sanitaire et l'éducation à l'hygiène ont pour but de servir d'outils dans ce processus.

Lorsque les populations bénéficient de l'installation d'un nouveau point d'eau, elles sont face à la nécessité d'en assurer l'entretien, de mettre en place une organisation qui prenne en charge la maintenance, la collecte des fonds (redevance), la rémunération des réparations et de l'entretien courant, le maintien en bon état des mesures de protection, le nettoyage régulier du point d'eau et de ses abords. Cette prise en charge ne peut se faire que si les utilisateurs ont compris que l'eau potable améliore leur santé et qu'il existe un lien entre l'eau souillée et les maladies. Le plus souvent, ce lien n'est pas établi, l'eau est un don du ciel, elle ne peut être porteuse de maladies, elle appartient à tous, animaux et humains.

Si les populations ne sont pas convaincues que l'eau du point d'eau moderne va améliorer leur santé (maux intestinaux avec lesquels ils vivent depuis leur enfance, atteintes cutanées, oculaires, du cuir chevelu), elles se détourneront du nouveau point d'eau et refuseront de payer l'eau.

Il est nécessaire d'expliquer aux populations, aux responsables traditionnels, aux notables des villages que des dangers existent en consommant une eau non potable et que le prix des soins médicaux pour soigner ces maladies est plus élevé que le coût de l'eau. Il est aussi indispensable de faire comprendre aux décideurs et exécutants du projet que les populations n'utiliseront correctement leurs ouvrages que s'ils sont irréprochables. Ce sont à la fois les aspects techniques et les aspects éducatifs qui créent des conditions propices.

Deux types d'actions sanitaires s'imposent :

- la prise en compte de critères sanitaires pour la conception, la réalisation des ouvrages et leur protection, ce qui permettrait aux bénéficiaires d'apprécier leur point d'eau et l'eau qu'il délivre ; on a effectivement pu constater que là où les ouvrages ont été bien conçus et correctement exécutés, le taux de pompes en panne était très bas (moins de 10 %).

- la mise en place d'une sensibilisation aux maladies dont souffrent les populations et d'une information sur les pratiques d'hygiène pour remédier à la transmission de ces maladies.

Ces formations sanitaires et d'éducation à l'hygiène ne peuvent s'envisager que si l'équipe en charge de l'animation reçoit une formation spécifique sur ces problèmes

par un spécialiste de la santé et si elle est aidée par des agents de santé et d'assainissement locaux ainsi que par les instituteurs locaux.

Le plus souhaitable est de créer, au sein de l'animation, une cellule hygiène qui prendrait en charge l'éducation sanitaire et l'éducation à l'hygiène ainsi que le suivi de la qualité de l'eau et le maintien de sa salubrité.

Les thèmes à développer pour ces formations seraient :

- les risques liés à l'eau,
- pourquoi le point d'eau doit être protégé,
- les mesures d'hygiène pour le transport, le stockage et l'utilisation de l'eau,
- l'entretien des récipients de stockage,
- pourquoi les bénéficiaires doivent utiliser plus d'eau pour leur hygiène personnelle et domestique.

Par ailleurs, les réparateurs du matériel de pompage ou les responsables à l'entretien des points d'eau doivent être formés afin qu'ils soient conscients des risques qu'ils prennent chaque fois qu'ils démontent les pompes et afin qu'ils soient en mesure d'éviter ces risques.

La sensibilisation à l'hygiène doit aussi insister sur l'importance du lavage des mains à l'eau et au savon pour limiter la transmission des germes. Ce thème doit être développé en priorité par les instituteurs dans l'éducation des enfants.

L'impact de la sensibilisation à l'hygiène sur les comportements est difficile à maîtriser. Il faut profiter de l'installation de nouveaux équipements pour introduire de nouvelles pratiques d'hygiène ; il faut avoir recours à des actions concrètes pour expliquer les problèmes sanitaires. Par exemple, le contrôle de l'eau sur le terrain permettra, en visualisant les germes fécaux, d'introduire le problème des maladies liées à l'eau, la notion de " péril fécal " et la nécessité de protéger le point d'eau des déchets humains et animaux, ou encore la désinfection des ouvrages par chloration matérialisera le thème de l'eau-danger et l'eau-bienfait après l'élimination des éléments responsables de maladies.

Cette sensibilisation, la mise en pratique de nouvelles règles d'hygiène est un travail long qui nécessiterait une dizaine d'années et un soutien permanent des populations. Or, elles sont uniquement associées aux aménagements techniques qui ont une durée limitée à 2, 3 ou 4 ans. Elle doit se prolonger au-delà de cette période par des personnes locales influentes qui prendraient le relais en étant conscientes du rôle important qu'elles assument. Ces personnes influentes, identifiées au cours de la phase d'exécution des ouvrages, seraient associées à l'animation dès le démarrage des travaux. Vivant au sein des populations, elles deviendront, tout naturellement, les animateurs locaux après la phase d'installation des équipements.

L'ORGANISATION DES POPULATIONS ET L'ENTRETIEN DES OUVRAGES

L'exploitation et la maintenance des ouvrages sont les contraintes majeures des projets d'hydraulique villageoise. En effet, pour garantir la pérennité des installations, il faut amener la communauté :

- à organiser l'exploitation et la maintenance de leurs aménagements,
- à instituer un système de mobilisation et de gestion des fonds du village.

La gestion des ouvrages consiste à assurer :

- le fonctionnement courant des équipements,
- la distribution de l'eau,
- l'entretien courant du point d'eau et de ses abords,
- la réparation des pannes,
- le renouvellement des équipements.

Ce qui implique trois domaines d'action de l'animation :

- aider les populations à s'organiser pour l'exploitation efficiente des points d'eau, à savoir élaborer le cadre juridique d'exploitation des ouvrages et mettre en place les institutions de gestion des ces ouvrages (comité de point d'eau, exploitation directe ou déléguée..) ;
- former les communautés à la gestion technique c'est-à-dire à tous les aspects d'entretien, de maintenance et de renouvellement des équipements : choix et formation de personnes qualifiées (artisans réparateurs) ainsi que constitution d'un réseau de pièces détachées ;
- former les communautés à la gestion financière afin qu'elles soient en mesure de réunir les fonds nécessaires à la maintenance et au renouvellement des ouvrages ; ce qui implique la mise en place d'un système de collecte et de gestion des fonds du village qui peuvent être soit gérés directement par les usagers eux-mêmes, soit confiés à un exploitant (gestion déléguée).

Les systèmes d'exploitation, de gestion et de maintenance des ouvrages rencontrés le plus couramment mettent en relation trois principaux groupes d'acteurs : le comité de point d'eau (CPE), les artisans réparateurs (AR), les dépositaires de pièces détachées.

Le comité de point d'eau

Il est désigné par la population ; il peut être aussi une association existant déjà dans le village. Chargé de la gestion courante des ouvrages, le CPE, pendant longtemps, était composé d'hommes qui occupaient les postes de décision : président, secrétaire, trésorier ; les femmes n'étant associées que pour " l'hygiène " du point d'eau, c'est-à-dire pour nettoyer les abords des points d'eau que les utilisateurs salissent. Or, l'animation doit faire comprendre qu'il est important que les femmes, en tant que principales inéressées, soient majoritaires au sein du comité. Les CPE doivent, en principe, collecter les fonds nécessaires au bon fonctionnement du système. Les évaluations menées auprès de ces structures montrent que ce n'est souvent pas le cas : les caisses sont vides, car les usagers attendent

que la pompe tombe en panne pour mobiliser les fonds nécessaires au dépannage.

Les techniciens de maintenance

Ils assurent l'entretien et la maintenance des équipements du point d'eau. Dans le cas de forages équipés de pompes, ce sont des artisans réparateurs nommés par les villageois et formés par le fabricant de pompes. Pendant longtemps, ces artisans ont été autonomes et responsables des pompes situées sur une zone définie par les projets, soit environ une vingtaine de pompes. Les techniciens de maintenance peuvent être également des maçons, des électriciens, des mécaniciens auxquels les comités de point d'eau peuvent faire appel suivant les installations dont ils bénéficient. De nombreuses réflexions sont en cours sur la structuration et l'appui aux opérateurs de terrain.

Les dépositaires de pièces détachées

Ils sont souvent mis en place par le fournisseur de pompes. Il est bien évident que le principal problème de ces dépôts est la rupture de stock qui peut entraîner un arrêt du fonctionnement de la pompe.

Ce système qui, pendant longtemps, a été développé, connaît des transformations dans plusieurs pays :

- une plus grande concertation entre le CPE évoluant en Association d'Usagers de l'Eau (AUE) et l'autorité locale,
- une meilleure formation en gestion, comptabilité, hygiène des membres du CPE,
- une plus grande implication des fournisseurs de pompes dans le choix des artisans, leur formation ; de plus en plus, les artisans doivent assurer l'installation des pompes dans leurs zones d'intervention,
- des tournées de garantie et d'entretien préventif sont proposées aux villageois sous forme de contrats d'entretien,
- l'artisan est doté d'un stock de pièces d'usure et dans certains cas peut bénéficier d'un moyen de locomotion.

Par ailleurs, on note la préoccupation de former les villageois en vue de les préparer au développement futur de leurs villages dans le cadre d'un plan national. Actuellement plusieurs pays en développement mettent en place une politique de décentralisation qui entraîne : une décentralisation des prises de décision, des administrations, un regroupement des villages. On assiste, à plus ou moins long terme, à un développement régional et départemental plus important avec la nécessité d'une éducation "politique" des villageois.

LES GROUPES CIBLES

Les groupes cibles directs correspondent à l'ensemble des populations concernées par le projet. Les études du milieu fournissent des informations sur les différences entre les

membres de la communauté : les femmes, les hommes et les enfants.

Pour l'alimentation en eau, les femmes représentent le groupe cible prioritaire : c'est à elles qu'incombe la corvée d'eau, elles subissent les maladies des enfants, parfois leur mort. Elles seront les plus sensibles aux thèmes de l'amélioration de la santé. Mais il ne faut pas les limiter à leur rôle familial ; elles doivent être consultées pour les choix technologiques, l'emplacement des ouvrages, les contributions en espèces destinées à la réalisation, l'exploitation et la maintenance des ouvrages.

Les hommes se sont surtout sentis impliqués dans la gestion des points d'eau. Ils doivent être formés à leur statut d'usager d'un service qu'ils paient et qui doit fonctionner correctement.

Les enfants seront sensibilisés à l'école par leurs enseignants ; des cours sur l'hygiène et la santé leur seront distribués par leurs maîtres. Ils doivent également être informés des travaux d'aménagement, de leur coût et de leur comportement au point d'eau et dans ses environs. Ils peuvent être les principaux alliés pour la propreté des points d'eau.

Au niveau communautaire, il est important d'identifier les groupes cibles qui jouent un rôle important du fait de leur autorité ou de leurs fonctions :

- les notables, les autorités religieuses, les responsables villageois,
- les agents de santé, d'assainissement, les sage-femmes, les matrones, les enseignants qui sont les acteurs sur lesquels reposeront toutes les activités d'animation et de sensibilisation des populations. Ils sont les relais entre l'administration départementale, le projet et les populations. Ils auront à assurer la diffusion quotidienne des messages aux femmes, aux hommes et aux enfants.

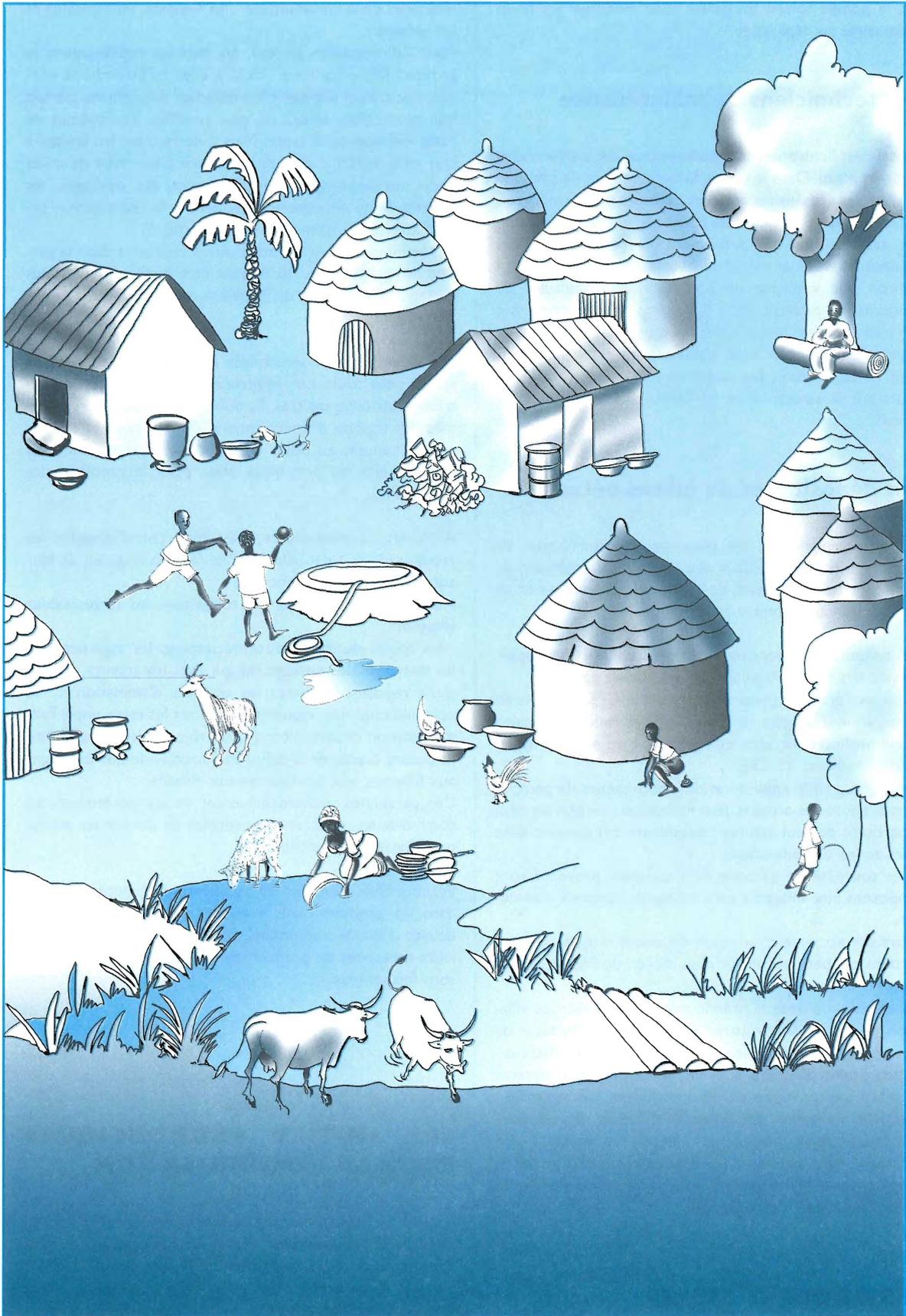
Ces personnes peuvent influencer le comportement des communautés, et seront susceptibles de devenir les animateurs locaux permanents.

Il faudra enfin identifier les commerçants qui utilisent l'eau dans les produits qu'ils vendent, par exemple les vendeuses d'alcool traditionnel, pour les amener à modifier leurs méthodes de préparation des aliments ou des boissons fermentées.

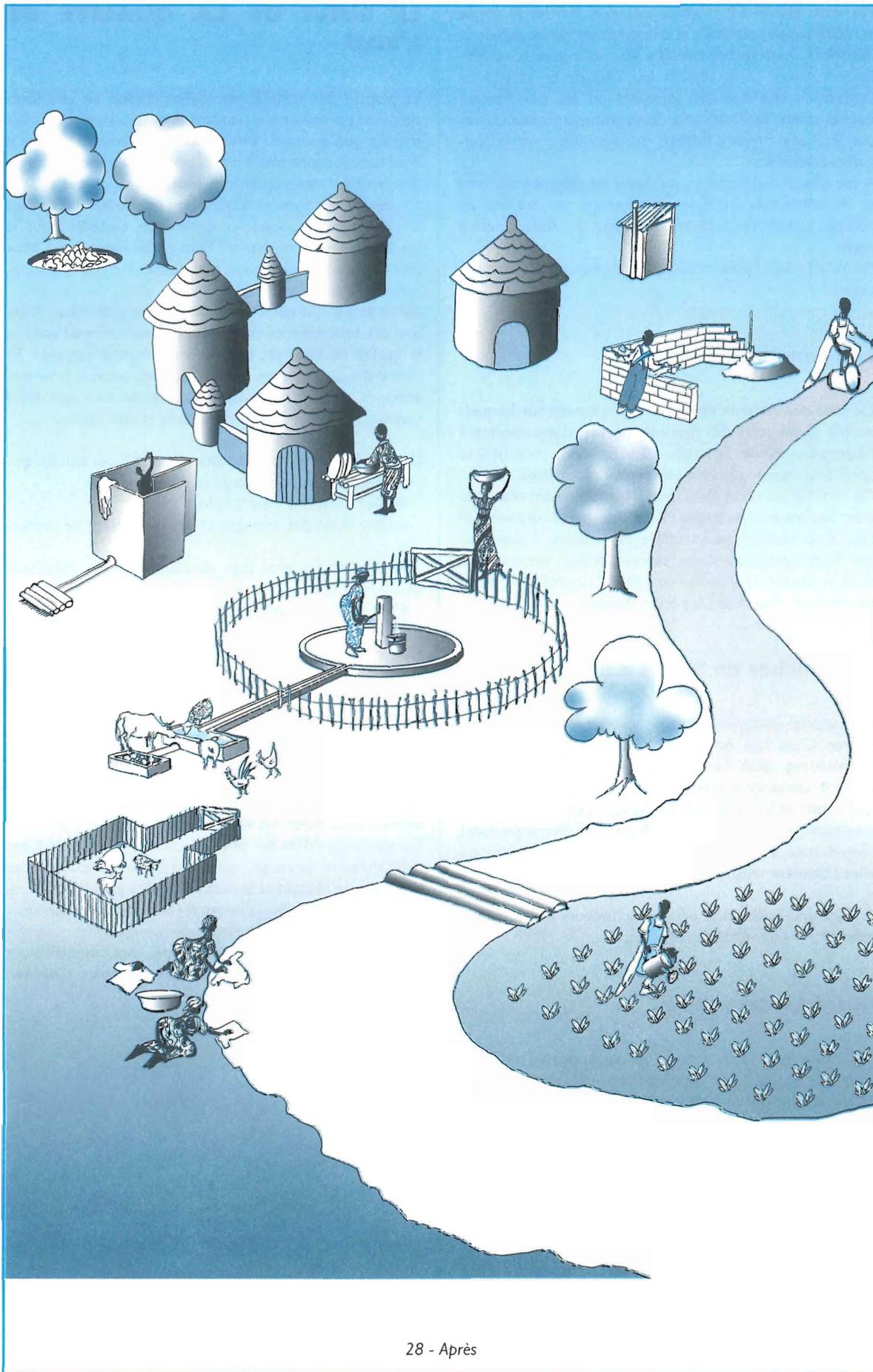
LES OUTILS PÉDAGOGIQUES POUR LA SENSIBILISATION

Il existe un certain nombre de matériel pour aider les animateurs et les agents en charge de l'éducation sanitaire dans leurs fonctions de sensibilisation des populations. Le principe de cette animation est de faire comparer la situation avant l'aménagement du point d'eau et après, en mettant en évidence les avantages de la deuxième situation.

(Schémas 27 et 28, pages 48 et 49)



27 - Avant



28 - Après

Du matériel prêt à être utilisé existe, et la fiche 30 donne la référence de méthodes et d'organismes qui les diffusent. Toutefois, il est souhaitable que les outils pour la sensibilisation soient confectionnés par l'équipe en charge de l'animation afin que les éléments ou les personnages décrits soient représentatifs de situations reconnaissables par le public : type d'habitat, de vêtements, arbres, cultures, animaux...

A cet effet, il faut prévoir : du papier de différents formats et de différentes couleurs, des feutres, des crayons de couleur, scotch, colle, ciseaux, épingles, punaises, pinces à linge.

Parmi les plus répandus des outils pédagogiques, on peut citer :

Les flanellographes

Ce sont des tableaux de feutre ou de flanelle sur lesquels on fait se mouvoir des figurines ou des objets servant à l'illustration d'une situation. Ces tableaux sont utilisés pour développer une idée par étapes successives.

Ce matériel ne coûte pas cher ; il est facilement réalisable avec des matériaux locaux. Il se transporte aisément et peut être réutilisé pour différents exposés. Il demande une bonne préparation des séances et bien sûr quelques dons en dessin. Il présente toutefois l'inconvénient de ne pas pouvoir être utilisé les jours de vent.

Les affiches ou boîtes à images

Ce matériel également n'est pas cher, il est facile à transporter. C'est une bonne méthode pour présenter des informations dans un ordre précis ou chronologique. Comme ces affiches sont fixées, les illustrations sont toujours dans le bon ordre. Elles doivent être correctement commentées et adaptées à la culture du public auquel elles sont destinées. Ces affiches doivent être plastifiées sinon elles s'abiment très rapidement.

Par ailleurs, l'animation peut avoir recours à des médias existants : radio, télévision, presse.

Les messages radio

Dans tous les villages il existe quelques postes radio qui sont très écoutés. Les émissions sont diffusées en langue locale et sont commentées par tous.

Les sketches de théâtre

Enfin, on peut aussi avoir recours à des sketches de théâtre : le spectacle fait partie de la culture des pays du tiers monde, spécifiquement en Afrique. Il est relativement simple dans un village de monter une petite troupe et de créer un spectacle sur le thème de l'eau.

LE SUIVI DE LA QUALITÉ DE L'EAU

La plupart des installations d'alimentation en eau fonctionnent correctement pendant la durée d'exécution des travaux puis sont mal entretenues ou même délaissées si elles fonctionnent mal. En fait, pendant la mise en œuvre des ouvrages, les populations sont accompagnées et soutenues par des séances d'animation et ensuite, il n'y a plus d'actions pour soutenir la dynamique, l'intérêt pour le point d'eau diminue alors ; l'eau coûte cher, il est donc plus simple de retourner aux sources d'eau traditionnelles.

Parmi les actions qui inciteraient les consommateurs à utiliser les équipements modernes, l'organisation du suivi de la qualité de l'eau est primordiale à mettre sur pied. En cours d'exécution, les projets doivent prévoir une surveillance des installations, ce qui garantirait que leurs ouvrages sont correctement utilisés et entretenus.

Deux tournées par an devraient être prévues par les services techniques et les services sanitaires pour :

- vérifier l'état des installations,
- vérifier l'état des captages et des périmètres de protection,
- vérifier la qualité de l'eau distribuée par des méthodes de terrain,
- désinfecter les installations si nécessaire.

Ces informations, consignées sur le cahier d'entretien du point d'eau, permettraient d'assurer le suivi de l'état de fonctionnement, de la protection des aménagements et d'évaluer l'intérêt des populations pour l'eau potable.

Pour une telle action, il faut établir le coût de ces tournées, les moyens à mettre en œuvre (techniques et humains), prévoir le mode de financement (communauté, service de la santé, service de l'eau).

L'organisation d'un tel suivi, qui pour l'instant n'est pas suffisamment envisagé, permettrait la pérennité des ouvrages, le soutien et la motivation des populations ainsi que l'engagement des services techniques sur le terrain.

Les éléments fournis dans ce chapitre, sont complétés par les textes de spécialistes présentés en annexes, ci-après.



ANNEXES

ANNEXE I

La diffusion des manuels pédagogiques – exemple de cas en Erythrée

par Dr Astier Almedom, London School of Hygiene and Tropical Medicine – Extrait du N° 248, Faits Nouveaux, Novembre 1998.

Il n'est pas rare que du matériel pédagogique n'atteigne pas ses destinataires sur le terrain, soit parce qu'il est trop cher, soit parce qu'il n'est pas assez pratique, soit les deux. Or, même si un livre est ingénieux et vraiment pas cher, il arrive qu'il se retrouve quand même relégué au fond d'un tiroir. Pour faire arriver un manuel à destination de façon efficace, un des meilleurs moyens est la diffusion interactive par des ateliers ou des séminaires. Pendant un laps de temps relativement court, la " marchandise est déballée ", les points essentiels du contenu sont soulignés et les possibilités d'application indiquées. De notre exemple, nous avons retenu quelques aspects saillants de la diffusion interactive.

Après la publication de son manuel sur les méthodes d'évaluation de l'hygiène (MEH) en mai 1997, l'UNICEF entreprit sa diffusion par le biais d'ateliers et de séminaires. Le premier atelier de formation pour formateurs (FPF), organisé pour le personnel de l'UNICEF et ses partenaires locaux en Afrique de l'Est et du Sud, s'est tenu à Asmara, en août 97, à l'instigation du ministère de la Santé de l'Erythrée et de l'UNICEF. A la suite de cet atelier, en septembre 97, un exercice pratique d'application du manuel MEH sur le terrain a été fait en Erythrée.

Trente cinq praticiens de la santé publique d'Erythrée, d'Ethiopie, du Malawi, de Tanzanie et du Zimbabwe, travaillant dans différents secteurs dont les soins en hôpital, les technologies et le développement communautaire, participèrent à l'atelier d'Asmara. Il fut dirigé par l'auteur principal du manuel et animé par des intervenants locaux ou régionaux. Le but de l'atelier était de " déballer " le contenu du manuel et de montrer comment on pouvait l'appliquer aux situations spécifiques des différents participants. La place et le rôle du manuel parmi d'autres sources de référence furent également expliqués. Chaque participant reçut une panoplie de références et de documentations utiles, une sorte de mini bibliothèque portable utilisable sur le terrain. Ceci représente un aspect important de la diffusion. En effet, comme pour la plupart des manuels, le guide MEH doit servir d'outil de transition entre la théorie et la pratique, entre les aspects socioculturels et techniques, entre la planification et la mise en œuvre de la promotion de la santé et de l'hygiène.

Le taux de participation était très élevé, et l'état d'esprit excellent, comme le montrait le " thermomètre " d'appréciation, un " instrument " de mesure conçu et consulté quotidiennement par UNICEF-Erythrée. L'évaluation de

l'atelier par les participants montra qu'ils avaient beaucoup appris, mais que sept jours n'avaient pas été suffisants pour " déballer " complètement le manuel et profiter de tous les conseils. Naturellement, les personnes qui prirent part à l'étude sur le terrain immédiatement après l'atelier en bénéficièrent le plus. Un facteur important était le fait que de nombreux participants n'avaient encore jamais eu l'occasion de travailler avec des méthodes qualitatives. Suite à l'atelier d'Asmara, un manuel pédagogique a été rédigé, et celui-ci est actuellement utilisé dans la région. Il sera peut-être publié sous forme de petits livrets et distribué plus largement. Il contient une liste de 15 formateurs connaissant bien la méthode MEH et d'autres outils utiles, et qui peuvent intervenir si nécessaire dans des activités du même genre ailleurs.

Suite à l'atelier d'Asmara, une étude de 16 jours eut lieu dans les régions du centre et du sud de l'Erythrée, sur les pratiques d'hygiène. Là aussi, on estima que la durée était insuffisante. Cependant, les résultats furent immédiatement applicables. Dans trois sites, un village, une ville et un centre semi-urbain, des hommes et des femmes, des jeunes, des personnes âgées, des administrateurs, des agents de santé et d'autres fonctionnaires locaux participèrent à l'observation et à l'analyse de problèmes urgents touchant la protection des sources d'eau, les utilisations de l'eau, l'évacuation des excréments, l'écoulement des eaux et l'évacuation des déchets. Grâce à cet exercice, les utilisateurs du manuel MEH ont pu apprendre comment intégrer une recherche qualitative systématique dans un projet en cours pour obtenir des résultats positifs.

Le manuel MEH est disponible en anglais, en espagnol et en français, et peut être obtenu auprès de :

Dr Astier Almedom, Department of Public Health and Policy, London School of Hygiene and Tropical Medicine, Keppel Street, London WC1E 7HT, United Kingdom.

Tél. : 44 (1)71 927 2274, fax : 44 (1)71 637 3228.

E-mail : astier.almedom@lshtm.ac.uk

ANNEXE 2

La participation, le genre et l'approche "Sollicitation-Réaction" : une étude analytique

par Christine von Wijk-Sijbasma

Une nouvelle étude d'évaluation participative devant durer un an est en cours dans cinq régions du monde (Afrique de l'Est, Afrique de l'Ouest, Amérique latine, Asie du Sud et Asie du Sud-Est). Elle s'inscrit dans le cadre d'une initiative de cinq ans sur l'aspect du genre, lancée par le Programme Eau et Assainissement (PEA) du PNUD et de la Banque mondiale. L'étude utilise des outils d'évaluation participative aux niveaux communautaire et institutionnel. Le but de l'étude est de vérifier la validité de la supposition que les services d'eau et d'assainissement ont de meilleures chances de survie dans les conditions suivantes :

- Ils répondent aux exigences des femmes comme des hommes, et des riches comme des pauvres ;
- Les femmes comme les hommes ont un droit de décision et de choix pour déterminer à quels services ils veulent bien donner leur soutien et de quelle manière ;
- Le personnel des services met en pratique une approche participative différenciée selon le genre.

Une caractéristique fondamentale du projet est le partenariat. En effet, y participent les groupes régionaux du Programme PNUD-Banque mondiale, l'IRC, PAID, CINARA, SEUF, ainsi que les populations et les personnels de projets d'une douzaine de pays.

Cette initiative d'apprentissage et d'action participative (AAP) est le résultat d'une part d'un atelier tenu les 7 et 8 octobre 1997 à La Haye aux Pays-Bas, d'autre part de la collaboration entre l'IRC et le PEA. Cette collaboration a commencé en 1985, date à laquelle parut une première publication conjointe : la participation des femmes dans l'approvisionnement en eau et l'assainissement : rôles et réalités, éditée par PNUD-Prowwess. Une édition revue et augmentée a été publiée en janvier 1998 par l'IRC. L'IRC a également participé à deux compilations de documents sur la question du genre, éditées par la Banque mondiale à la demande du groupe de travail sur les questions du genre du Conseil consultatif de l'eau et de l'assainissement.

L'atelier de La Haye, auquel ont participé des agents du PEA et de l'IRC, et des représentants d'agences de support externes et d'ONG, a abouti à la définition des objectifs, du processus, du cadre analytique, des méthodes et des modalités de mise en œuvre de l'initiative AAP. Le principe directeur des actions futures sera d'aller au-delà du domaine du plaidoyer et de la mobilisation, et de passer à l'étape suivante, c'est-à-dire la phase opérationnelle. Pour cela, il faudra mettre en évidence l'impact et la durabilité des mesures d'eau et d'assainissement. Ce principe contribuera probablement à renforcer l'aspect du genre et de la pauvreté dans la planification et la mise en œuvre de l'approche " sollicitation-réaction ".

Les premiers résultats de l'étude étaient prévus pour le premier trimestre 1999. A ce jour, des agents de l'IRC et du PEA et des partenaires dans trois régions ont testé sur le terrain le guide des méthodes et les outils pour l'évaluation participative de l'apprentissage. Au Kerala, en Inde, l'étude a été faite dans deux villages en collaboration avec le SEUF (Socio-Economic Units Foundation). Au Cameroun, avec l'Institut panafricain pour le développement. Au Ghana, les tests ont été réalisés dans le district de Ho en partenariat avec le Ghana Volta Rural Water Supply and Sanitation Project. En Amérique latine, l'étude se fait avec le partenaire de l'IRC, CINARA, et les tests sur les méthodes sont effectués dans le village de Ceylan, dans le district du Bugalagrande, près de Cali en Colombie. En Amérique latine, le projet fera appel à quatre partenaires dans quatre pays différents :

- Le programme TRANSCOL en Colombie, coordonné par CINARA ;
- APRISABAC, le programme de soins de santé primaire et d'assainissement de base du ministère de la Santé du Pérou, dans la région de Cajamarca ;
- Le programme national d'eau et d'assainissement du ministère des travaux et des services publics de Bolivie ;
- ETAPA, la Compagnie des eaux et de l'assainissement, et Care International, un programme en participation pour l'eau et l'assainissement à Cuenca, en Equateur.

En Inde, les données ont déjà été recueillies sur le terrain dans neuf communautés, par les communautés elles-mêmes. L'analyse et le traitement des informations sont en cours.

(Textes extraits de " Faits Nouveaux " n° 248, novembre 1998, édité par l'IRC (Centre International de l'eau et de l'assainissement), P.O Box 2869, 2601 cw Delft, Pays Bas. Tél : 31 15 219 29 39 Fax : 31 15 219 09 55 E-mail : general@irc.nl

ANNEXE 3

Un appui à la sensibilisation des populations devant bénéficier d'un programme d'approvisionnement en eau ou d'assainissement (aménagement de PEM et/ou de latrines)

par Marie Viland.

A l'occasion d'une étude d'impact sur la santé en Guinée maritime, financée par l'AFD, une expérience adaptée de sensibilisation des populations, a pu être expérimentée. Le programme AFD4 en Guinée maritime prévoit deux actions :

- le Programme d'Hydraulique Villageoise en Basse Guinée qui doit installer 300 nouveaux points d'eau dans 4 préfectures ;
- une étude d'impact sur la santé, qui doit évaluer la santé des populations dans un état initial, c'est-à-dire avant l'aménagement des points d'eau, alors que la population s'alimente en eau à ses sources d'eau traditionnelles ; et après deux ans d'utilisation de l'eau du forage pour son approvisionnement en eau.

Ce bilan, établi sur des indicateurs mesurables, nécessite qu'une équipe de 4 personnes plus 2 chauffeurs s'installe pendant 3 semaines dans le village. Au cours de ces 3 semaines, les enquêteurs vivent avec les villageois, sont informés de leurs problèmes et finissent par connaître individuellement chaque personne. En effet, chaque membre d'une famille est soumis à un examen clinique, un examen de selles et reçoit des soins pour traiter les maux dont il souffre. Les soins contre les parasites cutanés (gale, poux) ainsi que les teignes et les mycoses sont également distribués aux personnes ne faisant pas partie de l'enquête. Des liens privilégiés sont créés.

Un des villages suivis avait bénéficié d'un programme d'équipement de latrines à fosses cimentées (UNICEF). Chaque famille possédait une latrine et la nouvelle école possédait 5 latrines à double fosse récemment réalisées. Or, très rapidement, en faisant le tour des habitations, il était visible qu'à une exception près (le menuisier qui avait fabriqué un couvercle en bois adapté à la forme de l'ouverture des latrines), ces latrines étaient mal utilisées, malodorantes et envahies par les mouches et autres insectes volants.

Au cours de ces trois semaines, tout en montrant au microscope, aux personnes qui le souhaitent, les parasites trouvés dans les selles, il a été expliqué d'abord à l'instituteur puis aux autres villageois que les latrines devaient être fermées par un couvercle semblable à celui du menuisier et qu'il fallait aménager des points de lavage des mains près de la sortie des latrines. Pour appuyer cette action, du savon a été distribué aux femmes et à l'école du village.

Dans cette expérience, les actions d'animation ont été construites en raison de la situation rencontrée et non pas autour de thèmes généraux. Ce sont ces actions concrètes, bâties en fonction de la situation existante qui, seules, peuvent aboutir à une prise en charge des populations par elles-mêmes.

Rapport de Quatrième Mission : Etudes d'impact sur la santé. 1999.

Contact : e-mail : mviland@club-internet.fr
[http : // www.club-internet.fr/persol/mviland](http://www.club-internet.fr/persol/mviland)

ANNEXE 4

Une expérience d'animation au service du développement intégré

par Pari Zarrabi, sociologue

L'expérience se déroule au Burkina Faso, dans les Provinces du Sourou et du Nayala (projet hydraulique villageoise du Sourou Nayala, financement KfVW, mené par le Bureau d'études IGIP). Le projet a permis l'installation de 310 forages dans 170 villages.

Les actions de sensibilisation, d'animation et d'éducation sanitaire, menées au démarrage du projet selon le schéma décrit dans le manuel pédagogique, se sont rapidement orientées vers une " animation organisationnelle " autour des points d'eau potable (PEP). Cette orientation s'est faite en raison des us et coutumes des populations concernées par le projet. En effet, il s'agit d'une population qui refuse de reconnaître la chefferie traditionnelle des pays en développement, et qui vit de manière individualiste. L'animation a dû s'adapter à ces contraintes. Il a été décidé d'intégrer et d'associer l'eau potable à d'autres actions de développement.

Dans cette perspective, des contacts ont été pris dans les deux Provinces avec un programme de " Gestion des Terroirs ", qui fait intervenir les services de l'agriculture, de la santé, de l'hydraulique, ainsi que les autorités administratives. Des travaux communs sur le terrain ont alors été élaborés. Le travail a consisté à amener les populations à réaliser que l'eau potable est un élément de développement et peut être la source d'importants revenus, par le biais de l'entretien des ouvrages.

L'entretien annuel d'une pompe pour 500 habitants a été estimé à 60 000 FCFA. Sur la base d'un abonnement de 100 FCFA / mois / adulte de plus de 15 ans, un village de 1500 habitants, avec environ 700 personnes de plus de 15 ans, peut recueillir 70 000 FCFA /mois ou 840 000 FCFA / an. Si le village a 3 pompes par exemple (une pompe / 500 personnes), il doit cotiser $60\,000 \times 3 = 180\,000$ FCFA / an. Les revenus générés par l'abonnement lui permettent d'avoir un crédit annuel de 660 000 FCFA (840 000 – 180 000). Ceci devrait permettre au village de mettre sur pied une caisse d'épargne communautaire, et après paiement de l'entretien des PEP, d'investir une partie des sommes recueillies dans le développement agricole, commercial, scolaire, ou sanitaire du village. Le suivi de la consommation de l'eau potable sera assuré par les services administratifs et les villageois eux-mêmes, impliqués dans la gestion des terroirs.

Cette opération doit amener également les villages à consommer davantage l'eau potable des forages (véritable but poursuivi par cette animation organisationnelle mise au service du développement intégré des villages). Les divers projets d'hydraulique villageoise ne sont pas toujours satisfaisants, surtout quelques années après leur fin, pour la double raison des nombreuses pannes des pompes et du manque de motivation et de mobilisation des populations à consommer l'eau potable régulièrement. Aussi, intégrer l'eau potable et les ouvrages hydrauliques au développement global du village serait une solution pour inciter les populations à utiliser régulièrement leurs PEP.

Il faut cependant insister sur le fait que cette définition de l'animation correspond à une expérience qui est menée au Burkina Faso, parce que le projet travaille dans une zone donnée. Elle ne peut être dupliquée telle quelle. Elle permet encore de réaliser que les méthodologies d'animation doivent être adaptées en fonction des réalités constatées sur le terrain, et que l'animation ne peut être ni ne doit être une discipline rigide et unique.

Contact : Pari Zarrabi, sociologue

E-mail : labaraka@wanadoo.fr



Le contrôle analytique de l'eau

*Les paramètres à prendre en compte
Leur mesure sur le terrain*



Dans les zones rurales des pays en développement, certains paramètres de l'eau utilisée doivent être évalués, car ils sont la mesure de risques sanitaires.

Comme pour les traitements de potabilisation, un choix sélectif ciblé sur les risques à court et moyen termes peut être effectué. Il s'agira de la mesure de paramètres microbiologiques, la mesure de paramètres physico-chimiques, et la mesure de paramètres à prendre en compte en cas de traitement de désinfection par chloration.

PARAMETRES MICROBIOLOGIQUES

Au niveau de la source d'approvisionnement, il est essentiel de mettre en évidence et de dénombrer correctement les germes indicateurs d'une contamination fécale. Il existe deux méthodes générales de dénombrement :

- la méthode du nombre le plus probable (NPP) ou méthode des tubes multiples qui consiste à inoculer des volumes variés d'eau dans des séries de tubes identiques contenant un milieu de culture liquide adapté aux germes à dénombrer. Des tables statistiques permettent de rapporter des résultats NPP de germes présents dans 100 ml.
- la méthode de filtration sur membrane qui consiste à dénombrer des colonies qui se développent sur un milieu nutritif spécifique après filtration d'un volume connu d'eau à analyser sur une membrane poreuse calibrée (0,45 µm) généralement en ester de cellulose. Toutes les bactéries ou cellules de dimensions supérieures à celles des pores sont retenues sur la membrane et se développent si elles trouvent dans le milieu nutritif les éléments nécessaires à leur croissance. Le dénombrement des colonies s'effectue après 24 heures d'incubation et les résultats sont donnés pour un volume de 100 ml d'eau.

Dans les pays en développement et plus particulièrement en zones rurales, il est indispensable pour éviter les erreurs liées au transport des échantillons, de pouvoir effectuer le contrôle microbiologique sur le lieu de prélèvement. C'est ce que permet la méthode Milliviva décrite ici. C'est une méthode de filtration sur membrane calibrée qui a été utilisée sur le terrain depuis 10 ans et a été adaptée aux conditions rencontrées dans les PVD. Elle s'est révélée fiable et totalement équivalente au contrôle effectué en laboratoire. Elle permet d'apprécier la qualité d'une eau en mettant en évidence et en dénombrant les coliformes fécaux (CF) thermotolérants présents. Le matériel de base, fabriqué par la firme Millipore, comporte :

- un incubateur portable permettant de maintenir les cultures à une température constante de 44,5°C, incubateur qui possède une batterie interne rechargeable et qui peut être également branché sur l'allume-cigares d'un véhicule tout terrain,
- un nécessaire de filtration (seringue + tulipe d'aspiration) pour effectuer l'aspiration de l'eau à analyser à travers la membrane poreuse calibrée,
- des entonnoirs de filtration appelés " unité Milliflex ", gradués de 25 à 100 ml à la base desquels est soudée la membrane calibrée,
- le milieu de culture utilisé est un milieu standard américain, milieu MFC stérile, prêt à l'emploi dans des ampoules de 2 ml correspondant à une analyse.

Le déroulement de l'analyse est décrit dans la fiche 16.

Coût du contrôle bactériologique

L'équipement de base, pour effectuer sur le terrain l'analyse bactériologique, coûte environ 35 000 FF ; ce prix inclut l'incubateur de terrain et ses accessoires, la seringue double voie, le support de filtration.

Le consommable pour un dénombrement de coliformes fécaux coûte environ 110 FF. Il est recommandé d'exécuter deux analyses par point d'eau, soit un coût de 220 FF.

PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES

Parmi ces paramètres, on distinguera, d'une part, ceux qui permettent une estimation du type d'eau et de son aspect (les paramètres globaux), et, d'autre part, ceux qui ont des incidences en fonction des différents risques (les paramètres chimiques).

■ Paramètres globaux

Parmi ces paramètres, l'aspect visuel de l'eau joue un rôle très important :

- La **couleur** : jaune, rouille, marron, noire, terre, permet rapidement d'estimer la présence de certains éléments, notamment le fer, les matières organiques, des argiles... Dans certains cas, ces observations seront confirmées par l'observation faite sur la limpidité.

- La **limpidité** de l'eau peut être évaluée très rapidement par une simple classification : claire, opalescente, trouble et très trouble.

En ce qui concerne la mesure de ces paramètres, la mesure effectuée par le disque de Secchi permet une bonne estimation de l'importance de la turbidité de l'eau et, dans certains cas, de la couleur. Cette méthode ne concerne, bien sûr, que les eaux de surface ou les eaux stockées à domicile dans des conditions douteuses.

La mesure de la limpidité au disque de Secchi est effectuée à l'aide d'une perche terminée par un disque blanc de 20 cm de diamètre. Elle s'exprime en cm et correspond à la profondeur d'enfoncement du disque dans l'eau jusqu'à ce que celui-ci disparaisse visuellement.

Le tableau ci-après permet une estimation rapide de la turbidité en unités NTU à partir des données obtenues sur le terrain.

Turbidité (NTU)	4	6	7	12	18	25	50	100	200
Profondeur d'immersion du disque de Secchi en cm	150	120	100	70	50	40	30	20	12

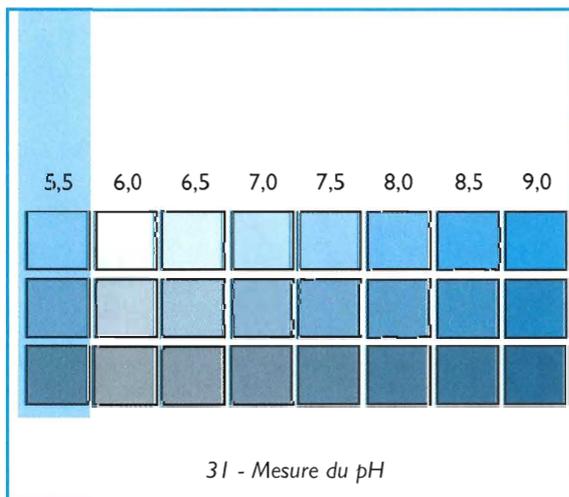
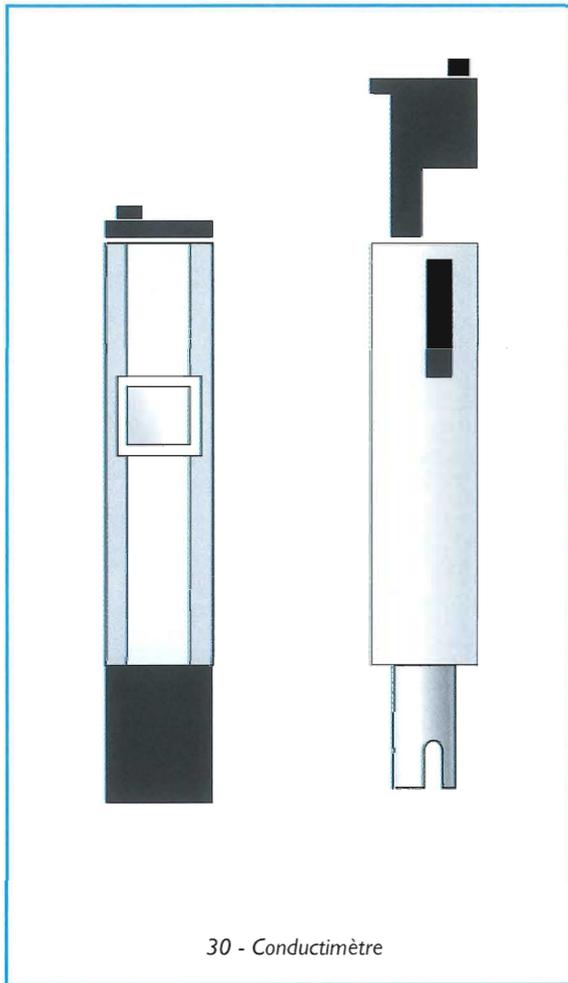
Equation de la relation $\text{Limp}_{\text{cm}} = f(\text{turbidité})$

$\text{Log Limp}_{\text{cm}} = - 0,616 \log \text{Turbidité NTU} + 2,53$

La fiche 17 présente la méthode du tube qui est une méthode simple de mesure de la turbidité sur le terrain.



29 -Disque de Secchi



- L'odeur

Une autre estimation de la qualité globale de l'eau peut être obtenue par l'odeur de l'eau. La détermination de l'odeur permet rapidement d'estimer des risques de contamination, notamment les odeurs de septique, oeuf pourri...

Enfin, deux paramètres physico-chimiques nécessitant des appareils de mesures permettent d'avoir une idée globale de la physico-chimie de l'eau. Ce sont la conductivité et le pH.

- La conductivité

On pourra classer les eaux par gamme de conductivité, exprimée en microsiemens par centimètre ($\mu\text{S}/\text{cm}$) :

Eau très peu minéralisée : $x < 150 \mu\text{S}/\text{cm}$

Eau de faible minéralisation : $150 < x < 350$

Eau de minéralisation moyenne : $350 < x < 500$

Eau minéralisée : $500 < x < 1000$

Eau très minéralisée : $x > 1000$

La fiche 18 présente une méthode simple de mesure de la conductivité sur le terrain.

- Le pH

Le pH permet rapidement de savoir si l'eau est acide ou basique ($\text{pH} < 7$ ou $\text{pH} > 7$).

Pour les eaux peu ou très peu minéralisées, le pH est souvent inférieur à 7 et indique que l'eau est agressive ou corrosive, ce qui risque de poser problème pour toutes les parties métalliques et les éléments en béton des ouvrages.

Les $\text{pH} < 7$ réduisent l'efficacité de certains traitements, notamment l'élimination du fer. Par contre, ils permettent une bonne désinfection par le chlore à l'inverse des pH alcalins ($\text{pH} > 8$) qui réduisent de façon importante l'efficacité de la désinfection.

Des méthodes simples de mesure du pH sont présentées dans la fiche 19.

■ Paramètres chimiques

- Ammonium - NH₄⁺

Les ions ammonium dans l'eau peuvent avoir une origine naturelle mais, dans la plupart des cas, sont les signes d'une contamination de l'eau par des eaux usées domestiques ou des matières fécales.

Les ions ammonium en présence de chlore réagissent pour donner des chloramines qui réduisent de façon très importante l'effet biocide (bactéricide, virucide). Cela conduit à une diminution de la protection vis-à-vis du risque à court terme.

Pour s'affranchir de cela, il est donc nécessaire soit de nitrifier les ions ammonium et de les transformer en nitrate, soit de les oxyder en azote par l'action du chlore. Il faut en général 10 mg de chlore par mg d'ion ammonium.

La connaissance de la teneur en ions NH₄⁺ est donc très importante pour pouvoir établir les doses à utiliser pour une désinfection par chloration. La fiche 20 présente une méthode simple de dosage de l'ammonium sur le terrain.

- Nitrites - NO₂⁻

Les nitrites peuvent jouer deux rôles importants :

- d'une part, ce sont des éléments chimiques qui peuvent conduire à la méthémoglobinémie. Cette complexation de l'hémoglobine par les ions NO₂⁻ est tout à fait réversible chez l'adulte grâce à une détoxification enzymatique. Dans le cas des nourrissons (moins de 6 mois), cette enzyme n'existe pas, ou en quantités très faibles, et la maladie apparaît : asphyxie des cellules car tous les échanges gazeux avec les poumons sont inhibés. Le sang ne peut plus transporter l'oxygène vers les cellules.

- d'autre part, les nitrites sont des "anti chlore" qui réduisent cet oxydant. Il faut en général 1 mg de chlore pour neutraliser 1 mg de nitrite. Cela compromet donc l'efficacité de la désinfection et peut conduire à un risque microbiologique à court terme.

Pour le dosage des ions nitrites, se reporter à la fiche 20.

- Nitrates - NO₃⁻

Les nitrates en eux-mêmes ne sont pas très dangereux. Par contre, ils peuvent par réduction conduire à des nitrites dont nous avons mentionné auparavant les effets. Dans les pays en développement et surtout en zone rurale, une partie de l'alimentation est basée sur la consommation d'aliments à base de céréales fermentées. Si l'eau est riche en nitrates, il y aura transformation en nitrites.

Dans le cas d'usage d'eaux nitratées pour l'alimentation de nourrissons, il a été fait mention d'une réduction des nitrates en nitrites par la flore digestive. C'est la raison pour laquelle les eaux nitratées ne sont pas recommandées pour la préparation des aliments pour nourrissons.

On trouvera dans la fiche 20 des méthodes simples de dosage.

- Fer

Le fer dans l'eau n'est soluble qu'à la valence II. En présence d'oxygène, il s'oxydera et précipitera, ce qui conduira à la production de boues pouvant induire des proliférations bactériennes car dans ces boues s'accumuleront des matières organiques.

Le fer ferreux est un "anti chlore" car très facilement oxydable par le chlore. Si cet élément n'a pas été oxydé, il réduira de façon importante le pouvoir oxydant du chlore et donc son effet bactéricide, ce qui conduira à une réduction de la protection vis-à-vis du risque microbiologique à court terme.

Le fer ferreux n'est normalement présent que dans les eaux souterraines dépourvues d'oxygène. Dans les eaux de surface, il peut se rencontrer soit dans les couches profondes de barrages ou lacs stratifiés, soit dans des eaux très polluées. Dans ce dernier cas, il est un bon témoin d'une eau très polluée ne pouvant être utilisée pour l'alimentation humaine.

Des méthodes simples du dosage du fer sont présentées dans la fiche 21.

- Manganèse

Certaines eaux peuvent contenir du manganèse. Cet élément est comparable au fer. Il est soluble à la valence II et insoluble à la valence IV. Contrairement au fer, il ne s'oxyde pas avec l'oxygène de l'air à des pH compris entre 6,5 et 8,5. Il sera donc important de connaître sa présence car il a des effets tout à fait comparables au fer.

Pour le dosage, se reporter à la fiche 22.

■ Paramètres à mesurer en cas de traitement par chloration

La mise en œuvre d'un traitement de désinfection par chloration exige certaines qualités de l'eau à traiter et donc la mesure de paramètres spécifiques est indispensable.

Comme vu plus haut, il s'agit :

- du pH
- de la turbidité
- de la concentration en ammonium, nitrites et fer ferreux.

Par ailleurs, le traitement de chloration demande un certain nombre de mesures (Voir pages suivantes).

Préparation et titration des solutions de chlore à partir des différents produits chlorés

Dans le commerce, il existe différents produits qui peuvent conduire à la production d'hypochlorites dans les eaux. Les plus employés et acceptés au niveau international pour la désinfection des eaux destinées à la consommation humaine sont :

- l'hypochlorite de sodium (eau de Javel)

Ce réactif a comme principal défaut qu'il se détériore très rapidement en fonction de sa concentration initiale et surtout de la température de stockage.

Son principal avantage est qu'il est disponible partout, souvent sous forme diluée (eau de Javel du commerce).

Les "berlingots" sont à 48 degrés chlorométriques (1 degré chlorométrique correspond à 3,17 g/l de chlore, soit 150 g/l environ).

Les bouteilles d'eau de Javel sont en général à 12 degrés chlorométriques, soit 38 g/l.

- les hypochlorites de calcium

Ce sont des produits solides qui contiennent jusqu'à 70 % en masse de chlore.

L'inconvénient de ce réactif est qu'il ne se trouve pas aussi facilement que "l'eau de Javel". Par contre, il est très stable puisqu'on estime sa perte à environ 1 % par an. Ce produit venant d'Europe ou des Etats-Unis est très facilement transportable.

Dans les eaux riches en calcium, on pourra avoir une précipitation de carbonates de calcium.

Préparation et dosage des solutions de chlore

Eau de Javel 48° chlorométriques (berlingots)

Le produit est supposé faire 150 g/l de chlore. On effectue deux dilutions successives d'un facteur 200, soit 5 ml d'eau de Javel dans 1 l, puis 5 ml de la solution préparée dans 1 l.

La qualité de l'eau de dilution est très importante. On choisira de préférence une eau embouteillée, si possible pauvre en calcium ou de l'eau de forages profonds peu minéralisée.

On effectuera le dosage de la dernière solution préparée, soit un facteur de dilution :

$200 \times 200 = 40\ 000$. La teneur trouvée est donc à multiplier par 40 000. Pour avoir le résultat à g/l, on divisera par 1 000, soit :

C : concentration de l'eau en Javel

c : concentration de la 2ème dilution (2 dilutions successives d'un facteur 200). c se situera aux environs de 3 mg/l.

Pour le traitement de l'eau, on n'effectuera qu'une dilution de la solution commerciale d'eau de Javel d'un facteur 100, soit : 10 ml dans 1 l, ce qui fera une solution à 1,5 g/l.

Hypochlorite de calcium

Le produit est supposé être à 70 % de chlore.

1 g d'hypochlorite de calcium contient donc 700 mg de chlore. Une solution à 700 mg/l de chlore contenant 1 g de produit / l d'eau est ensuite diluée d'un facteur 200, soit 5 ml dans 1 l d'eau. Cela conduit à une solution à 3,5 mg/l environ.

Pour le traitement de l'eau, on préparera une solution à 1,4 g/l de chlore, soit 2 g d'hypochlorite de calcium du commerce dans 1 l d'eau.

Pour l'une ou l'autre des solutions pour le traitement, on effectuera un dosage de chlore en sachant que suivant les solutions 1 ml de solution par litre d'eau à traiter apportera 1,5 et 1,4 mg de chlore.

La mesure de la demande en chlore de l'eau

Pour savoir à quel taux de traitement il faut traiter, il sera nécessaire de connaître la demande en chlore de l'eau. Pour cela, il suffit d'ajouter des doses croissantes de chlore dans plusieurs échantillons. Après un temps de contact de 2 h, il sera important de connaître la forme sous laquelle se trouve le chlore : forme chlore libre ou chlore complexe.

Le résiduel de chlore libre après 2 h devra être d'au moins 0,5 mg/l de chlore libre. Les ajouts de chlore seront donc aux environs de : 0,75 - 1,5 - 3 - 4,5 - 6 - 7,5 - 10 - 15 - 21 mg/l.

Après le dosage, on tracera la courbe de demande en chlore. La valeur trouvée, permettant d'avoir le minimum de chlore combiné et environ 0,5 mg/l de chlore libre, sera la dose de traitement à utiliser.

La mesure du chlore résiduel

Le chlore résiduel peut se différencier en plusieurs entités.

On appellera :

- **demande immédiate en chlore** : chlore bloqué immédiatement et chimiquement par les éléments réducteurs de l'eau (sulfures, matières organiques) ; des sous-produits chlorés sont alors formés, ils peuvent être toxiques à long terme.

- **chlore total** : somme des espèces oxydantes capables d'oxyder les iodures en iode. Pour les eaux traitées par des hypochlorites (sodium ou calcium), cela correspond à :

- acide hypochloreux (HClO)
- hypochlorite (ClO⁻)
- chloramines (NH₂Cl - NHCl₂)

chlore libre : la somme des espèces HClO et ClO⁻

chlore actif : l'espèce HClO seule.

L'espèce HClO seule est l'espèce la plus active vis-à-vis des bactéries.

En solution, les hypochlorites donnent HClO et ClO⁻. La répartition de ces espèces est directement liée au pH, si le pH est inférieur à 7,6, c'est l'espèce HClO qui prédomine, si le pH est supérieur à 7,6, c'est l'espèce ClO⁻ qui prédomine.

Comme la plupart des micro-organismes à détruire, l'espèce HClO est beaucoup plus active que l'espèce ClO⁻ qui est repoussée par les micro-organismes à détruire de façon électrostatique.

En général, on estime qu'à un pH > 8,5, la désinfection par le chlore est difficile et peu fiable. La présence de chlore combiné (différence entre chlore total et chlore libre) joue un rôle important puisque ce chlore combiné n'a qu'une très faible action microbiologique.

Comme ce dosage est effectué dans de nombreux lieux, y compris dans les piscines, il existe des méthodes de terrain, "kits colorimétriques", fiables et aptes à différencier toutes les espèces chlorées.

Le réactif le plus utilisé est le DPD (diéthylparaphénylène diamine). Il donne, à environ pH 6, en présence de chlore ou d'iode une coloration rouge dont l'intensité est proportionnelle à la teneur en oxydant actif. Le chlore libre est donc obtenu par ajout du réactif DPD.

Le chlore actif est déduit à partir de la connaissance du pH et de la teneur en chlore libre. La lecture sur une courbe ou un tableau donne la répartition des espèces HClO et ClO⁻ en fonction du pH.

Le chlore total est déterminé en ajoutant au préalable de l'iodure de potassium dans l'eau à analyser.

Le dosage des chloramines (chlore combiné) est obtenu par déduction : chlore total - chlore libre.

*le pKa est le pH qui correspond, pour le chlore, à l'égalité en concentration des formes HClO et ClO⁻.

Différentes espèces de chlore

Chlore actif

HClO

Déduit du chlore libre par lecture d'un tableau en fonction du pH.

Chlore libre

HClO + ClO⁻

Action directe de la DPD sur l'eau à analyser à pH voisin de 6.

Chlore total

HClO + ClO⁻ + NH₂Cl + NHCl₂

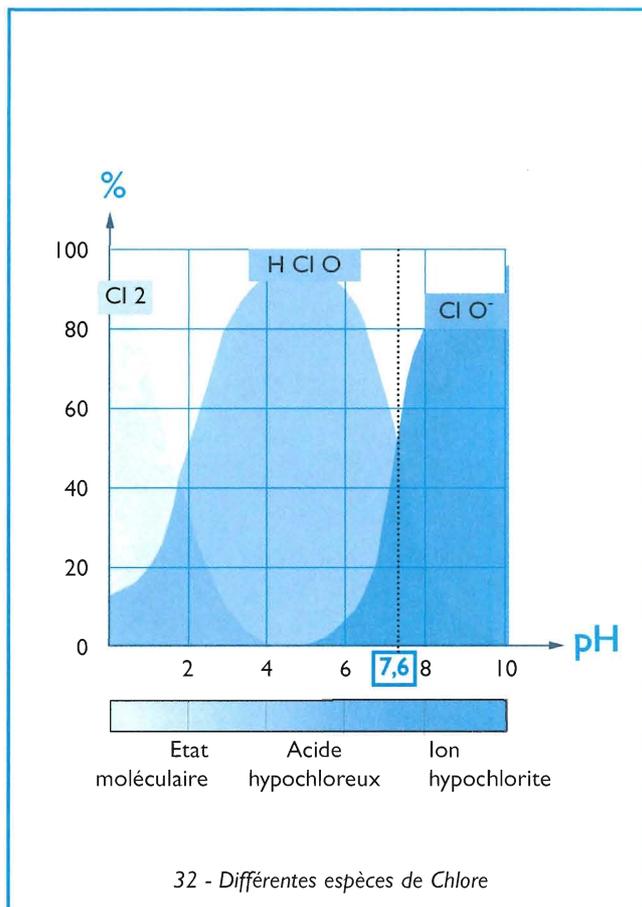
Ajout de KI et dosage à la DPD.

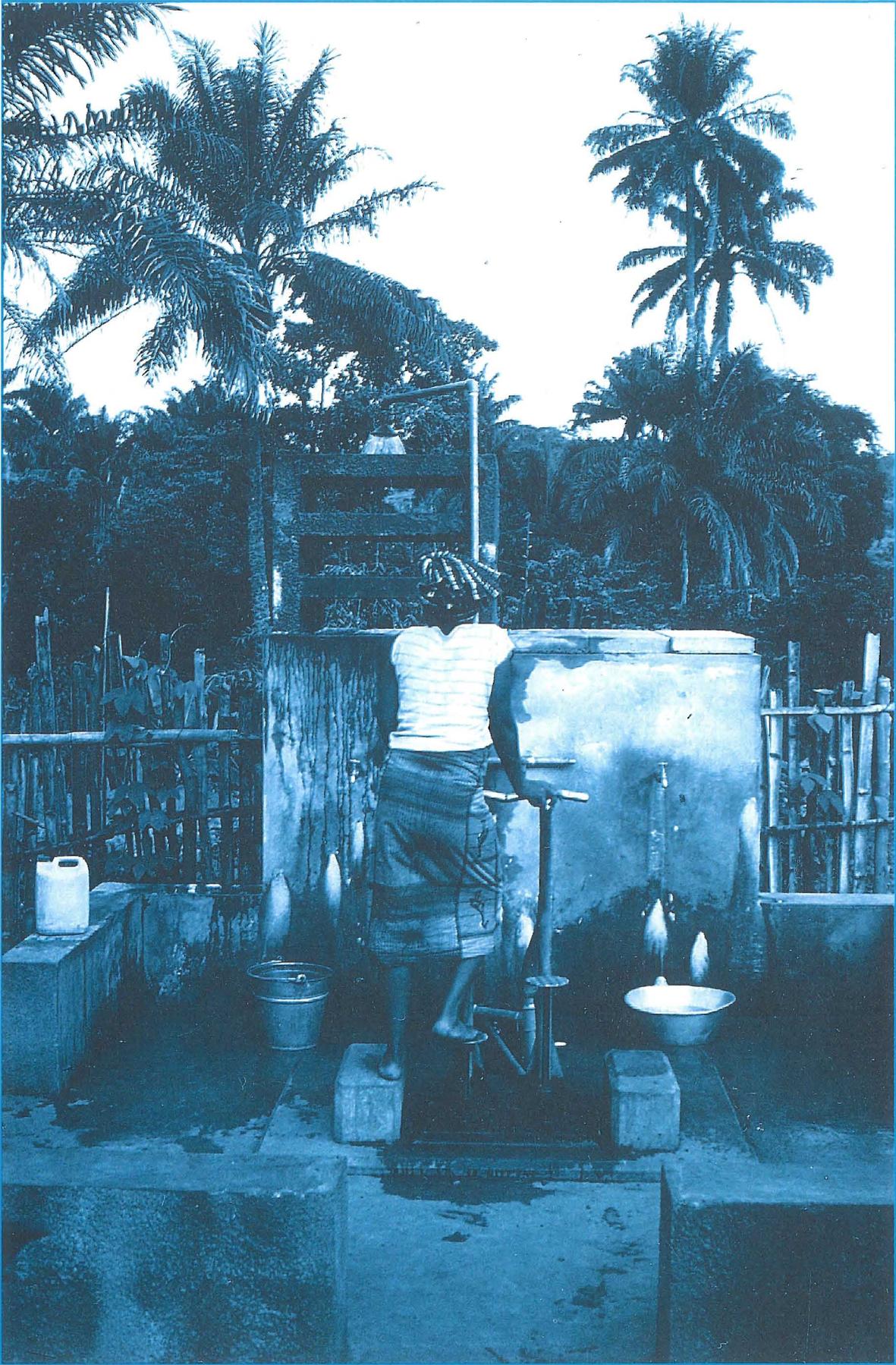
Chlore combiné (chloramines)

NH₂Cl + NHCl₂

Chlore total - chlore libre

La présence de chloramines indique que l'eau contient soit des ions ammonium, soit des amines. Les chloramines organiques sont encore moins bactéricides que les chloramines minérales.



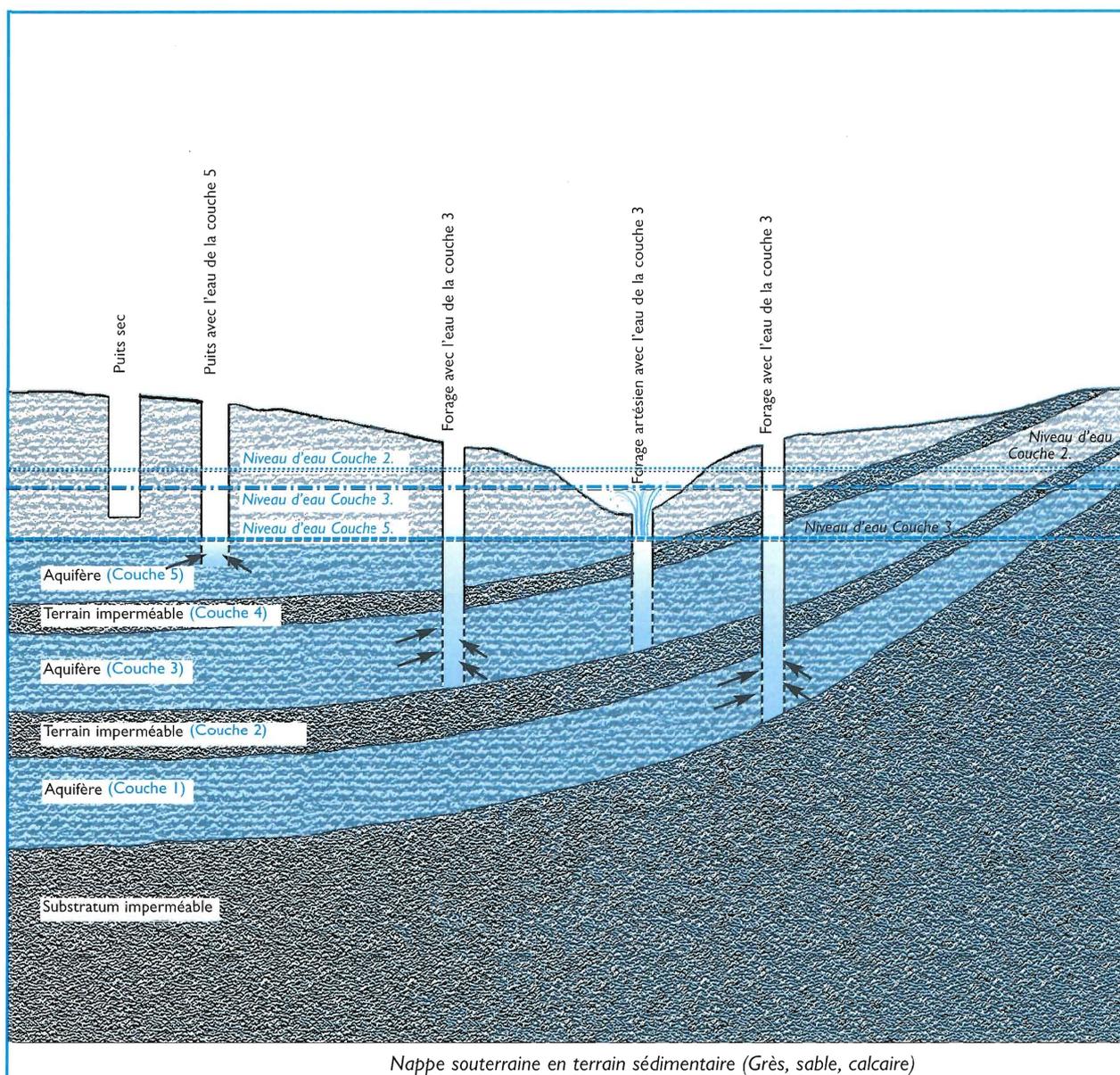


30 Fiches

1. Nappe souterraine en terrain sédimentaire
2. Nappe souterraine en terrain cristallin
3. Schéma hydraulique du milieu fissuré sous couverture altérée
4. Vulnérabilité des aquifères en région granitique
5. L'écosystème d'eau douce
6. Tableau récapitulatif des problèmes sanitaires liés à l'eau
7. Cycle du Ver de Guinée
8. Mode de vie des moustiques
9. Mode de vie des simules
10. La balance ionique
11. Un exemple de réalisation de superstructures d'un point d'eau
12. Origine des pollutions
13. Les périmètres de protection
14. Récapitulatif des paramètres de suivi de la qualité de l'eau
15. Les directives de l'OMS pour les paramètres de l'eau (1993)
16. Protocole de l'analyse bactériologique de l'eau sur le terrain : méthode Millivia
17. Mesure de la turbidité sur le terrain : méthode du tube
18. Mesure de la conductivité
19. Mesure du pH
20. Dosage des éléments de la chaîne azotée : ammonium, nitrites, nitrates
21. Dosage du fer
22. Dosage du manganèse
23. Préparation de solutions de chlore à 20 ou 30 ppm
24. Mesure du chlore dans l'eau
25. Désinfection par le chlore de l'eau de boisson en cas d'épidémie
26. Désinfection par chloration d'un puits
27. Qui fait Quoi en matière de contrôle de l'eau
28. Liste des fabricants de matériel de terrain pour le contrôle de l'eau
29. Récapitulatif des éléments de la fiche d'enquête villageoise
30. Documents pour la sensibilisation

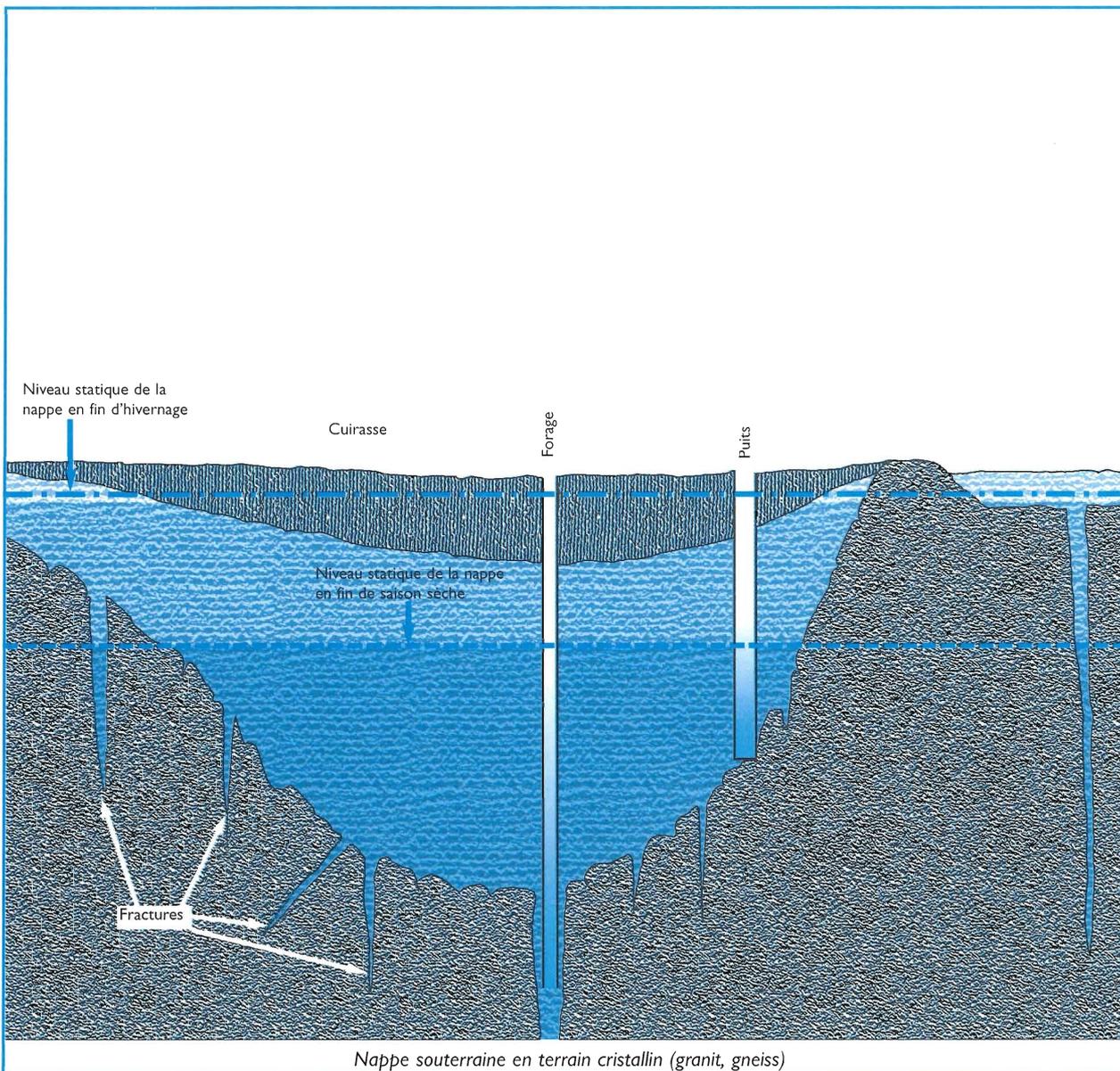
1

Nappe souterraine en terrain sédimentaire



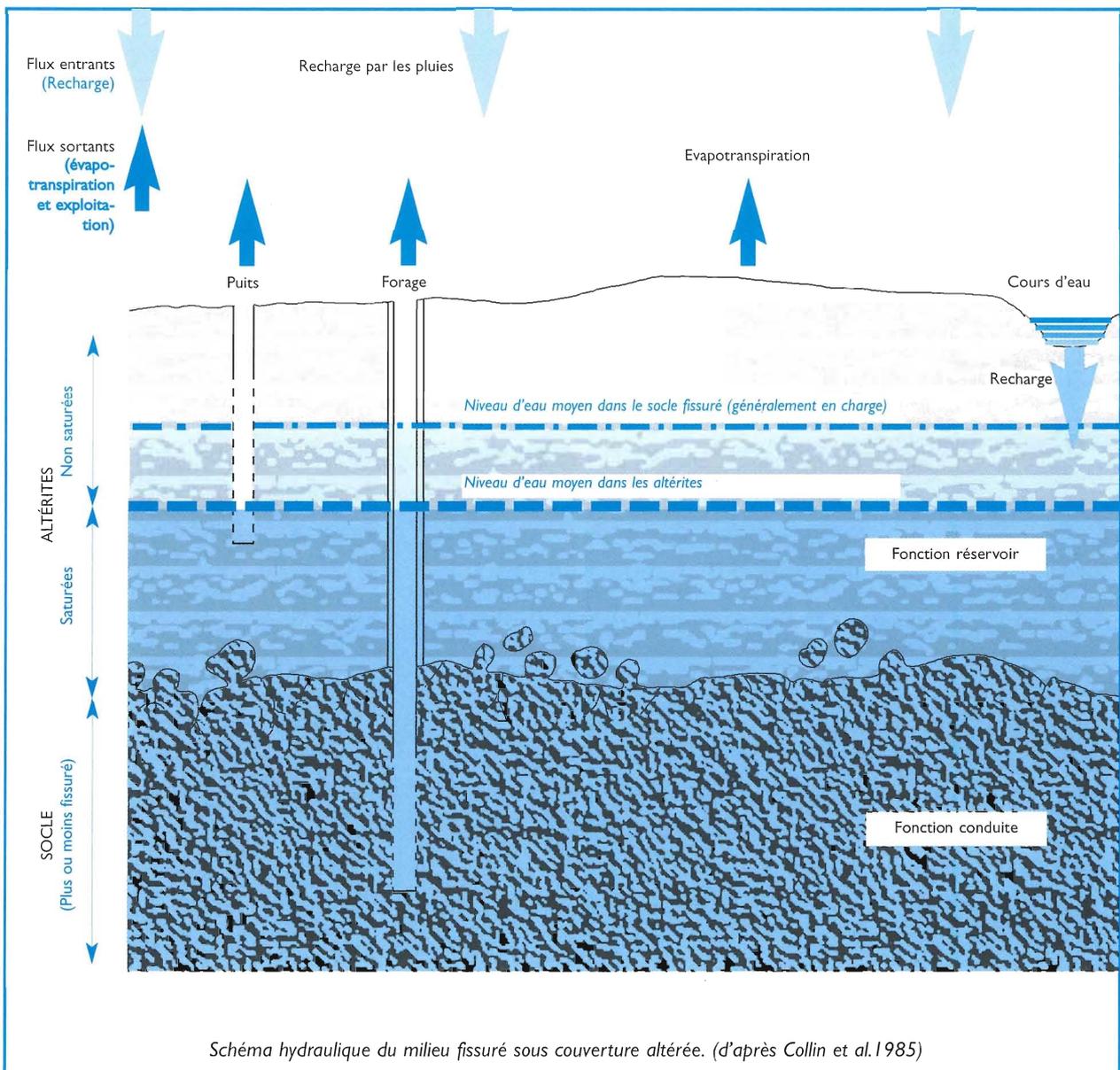
2

Nappe souterraine en terrain cristallin



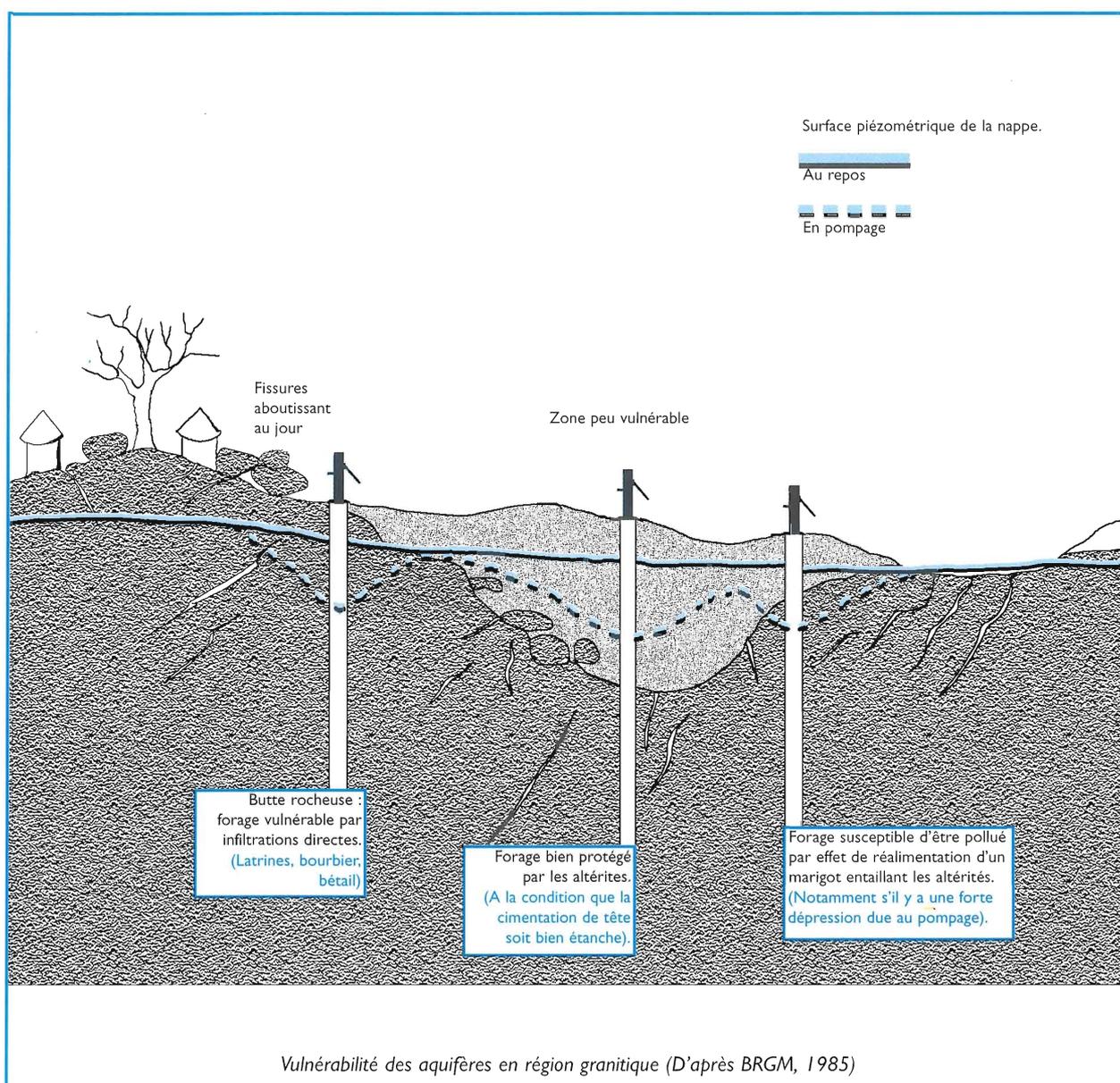
3

Schéma hydraulique du milieu fissuré sous couverture altérée



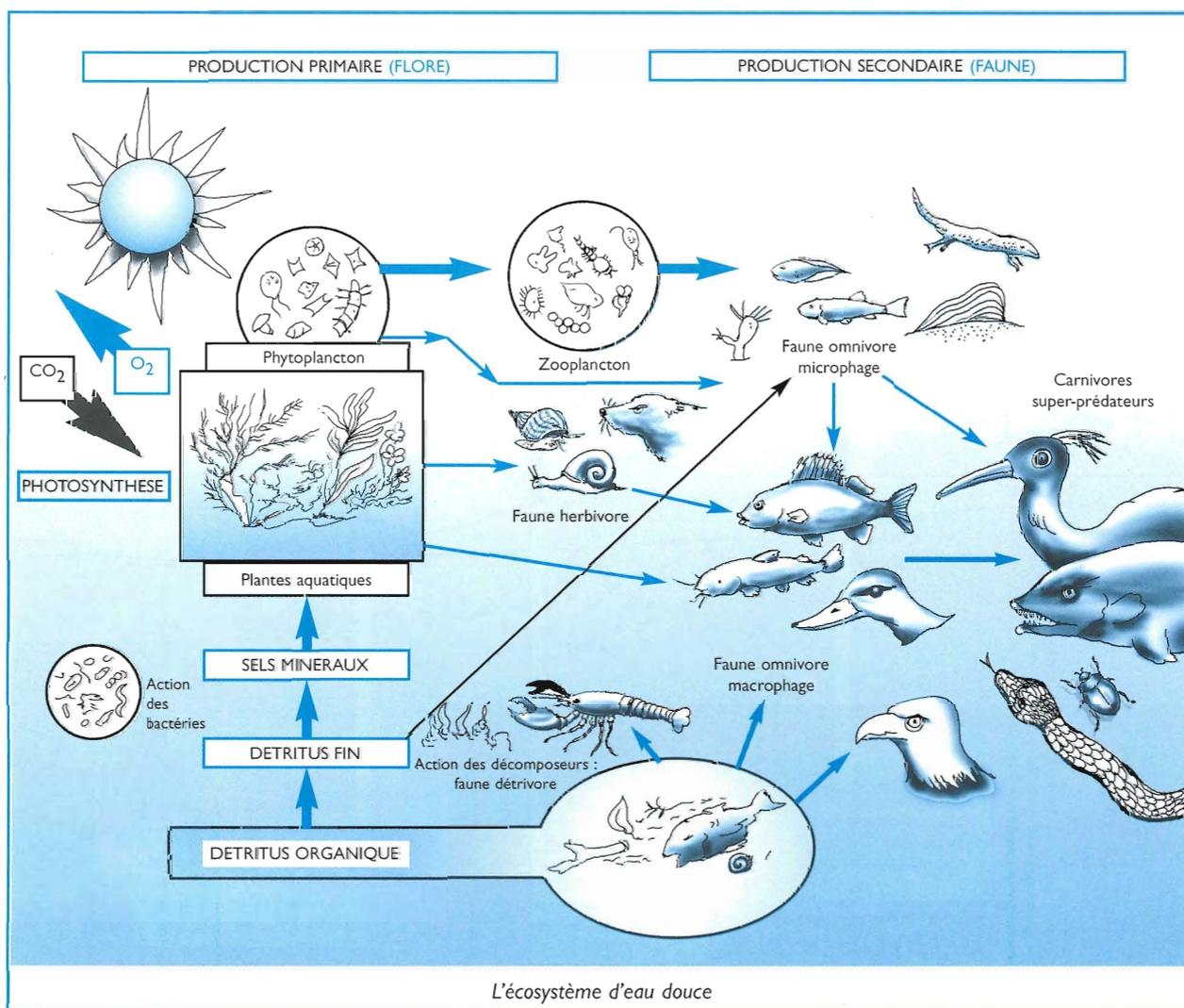
4

Vulnérabilité des aquifères en région granitique



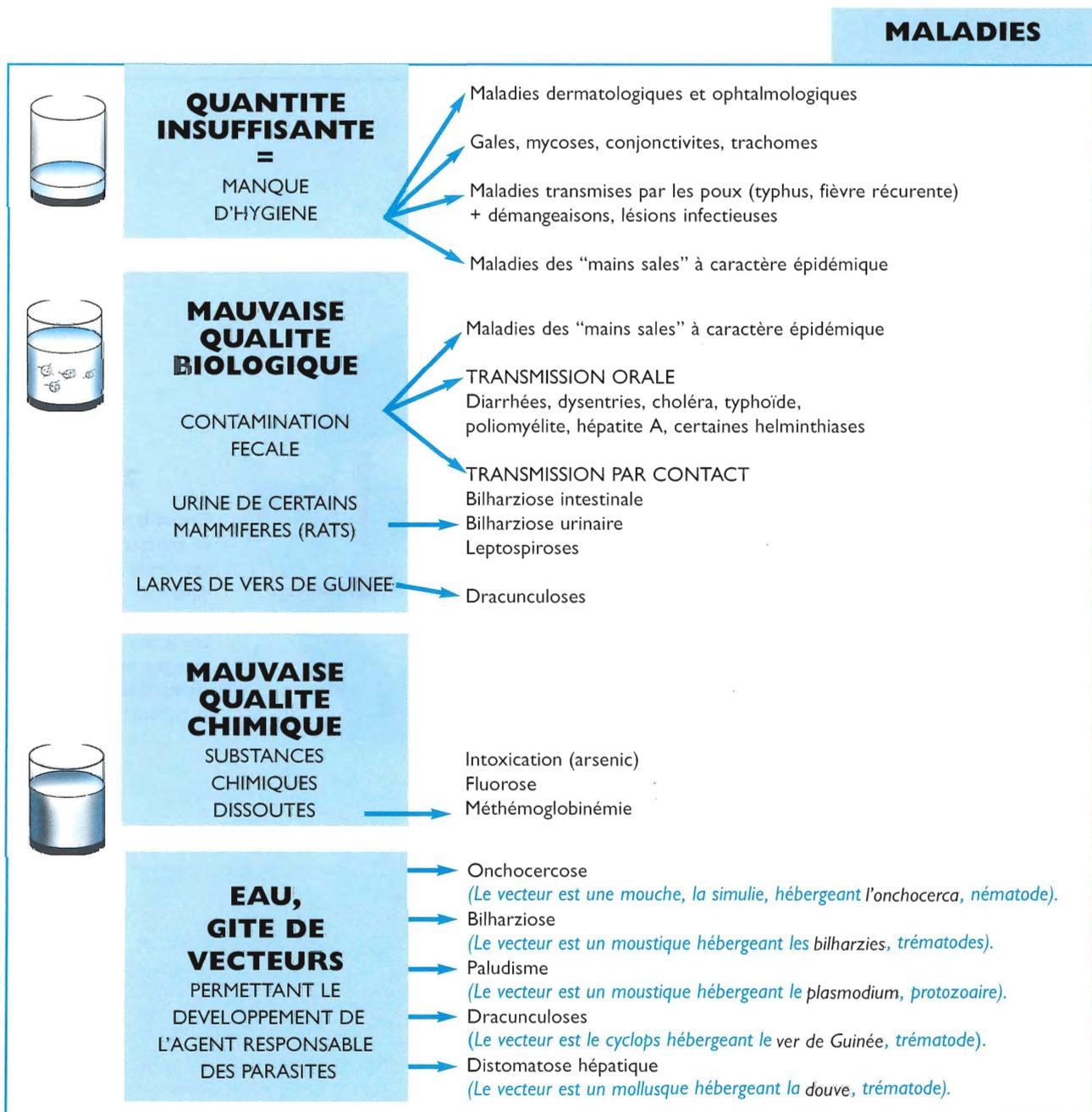
5

L'écosystème d'eau douce



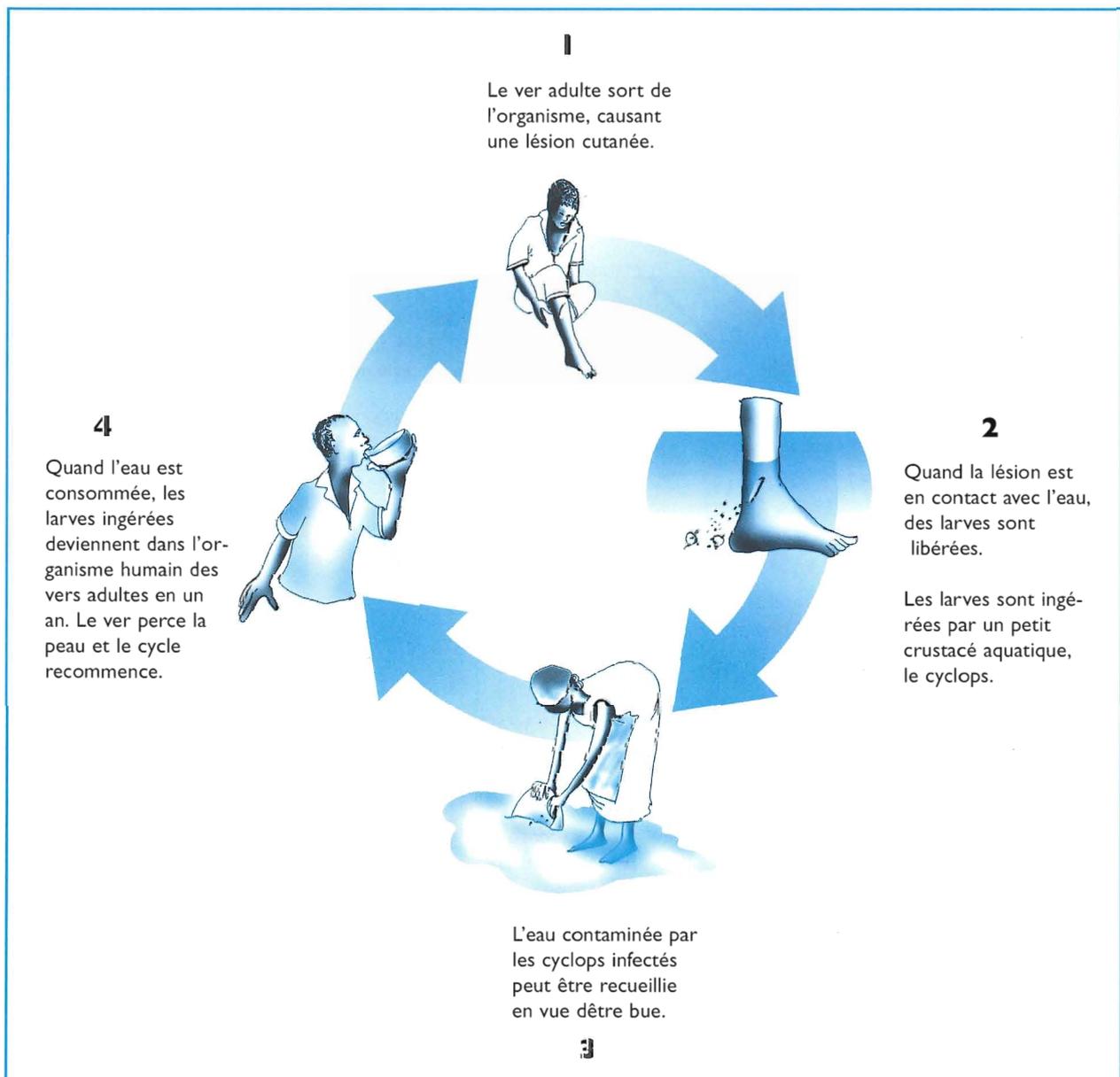
6

Tableau récapitulatif des problèmes sanitaires liés à l'eau



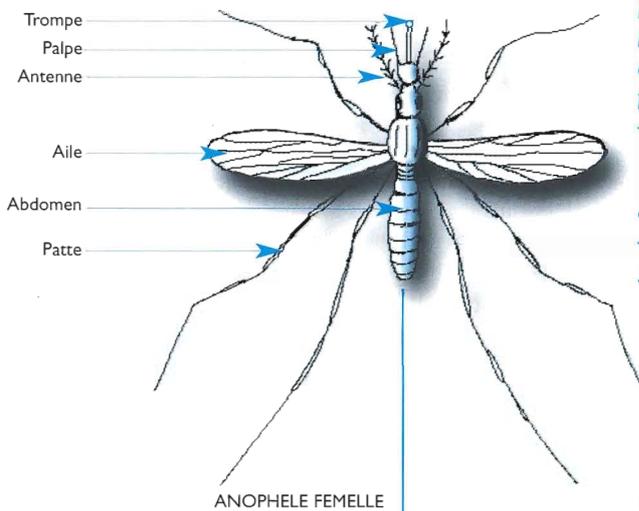
7

Cycle du ver de guinée



8

Mode de vie des moustiques



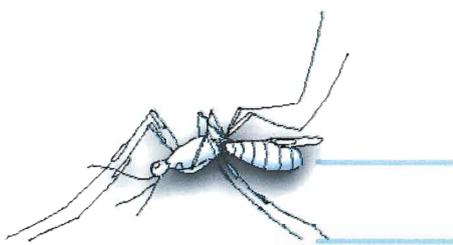
ANOPHELE FEMELLE

Les anophèles sont des moustiques de 5 à 10 millimètres de long appartenant à la famille des culicidés et à la sous-famille des anophélidés. Comme tous les insectes, ils ont un corps formé de 3 parties :

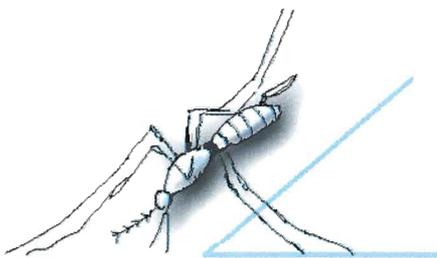
- la tête, pourvue de 2 yeux, 2 antennes, une trompe avec de chaque côté, les palpes ;
- le thorax, porteur de 3 paires de pattes et d'une paire d'ailes ;
- l'abdomen, formé de segments et terminé par les armatures génitales.

Différencier les anophèles des autres moustiques, et en particulier des culex qui leur sont très proches, est relativement aisé à l'œil nu ou à la loupe. Leur attitude au repos est différente : les anophèles adultes sont en position oblique par rapport au plan sur lequel ils sont posés, tandis que les culex se tiennent parallèles à ce support. La tête des anophèles porte deux palpes de même longueur que la trompe, tandis que la tête des culex porte des palpes plus longues que la trompe chez le mâle, plus courtes chez les femelles ; anophèles et culex ont par contre en commun les antennes plumeuses chez les mâles, glabres chez les femelles.

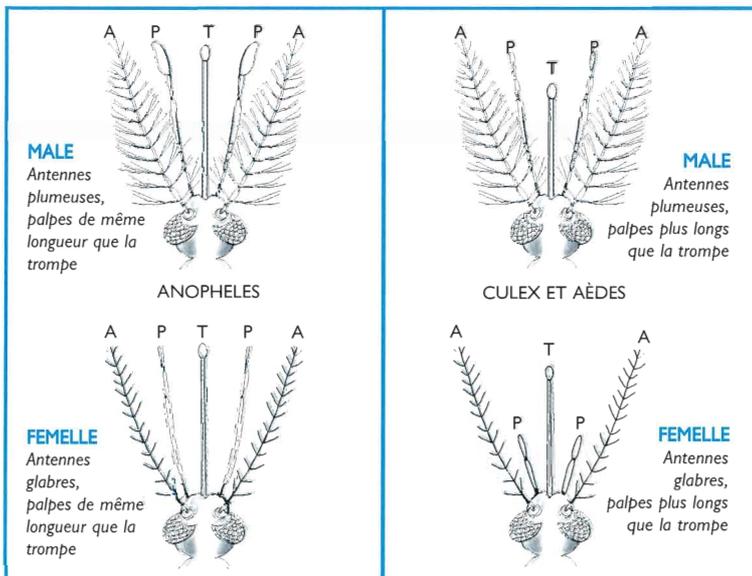
deux palpes de même longueur que la trompe, tandis que la tête des culex porte des palpes plus longues que la trompe chez le mâle, plus courtes chez les femelles ; anophèles et culex ont par contre en commun les antennes plumeuses chez les mâles, glabres chez les femelles.



CULEX ET AEDES : parallèle au plan



ANOPHELES : oblique par rapport au plan



Là s'arrête la différenciation sommaire possible, la détermination des espèces faisant appel à des caractères morphologiques plus subtils qui exigent des connaissances approfondies : elle est importante car, fort heureusement, toutes les espèces d'anophèles ne sont pas vectrices du paludisme.

Les anophèles adultes se déplacent dans l'air grâce à leurs ailes comme tous les autres moustiques.

Les mâles ne piquent jamais, ils se nourrissent de suc de plantes et ont une durée de vie limitée.

Les femelles, par contre, sont hématophages, car après avoir été fécondées, le sang est nécessaire à la maturation de leurs œufs.

La biologie des femelles est donc capitale à connaître. Elles piquent en général le soir ou dans la première partie de la nuit, mais il y a de très grandes variations suivant les espèces.

Elles piquent dans les habitations (espèces *endophages*) ou à l'extérieur des habitations (espèces *exophages*).

Certaines ont des préférences alimentaires très étroites, d'autres sont moins exigeantes. Les espèces *anthropophiles* se nourrissent exclusivement de sang humain et sont donc les plus dangereuses pour la transmission du paludisme.

Les espèces *zoophiles* préfèrent le sang des animaux. Certaines enfin sont indifférentes (*zooanthropophiles* ou *anthropozoophiles*).

Après le repas de sang, les femelles cherchent un gîte de repos dans les habitations (*endophilie*) ou à l'extérieur des habitations (*exochilie*), pour digérer et permettre aux œufs qu'elles portent de se développer. On appelle *cycle gonotrophique* la période qui s'écoule du repas de sang à la ponte ; il est d'environ 48 heures en zone tropicale humide et chaude. Au terme de ce cycle, la femelle va chercher un gîte de ponte, toujours aquatique, où les œufs se transforment en larves, puis en nymphes qui donnent naissance à des adultes ailés (*imagos*), 15 jours à 3 semaines après la ponte, dans les conditions les plus favorables.

Les larves d'anophèles se différencient aisément des larves de *Culex*. Pour respirer, elles se tiennent parallèles à la surface de l'eau, tandis que les larves de *Culex*, munies d'un siphon respiratoire sur l'avant dernier segment de l'abdomen se tiennent obliques par rapport au plan de l'eau.

Les nymphes des deux genres ont un aspect caractéristique en "point d'interrogation". L'entomologiste ne se contente pas de cette simple différenciation ; l'examen minutieux au microscope lui permet de différencier les espèces sur la morphologie des larves.

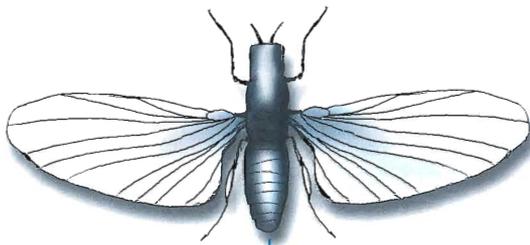
Chaque espèce d'anophèle a des gîtes de ponte (ou gîtes larvaires) préférentiels. Ce sont des collections d'eau temporaires ou permanentes, exposées à l'ombre ou au soleil, pourvues ou non de végétation et répondant à des exigences chimiques ou physiques variées. Ainsi, tandis que la plupart des espèces se développent en eau douce, une variété africaine, *Anophèle Melas*, supporte des concentrations de sel importantes. L'eau courante est en général défavorable.

La température enfin est primordiale. Au dessous de 16°C, le cycle larvaire aquatique s'arrête. Cet arrêt de développement dû au froid est l'*hibernation*. Il peut se produire également au stade d'œuf et d'adulte et ne signifie pas la mort mais un simple arrêt de l'activité qui reprendra sous des conditions plus favorables. Il peut y avoir aussi *estivation* quand la chaleur est trop importante.

	ANOPHELES	CULEX	AEDES
PONTES Taille et aspect de l'œuf 5 mm	Œufs déposés isolément.	Œufs déposés en masse (nacelle)	Œufs déposés isolément. comme les anophèles.
LARVES Position par rapport à la surface de l'eau.	Pas de siphon Parallèle au plan de l'eau	Siphon respiratoire long Obliques par rapport au plan de l'eau	Siphon respiratoire court Obliques par rapport au plan de l'eau
NYMPHES	Trompettes respiratoires longues 	Trompettes respiratoires longues 	

9

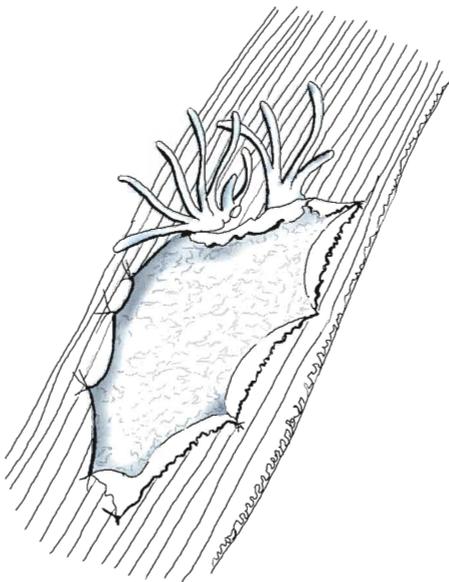
Mode de vie des simulies



Les simulies sont des insectes diptères de la famille des Simuliidés. Les adultes de très petite taille (3 mm) ont une couleur sombre et noire (d'où le nom de blackflies qui leur est donné par les auteurs de langue anglaise), parfois rouge, et leur dos ovale et bombé leur donne un aspect bossu. Les antennes sont relativement courtes et formées de 11 articles emboîtés les uns dans les autres.



Tête de simule (femelle)



Nymphe dans son cocon sur une tige de plante aquatique

Les larves, comme celles des moustiques, se développent dans l'eau. Mais tandis que les culicidés recherchent les eaux calmes, les larves de simulies exigent des eaux très aérées, à débit rapide, telles que les fleuves, les cascades. Une ventouse postérieure leur permet de se fixer très solidement sur les supports immergés dans les eaux torrentueuses. *S. damnosum* est la grande vectrice en Afrique.

BIOLOGIE DES STADES LARVAIRES

Les formes larvaires des simulies se trouvent dans les cours d'eau à débit rapide, très fortement oxygénés ; la vitesse optima du courant pour *S. damnosum* est comprise entre 0,70 et 2 mètres / seconde.

Les femelles fécondées déposent leurs œufs sur des supports végétaux ou rocheux à la surface du courant ; ils adhèrent au support grâce à un mucus sécrété par les femelles. Chaque ponte comporte 100 à 600 œufs émis simultanément, qui en 36 à 48 heures, donnent naissance à de jeunes larves qui vont se fixer sur un support immergé à 30 cm maximum de la surface (brindilles de bois, tiges d'arbustes, pierres, etc.). Les larves ne nagent pas, mais rampent à la manière de chenilles arpeuteuses ou de sangsues, en prenant appui successivement sur leur ventouse postérieure et ventrale antérieure. Après six mues qui s'effectuent sur une durée de 8 à 10 jours, la larve file un cocon et se transforme en nymphe.

Celle-ci en 2 à 5 jours donne issue à un adulte ailé ; au moment de l'éclosion, les gaz fournis par la nymphe durant la métamorphose forment une bulle d'air qui emprisonne l'adulte et lui permet, tel un scaphandre, de remonter à la surface d'où il prend son vol. La respiration des larves est essentiellement cutanée, les nymphes absorbent de l'oxygène dissout à travers des branchies dont la configuration est particulière à chaque espèce. Le mécanisme nutritionnel des formes larvaires est exploité en prophylaxie. Les larves en effet sont ditritiphages, c'est-à-dire qu'elles filtrent à l'aide de leurs pièces buccales les particules alimentaires ou non, en suspension dans l'eau ; elles n'opèrent aucune sélection, et absorbent facilement les insecticides que l'on répand dans l'eau.

Les nymphes par contre ne se nourrissent pas et sont donc peu sensibles aux insecticides. Le rythme de l'épandage des larvicides doit donc tenir compte de ces données.

On distingue des gîtes larvaires permanents et des gîtes temporaires. Les uns et les autres peuvent être :

- naturels,

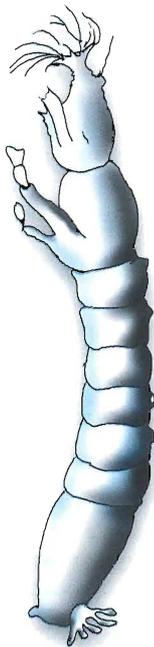
tels que les seuils rocheux relevant les cours d'eau, les ruptures de pente (chutes et cascades), les rétrécissements de lits de fleuves créant des accélérateurs de courant ;

- artificiels,

chaussées submersibles, ponts déversoirs de barrages par exemple. La construction de barrages à portée de vol des simulies comporte un danger d'extension de foyers d'onchocercose qu'il faut savoir estimer. En fait, les grands barrages peuvent être bénéfiques dans certains cas, en noyant par les lacs de retenue des gîtes situés en amont ; par contre, les petits barrages d'irrigation sont en général plus dangereux.



Œuf de simulie



Larve de simulie

BIOLOGIE DES ADULTES.

Chez les simuliés, comme chez les culicidés, seules les femelles sont hémato-phages.

Après l'éclosion, les mâles se nourrissent de jus sucré (nectar de fleurs) et vivent en essaims près des gîtes larvaires. Les femelles sont inséminées peu de temps après leur passage à l'état adulte, l'accouplement s'effectuant en vol et une seule fois dans la vie. Elles prennent ensuite leur premier repas de sang. *L'homme est leur hôte préférentiel* (anthropophilie), mais à défaut, elles se gorgent aussi bien sur une grande variété d'espèces animales (chiens, chèvres, ânes, gibier, oiseaux, etc.). Elles piquent le jour, surtout par temps couvert, dans des lieux ombragés, à l'extérieur des habitations et à faible distance du sol (*S. damnosum* pique dans 95 % des cas en dessous du genou des sujets debout). La piqûre n'est pas immédiatement douloureuse, mais devient très rapidement prurigineuse. Les simulies sont voraces ; la durée de repas varie de 1 minute 1/2 à 3 minutes, et la quantité de sang ingérée est à peu près équivalente à leur poids qui est de 1 mg. Alourdies, elles gagnent leur gîte de repos à faible hauteur du sol (herbes, végétation arbustive, branches d'arbres). La maturation des œufs se fait en 3 à 5 jours, au terme desquels les femelles se dirigent vers les lieux de ponte où elles déposent leurs œufs en fin d'après-midi.

La longévité des femelles est au maximum d'un mois, mais elle varie considérablement selon les conditions du milieu : la durée de vie est plus longue en savane qu'en forêt, et plus longue durant la saison sèche en savane que durant la saison des pluies. Or, si l'on considère qu'à chaque repas de sang correspond la maturation d'une ponte déposée 3 à 5 jours plus tard, que chaque ponte est suivie dans les 24 heures d'un nouveau repas de sang, plus la durée de vie est longue, plus les pontes et les piqûres sont répétées. La longévité la plus longue s'observant en savane et en saison sèche, on comprend qu'en savane s'observe la plus grande densité simulienne, et que la quasi totalité des habitants reçoive le maximum de piqûres infestantes. A cela s'ajoute encore le mode de dispersion des vecteurs.

La puissance de vol des femelles peut être de 40 à 50 km, voire même de 150 km avec des vents favorables. Leurs déplacements, qui s'effectuent surtout avant le repas de sang, peuvent être de deux types :

- déplacements radiaux, c'est-à-dire dans toutes les directions à partir des gîtes larvaires.

- déplacements linéaires, c'est-à-dire le long des cours d'eau.

En forêt, la dispersion est toujours radiale, quelle que soit la saison : il en résulte une endémite onchocercienne étendue mais une densité de simulies faible, d'où un taux d'infestation individuel faible, et par voie de conséquences un nombre peu élevé d'atteintes oculaires parmi les sujets parasités.

En savane guinéenne humide, elle est linéaire en saison sèche et radiale en saison des pluies.

Dans la partie méridionale de la savane soudanienne, elle est linéaire en toutes saisons ; les foyers onchocercose sont localisés le long des fleuves, la densité des simulies est élevée, la population est en totalité infestée, le parasitisme individuel est élevé et les lésions oculaires sont fréquentes.

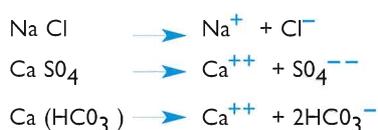
Dans la partie septentrionale très sèche de la savane soudanienne, il n'y a pas de simulies en saison sèche et la dispersion est limitée ou nulle en saison des pluies.

Dans ces régions de savane septentrionale où les cours d'eau sont à sec durant la saison sèche, on s'est demandé comment se constituaient les gîtes larvaires en saison des pluies, puisque ni les œufs, ni les larves, ni les nymphes ne survivent à la sécheresse. Ce sont les femelles migratrices venant de gîtes permanents du sud qui réensemencent les points d'eau ; elles arrivent, portées par le courant aérien tropical qui se déplace de la côte vers l'intérieur des terres.

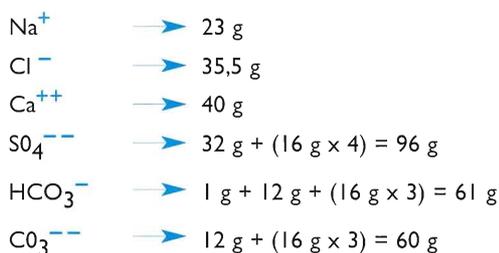
10

La balance ionique

Dans l'eau, la plupart des molécules minérales (sels) sont solubles et se dissocient en ions mono ou divalents :



Un ion gramme a une masse correspondant à la masse des atomes qui le forme :



Comme dans l'eau, tous les ions sont issus de molécules neutres, la somme des charges négatives des anions doit être équivalente à la somme des charges positives des cations.

Pour cela on a introduit la notion d'équivalent ou de milliéquivalent si les concentrations sont exprimées en mg/l.

Pour le sodium monovalent, 1 ion gramme = 23 g correspond à 1 équivalent.

Pour le calcium divalent, 1 ion gramme = 40 g correspond à 2 charges positives donc à 2 équivalents et la masse de l'équivalent est de 20 g.

De même pour les sulfates, 1 ion gramme = 96 g correspond à 2 charges négatives et la masse de l'équivalent est de 48 g.

ESPECE IONIQUE	MASSE DE L'ION GRAMME	MASSE DE L'EQUIVALENT
Na^+	23	23
K^+	39	39
Ca^{++}	40	20
Mg^{++}	24,3	12,15
HCO_3^-	61	61
CO_3^{--}	60	30
SO_4^{--}	96	48
NO_3^-	62	62
Cl^-	35,5	35,5

La balance ionique consiste pour une analyse d'eau donnée à transformer toutes les concentrations d'ions en milliéquivalents et à vérifier que la somme des milliéquivalents anions est égale à la somme des milliéquivalents cations avec une tolérance d'erreur de 2 %.

11

Un exemple de réalisation de superstructures d'un point d'eau

Cette fiche qui décrit la réalisation des superstructures sur un projet de forages équipés d'une pompe à main en Guinée est un exemple pour insister sur l'importance des protections des ouvrages.

LES MATERIAUX ET MATERIELS

I. GÉNÉRALITÉS

L'entrepreneur soumettra à l'autorisation du maître d'ouvrage / ingénieur les matériaux qu'il compte employer avec l'indication de leur nature et de leur provenance.

Tous les matériaux nécessaires à l'exécution des forages et des superstructures seront livrés par l'entrepreneur. Les prix de ces matériaux seront compris dans les prix unitaires ou forfaitaires.

Les matériaux et les éléments de construction et de structure à fournir, installés par l'entrepreneur, seront neufs et non usagés. Ils seront appropriés à leur usage propre, et adaptés normalement les uns aux autres. Ils seront conformes aux normes et aux prescriptions en matière de dimension et de qualité.

Les matériaux et les éléments de construction officiellement approuvés mais non normalisés ne seront utilisés qu'avec l'approbation du maître d'ouvrage / ingénieur. Pour ceux-ci, l'entrepreneur fournira, sur demande des échantillons, le nom du fabricant, et apportera suffisamment de preuves et de tests sur la qualité requise.

Qualité des matériaux et matériels

Tous les matériaux, éléments de construction et matériels d'équipement devront être :

- appropriés au climat tropical
- résistants aux radiations U.V.
- résistants à l'agressivité de l'eau souterraine à capter.

Transport et stockage

Tous les matériaux, éléments de construction et matériels d'équipement devront être emballés de sorte qu'ils puissent être transportés dans la région du projet sans dégâts ni contaminations. Tous les matériaux, etc. seront stockés conformément aux indications du fournisseur de manière à assurer leur mise en œuvre ultérieure sans aucune pollution.

Le stockage fera l'objet d'une comptabilité à présenter à l'ingénieur pour signature.

**Ingénieur :
bureau d'études en charge des travaux.*

Tous les matériaux et matériels détériorés seront remplacés dans la mesure où une réparation adéquate sur place ne peut être garantie. Les frais y afférant seront à la charge de l'entrepreneur.

Réception

L'ingénieur* aura droit d'effectuer des contrôles et des préreceptions dans les usines du fabricant ou à Conakry avant l'expédition.

L'ensemble des matériaux et matériels sera réceptionné par l'ingénieur avant la mise en œuvre. Cette réception ne dispensera pas l'entrepreneur de sa responsabilité et de sa garantie.

L'ingénieur pourra refuser toute fourniture non conforme aux dossiers de soumission acceptés.

L'ingénieur pourra demander des essais ou des certificats de laboratoires généralement reconnus pour essais de matériaux.

2 . MATÉRIAUX POUR LES BÉTONS ET MAÇONNERIES

Granulats

Les granulats destinés à la fabrication des mortiers et bétons proviendront de balastières ou de carrières proposées par l'entrepreneur et agréés par le maître d'ouvrage**.

Ils pourront également être obtenus par concassage de roches saines.

Les granulats seront durs, propres et sains, débarrassés par lavage de tous débris organiques ou terreux, poussières, argiles.

Les installations de criblage, concassage, broyage, lavage, dépoussiérage, et d'une manière générale, toutes les installations de préparation des granulats, devront être étudiées avec soin et soumises à l'agrément du maître d'ouvrage.

La capacité totale du stockage en granulats traités devra être suffisante pour éviter tout ralentissement ou interruption des travaux.

Granulats fins (sable)

Ce sont des éléments inférieurs à 2 mm.

Le pourcentage du matériau passant au tamis de 0,10 mm ne dépassera pas 10 % du poids du sable.

Le sable sera exempt d'argile et de matériaux étrangers.

La teneur en eau du sable ne dépassera pas 8 % en poids.

Ciments GÉNÉRALITÉS

La commande de ces matériaux incombe à l'entrepreneur.

Le maître de l'ouvrage ne pourra pas être rendu responsable des retards qui pourraient subvenir par rapport au plan de livraison.

L'entrepreneur devra donc s'assurer lui-même que la livraison s'effectue à temps.

CIMENT

L'entrepreneur utilisera du ciment Portland artificiel correspondant aux normes en vigueur.

Les ciments utilisés devront répondre aux propriétés suivantes :

- perte au feu, maximum 4 %
- résidu insoluble, maximum 2 %

***Maître d'ouvrage :
normalement, le Ministère concerné avec un
maître d'œuvre. Le ministère délègue les
travaux au Service National concerné*

- magnésie MgO, maximum 2 %
- anhydride sulfurique SO₃, maximum 2,7 %
- aluminat tricalcique AC₃, maximum 5 %
- 2 AC₃ + AFC₄, maximum 20 %

Transport et stockage

Tout le liant employé devra être frais, mais avoir été fabriqué depuis plus de 15 jours ou être suffisamment refroidi. Il sera livré à intervalles réguliers en quantités suffisantes pour exclure tout risque de retard du chantier par manque de liant. La capacité totale de stockage des liants hydrauliques devra suffire pour alimenter le chantier au rythme maximum des travaux pendant au moins 1 mois.

Chaque livraison sera utilisée dans son ordre d'arrivée sur le chantier, sauf rejet par le contrôle. Le liant vieilli ou rendu inutilisable par humidification, par l'air ou toute autre raison sera mis au rebut.

Le liant sera livré en sacs ; ceux-ci seront stockés sous des abris secs, bien ventilés, à l'abri des intempéries, de capacité et de surface suffisantes pour un stockage et une manutention aisés. Les planchers seront au moins à 50 cm environ au-dessus du sol. Pendant le transport par camions ou autres véhicules, les sacs seront recouverts d'une bâche étanche.

Eau

L'eau destinée à être mélangée avec le ciment sera toujours de la même provenance. Elle ne contiendra pas plus de 0,2 % en poids de matières en suspension, et pas plus de 0,15 % de matières dissoutes, le pourcentage en sulfates ne dépassant jamais 0,1 %. Elle ne contiendra aucune matière organique en suspension ou dissoute.

Si à un moment quelconque des travaux, ces conditions n'étaient pas remplies, l'entrepreneur devra traiter l'eau de manière satisfaisante avant son utilisation.

L'eau destinée au traitement des surfaces sera conforme à ces spécifications. Elle ne devra pas tacher les parements des ouvrages.

Produits d'addition aux bétons

L'entrepreneur pourra faire usage d'adjuvants après en avoir obtenu l'autorisation du maître d'ouvrage, lequel statuera au vu des documents techniques justificatifs, présentés par l'entrepreneur à l'appui de sa proposition, et après essais.

Ces produits ne seront incorporés au béton que dans la bétonnière et ne seront en aucun cas mélangés par avance avec le ciment.

La quantité de ces produits ne devra pas être supérieure à celle strictement requise pour le résultat poursuivi. En aucun cas, la résistance des bétons ne devra en être diminuée.

L'usage de tout produit dont la composition chimique est inconnue ou tenue secrète est interdit.

Aciers à bétons

Les aciers à bétons seront d'un type et d'une nuance agréés par le maître d'ouvrage, soit :

- des barres à haute adhérence du type "Caron", "Tor" ou similaire
- des treillis soudés

Leurs caractéristiques correspondront aux normes en vigueur.

Les armatures seront notamment exemptes de pailles, fentes, criques, stries, gerçures, soufflures et autres défauts préjudiciables à leur résistance. Leur surface ne devra pas présenter d'aspérités susceptibles de blesser les ouvriers.

Pour chaque lot d'acier, l'entrepreneur fournira un certificat de garantie du fabricant.

Maçonnerie

Les matériaux seront abrités de la pluie et des intempéries à la pleine et entière satisfaction du maître d'ouvrage / ingénieur.

Les coûts des matériaux de protection seront censés être compris dans les prix unitaires.

3 . MATÉRIAUX POUR FORAGES

Les matériaux suivants seront utilisés en plus de ceux mentionnés ci-dessus.

Tubes et crépines en PVC

Les tubes pleins et les tubes crépinés seront en PVC rigide.

Centreurs

La colonne de tubage sera équipée de centreurs à des intervalles de 10 mètres, la section des crépines à des intervalles de 5 mètres. Les centreurs seront en PVC rigide.

Matériau du filtre à gravier

Tout matériau du filtre à gravier doit être exempt de substances organiques et sera constitué de particules quartzitiques bien rondes et stables, et conformes à la norme allemande DIN 4924 ou équivalent. Des roches concassées ou des particules anguleuses ne seront utilisées en aucun cas pour le filtre à gravier.

Le matériau du filtre à gravier sera soigneusement protégé contre la poussière, le sable ou les débris étrangers. Il sera lavé et désinfecté avant d'être mis en place. L'entrepreneur devra utiliser la granulométrie appropriée pour les forages.

Matériau du joint d'argile

Le matériau du joint d'argile satisfera aux normes de qualité élevée, car tout matériau impropre mettrait en danger la qualité hygiénique de l'eau. L'argile du joint sera imperméable et hautement résistante aux eaux de surface polluées, ce qui signifie que la perméabilité doit être inférieure à 0,00432 mm/d.

Matériau de remblayage

Les cuttings du forage seront généralement utilisés comme matériau de remblai. Le matériau devra être entreposé de manière à éviter toute contamination nuisible.

Coulis de ciment

La proportion d'eau par rapport au ciment pour un coulis convenable est de 24 litres d'eau pour un sac de 50 kg de ciment. Des gachages plus dilués ne seront pas utilisés car le retrait augmente avec la teneur en eau.

L'eau destinée au coulis sera exempte de trace d'huile, et de toute autre substance organique. La teneur en éléments minéraux dissous sera inférieure à 2000 ppm. Du sable pourra être ajouté au coulis à raison de 2 parts de sable pour une part de ciment, 50 % du sable devant être d'une granulométrie inférieure à 0,6 mm.

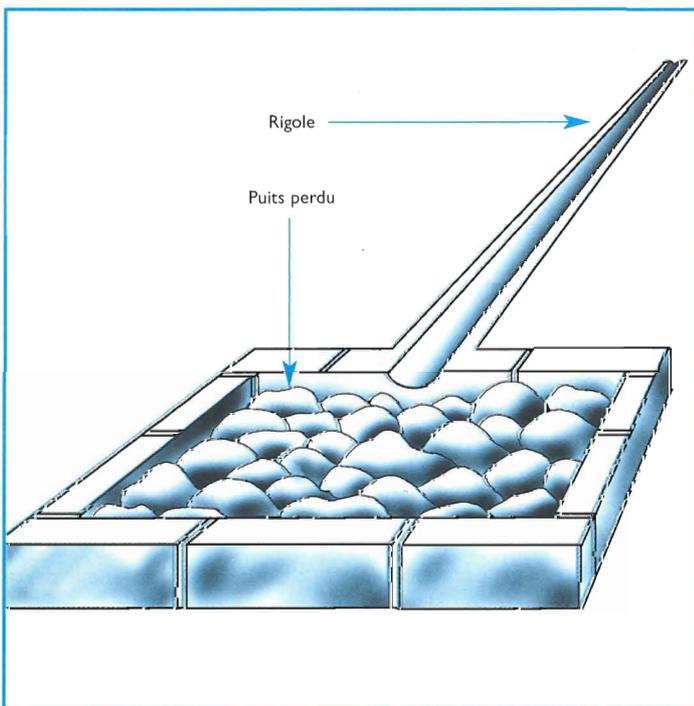
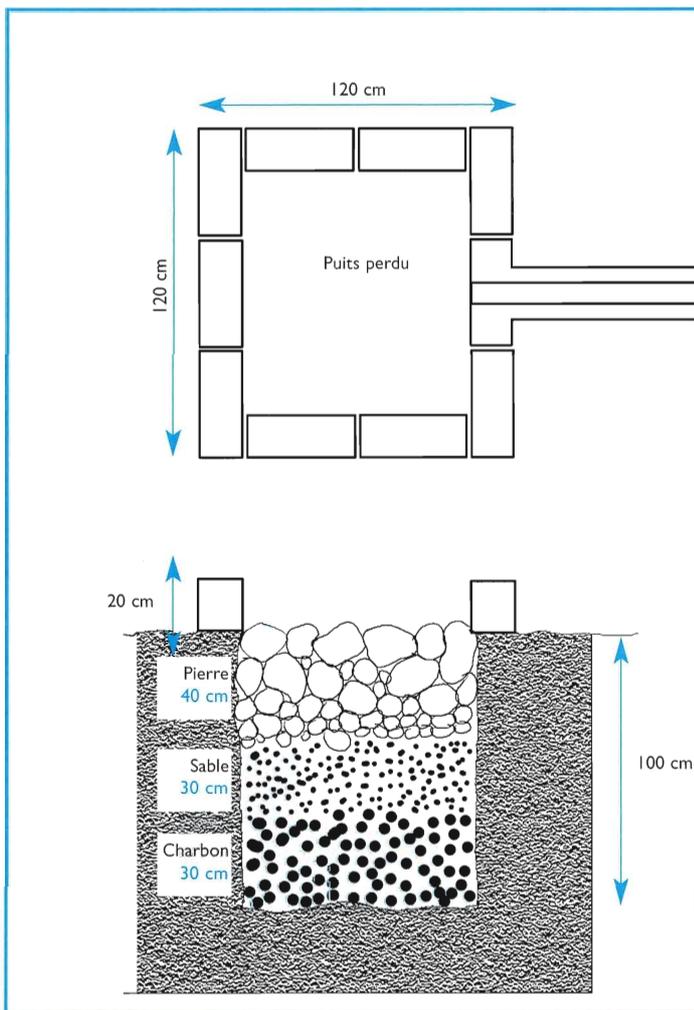
4 . ESSAIS ET CONTRÔLES DES MATÉRIAUX

Le maître d'ouvrage se réserve le droit de contrôler tous les chantiers, ateliers et magasins de l'entrepreneur et de ses fournisseurs pour la fabrication comme pour le stockage et le transport de tous les matériaux.

Pendant toute la période de construction, l'entrepreneur donnera toutes les facilités aux représentants dûment habilités du maître d'ouvrage pour permettre le contrôle complet des matériaux, ainsi que pour faire effectuer tous essais sur ceux-ci.

Les contrôles ne diminuent en rien la responsabilité de l'entrepreneur quant à la bonne qualité des matériaux, matières et produits.

L'installation d'un laboratoire de contrôle des matériaux n'est pas requise sur le chantier ; l'entrepreneur devra par contre soumettre à l'approbation du maître d'ouvrage un ou plusieurs laboratoires reconnus et équipés à l'étranger. Il y fera exécuter, à ses frais, tous les tests usuels à de tels travaux, et ceux expressément ordonnés par le maître d'ouvrage lorsque la qualité d'un matériau peut sérieusement être mise en doute ou questionnée.



SUPERSTRUCTURES

Les margelles initialement prévues ont été modifiées afin d'assurer un maximum de satisfaction aux utilisateurs tout en respectant le prix unitaire du marché.

Ces superstructures sont très simples et constituées de :

- une dalle (margelle) de 1,5 m X 1,1 m X 0,3 m
- une petite dalle de 0,5 m X 0,15 m où les utilisateurs déposent les récipients
- une rigole en béton
- un puisard.

Les deux dalles en béton présentent l'avantage d'être préfabriquées à la base. Ceci augmente la garantie de qualité du béton ; il est en effet très difficile d'éviter une certaine "sublimation" du ciment sur le terrain.

Dès que l'entreprise a installé la superstructure, les villageois installent une clôture de protection en rondins de bois, rajoutent du gravier dans le périmètre ainsi obtenu et plantent un agrume dans le puisard.

Ce type d'infrastructure est très bien accepté par les villageois qui participent activement à leur aménagement.

12

Origine des pollutions

1. Le puits ou la source ou le forage.
2. Latrines et fosses : microbes, parasites, matières organiques, ammoniacque.
3. Toilettes, vaisselle : microbes, matières organiques, azote organique, détergents.
4. Elevage, animaux, dépôts de fumier : microbes, parasites, matières organiques, ammoniacque.
5. Ruissellement, routes et pistes : infiltration de matières en suspension, d'hydrocarbures, de plomb et risque de déversement accidentel d'hydrocarbures et de produits chimiques.
6. Dépôts d'ordures : matières organiques, métaux lourds, produits chimiques.
7. Stations service : huiles, risques de déversement accidentel d'essence (sauf présence d'une cuve avec épave et double paroi, cuvettes de rétention).
8. Lavoirs : savons et détergents, microbes et parasites.
9. Cultures et potagers : engrais (nitrates), pesticides.
10. Dépôts de produits chimiques : rejets accidentels (solvants, produits chlorés, insecticides).

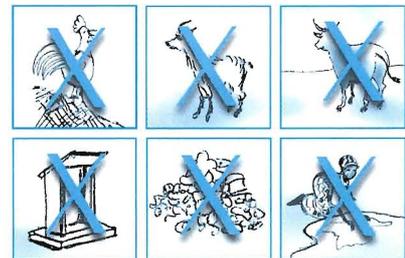
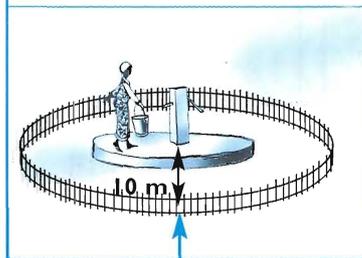


13

Les périmètres de protection

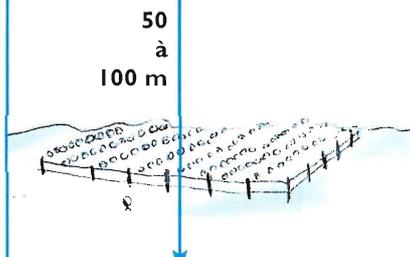
1. Périmètre immédiat

Clôturé.
Pas d'animaux, pas de trous
(puisards, latrines, puits)
pas de lessive,
de ruissellements pollués,
de déchets.



2. Périmètre rapproché

Pas de nouvelles maisons,
pas de puisards, ni latrines,
les eaux ménagères sont détournées
en aval du périmètre,
pas de dépôts d'ordures,
ni d'hydrocarbures,
ni toute autre substance toxique.
Pas d'autre point d'eau.
Seuls les cultures et élevages extensifs
sont autorisés
(ni engrais, ni pesticides).



3. Périmètre éloigné

Efforts d'assainissement pour les eaux
usées et les déchets (latrines sèches,
lagunes pour les eaux ménagères et
les eaux pluviales, collecte sélective),
compostage des ordures,
maintien de la végétation.

200 m
à
1 km



Sensibilisation et éducation pour le
respect de ces mesures.

14

Récapitulatif des paramètres de suivi de la qualité de l'eau

Paramètres globaux :

- Couleur
- Limpidité
- Turbidité
- Odeur
- Conductivité
- pH

Paramètres chimiques

- Ammonium
- Nitrites
- Nitrates
- Fer (si l'échantillon est coloré ou présente une odeur métallique)
- Manganèse (même remarque)

Paramètres microbiologiques

Coliformes fécaux (deux analyses par échantillon d'eau)

15

Les recommandations de l'OMS pour les paramètres de l'eau

Tableaux des valeurs guides

Les tableaux ci-après présentent une récapitulation des valeurs guides pour les micro-organismes et les substances chimiques dans l'eau de boisson. Les valeurs indiquées ne doivent toutefois pas être utilisées directement.

Il convient en effet de les interpréter en tenant compte des informations contenues dans le texte du présent volume et dans le volume 2 (critères d'hygiène et documentation à l'appui).

Tableau A2.1. Qualité bactériologique de l'eau de boisson ^a

Organismes	Valeur guide
Toutes les eaux destinées à la consommation	
E. Coli ou bactéries coliformes thermotolérantes ^{b, c}	Non détectables dans un échantillon de 100-ml
Eaux traitées, à l'entrée du réseau de distribution	
E. Coli ou bactéries coliformes thermotolérantes ^b	Non détectables dans un échantillon de 100-ml
Coliformes totaux	Non détectables dans un échantillon de 100-ml
Eaux traitées, dans un réseau de distribution	
E. Coli ou bactéries coliformes thermotolérantes ^b	Non détectables dans un échantillon de 100-ml
Coliformes totaux	Non détectables dans un échantillon de 100-ml. Dans les installations importantes, lorsqu'un nombre suffisant d'échantillons est examiné, on ne doit pas trouver de coliformes dans 95 % des échantillons prélevés sur une période de 12 mois.

a . En cas de détection d'**E. Coli** ou de coliformes totaux, une enquête doit être effectuée immédiatement. La mesure minimale à prendre si l'on détecte des coliformes totaux consiste à répéter le prélèvement ; si ces bactéries sont encore détectées dans le nouvel échantillon, la cause de leur présence doit être déterminée immédiatement par une enquête plus approfondie.

b . Bien qu'**E. Coli** soit l'indicateur le plus précis de pollution fécale, il est également possible de dénombrer les bactéries coliformes thermotolérantes. Au besoin, des épreuves de confirmation appropriées devront être effectuées. Les coliformes totaux ne constituent pas un indicateur acceptable de la qualité sanitaire des eaux rurales, notamment dans les zones tropicales où de nombreuses bactéries sans importance pour la santé sont présentes dans presque toutes les eaux non traitées.

c . Il est certain que dans les pays en développement, la grande majorité des eaux distribuées en zone rurale sont contaminées par des matières fécales. Dans ces conditions, l'organisme national de surveillance devrait établir des objectifs à moyen terme en vue de l'amélioration progressive des sources d'approvisionnement en eau, ainsi qu'il est recommandé dans le volume 3 des **Directives de qualité pour l'eau de boisson**.

Tableau A2.2.

Substances chimiques dont la présence dans l'eau de boisson revêt une importance sanitaire

A. Substances inorganiques

	Valeur guide (mg/litre)	Observations
Antimoine	0,005 (P) a	
Arsenic	0,01 b (P)	Pour un risque additionnel de cancer cutané de 6×10^{-4}
Baryum	0,7	
Béryllium		Données insuffisantes
Bore	0,3	
Cadmium	0,003	
Chrome	0,05 (P)	
Cuivre	2 (P)	AGO d
Cyanures	0,07	
Fluorures	1,5	Les normes nationales doivent être établies en tenant compte des conditions climatiques, du volume d'eau consommé et des autres sources de fluorures
Manganèse	0,5 (P)	AGO
Mercuré (total)	0,001	
Molybdène	0,07	
Nickel	0,02	
Nitrates (sous forme de NO ₃ -)	50	La somme des rapports de la concentration de chacun de ces ions à sa valeur guide ne doit pas dépasser 1.
Nitrites (sous forme de NO ₂ -)	3 (P)	
Plomb	0,01	Cette valeur ne pourra certainement pas être respectée dans tous les cas ; en attendant, toutes les autres mesures recommandées pour réduire l'exposition totale au plomb doivent être appliquées
Sélénium	0,01	
Uranium		Données insuffisantes

B. Substances organiques

	Valeur guide (µg/litre)	Observations
Alcane chlorés		
Tétrachlorure de carbone	2	
Dichlorométhane	20	
1,1-dichloréthane		Données insuffisantes
1,2-dichloréthane	30 b	Pour un risque additionnel de 10^{-5}
1,1,1-trichloréthane	2000 (P)	
Ethènes chlorés		
Chlorure de vinyle	5 b	Pour un risque additionnel de 10^{-5}
1,1-dichloréthène	30	
1,2-dichloréthène	50	
Trichloréthène	70 (P)	
Tétrachloréthène	40	
Hydrocarbures aromatiques		
Benzène	10 b	Pour un risque additionnel de 10^{-5}
Toluène	700	AGO
Xylènes	500	AGO
Ethylbenzène	300	AGO
Styrène	20	AGO
Benzo(a)pyrène	0,7 b	Pour un risque additionnel de 10^{-5}
Chlorobenzènes		
Monochlorobenzène	300	
AGO		
1,2-dichlorobenzène	1000	AGO
1,3-dichlorobenzène		Données insuffisantes
1,4-dichlorobenzène	300	AGO
Trichlorobenzènes (total)	20	AGO
Divers		
Adipate de di(2-éthylhexyle)	80	
Phtalate de di(2-éthylhexyle)	8	
Acrylamide	0,5 b	Pour un risque additionnel de 10^{-5}
Epichlorohydrine	0,4 (P)	
Hexachlorobutadiène	0,6	
Acide édétique (EDTA)	200 (P)	
Acide nitrilotriacétique	200	
Dialkylétains		Données insuffisantes
Oxyde de tributylétain	2	

C. Pesticides

	Valeur guide (µg/litre)	Observations
Alachlore	20 b	Pour un risque additionnel de 10 ⁻⁵
Aldicarbe	10	
Aldrine / dieldrine	0,03	
Atrazine	2	
Bentazone	30	
Carbofurane	5	
Chlordane	0,2	
Chlorotoluron	30	
DDT	2	
1,2-dibromo-3-chloropropane	1 b	Pour un risque additionnel de 10 ⁻⁵
2,4-D	30	
1,2-dichloropropane	20 (P)	
1,3-dichloropropane		Données insuffisantes
1,3-dichloropropène	20 b	Pour un risque additionnel de 10 ⁻⁵
Dibromure d'éthylène		Données insuffisantes
Heptaclore et époxyde d'heptaclore	0,03	
Hexachlorobenzène	1 b	Pour un risque additionnel de 10 ⁻⁵
Isoproturon	9	
Lindane	2	
MCPA	2	
Méthoxychlore	20	
Métolachlore	10	
Molinate	6	
Pendiméthaline	20	
Pentachlorophénol	9 (P)	
Perméthrine	20	
Propanil	20	
Pyridate	100	
Simazine	2	
Trifluralin	20	
Herbicides chlorophénoxylés autres que le 2,4-D et le MCPA		
2,4-DB	90	
Dichlorprop	100	
Fénoprop	9	
MCPB		Données insuffisantes
Mécoprop	10	
2,4,5-T	9	

D. Désinfectants et leurs produits de dégradation

Désinfectants	Valeur guide (µg/litre)	Observations
Monochloramine	3	
Di- et trichloramine		Données insuffisantes
Chlore	5	AGO. Pour une désinfection efficace, il doit subsister une concentration résiduelle de chlore libre $\geq 0,5$ mg/litre après un temps de contact d'au moins 30 mn à pH < 8,0
Dioxyde de chlore		Aucune valeur guide n'a été établie étant donné que le dioxyde de chlore se décompose rapidement et que la valeur guide établie pour les chlorites assure une protection suffisante contre le risque de toxicité de ce composé
Iode		Données insuffisantes
Produits de dégradation des désinfectants		
Bromates	25 b (P)	Pour un risque additionnel de 7×10^{-5}
Chlorates		Données insuffisantes
Chlorites	200 (P)	
Chlorophénols		
2-chlorophénol		Données insuffisantes
2,4-dichlorophénol		
Données insuffisantes		
2,4,6-trichlorophénol	200 b	Pour un risque additionnel de 10^{-5} , AGO
Formaldéhyde	900	
MX		Données insuffisantes
Trihalométhanes		La somme des rapports de la concentration de chacune de ces substances à sa valeur guide respective ne doit pas dépasser 1
Bromoforme	100	
Dibromochlorométhane	100	
Bromodichlorométhane	60 b	Pour un risque additionnel de 10^{-5}
Chloroforme	200 b	Pour un risque additionnel de 10^{-5}
Acides chloracétiques		
Acide monochloracétique		Données insuffisantes
Acide dichloracétique	50 (P)	
Acide trichloracétique	100 (P)	
Hydrate de chloral (trichloracétaldéhyde)	10 (P)	
Chloracétone		Données insuffisantes
Acétonitriles halogénés		
Dichloracétonitrile	90 (P)	
Dibromacétonitrile	100 (P)	
Bromochloracétonitrile		Données insuffisantes
Trichloracétonitrile	1 (P)	
Chlorure de cyanogène	70	Sous forme de CN
Chloropicrine		Données insuffisantes

- a . (P) : Valeur guide provisoire. Ce terme est utilisé dans les cas suivants :
- il y a des raisons de penser qu'il existe un risque potentiel, mais les informations dont on dispose en ce qui concerne les effets sur la santé sont limitées ;
 - un facteur d'incertitude supérieur à 1000 a été utilisé pour le calcul de la dose journalière tolérable (DJT).
- Des valeurs guides provisoires sont également recommandées :
- pour les substances pour lesquelles la valeur guide calculée serait inférieure à la limite de dosage pratique ou au niveau pouvant être atteint grâce aux méthodes de traitement normalement utilisables ;
 - lorsque la désinfection risque d'entraîner un dépassement de la valeur guide.
- b . Pour les substances considérées comme cancérogènes, la valeur guide est la concentration dans l'eau de boisson correspondant à un risque additionnel de cancer durant la vie entière de 10^{-5} (un cancer additionnel pour 100.000 personnes qui consommeraient pendant 70 ans une eau de boisson contenant la substance en cause à une concentration égale à la valeur guide). Les concentrations correspondant à un risque additionnel de cancer pendant la vie entière de 10^{-4} et 10^{-6} peuvent être calculées en multipliant ou en divisant la valeur guide par 10.
- Lorsque la concentration correspondant à un risque additionnel de cancer pour la vie entière de 10^{-5} est impossible à atteindre en raison des limites des techniques d'analyse ou de traitement, une valeur guide provisoire réaliste a été recommandée et le risque additionnel de cancer correspondant a été estimé et indiqué. Il faut souligner que les valeurs guides pour les substances cancérogènes ont été calculées à partir de modèles mathématiques hypothétiques qui ne peuvent être vérifiés expérimentalement. Ces valeurs doivent être interprétées différemment des valeurs fondées sur la DJT en raison du manque de précision des modèles ; au mieux, elles doivent être considérées comme des estimations approximatives des risques de cancer. Toutefois, les modèles utilisés pèchent probablement par excès de prudence. Une exposition modérée pendant une courte période à des niveaux dépassant les valeurs guides indiquées pour les substances cancérogènes ne modifie pas le risque de façon appréciable.
- c . Données insuffisantes. Les données disponibles ne permettent pas de recommander une valeur guide fondée sur des considérations sanitaires.
- d . AGO : la présence de la substance à une concentration égale ou inférieure à la valeur guide fondée sur des considérations sanitaires peut modifier l'aspect, le goût ou l'odeur de l'eau.

Tableau A2.3.
Substances chimiques dont la présence dans l'eau de boisson revêt une importance sanitaire

Substances chimiques	Observations
Amiante	
Argent	
Etain	

I : il est inutile de recommander une valeur guide fondée sur des considérations sanitaires pour ces substances, car elles ne présentent pas de risque pour la santé humaine aux concentrations normalement présentes dans l'eau de boisson.

Tableau A2.4.
Constituants radioactifs de l'eau de boisson

	Valeur guide (µg/litre)	Observations
Activité alpha globale	0,1	Si la valeur limite est dépassée, il faut procéder à une analyse plus détaillée des radionucléides. Des valeurs plus élevées ne signifient pas nécessairement que l'eau est impropre à la consommation humaine.
Activité bêta globale	1	

Tableau A2.5.
Substances et paramètres de l'eau de boisson qui peuvent donner lieu à des plaintes de la part des consommateurs

		Raisons des plaintes des consommateurs
Paramètres physiques		
Couleur	15 UCV ^b	Aspect
Goût et odeur	-	Doivent être acceptables
Température	-	Doit être acceptable
Turbidité	5 UTN ^c	Aspect. Pour une désinfection finale efficace : turbidité médiane (1 NTU, échantillon individuel (5 NTU
Substances inorganiques		
Aluminium	0,2 mg/l	Dépôts, coloration
Ammoniaque	1,5 mg/l	Odeur et goût
Chlorures	250 mg/l	Goût, corrosion
Cuivre	1 mg/l	Taches sur le linge et les accessoires sanitaires (valeur guide provisoire fondée sur des considérations de santé : 2 mg/l)
Dureté	-	Dureté élevée : dépôt de tartre, formation d'écume
Sulfure d'hydrogène	0,05 mg/l	Odeur et goût
Fer	0,3 mg/l	Taches sur le linge et les accessoires sanitaires
Manganèse	0,1 mg/l	Taches sur le linge et les accessoires sanitaires (valeur guide provisoire fondée sur des considérations de santé : 0,5 mg/l)
Oxygène dissous	-	Effets indirects
pH	-	pH faible : corrosion pH élevé : goût, sensation savonneuse Pour que la désinfection par le chlore soit efficace, le pH doit de préférence être inférieur à 8,0
Sodium	200 mg/l	Goût
Sulfates	250 mg/l	Goût, corrosion
Solides totaux dissous	1000 mg/l	Goût
Zinc	3 mg/l	Aspect, goût
Substances organiques		
Toluène	24-170 µg/l	Odeur, goût (valeur guide fondée sur des considérations de santé : 700 µg/l)
Xylène	20-1800 µg/l	Odeur, goût (valeur guide fondée sur des considérations de santé : 500 µg/l)
Etylbenzène	2-200 µg/l	Odeur, goût (valeur guide fondée sur des considérations de santé : 300 µg/l)
Styrène	4-2600µg/l	Odeur, goût (valeur guide fondée sur des considérations de santé : 20 µg/l)
Monochlorobenzène	10-120µg/l	Odeur, goût (valeur guide fondée sur des considérations de santé : 1000 µg/l)
1,2-dichlorobenzène	1-10µg/l	Odeur, goût (valeur guide fondée sur des considérations de santé : 1000 µg/l)
1,4-dichlorobenzène	0.3-30 µg/l	Odeur, goût (valeur guide fondée sur des considérations de santé : 300 µg/l)
Trichlorobenzènes (total)	5-50 µg/l	Odeur, goût (valeur guide fondée sur des considérations de santé : 20 µg/l)
Détergents synthétiques		Mousse, goût, odeur
Désinfectants et leurs produits de dégradation		
Chlore	600-1000 µg/l	Goût et odeur (valeur guide fondée sur des considérations de santé : 5 mg/l)
Chlorophénols		
2-chlorophénol	0,1-10 µg/l	Goût, odeur
2,4-dichlorophénol	0,3-40 µg/l	Goût, odeur
2,4,6-trichlorophénol	2-300 µg/l	Goût, odeur (valeur guide fondée sur des considérations de santé : 200 µg/l)

a . Les niveaux indiqués sont approximatifs. Des problèmes peuvent survenir à des concentrations plus basses ou plus élevées selon les circonstances locales. Pour les constituants organiques, on a donné une plage de concentrations correspondant au seuil de goût et d'odeur.

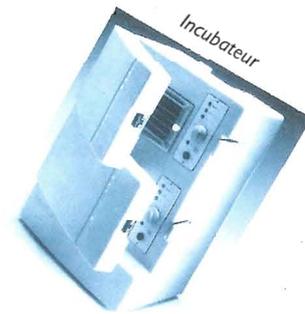
b . UCV : unité de couleur vraie

c . UTN : unité de turbidité néphélométrique.



16

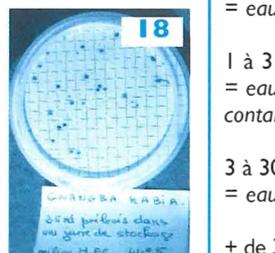
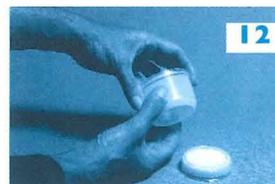
Protocole de l'analyse bactériologique de l'eau sur le terrain : la méthode Millivia



1. Se laver les mains.
2. Allumer le chalumeau à gaz.
3. Stériliser à la flamme le plan de travail.
4. Installer le matériel en adoptant toujours la même disposition.
5. Prélever stérilement l'eau à analyser dans un sachet stérile de prélèvement.

Trois étapes :

- désinfecter à la flamme la sortie d'eau
 - laisser s'écouler environ 20 litres d'eau
 - remplir le sac stérile (125ml)
6. Placer l'entonnoir de filtration sur le support en métal (ne pas oublier le séparateur stérile entre la tête de filtration et la membrane poreuse).
 7. Remplir l'entonnoir avec 100 ml de l'échantillon.
 8. Filtrer l'eau à analyser à travers la membrane poreuse à l'aide de la seringue double voie.
 9. Imprégner le tampon de la cassette d'incubation de milieu nutritif (2 ml).
 10. Enlever l'unité Milliflex du support de filtration.
 11. Mettre en contact la membrane avec le tampon imprégné de milieu de culture.
 12. Détacher l'entonnoir de l'unité Milliflex de la membrane.
 13. Recouvrir la membrane à l'aide du couvercle.
 14. Inscrive sur le couvercle les éléments qui permettent d'identifier l'échantillon et l'essai.
 15. Placer la préparation dans l'incubateur à 44,5 degrés.
 16. Remplir la fiche d'analyses.
 17. Nettoyer le matériel et ranger.
 18. Après environ 20 heures d'incubation, compter les colonies bleues, dans le cas d'utilisation du milieu de culture standard américain MFC.



Pour un point d'eau moderne (forage, source aménagée), les résultats obtenus sont interprétés comme suit :

0 CF/100ml d'eau
= eau potable

1 à 3 CF/100ml d'eau
= eau faiblement contaminée

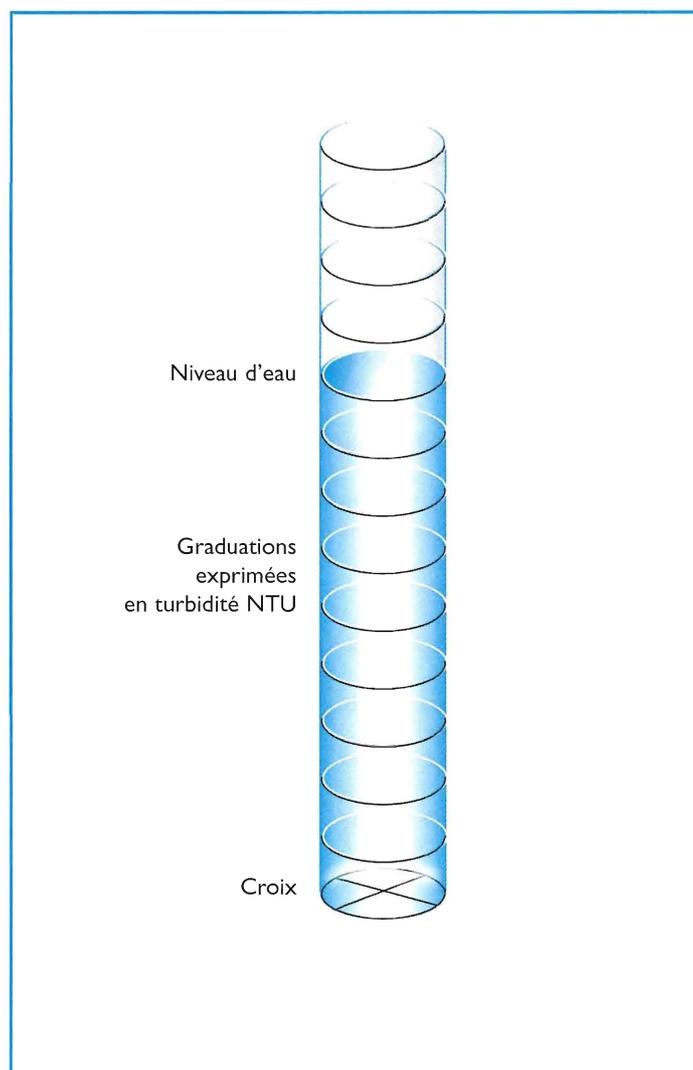
3 à 30 CF/100ml d'eau
= eau contaminée

+ de 30 CF/100ml d'eau
= eau fortement contaminée

17

Mesure de la turbidité sur le terrain : méthode du tube

Cette méthode consiste à remplir, avec l'eau à analyser, un tube cylindrique en verre jusqu'à disparition d'une croix dessinée au fond du tube. Le tube aura, au préalable, été étalonné en unités NTU. A chaque hauteur d'eau dans le tube correspond une turbidité de l'eau.



18

Mesure de la conductivité

Il existe aujourd'hui dans le commerce des appareillages très simples à des prix abordables.

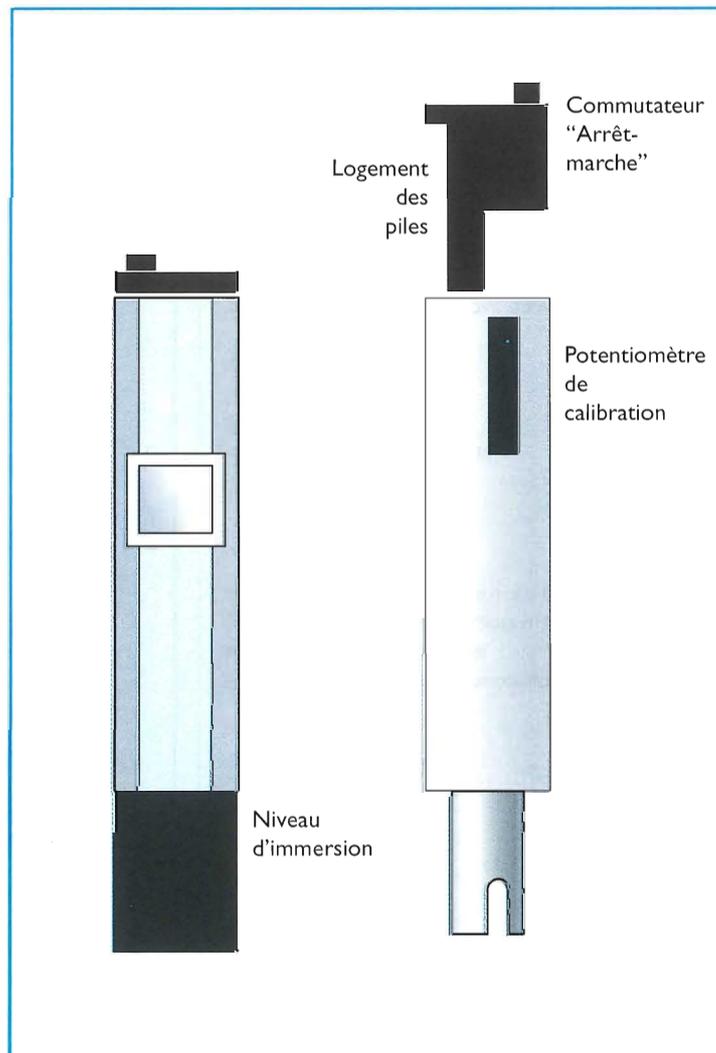
La figure ci-contre donne une idée du type de matériel. Le mode opératoire est très simple :

- Retirer le boîtier protecteur
- Pousser le commutateur "marche - arrêt" sur la position marche
- Plonger le système dans l'eau (partie découverte par l'enlèvement du boîtier protecteur)
- Agiter doucement
- Lire la valeur obtenue (suivant les appareils et leur calibre, appliquer un facteur multiplicatif)
- Après utilisation, rincer l'électrode et remettre le boîtier protecteur
- Eteindre l'appareil quand celui-ci n'est pas utilisé

Remarque

Nettoyer régulièrement les électrodes à l'alcool.

Si on veut étalonner l'appareil, il suffit d'utiliser des solutions de conductivité connues et recalcr l'appareil à l'aide du "potentiomètre de calibration"



19

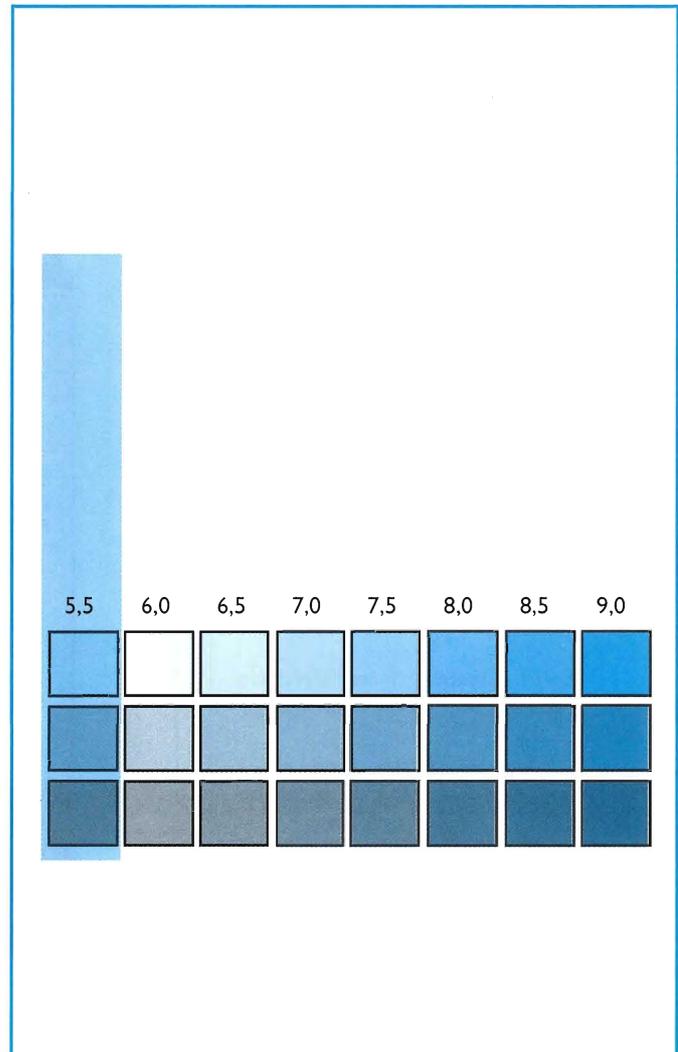
Mesure du pH

Il existe dans le commerce des bandelettes de pH.
La gamme couverte va de pH 2,0 à 9,0 mais,
pour le domaine des eaux,
il existe des gammes plus restreintes.

La méthode consiste à immerger la bandelette,
attendre jusqu'à ce qu'il n'y ait plus de
modification de la coloration (2 à 10 mn)
puis comparer les colorations obtenues
avec la grille d'évaluation de la mesure,
livrée avec la boîte de bandelettes.

Cette méthode simple,
facile à mettre en œuvre,
permet une précision
et une justesse acceptables.

Il existe également des pHmètres
sur le même modèle que les conductimètres
qui peuvent être étalonnés
à l'aide de solutions tampons de pH 4,7 et 9.



20

Dosage des éléments de la chaîne azotée : ammonium, nitrites, nitrates

Dosage de l'ammonium - NH₄⁺

Il existe dans le commerce des systèmes de dosage simples, à coût très abordable.

Ils sont basés sur le principe de la colorimétrie. L'ajout dans l'eau d'un réactif livré avec le kit de dosage conduit à l'obtention d'une couleur que l'on compare à une gamme pré-établie.

Les méthodes sont suffisamment précises. Les gammes varient de 0 à 1 mg/l pour les systèmes réservés à l'eau potable.

Dosage des ions nitrites - NO₂⁻

Comme pour les ions ammonium, il existe sur le marché des kits colorimétriques permettant ce dosage.

Les systèmes applicables à l'eau potable ont un domaine de mesure de 0 à 1 ou 2 mg/l. La précision et la justesse données par ces systèmes sont tout à fait acceptables pour ce type de mesure.

Dosage des nitrates - NO₃⁻

Il existe une méthode qui se présente sous forme d'un kit colorimétrique et qui consiste à introduire dans l'eau un réactif qui réduit les nitrates en nitrites. Les nitrites formés sont ensuite dosés comme précédemment. La gamme de dosage va de 0 à 50 ou 100 mg/l.

Il existe aussi des systèmes type " bandelette " comparables à ce qui a été décrit pour la mesure du pH. Ce système consiste à plonger une bandelette dans l'eau à analyser (une seconde) puis à laisser se développer la couleur pendant un temps déterminé (une minute) et à comparer la coloration avec la gamme étalon. La gamme de mesure s'étale de 10 à 500 mg/l. Au niveau de 50 mg/l, la précision de la mesure est à ± 10 mg/l.

Le temps d'attente avant lecture joue un rôle très important. Le système peut donc ne donner qu'une valeur indicatrice de la teneur en nitrates dans l'eau qui, dans certains cas, peut être tout à fait suffisante.

21

Dosage du fer

Deux possibilités existent :

- le dosage du fer ferreux
- le dosage du fer total

Pour le dosage du fer ferreux, il s'agit de kits colorimétriques : l'addition d'un réactif permet la formation d'un complexe coloré en présence de fer ferreux. Le dosage se fait par comparaison de couleur avec une gamme fournie avec le système de dosage. La gamme de dosage va de 0 à 1 ou 5 mg/l. La précision et la justesse de ces systèmes sont tout à fait acceptables.

Le dosage du fer total se fait de façon tout à fait identique. L'eau est tout d'abord additionnée d'un réactif réducteur qui transforme tout le fer en fer ferreux. La différence fer total - fer ferreux donne le fer ferrique.

22

Dosage du manganèse

Le principe du dosage par “ kit colorimétrique ” est basé sur l'oxydation du manganèse II en permanganate (Mn VII) qui est de couleur violette. C'est cette coloration qui est utilisée pour son dosage.

La méthode de dosage paraît très simple. Il faut cependant signaler une très forte interférence des ions chlorures : au-dessus de 1 g/l Cl^- , ce dosage n'est pas possible, les interférences étant trop importantes.

Les systèmes existants sur le marché ont des gammes de dosage de 0 à 0,5 mg/l, ce qui est largement suffisant pour le contexte étudié.

23

Préparation des solutions de chlore à 10 ou 20 ppm

1 ppm = 1 partie par million
c'est-à-dire, dans le cas d'une solution de chlore, il s'agira d'une solution de chlore à
 $1\text{mg/litre} = 1\text{mg/dm}^3$ ou 1g/m^3

1 - Comment peut-on préparer une solution à 20 ppm (soit 20 mg/l) à partir d'une solution commerciale à 8 degrés chlorométriques. $1^\circ\text{Cl} = 3,17\text{g}$ de chlore ?
La solution commerciale contient environ 24 grammes de chlore par litre.
On mettra donc 1 litre de solution commerciale dans 1m^3 d'eau.

2 - Comment peut on préparer une solution à 30 ppm (soit 30 mg/l) à partir d'hypochlorite de calcium à 60 % ?
100 g de produit commercial contiennent 60 g de chlore
50 g de produit commercial contiennent 30 g de chlore
Pour obtenir une solution à 30 ppm, il faut mettre 50 g de produit dans 1 m^3 d'eau.

24

Mesure du chlore dans l'eau

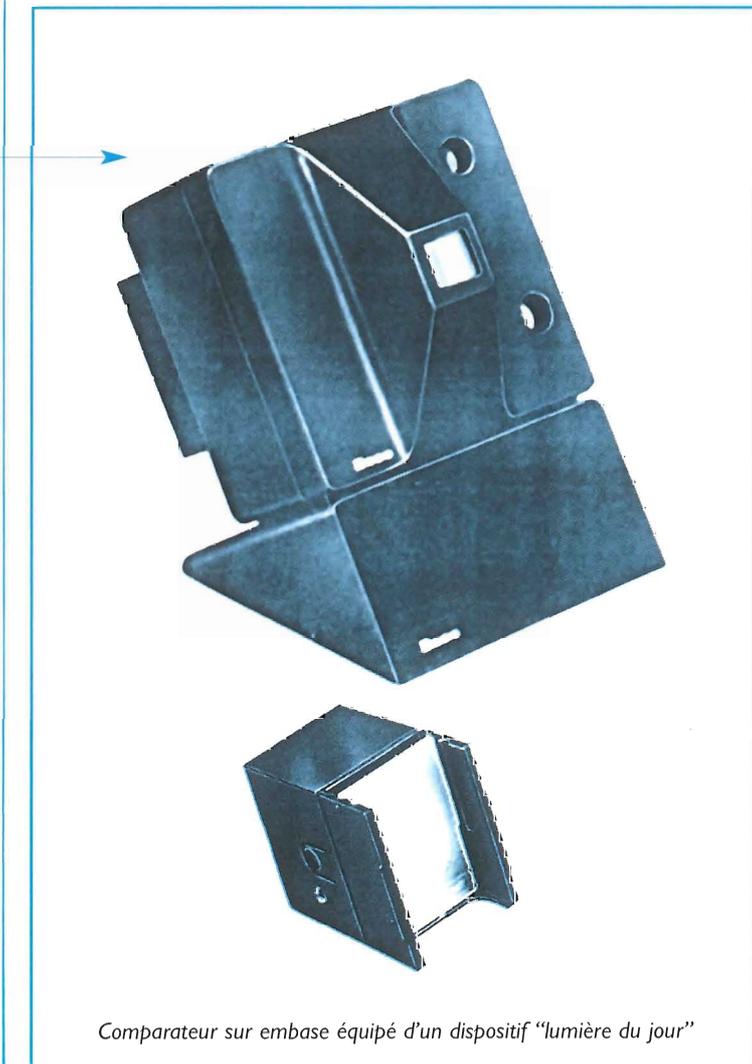
1
Avec un comparateur de piscine : pool-tester

2
Avec un comparateur de terrain L2000 CIFEC

Il s'agit de comparer la couleur de l'échantillon à tester avec des disques colorés.

Le disque qui correspond renvoie alors à une valeur de chlore dans l'eau.

La perception des couleurs étant dépendante de la lumière, un dispositif "lumière du jour" permet d'être libéré de cette contrainte.



Comparateur sur embase équipé d'un dispositif "lumière du jour"

25

Désinfection par le chlore de l'eau de boisson en cas d'épidémie

Cette désinfection ne peut se faire que sur une **eau claire, transparente.**

On prépare une solution à 1g/l.

A partir d'une solution commerciale à 8°Cl, on prépare dans 1 litre d'eau une solution à 24g/l, puis on met 40ml de cette solution dans 1 litre d'eau.

A partir d'hypochlorite de calcium à 60 %, on pèse 1,5g de produit que l'on met dans 1 litre d'eau.

On fait un 1er essai dans 3 bouteilles A, B, C, sur 1 litre d'eau à traiter.

A : 20 gouttes de la solution à 1g/l dans 1 litre d'eau à traiter

B : 30 gouttes de la solution à 1g/l dans 1 litre d'eau à traiter

C : 40 gouttes de la solution à 1g/l dans 1 litre d'eau à traiter

On place ces bouteilles dans un endroit sombre pendant 1/2 heure.

Si, au bout d'1/2 heure on a un goût de chlore dans le flacon A, on traitera l'eau à la dose de 20 gouttes par litre. L'eau est traitée à la dose la plus faible pour laquelle on constate un goût ou une odeur de chlore.

Si les 3 flacons ne présentent aucune odeur, aucun goût de chlore, on fait un 2ème essai à des doses croissantes :

- flacon D avec 60 gouttes

- flacon E avec 80 gouttes

- flacon F avec 100 gouttes

Les 3 flacons sont placés dans un endroit sombre pendant 1/2 heure. Puis on teste le goût et l'odeur.

Si le flacon contenant 100 gouttes a consommé tout le chlore :

l'eau n'est pas traitable.

26

Désinfection par chloration d'un puits

Matériel à prévoir :

Une réserve de 200 litres d'eau propre par point d'eau à traiter.

Le produit chloré, hypochlorite de calcium de préférence.

2 seaux étalonnés à 10 litres.

1 bécher pour mesurer 1 litre d'eau.

1 entonnoir qui s'adapte sur un tuyau d'arrosage de 3m environ.

1 bâche pour recouvrir le puits.

Des brosses pour nettoyer la margelle et les parois au dessus de l'eau.

1 bidon de 20 l qui sera toujours le même, servira à préparer la solution mère de chlore.

1. Essai sur 20 litres d'eau du puits

Prélever 20 litres d'eau du puits dans un bidon en plastique et traiter cette eau avec une solution à 1g/l (cf fiche 14) à la dose arbitraire de 10 ppm, c'est-à-dire à 10mg/l.

Pour mesurer cette dose sur le terrain, on prépare la solution à 1g/l dans un flacon sombre. Avec une eau dépourvue de chlore et pour traiter 20 litres d'eau à 10mg/l, on introduit 200 mg de chlore dans le bidon de 20 litres soit 200 ml de la solution à 1g/l.

Après un temps de contact défini (18 heures), on établit, au chloromètre, la mesure du chlore résiduel, ce qui permet de déduire la demande en chlore de l'eau du puits après 18 heures de contact :

$10\text{mg/l} - \text{chlore résiduel en mg/l} = \text{demande en chlore de l'eau du puits}$

2. Calcul du volume d'eau contenu dans le puits

On évalue le volume d'eau du puits en appliquant la formule du volume d'un cylindre :

$$3,14 \times r \times r \times h$$

r = rayon du puits (la moitié du diamètre)

h = la hauteur de l'eau dans le puits en mètres

3. Détermination de la quantité de produit chloré à utiliser

Connaissant le volume d'eau du puits et la demande en chlore de l'eau du puits, on calcule la quantité de produit chloré pour traiter le puits. Cette quantité est en grammes et peut être mesurée sur le terrain à l'aide de flacons étalonnés au préalable. On introduit cette quantité dans un bidon contenant 20 litres d'eau ; il s'agira de la solution-mère.

4. Désinfection du puits

On brosse les parois au-dessus de l'eau, puis on distribue la solution chlorée en mettant 1 litre de la solution mère dans 9 litres d'eau de la réserve dans le seau en plastique étalonné à 10 litres (il ne faut pas utiliser de récipients métalliques pour le chlore qui serait réduit mais uniquement des récipients en matière plastique ou en verre).

Le traitement s'effectue en versant la solution chlorée le long des parois du puits en se servant du tuyau d'arrosage et en tournant autour du puits de façon à répartir équitablement les quantités de chlore.

Fermer le puits et noter l'heure. 18 heures après le traitement, mesurer au chloromètre le chlore résiduel. Si ce taux est inférieur à 0,2mg/l, le puits peut être rendu à la population.

Ce protocole peut être utilisé pour désinfecter un forage équipé d'une pompe. Dans ce cas, il est nécessaire de démonter le capot de la pompe pour accéder au tubage du forage qui sera traité... Avant de remonter la pompe, les éléments découverts au cours du démontage seront brossés à l'eau chlorée à 20ppm.

27

Qui fait Quoi en matière de contrôle de l'eau

Le distributeur

Le **distributeur** fournit, en permanence, une eau en quantité suffisante, à un coût raisonnable. Il met en place les traitements qui conviennent et en assure la maintenance. Il entretient le bon fonctionnement du réseau, détecte les fuites et y remédie. Il pratique des auto-contrôles réguliers.

Les responsables locaux et l'autorité sanitaire

Les responsables locaux et l'autorité sanitaire mettent en place les points d'eau et leur protection, les réseaux et le contrôle de qualité de l'eau distribuée. Ils assurent la prévention des pollutions et l'information du consommateur.

Le consommateur

Le **consommateur** demande une eau saine et bonne à boire. Il doit maîtriser ses propres rejets domestiques et professionnels pour préserver la ressource qu'il utilise.

28

Liste des fabricants de matériel de terrain pour le contrôle de l'eau

- PROLABO 12, rue Pelée, BP 369, 75526 PARIS Cedex 11
Tél. : 01 45 14 85 00 - Fax : 01 45 14 87 80
- MERCK 17, avenue de la trentaine, 77502 CHELLES
Tél. : 01 64 72 82 00 - Fax : 01 60 20 25 45
- CIFEC SA 12 bis, rue du Commandant Pilot, 92200 NEUILLY-SUR-SEINE
Tél. : 01 46 40 49 49 - Fax : 01 46 40 00 87
- BIO-CONSULTING (mandataire exclusif pour l'Afrique de MILLIPORE)
BP 307, 78054 SAINT QUENTIN EN YVELINES Cedex
Tél. : 01 30 12 70 00 - Fax : 01 30 12 71 81
- MACHEREY - NAGEL
1, rue Gutemberg, BP 135, 67722 HOERDT
Tél. : 03 88 51 79 89 - Fax : 03 88 51 76 88

29

Récapitulatif des éléments de la fiche d'enquête villageoise

Données physiques

Région, ressources.

Données démographiques

Population, ethnies, ethnie majoritaire, nom du peuplement, sédentaire, type d'habitat, nombre de concessions (nombre moyen de personnes par concession).

Activités économiques

Nature, revenus.

Activités agricoles

Nature, revenus.

Infrastructures existantes

Dispensaire / centre de santé, mosquée, église, temple, école, collège, lycée, commerces (lesquels), marché (quel jour).

Vie associative

Associations, groupements, organisations villageoises.

Rôle des femmes

Activités, organisations.

Existence de points d'eau

Visites et état.

S'il existe un point d'eau moderne : comment la population est-elle organisée, montant de la cotisation, entretien, maintenance, artisan réparateur.

Données sur la santé des populations

Maladies, mortalité.

Comportement de la communauté en matière d'hygiène et d'assainissement

Latrines, douches, salubrité des habitats, habitudes alimentaires.

Préoccupations actuelles du village.

30

Documents pour la sensibilisation

Parmi les méthodes d'animation
actuellement utilisées,
on peut citer
les documents ci-contre.

- IRC

L'union fait la santé. Intégrer l'éducation à l'hygiène aux programmes d'eau et d'assainissement. Document Technique 29 - 1994.

P.O. Box 2869, 2601 CW, Delft. Pays-Bas.

Tél. : 31 15 219 2939.

Fax : 31 15 219 0955.

E-mail : general@irc.nl

- PADEAR

(Projet d'Assistance au Développement du secteur de l'alimentation en Eau potable et de l'Assainissement en milieu Rural).

CEDA (Centre pour l'Environnement et le Développement en Afrique).

Série formation des ONG - 8 fascicules - 1997.

Direction de l'Hydraulique OIBI 385 Cotonou. Benin.

- GRAAP

Méthode d'animation interactive créée et diffusée par l'association GRAAP.

Bobo Dioulasso. Burkina Faso.

- MEH

Manuel sur les méthodes d'évaluation de l'hygiène (MEH) disponible en anglais, en espagnol et en français. Astier Almedon. Department of Public Health.

London School of Hygiene and Tropical Medicine

Keppel Street, London WC1E 7HT. Royaume Uni.

- MARP (Le relais)

Journal du CONGAD/Sénégal et Introduction à la méthode MARP 1991.

CONGAD, BP 4109, Dakar. Sénégal.

Tél. : 221 824 4116 ou 221 825 6573

Fax. : 221 824 4413.

E-mail : congad@telecomplus. ou congad@sonatel.senet.net

Suite page 106

30

Documents pour la sensibilisation (suite)

- La méthode SARAR. Programme Prowwess UNDP/World Bank Water and Sanitation Program. Outils pour la participation communautaire. Lyrasrini. Manuel pour la formation des formateurs aux techniques participatives.

World Bank 1818 H street NW Washington. DC 20433 USA

Deux films vidéo sont proposés :

1 - Le SARAR pour un mieux être des communautés.

Système BETA SP et VHS PAL, durée : 36mn 48, langue : français, prix : 30 000 F CFA, production CREPA.

Ce document vidéo est un outil d'information qui précise :

- les objectifs de la formation à la méthode SARAR,
- la méthode pédagogique utilisée pour transmettre les principes de base du SARAR,
- les techniques d'apprentissage,
- la perspective de cadre de travail efficace pour les bénéficiaires de la formation.

2 - Les outils SARAR

Système BETA SP & VHS PAL, durée : 25mn 23, langue : français, prix : 30 000 F CFA, production CREPA.

Suite à une formation régionale des formateurs à la méthode SARAR, des formations d'animateurs sont organisées dans les pays associés à ce programme. Les bénéficiaires de la formation SARAR doivent contribuer à développer ou à valoriser les potentialités existant au sein de différents groupes sociaux. Une attention particulière est portée aux femmes qui sont les principales utilisatrices de l'eau et les premières responsables de l'hygiène et de la santé familiale.

Le film présente :

- les activités et outils SARAR proposés aux différentes communautés ;
- leur appréciation par les populations, surtout les femmes ;
- leur impact sur l'amélioration de la situation sanitaire des communautés.

Contact :

CREPA, 03 B.P. 7112, Ouagadougou 03, Burkina Faso.

Tél. : 226 36 62 10 ou 226 36 62 11.

Fax. : 226 36 62 08.

E-mail : crepa@fasonet.bf

- Les opérateurs privés du service de l'eau dans les quartiers irréguliers des grandes métropoles et dans les petits centres en Afrique.

Burkina Faso, Cap Vert, Haïti, Mali, Mauritanie, Sénégal. Mars 1998.

Hydro-Conseil,

53, rue du Moulin des Prés, 75013 Paris.

Tél. : 01 45 65 11 16 ou 01 53 62 11 17

Fax : 01 45 65 11 16

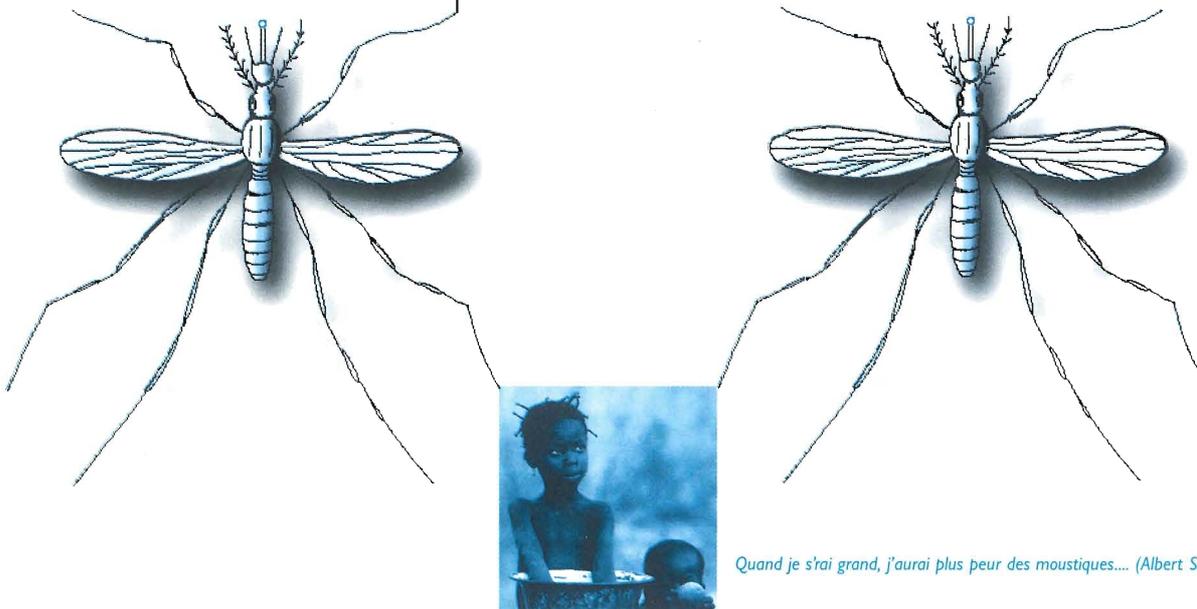
E-mail : h20conseil@aol.com





ILLUSTRATIONS

Page 7	1 - Le cycle de l'eau
Page 7	2 - Bilan hydrique d'un sol : exemple comparant la France et le Sahel
Page 7	3 - Répartition de l'eau sur la terre
Page 9	4 - Profil d'aquifère libre
Page 9	5 - Profil d'aquifère captif
Page 11	6 - La balance ionique (D'après J. Duchemin)
Page 13	7 - La filtration à travers le sol
Page 13	8 - Alimentation des aquifères peu profonds
Page 15	9 - L'eau dans le corps humain
Page 23	10 - Le risque à court terme
Page 24	11 - Le risque à moyen terme
Page 25	12 - Risque à long terme
Page 28	13 - Exemple d'un système séparateur de récupération de l'eau de pluie
Page 29	14 - Aménagement d'un puits (Vue perspective)
Page 29	15 - Aménagement d'un puits (Coupe)
Page 30	16 - Aménagement des abords d'un puits
Page 30	17 - Aménagement d'une source
Page 32	18 - Aménagement d'un forage
Page 32	19 - Schéma des abords d'un forage (équipé d'une pompe)
Page 34	20 - Schéma d'un récipient de stockage de l'eau à domicile
Page 35	21 - Exemple de fiche d'enquête sanitaire
Page 36	22 - Schéma d'un filtre à encrassement
Page 38	23 - Filtration lente
Page 38	24 - Filtre en bordure de rivière
Page 40	25 - Pulvérisation par douche, par le haut et par le bas
Page 40	26 - Schéma d'un traitement de déferrisation
Page 48	27 - Un village avant des aménagements
Page 49	28 - Un village après des aménagements
Page 57	29 - Disque de Secchi
Page 58	30 - Conductimètre
Page 58	31 - Mesure du pH
Page 61	32 - Différentes espèces de Chlore



Quand je s'rai grand, j'aurai plus peur des moustiques.... (Albert Schweitzer)

Dumas-Titoulet Imprimeurs
42000 SAINT-ÉTIENNE
Dépôt légal : mars 2001
N° d'imprimeur : 363336

Imprimé en France

Eau et Santé

Guide pratique pour les intervenants en milieu rural africain

Cet ouvrage est un manuel pédagogique à l'intention de tout opérateur intervenant au niveau de l'exécution et de la maintenance des aménagements destinés à fournir de l'eau potable aux populations des pays en développement : associations, collectivités locales, entreprises, hydrogéologues, agents de santé, animateurs, enseignants, techniciens, sociologues, spécialistes de santé...

Il a pour objectif d'apporter les éléments utiles :

- pour comprendre l'importance de la qualité de l'eau sur la santé des consommateurs,
- pour évaluer les paramètres qui permettent de suivre les critères de qualité,
- pour protéger la ressource en eau depuis son origine jusqu'à sa consommation,
- pour amener le consommateur à utiliser une eau potable,
- enfin, pour améliorer une eau défectueuse par des traitements appropriés.

Etant donné la diversité des thèmes abordés, ce document a été préparé par un groupe de cinq spécialistes.

Editions du GRET
Groupe de recherche et d'échanges technologiques
211-213 rue La Fayette 75010 Paris (France)
Tel : 33 (0)1 40 05 61 61. Fax : 33 (0)1 40 05 61 10.
E-mail : gret@gret.org

Programme Solidarité Eau
32, Rue Le Peletier 75009 Paris (France)
Tel : 33 (0)1 53 34 91 20. Fax : 33 (0)1 53 34 91 21
E-mail : pseau@pseau.org

ISBN : 2-86844-1



MINISTÈRE
DES AFFAIRES
ÉTRANGÈRES

