

# L'eau potable

## Notion d'eau potable

*L'eau représente 60 % du poids d'un adulte et 75 % de celui d'un nourrisson. Pour compenser ses pertes hydriques, le corps humain doit ingérer quotidiennement de l'ordre de 1,5 litre d'eau.*

Une eau potable est une eau « destinée à la consommation humaine » satisfaisant aux exigences fixées par loi. Pour que l'eau soit considérée comme potable, elle doit répondre à un certain nombre de critères :

- qualité microbiologique suffisante, avec en particulier absence de bactéries pathogènes ;
- qualité chimique suffisante: les ions minéraux doivent être à des concentrations comprises entre certaines valeurs fixées réglementairement. Il ne doit pas y avoir de substances toxiques comme des ions de métaux lourds (Pb,...), cyanures, détergents, hydrocarbures ou phénols...

L'analyse chimique des eaux est donc souvent réalisée en parallèle avec l'analyse microbiologique.

## Origine des eaux destinées à la consommation humaine

Les eaux servant à la consommation humaine peuvent être :

**-des eaux souterraines** : ce sont les eaux des nappes. Elles peuvent être classées en deux catégories:

- les nappes phréatiques ou nappes de puits : elles reposent non loin du sol (quelques dizaines de mètres) et sont peu protégées, donc soumises à la contamination biologique;
- les nappes profondes : elles sont situées à quelques centaines de mètres de profondeur et reposent sur des couches d'argile imperméables, profondes. L'eau de pluie est ainsi filtrée à travers plusieurs couches de terre avant de constituer la nappe.

**-des eaux de surface** (ou eaux superficielles) : eaux de cours d'eau, de lacs, de canaux, d'étangs appartenant ou non au domaine public.

## Prélèvement

Les techniques de prélèvement et de transport doivent être respectées pour que l'analyse donne des résultats fiables permettant des comparaisons aux critères.

### • Quantité d'eau nécessaire à l'analyse

- Analyse complète : 0,5 à 1 dm<sup>3</sup> (une eau inconnue ou une eau servant de ressource).
- Analyses de surveillance et de surveillance réduite : 350 cm<sup>3</sup> (une eau prélevée au départ des installations de distribution ou au robinet de l'utilisateur).

(Une recherche éventuelle de *Salmonella* nécessite en plus 5 dm<sup>3</sup> d'eau).

### • Technique de prélèvement

Les eaux doivent être prélevées dans des flacons de verre blanc, stériles. Une fiche détaillée avec les conditions du prélèvement (nature du terrain, causes de contamination possibles...) accompagne les prélèvements.

### • Transport des échantillons

Les analyses microbiologiques doivent être commencées moins de six heures après le prélèvement.

Si le transport dépasse une heure et si la température extérieure est supérieure à 10 °C, le transport doit se faire obligatoirement en glacière.

Les prélèvements sont placés au froid dès leur arrivée au laboratoire, avant le début des analyses.

## Critères de potabilité de l'eau

Toute eau livrée à la consommation humaine doit être potable. Est potable une eau qui n'est pas susceptible de porter atteinte à la santé de ceux qui la consomment.

Les paramètres de contrôle se répartissent en groupes :

**1. Paramètres organoleptiques** : ils fixent les fiais de coloration, de turbidité, d'odeur et de saveur qui ne doivent pas être dépassés.

- **La couleur** : acceptable pour les consommateurs, aucun changement anormal. La couleur de l'eau de boisson est généralement due à la présence de substances organiques colorées (principalement des acides humiques et fulviques) provenant de l'humus du sol et par la présence de fer et d'autres métaux.

- **Le goût et l'odeur** de l'eau de boisson : acceptable pour les consommateurs, aucun changement anormal. A l'origine du goût et de l'odeur de l'eau, on trouve des produits ou des processus naturels et biologiques (par exemple des micro-organismes aquatiques), une contamination par des produits chimiques ou la présence de sous-produits du traitement de l'eau (chloration, etc.). Le goût et l'odeur peuvent aussi se développer lors du stockage et de la distribution.

- **La turbidité** de l'eau de boisson :  $\leq 1$ UNT (unités néphélométriques). La turbidité est due à la présence de particules par suite d'un traitement inadéquat ou de la remise en suspension de sédiments dans le réseau de distribution. Dans le cas de certaines eaux souterraines, elle peut aussi être due à la présence de particules inorganiques. Une forte turbidité peut protéger les micro-organismes des effets de la désinfection et stimuler la croissance bactérienne.

## 2. Paramètres physico-chimiques :

- ils fixent concentrations en résidus secs et en différentes substances qui ne doivent pas être dépassés (chlorures, sulfates, magnésium, sodium, potassium et aluminium).

- **Température** : une eau fraîche est généralement plus agréable au goût qu'une eau tiède. Une température élevée favorise la croissance des micro-organismes, peut accentuer le goût, l'odeur et la couleur et aggraver les problèmes de corrosion.

La température de l'eau joue un rôle important par exemple en ce qui concerne la solubilité des sels et des gaz dont, entre autres, l'oxygène nécessaire à l'équilibre de la vie aquatique. Par ailleurs, la température accroît les vitesses des réactions chimiques et biochimiques d'un facteur 2 à 3 pour une augmentation de température de 10 degrés Celsius (°C). L'activité métabolique des organismes aquatiques est donc également accélérée lorsque la température de l'eau s'accroît.

La valeur de ce paramètre est influencée par la température ambiante mais également par d'éventuels rejets d'eaux résiduelles chaudes.

- **Le pH** est une mesure de l'acidité de l'eau c'est-à-dire de la concentration en ions d'hydrogène (H<sup>+</sup>). L'échelle des pH s'étend en pratique de 0 (très acide) à 14 (très alcalin); la valeur médiane 7 correspond à une solution neutre à 25°C. Le pH d'une eau naturelle peut varier de 4 à 10 en fonction de la nature acide ou basique des terrains traversés. Des pH

faibles (eaux acides) augmentent notamment le risque de présence de métaux sous une forme ionique plus toxique. Des pH élevés augmentent les concentrations d'ammoniac, toxique pour les poissons.

Le pH idéal varie selon la composition de l'eau et la nature des matériaux de construction utilisés dans le réseau de distribution, mais il se situe généralement entre 6,5 et 9,5. Pour que la désinfection par le chlore soit efficace, il doit de préférence être maintenu au-dessous de 8.

- **La dureté d'une eau** correspond à la somme des concentrations en cations métalliques, excepté celles des métaux alcalins ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ) et  $\text{H}^+$ . Elle est souvent due aux ions  $\text{Ca}^{++}$  et  $\text{Mg}^{++}$ . La présence de ces deux cations dans l'eau tend souvent à réduire la toxicité des métaux. La dureté se mesure en mg de  $\text{CaCO}_3$  par litre.

Une dureté supérieure à environ 200 mg/litre peut provoquer l'entartrage du système de distribution et entraîner une consommation excessive de savon avec formation d'écume. Lorsqu'elle est chauffée, une eau dure laisse déposer du carbonate de calcium. Inversement, une eau douce, c'est-à-dire dont la dureté est inférieure à 100 mg/litre, peut avoir une faible capacité tampon et se montrer par conséquent plus corrosive pour les conduites.

- **La concentration de chlore résiduel** : comprise entre 0,1 et 0,5 mg/litre.

### **Chlore libre et chlore lié**

Quand le chlore est ajouté à l'eau pour la désinfection, il réagit premièrement avec les composés organiques et inorganiques dissous dans l'eau. Le chlore ne peut plus être employé pour la désinfection après cela, parce qu'il a formé d'autres produits. La quantité totale de chlore qui est employé pendant ce processus est désigné sous le nom de '**demande en chlore**' de l'eau.

Le chlore peut réagir avec de l'ammoniaque ( $\text{NH}_3$ ) donnant des chloramines, avec des composés de produit chimique qui contiennent le chlore, de l'azote (N) et de l'hydrogène (H). Ces composés sont désignés sous le nom de 'composés actifs de chlore'(contrairement à l'acide hypochlorite et à l'ion hypochlorite, qui est désigné sous le nom 'du chlore actif libre ') et sont responsables de la désinfection de l'eau. Cependant, ces composés réagissent beaucoup plus lentement que le chlore libre actif.

Quand on dose le chlore on doit prendre en compte le fait que le chlore réagit avec des composés dans l'eau. La dose doit être assez importante pour qu'une quantité significative de chlore reste dans l'eau et permette la désinfection. La demande en chlore est déterminée par la quantité de matière organique dans l'eau, du pH, le temps de contact et la température. Le chlore réagit avec la matière organique pour donner des sous-produits de désinfection, tels que les trihalométhanes et les acides acétiques halogénés.

Les facteurs qui déterminent l'efficacité de la désinfection au chlore sont les suivants: concentrations en chlore, temps de contact, température, pH, nombre et types de micro-organismes, concentrations en matière organique dans l'eau.

Les Normes pour l'eau potable de l'Organisation Mondiale de la Santé prévoient l'ajout de 2 à 3 ml de chlore par litre d'eau pour obtenir une désinfection satisfaisante et une concentration de chlore résiduel. La quantité maximale de chlore pouvant être utilisée est de 5 mg / l. Pour

une désinfection efficace, la teneur en chlore libre résiduel doit être comprise entre 0,1-0,5 mg / l après au moins 30 minutes de contact avec un pH allant jusqu'à 8.

- **Oxygène dissous (OD) et % de saturation en oxygène:** les concentrations en oxygène dissous constituent, avec les valeurs de pH, l'un des plus importants paramètres de qualité des eaux pour la vie aquatique. L'oxygène dissous dans les eaux de surface provient essentiellement de l'atmosphère et de l'activité photosynthétique des algues et des plantes aquatiques. La concentration en oxygène dissous varie de manière journalière et saisonnière car elle dépend de nombreux facteurs tels que la pression partielle en oxygène de l'atmosphère, la température de l'eau, la salinité, la pénétration de la lumière, l'agitation de l'eau et la disponibilité en nutriments. Cette concentration en oxygène dissous est également fonction de la vitesse d'appauvrissement du milieu en oxygène par l'activité des organismes aquatiques et les processus d'oxydation et de décomposition de la matière organique présente dans l'eau.

Globalement, plus la concentration en oxygène dissous (OD) est proche de la saturation, plus l'aptitude de la rivière à absorber la pollution est grande :

- une valeur inférieure à 1 mg d'O<sub>2</sub> par litre indique un état proche de l'anaérobie. Cet état se produit lorsque les processus d'oxydation des déchets minéraux, de la matière organique et des nutriments consomment plus d'oxygène que celui disponible. Une faible teneur en oxygène dissous provoque une augmentation de la solubilité des éléments toxiques qui se libèrent des sédiments.
- une valeur de 1 à 2 mg d'O<sub>2</sub> par litre indique une rivière fortement polluée mais de manière réversible ;
- une valeur de 4 à 6 mg d'O<sub>2</sub> par litre caractérise une eau de bonne qualité ;
- des teneurs supérieures à la teneur naturelle de saturation en oxygène indiquent une eutrophisation du milieu se traduisant par une activité photosynthétique intense.

- **Substances indésirables** les seuils de concentration en différentes substances sont fixés. Parmi elles, on trouve les nitrates, les nitrites, l'ammonium, l'azote, l'hydrogène sulfuré, les hydrocarbures, les phénols, le fer, le manganèse, le cuivre, le zinc, le phosphore, l'argent et le fluor.

- les nitrates : 50 mg/l ;
- les nitrites : 0,50 mg/l ;
- l'ammonium : 0,50 mg/l.

Les eaux naturelles non polluées contiennent généralement peu de nitrates. Les nitrates présents dans l'eau peuvent provenir de sources soit indirectes soit directes.

Dans l'eau, l'azote se trouve en solution sous forme combinée: nitrates (NO<sub>3</sub>-), nitrites (NO<sub>2</sub>-), azote ammoniacal (NH<sub>3</sub>, NH<sub>4</sub>+), azote organique.

Les principales étapes du cycle de l'azote sont la fixation, l'assimilation, l'ammonification, la nitrification et la dénitrification (figure 1).

**La fixation** correspond au passage de l'azote atmosphérique (N<sub>2</sub>) en azote combiné sous l'action de certains organismes.

**L'assimilation** est la transformation de matière azotée minérale ou organique inerte en matière vivante.

**L'ammonification** est la libération d'ammoniac à partir de matières azotées organiques.

**La nitrification** est l'oxydation de l'azote ammoniacal en nitrate par l'intermédiaire de bactéries nitrifiantes.

**La dénitrification** est la réduction des nitrates en azote gazeux par l'intermédiaire de bactéries dénitrifiantes.

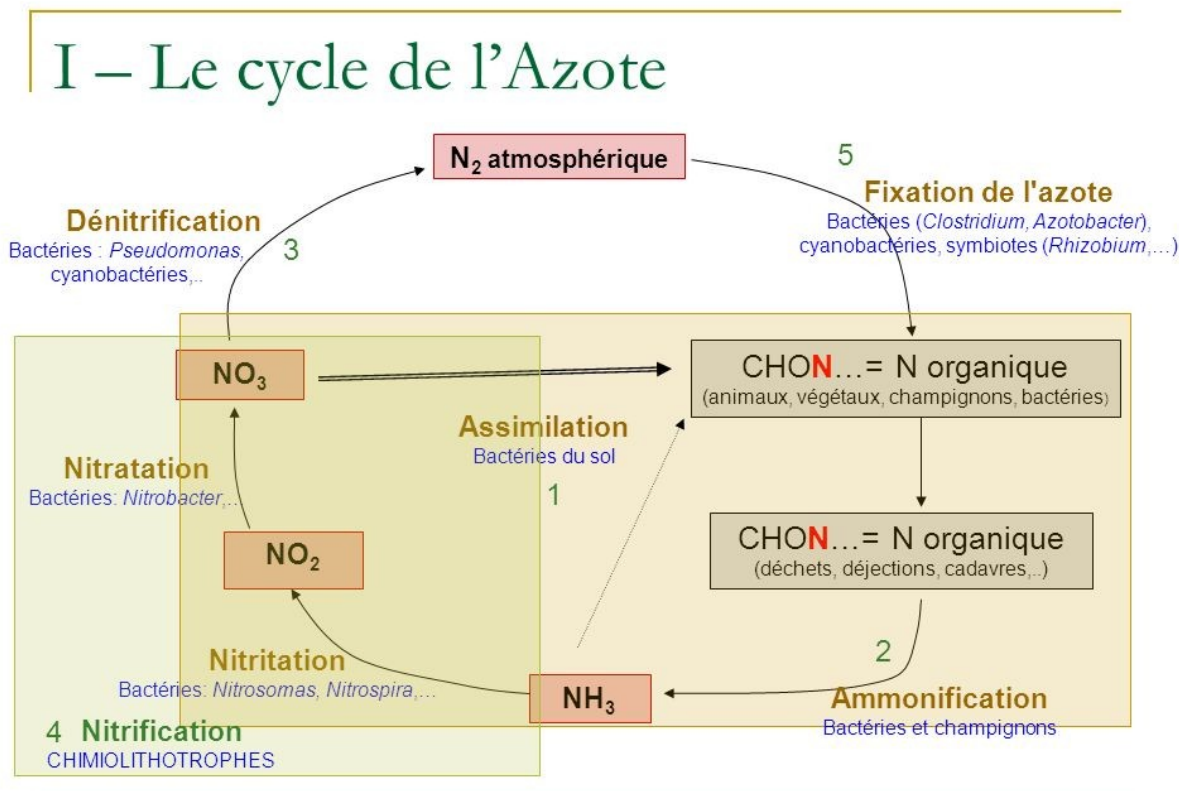
Les nitrates présentent certaines caractéristiques qui permettent de mieux comprendre l'évolution des teneurs dans les nappes qui sont observées ces dernières années:

. Les nitrates sont très stables et très solubles dans l'eau.

. La pénétration dans les sols est lente. La vitesse de migration serait environ de 1 m par an.

La teneur en nitrate dans les nappes est donc influencée par les variations des apports avec un retard correspondant au temps de transfert.

**Figure 1. Cycle de l'azote**



Lors du rejet d'azote organique (protéines, acides aminés, urée...), les molécules sont tout d'abord transformées en ammonium ( $NH_4^+$ ) qui est ensuite oxydé en nitrites puis en nitrates sous l'action de bactéries nitrifiantes. Ces processus d'oxydation, également appelés « nitrification », sont très sensibles à la présence de matières toxiques (métaux, pesticides) et aux températures basses. Des concentrations élevées en nitrites témoignent souvent de la présence de matières toxiques.

En absence d'oxygène, la réaction inverse à celle décrite ci-dessus se produit: des bactéries anaérobies transforment les nitrates et produisent de l'ammoniac ( $NH_3$ ) ou de l'ammonium ( $NH_4^+$ ). L'ammonium en lui-même n'est pas nuisible. Lorsque le pH augmente, on retrouve de l'ammoniac, un gaz soluble dans l'eau et toxique pour la vie aquatique. Des augmentations de pH peuvent se produire suite à des phénomènes d'eutrophisation ou par des rejets d'eaux usées alcalines.

Le lessivage des terres après épandage d'engrais, les eaux usées domestiques et certaines eaux usées à caractère basique constituent des sources directes de nitrates.

**L'ammoniac est un indicateur de la pollution récente de l'eau par des substances organiques (2-3 jours).**

**Les nitrites sont un indicateur relativement récent de la pollution de l'eau par des substances organiques (3 jours - 2 semaines).**

**Les nitrates sont un indicateur de l'ancienne pollution de l'eau par des substances organiques (il y a plus de 2 semaines).**

- **Substances toxiques** : les concentrations maximales par litre sont données pour l'arsenic, le cadmium, les cyanures, le chrome, le mercure, le nickel, le plomb, l'antimoine, le sélénium et les hydrocarbures polycycliques insaturés.

Le suivi des concentrations en métaux lourds (densité > à 5 g/ cm<sup>3</sup>) est particulièrement important vu leur toxicité et leur capacité de bioaccumulation le long des chaînes alimentaires. Contrairement aux polluants organiques, les métaux ne peuvent pas être dégradés biologiquement ou chimiquement. Les concentrations en cuivre, nickel, chrome, plomb, zinc, cadmium, arsenic sont régulièrement mesurées.

Les métaux lourds caractérisent certains types de pollution, comme par exemple:

- la présence de cuivre et de nickel signe des rejets provenant d'industries de traitement de surface des métaux
- le chrome dénonce la présence d'une tannerie
- le plomb est lié à des pollutions diffuses (apports dus aux transports routiers et à l'existence de sites industriels désaffectés)
- le zinc est évacué par des industries qui pratiquent la galvanisation ou la préparation d'alliages tels que le laiton et le bronze, il est également libéré lors du contact entre les eaux de ruissellement et les matériaux galvanisés (toitures métalliques, gouttières)
- le cadmium peut notamment être rejeté par des usines de galvanoplastie et des industries chimiques de textiles et de teintures.

Les métaux lourds se dissolvent très bien dans une eau acide (pH faible). Dans des eaux neutres ou basiques, ils précipitent et s'accumulent principalement dans la phase solide (boues). L'analyse de ces boues permet ainsi d'obtenir une vue de l'ensemble des déversements en métaux lourds qui ont eu lieu, tant en nature qu'en quantité.

- **Pesticides et produits apparentés** : il s'agit insecticides, herbicides et fongicides mesurés à partir des taux d'aldrine, de dieldrine et d'hexachlorobenzène.

Les impacts des composés organochlorés sur la santé humaine et l'environnement sont divers et importants: tendance à la bioaccumulation, effets cancérogènes, perturbation endocrinienne, appauvrissement de la couche d'ozone, libération de dioxines lors de l'incinération, etc.

**3. Paramètres microbiologiques:** l'eau doit être exempte de germes pathogènes: salmonelles, staphylocoques pathogènes, bactériophages fécaux, bactéries anaérobies sulphato-réductrices, bactéries aérobies revivifiables, *Pseudomonas aeruginosa*.

### **Indicateurs microbiens de la qualité de l'eau**

Les principaux organismes indicateurs de pollution fécale sont *Escherichia coli*, les bactéries thermotolérantes et d'autres coliformes, les streptocoques fécaux et les spores de clostridia sulfito-

réductrices.

- *E. coli* est abondant dans les fèces humaines et animales où il peut atteindre des concentrations de  $10^9$  par gramme de matières fraîches. On le trouve dans les eaux qui ont subi une contamination fécale récente, qu'elle soit due à l'homme, à l'agriculture ou à la faune sauvage.
- Les coliformes thermotolérants peuvent être utilisés pour évaluer le degré de traitement à appliquer à des eaux de différentes qualités et pour définir des objectifs de performances en ce qui concerne l'élimination des bactéries.
- La recherche des coliformes totaux peut donner une indication de l'efficacité du traitement et de l'intégrité du réseau de distribution.
- Les streptocoques fécaux sont des indicateurs supplémentaires de l'efficacité du traitement.
- Les clostridia suifito-réductrices (*Clostridium perfringens*), en raison de leur longévité, sont surtout capables d'indiquer une contamination intermittente ou à distance.
- Les bactériophages sont importants comme indicateurs de contamination par les eaux usées et, du fait de leur persistance supérieure à celle des bactéries, comme indicateurs supplémentaires de l'efficacité du traitement ou de la protection des eaux souterraines.

<b>L'eau</b>	Microorganismes aérobies revivifiables à 37 °C/cm3	Les coliformes totaux/100 cm3	Les coliformes fécaux/100 cm3	Les streptocoques fécaux/100 cm3
l'eau du robinet traitee	<b>&lt;20</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
l'eau du robinet non- traitee	<b>&lt;100</b>	<b>&lt;3</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
l'eau du source	<b>&lt;300</b>	<b>&lt;10</b>	<b>&lt;2</b>	<b>&lt;2</b>

## Les puits

Dans de nombreuses parties du monde, l'eau provient de puits. Là où il existe une eau abondante et de bonne qualité près de la surface du sol, on peut creuser des puits avec un outillage simple. Ce sont en général des puits de 1 mètre de diamètre ou plus et de 5 à 10 m de profondeur (quelquefois plus).

Pour préserver la qualité de l'eau de puits, il faut aménager les abords du puits:

- construire une margelle et un mur de protection qui éloigne les animaux;
- placer un couvercle qui empêche la pollution par la poussière et les insectes;
- creuser une rigole de drainage de l'eau de puits;
- élever un bloc sur lequel on peut déposer les récipients afin d'éviter la contamination par le sol.

Il est particulièrement important de ne pas construire de latrines à moins de 30 m du puits.

La désinfection de l'eau de puits par chloration de l'eau: Le chlore, ou ses dérivés chlorés, est un oxydant puissant qui, mélangé à l'eau, brûle les matières organiques qu'elle contient, et en particulier les virus pathogènes et les microbes en une demie heure.

La quantité du chlore =  $(D \times V) / P \times 100$

D = la dose du chlore nécessaire (5 – 10 g/m<sup>3</sup> apă)

V = le volume d'eau (3,14 x r<sup>2</sup> x h)

P = le pourcent du chlore actif (min. 24%).

Le chlore est introduit dans l'eau en forme de solution 1%. La quantité du chlore (mg) doit être ajoutée dans une quantité d'eau (l) 10 fois plus petit.

## Questions

1. Qu'est-ce qu'une eau potable?
2. Quel type d'eau (en fonction de son origine) recommande-t-il à la population de consommer, même sans désinfection préalable?
3. Quelles sont les groupes de paramètres de contrôle pour la potabilité de l'eau?
4. Qu'est-ce que la dureté de l'eau?
5. Qu'est-ce que la demande en chlore de l'eau?
6. La valeur d'oxygène dissous caractérisant une eau de bonne qualité est:
  - a. 1 à 2 mg d'O<sub>2</sub>/l;
  - b. > 4 mg d'O<sub>2</sub>/l;
  - c. 4 à 6 mg d'O<sub>2</sub>/l.
7. Quelles sont les indicateurs microbiens de la qualité de l'eau?
8. Dans le tableau suivant, notez comment vous considérez la vulnérabilité des différentes sources d'eau à d'éventuels contaminants naturels ou anthropiques (- faible vulnérabilité, + vulnérabilité moyenne, ++ vulnérabilité accrue)

Contaminants	Les nappes phréatiques	Les nappes profondes	Les eaux de surface
Les microorganismes			



Les nitrates			
Calcium / magnésium			
Sulfates			
Fer/ manganèse			
Fluorures			
Particules			

9. Considérant le cycle de l'azote, quelles sont vos appréciations sur la potabilité de l'eau de surface dans laquelle les valeurs suivantes ont été trouvées:

- les nitrates : 55 mg/l
- les nitrites : 1 mg/l
- l'ammonium : 1,5 mg/l

10. Calculez vous la quantité du chlore nécessaire pour la désinfection de l'eau du puit dans la figure.  $R=0,5m$

