

Chapitre 1

Généralité sur le traitement et la surveillance des eaux propres

INTRODUCTION

Le but principal d'une station de traitement d'eau potable est de fournir un produit qui satisfait à un ensemble de normes de qualité à un prix raisonnable pour le consommateur. A cet effet, le traitement de l'eau brute est un passage obligé dans le processus de production de l'eau potable. Le but principal dans les plupart des usines de production, est de connaître les différents paramètres descripteurs de la qualité de l'eau brute pour décider de son état, et chercher par la suite les méthodes pour la rendre potable. La surveillance permanente de la qualité de cette ressource à travers des mesures qualifiables et quantifiables, ainsi que du fonctionnement des installations de traitement, est donc exigée afin d'éviter de ralentir la production et assurer un niveau de qualité élevé et uniforme.

Ce premier chapitre est consacré au processus de contrôle de traitement de l'eau brute. Il s'agit de donner quelques généralités à propos de cette ressource naturelle qu'est l'eau, ainsi que les outils et moyens mis en œuvre pour son traitement. La chaîne de traitement et de production d'eau potable la plus courante est de ce fait présentée. Les différentes méthodes de surveillance sont citées. Notre application est enfin présentée en fin de chapitre, et le principe de l'approche adoptée dans le procédé de surveillance proposée.

1. Définition d'une eau potable

Une eau potable est une eau qui peut être consommée sans danger pour la santé. Cette eau potable doit répondre à des critères de qualité qui sont fixés par la loi et définit selon des critères du code de la santé publique. Les normes définissant une eau de qualité sont variables suivant la législation en vigueur et suivant qu'il s'agit d'une eau industrielle ou destinée à la consommation. Citons brièvement les critères de qualité de l'eau potable [35]. Pour la qualité organoleptique, l'eau doit être agréable à boire, claire, fraîche et sans odeur. C'est principalement par ces aspects que le consommateur apprécie la qualité d'une eau. Ce sont les paramètres de confort. Pour la qualité physico-chimique, l'eau ne doit pas contenir d'éléments chimiques indésirables (fer Fe, manganèse Mn) ou toxiques (plomb Pb, mercure Hg...) qui entraîneraient des risques sanitaires à court, moyen, et long terme. Pour la qualité bactériologique, l'eau ne doit pas contenir de germes pathogènes (bactéries, virus, parasites...) qui provoqueraient des maladies chez les consommateurs. C'est la qualité la plus importante de la potabilité d'une eau.

2. Importance de l'analyse et de traitement

Une analyse régulière de l'eau est importante pour les raisons suivantes [35]:

- Elle permet de définir les problèmes existants.

- Elle garantit une eau qui convient à l'utilisation prévue.
- Elle garantit une eau potable sûre.
- Elle permet de vérifier l'efficacité des procédés dans un système de production.

La qualité d'une réserve d'eau peut changer au fil du temps et même subitement. Si l'apparence, l'odeur et le goût de l'eau restent les mêmes, le changement de qualité risque de passer inaperçu. La seule façon de connaître la salubrité de l'eau potable, est de la faire analyser. Comme les bactéries, les parasites et les virus nuisibles sont invisibles à l'œil nu, une eau au goût et à l'apparence agréables n'est pas forcément potable. Ces microbes, qui vivent parfois dans l'eau souterraine et de surface, risquent de causer rapidement des maladies chez les humains qui consomment l'eau sans la traiter adéquatement. Certains contaminants chimiques que l'on retrouve dans les réserves d'eau peuvent causer des problèmes de santé à long terme, qui n'apparaissent que des années après la consommation. Une analyse fréquente de l'eau permet de déterminer le niveau de salubrité de l'eau et de vérifier si le système de traitement a atteint un degré de purification satisfaisant. Plusieurs analyses disponibles sont utiles pour déterminer la salubrité et la sûreté des réserves d'eau. L'analyse de base de l'eau potable comprend plusieurs aspects d'analyse tels que celui des bactéries coliformes, des nitrates, du pH, du sodium, du chlorure, du fluorure, des sulfates, du fer, du manganèse, des matières totales dissoutes et celui de la dureté [35].

- Les nitrates sont des contaminants que l'on retrouve couramment, surtout dans l'eau souterraine. Une eau à forte teneur en nitrates risque d'être particulièrement dangereuse pour les bébés de moins de six mois, car les nitrates nuisent au transport de l'oxygène dans le sang.
- Les ions comme le sodium, le chlorure, les sulfates, le fer et le manganèse peuvent conférer à l'eau un goût ou une odeur désagréable.
- Une quantité excessive de sulfates risque d'avoir un effet laxatif et de provoquer une irritation gastro-intestinale.
- Le fluorure est un oligo-élément essentiel, mais en trop grandes quantités, il risque de causer des problèmes dentaires.
- Les matières totales dissoutes représentent la quantité de substances inorganiques (le sodium, le chlorure et les sulfates) dissoutes dans l'eau. Une eau à forte teneur en matières totales dissoutes acquiert un goût désagréable [35].
- L'analyse des bactéries coliformes indique la présence de microorganismes potentiellement nocifs pour la santé humaine. L'eau potable ne doit contenir aucun microorganisme pathogène (*bactéries, virus et protozoaires*) et être exempte de toute

bactérie indiquant une pollution par excréments. Une eau qui est porteuse d'un seul *Escherichia Coli* par 100 ml devient potentiellement dangereuse [35]. Ce point est important, car le critère de potabilité de l'eau se fixe à partir de la présence ou de l'absence de ces germes témoins [35]. Différentes maladies sont transmises par l'eau en présence des différents micro-organismes (*bactéries, virus et protozoaires*). Parmi ces maladies on trouve par exemple : la gastro-entérite, la pharyngite, la méningite encéphalique, correspondant à des microorganismes pathogènes : *Escherichia coli*, *Adénovirus*, *Naegleria gruberia* respectivement.

Si on soupçonne la présence d'un contaminant particulier dans l'eau, on peut procéder à d'autres analyses. On analyse parfois l'eau souterraine afin d'y détecter la présence d'arsenic, de sélénium ou d'uranium, par exemple. On peut aussi évaluer la contamination de l'eau de surface ou souterraine par les pesticides. Les réserves d'eau domestique doivent faire l'objet d'une analyse au moins une fois par an. L'eau potable provenant de puits peu profonds ou de réserves de surface, plus sujette à la contamination que l'eau souterraine ; doit être analysée plus souvent (chaque saison). Il est important d'analyser l'eau potable au robinet et à la source. Ces deux analyses permettent de vérifier l'efficacité du système de traitement et de détecter tout changement dans la qualité de l'eau à la source [35]. Il est important de souligner que l'eau avant qu'elle parvienne au consommateur, subi des traitements plus ou moins poussés, elle est stockée, acheminée, puis distribuée. L'eau potable est donc une denrée rare et précieuse qui a un coût, qu'il ne faut pas gaspiller. Par ailleurs, il faut garder à l'esprit qu'elle est produite à partir de ressources naturelles qu'il convient de protéger.

3. Chaîne de production d'eau potable

Le principal objectif d'une station de production d'eau potable est de fournir un produit qui satisfait à un ensemble de normes de qualité à un prix raisonnable pour le consommateur. L'efficacité du traitement adopté dépendra de la façon dont sera conduite l'exploitation de l'usine de traitement. Pour atteindre l'objectif souhaité, l'exploitant devra d'une part respecter certains principes élémentaires pour assurer le contrôle du processus de traitement et le contrôle de l'eau traitée, et d'autre part disposer d'un certain nombre de moyens techniques et humains.

Nous allons présenter, dans ce chapitre, les caractéristiques générales d'une usine production d'eau potable, la plus complète et la plus courante, tout en détaillant plus spécifiquement le procédé sur lequel porte notre étude. La figure 1.1 représente la chaîne habituelle la plus complète et la plus courante dans une usine de potabilisation appliquée à

une eau de surface qui comporte 5 grandes étapes qui sont : prétraitement, pré-oxydation, clarification (coagulation, floculation-décantation ou flottation, filtration), oxydation-désinfection, traitement d'affinage [35].

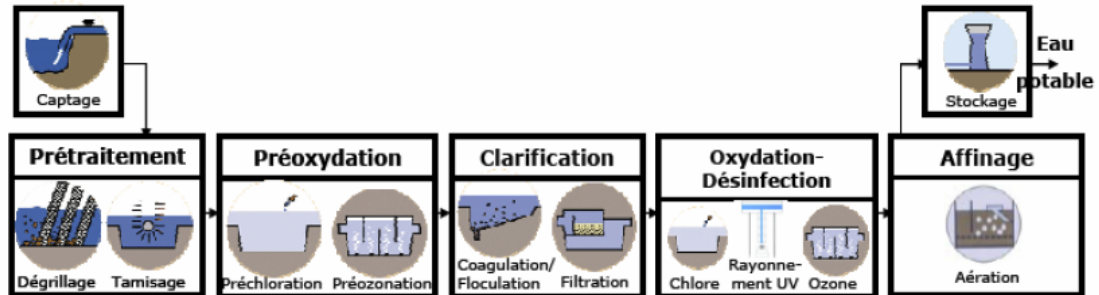


Figure1.1. Chaîne de production d'eau potable [35].

3.1. Prétraitement

Selon la nature de l'eau brute, une étape de prétraitement est utilisée pour éliminer les particules grossières (sable, débris, feuilles, etc.) qui peuvent nuire aux étapes subséquentes du processus de traitement de l'eau potable, de l'eau de piscine et de l'eau industrielle. Une eau, avant d'être traitée, doit être débarrassée de la plus grande quantité possible d'éléments dont la nature et la dimension constitueraient une gêne pour les traitements ultérieurs. Pour cela, on effectue des prétraitements de l'eau de surface. Dans le cas d'une eau potable, les prétraitements sont principalement de deux types : le dégrillage, le tamisage.

- **Dégrillage et tamisage** : l'eau est d'abord filtrée à travers des grilles afin d'arrêter les plus gros déchets pour protéger les ouvrages avals des installations de traitement, puis elle passe dans des tamis à mailles de plus en plus fines retenant des déchets plus petits comme des feuilles, des cailloux, ou de morceaux de plastique par exemple [35].

Pour améliorer et accélérer le processus de décantation qui est l'une des opérations de clarification, l'on ajoute lors du prétraitement des produits visant à agglomérer et alourdir les particules en suspension en les transformant en flocons. Parmi ces produits, notons le charbon actif en poudre et le chlorure ferrique.

3.2 Pré-oxydation

Après l'étape de prétraitement, on peut y adjoindre une pré-oxydation ; procédé chimique essentiel à tout traitement des eaux, elle est aussi incluse en fin de filière de désinfection. On a donc une eau relativement propre mais qui contient encore des particules colloïdales en

suspension et des matières organiques en solution non dangereuse [35]. Cette étape peut être faite de trois façons différentes :

- Ajout de chlore ou pré-chloration.
 - Ajout de dioxyde de chlore.
 - Ajout d'ozone ou pré-ozonation.
- ✓ Le chlore est le réactif le plus économique. Il présente l'inconvénient de former des composés organochlorés avec certains micropolluants qui peuvent avoir des effets nocifs sur la santé humaine (le goût et l'odeur sont désagréables [35]). Il faut donc éviter une préchloration dans le cas d'une eau brute fortement chargée en matière organiques.
- ✓ L'oxydation par le dioxyde de chlore n'a pas les inconvénients de l'oxydation par le chlore, il s'applique quelque soit le type d'eau à traiter (pas d'influence du pH), et son action sur la matière organique naturelle conduit à des productions beaucoup plus faibles de composés organo-halogénés indésirables responsables entre autres des goûts et odeurs. En effet, l'utilisation de ce produit, lui aussi, a des inconvénients non négligeables. Cependant, le dioxyde de chlore est sans effet sur l'ammonium. Il se décompose à la lumière, ce qui entraîne une augmentation importante du taux de traitement à appliquer en période d'ensoleillement. Bien qu'il soit un très bon oxydant pour le Fer et le Manganèse, mais il ne peut pas être une solution économique. Il représente une alternative intéressante par rapport au chlore au point de vue qualité de l'eau.
- ✓ L'ozone est énormément utilisé pour le traitement de l'eau potable grâce à ses excellentes qualités de désinfection et d'oxydation. L'ozone peut être utilisé pour différents objectifs dans les systèmes de traitement, tels que pour une pré-oxydation, une oxydation intermédiaire, une amélioration de clarification ou une désinfection finale. Généralement, il est recommandé d'utiliser l'ozone pour la pré-oxydation avant la filtration. Cette combinaison a plusieurs avantages: l'élimination de la matière organique et inorganique, l'élimination des micropolluants, tels que les pesticides, une élimination de la couleur plus importante, l'élimination des goûts et des odeurs et la diminution du taux de traitement (taux de coagulation) dans le procédé de clarification. Néanmoins, certaines algues résistent à l'ozone. De plus, il est coûteux.

3.3 Clarification

C'est une étape indispensable pour les eaux de surface. Au cours de cette étape, on extrait de l'eau brute les matières en suspension, la majeure partie des matières organiques ainsi que les matières colloïdales, principales responsables de la turbidité [35]. Après son

passage à travers des grilles, les matières les plus grosses sont retenues. La clarification comprend les opérations suivantes : la coagulation, la floculation – décantation ou flottation, et la filtration.

La couleur et la turbidité d'une eau de surface sont dues à la présence de particules de très faible diamètre (les colloïdes). Leur élimination ne peut se baser sur la simple décantation. En effet, leur vitesse de sédimentation est extrêmement faible. Le temps nécessaire pour parcourir 1 m en chute libre peut être de plusieurs années. Le tableau 1.1 indique le temps de décantation de différentes particules en fonction de leur dimension [35].

Tableau 1.1. Temps de décantation des particules.

Type de Particules	Diamètre En mm	Temps de chute pour 1 m		
		Densité de 2.6	Densité de 2.0	Densité de 1.1
Gravier	10.0	0.013 s	0.02 s	0.20 s
Sable grossier	1.0	1.27 s	2.09 s	20.90 s
Sable fin	0.1	2.11 min	3.48 min	34.83 min
Glaise	0.01	3.52 h	5.80 h	2.42 j
Bactéries	0.001	14.65 j	24.19 j	241.9 j
Colloïdales	0.0001	4.12 a	6.66 a	66.59 a
Colloïdales	0.000 01	412.2 a	665.9 a	6659 a
Colloïdales	0.000 001	41222 a	66590 a	665990
S : secondes ; min : minutes ; heures ; a ; années				

La coagulation et la floculation sont les processus qui permettent l'élimination des colloïdes. Les particules colloïdales en solution sont « naturellement » chargées négativement. Ainsi, elles tendent à se repousser mutuellement et restent en suspension. On dit qu'il y a stabilisation des particules dans la solution. La coagulation consiste dans la déstabilisation des particules en suspension par la neutralisation de leurs charges négatives. On utilise, pour ce faire, des réactifs chimiques nommés coagulants (chlorure ferrique, sulfate d'aluminium,...). Le procédé nécessite une agitation importante. Après avoir été déstabilisé par le coagulant, la floculation commence où les particules colloïdales s'agglomèrent lorsqu'elles entrent en contact. Les floccs ainsi formés, peut décanter, flotter ou filtrer, suivant le procédé de rétention choisi.

3.4. Oxydation-Désinfection

En fin de traitement, la désinfection permet l'élimination de tous les microorganismes pathogènes (bactéries et virus) présents dans l'eau à la sortie des usines. Elle doit être effectuée de manière à maintenir un résiduel bactériologique sur tout le réseau de distribution afin d'éviter toute dégradation de la qualité de l'eau par prolifération de microorganismes. On

utilise pour cela soit un désinfectant chimique comme le chlore, le dioxyde de chlore ou l’ozone, soit des rayonnements ultraviolets (UV) [35]. L’efficacité de ces désinfectants qui sont classés dans l’ordre décroissant : UV, ozone, dioxyde de chlore, puis chlore, dépend de plusieurs facteurs dont :

- les désinfectants,
- le temps de contact du réactif avec l'eau supposée contaminée,
- la concentration résiduelle en désinfectant,
- du pH, de la température, des matières organiques, de la concentration en ammoniacale, et de la turbidité.

Pour chaque type de traitement, il est nécessaire de contrôler les divers paramètres physico-chimiques suivants [35] :

- La température : lorsqu'elle augmente, la prolifération microbologique s'accélère. Par ailleurs, la consommation en désinfectant est plus importante. Il est donc nécessaire d'être vigilant sur l'évolution de ce paramètre et d'ajuster les consignes du désinfectant en conséquence.
- Le pH : l'efficacité du chlore présent dans l'eau varie avec le pH. Il est donc indispensable de mesurer ce paramètre en même temps que le chlore libre afin d'évaluer au mieux l'efficacité du traitement.
- La turbidité : elle caractérise la présence des particules dans l'eau. La présence de turbidité est le signe d'un traitement incomplet. Les particules non retenues lors du traitement peuvent « véhiculer » des microorganismes qui seront plus difficiles à inactiver par les désinfectants. Enfin, la turbidité révèle la présence de matières en suspension qui pourront former des dépôts dans le réseau, lesquels favorisent, à l'abri de l'action des désinfectants, la prolifération microbienne.
- L’ammonium (NH_4^+) et le nitrite (NO_2^-) : ils sont consommés par le chlore et peuvent être considérés comme des indicateurs de contamination. Ces contrôles sont le plus souvent effectués en entrée ou en sortie des contacteurs de désinfection, mais aussi en différents points du réseau.

Ces contrôles sont le plus souvent effectués en entrée ou en sortie des contacteurs de désinfection, mais aussi en différents points du réseau.

3.5. Affinage

Les prétraitements physiques, la pré-oxydation et la clarification constituent les procédés de base pour traiter une eau de surface. A ces procédés peuvent s'ajouter des traitements d'affinage qui traitent de la mise à l'équilibre calco-carbonique [35]. La mise à l'équilibre calco-carbonique consiste à ajuster l'alcalinité ou la dureté de l'eau en procédant au dépôt d'une fine couche protectrice de tartre sur les parois des canalisations. Cet équilibre dépend essentiellement du pH, de l'alcalinité et de la température de l'eau. Cette mise à l'équilibre calco-carbonique peut être obtenue avec des traitements de neutralisation, voie de reminéralisation, si les teneurs en calcium et bicarbonates sont vraiment très faibles. L'eau de pluie contient naturellement du dioxyde de carbone (CO_2). Quand celle-ci traverse les couches d'humus, riches en acides, elle peut s'enrichir fortement en CO_2 . Lors de sa pénétration dans un sol calcaire, c'est-à-dire riche en carbonate de calcium (CaCO_3), elle se charge en calcium Ca^{2+} et en ions bicarbonates HCO_3^- . En fait, le calcium est dissous par l'eau chargée en CO_2 . On dit qu'elle est entartrante ou incrustante. En revanche, quand l'eau de pluie traverse une roche pauvre en calcium (région granitique), elle reste très chargée en CO_2 dissous. Cette eau est en général acide. On dit qu'elle est agressive [35]. Il y a typiquement deux problèmes distincts : corriger une eau agressive et corriger une eau incrustante. La correction d'une eau agressive peut s'effectuer par la neutralisation du dioxyde de carbone de l'eau, qui doit être physiquement par aération ou chimique par injection de réactifs alcalins en suspension ou en solution. Cette dernière est réalisée lorsqu'il n'est pas possible de corriger le pH par une simple aération. La reminéralisation est toujours chimique, elle a en effet l'avantage de mettre l'eau à l'équilibre calco-carbonique en minimisant le choix du pH final.

Il est très important d'avoir une eau à l'équilibre calco-carbonique pour éviter la détérioration des matériaux (canalisations) dans le cas d'une eau agressive, ou provoquer la formation des dépôts de calcaire dans le cas d'une eau entartrante. Dans les deux cas, il en résulte la dégradation des ouvrages et de la qualité de l'eau en cours de distribution, en conséquence, traduit des perturbations d'exploitation importantes. Dans tous les cas, il est indispensable de maîtriser les caractéristiques de l'eau et donc de lui faire subir un traitement approprié pour atteindre l'équilibre calco-carbonique.

4. Surveillance des eaux potables

Quand on parle de surveillance des eaux potables, il s'agit en fait de connaître l'état de l'eau en continu (à chaque instant) à partir des différents paramètres ayant trait à sa qualité.

Traditionnellement, on procède généralement à un certain nombre de mesures utiles des différents paramètres de l'eau brute pour le test de sa qualité tels que : le contrôle bactériologique, le contrôle de désinfection, et le contrôle physico-chimique (pH, température, turbidité, conductivité, oxygène dissous,.....), et pour décider après sur son état propre, et par la suite chercher les techniques et méthodes pour la rendre potable. Ces méthodes sont déterminées à l'aide d'un essai expérimental appelé *Jar-test*. La dose optimale du coagulant recherchée est déterminée en fonction de la qualité des différentes eaux comparées. En général dans les usines importantes, un seul essai est effectué par jour [35]. L'opérateur fera un nouvel essai entre temps pour changer la dose du coagulant uniquement si la qualité de l'eau traitée se dégrade. L'inconvénient de cette technique est qu'elle nécessite de façon non stop des interventions et des déplacements sur site de l'opérateur. Cette technique ne permet pas de suivre finement l'évolution de la qualité de l'eau brute et aura le désavantage d'avoir un temps de réponse relativement long. En voici tout l'intérêt de disposer d'un contrôle automatique de ce procédé pour une meilleure efficacité de traitement et une réduction des coûts d'exploitation. Le contrôle de l'eau au niveau des usines de production doit se faire de façon immédiate en se basant sur une surveillance continue des paramètres descripteurs de la qualité à travers toute une chaîne de traitement qui assure à la fois la surveillance et le contrôle.

4.1. Surveillance avancé du procédé

Les procédés industriels sont devenus de plus en plus complexes. Ceci est dû non seulement à la complexité des phénomènes physico-chimiques qui les gouvernent, mais aussi au nombre continuellement croissant des variables nécessaires pour garantir leur bon fonctionnement. L'importance de la mesure en continu des paramètres physiques et physico-chimiques vient du fait que :

- Ces paramètres ne sont pas conservatifs et changent instantanément.
- Les mesures sont relativement simples, rapides et peu coûteuses.

De nos jours, les procédés sont de plus en plus instrumentés (capteurs, régulateurs, actionneurs) et sont couplés à un ou plusieurs calculateurs numériques, destinés à l'acquisition de données et à la mise en œuvre de l'automatisation. Les premiers objectifs de cette automatisation accrue ont d'abord été [35] :

- l'augmentation des performances du système de production ;
- la garantie de la qualité et la quantité du produit fabriqué qui doit satisfaire un certain nombre de normes ;

- la diminution des coûts de fabrication ;
- les fonctions temps réel et différé.

Par ailleurs, il est fréquent aujourd'hui que la supervision soit aussi chargée :

- de l'amélioration de la sécurité de l'installation industrielle, des hommes qui y travaillent et de l'environnement,
- de la traçabilité du produit.

Face à ces exigences et au flux d'informations dynamiques et variables, l'opérateur humain a besoin de nouveaux outils d'aide à la décision et de maintenance afin d'assurer de manière réactive et sûre la conduite du procédé.

5. Méthodes de surveillance

Le développement de nouvelles technologies a introduit une complexité supplémentaire au niveau des systèmes temps réel par le fait qu'ils combinent à la fois des éléments matériels et des éléments logiciels (systèmes embarqués). Le maintien de la sécurité et d'un fonctionnement ininterrompu de ces systèmes est devenu un enjeu important. Le but de la surveillance dans un but de diagnostic d'un processus est d'identifier les causes d'un ensemble de symptômes observés qui indiquent une dégradation ou une panne de certains composants du système conduisant à un comportement anormal du système physique. Les méthodologies de surveillance sont généralement divisées en deux catégories : méthodologies de surveillance avec modèle et sans modèle [35]. De ce fait, il est souvent délicat de déterminer la méthode la plus appropriée pour la résolution du problème de surveillance. Les méthodes de surveillance fondées sur l'utilisation de modèle sont souvent préférables, notamment dans un contexte dynamique. Ces méthodes et le type de modèle associé se différencient non seulement par la nature de la connaissance dont on dispose sur le système physique et ses défaillances, mais également par la manière dont cette connaissance est exploitée.

- Les techniques (avec modèle) sont donc basées sur l'existence d'un modèle formel du processus et utilisent généralement des techniques de l'Automatique [35].
- Les techniques (sans modèle) sont plutôt divisées en deux parties. La première partie correspond aux outils statistiques de traitement du signal qui sont généralement qualifiés d'outils de traitement de bas niveau, parce qu'ils sont en contact direct avec le signal capteur, et ne servent généralement que pour la génération d'alarmes brutes sans aucune information concernant leur signification. Les outils statistiques établissent des tests sur les signaux d'acquisition, tests qui ne sont capables d'assurer

que la fonction de détection des défaillances. La deuxième partie est celle des techniques dites de haut niveau qui sont plutôt orientées vers la communication avec un expert. Celles-ci représentent les techniques de l'intelligence artificielle (IA), et servent comme outil de base d'aide à la décision. Leurs réponses sont donc plus élaborées que celles des techniques de bas niveau et elles sont capables de détecter, interpréter et diagnostiquer les défaillances [35].

Les deux approches *Automatique/ Intelligence artificielle* peuvent être combinées pour plus d'avantages. Les méthodes de l'Automatique sont par nature proches du système surveillé, puisqu'elles travaillent directement à partir de données issues des capteurs ; elles sont ainsi principalement utilisées pour la génération d'alarmes. Les méthodes de l'Intelligence Artificielle sont, elles, plus tournées vers la communication avec l'opérateur et se focalisent sur la transformation d'un ensemble d'informations brutes et non reliées entre elles en une information interprétable directement par l'opérateur chargé de la conduite ; elles sont donc utilisées pour l'interprétation des alarmes et l'aide à la décision. Dans le cas de l'utilisation des outils de l'Intelligence Artificielle, la fonction surveillance est souvent vue comme une application de reconnaissance des formes où celles-ci représentent le vecteur d'entrée composé des différents paramètres du processus.

5.1. Surveillance par reconnaissance de formes

L'approche de surveillance par reconnaissance de formes (ou par analyse des données), permet d'associer un ensemble de mesures effectuées sur le système à des états de fonctionnement connus. Cette fonction permet d'avoir une relation d'un espace de caractéristiques vers un espace de décision de façon à minimiser le risque de mauvaise classification. Les techniques de reconnaissance de formes sont nombreuses et pour certaines, les résultats sont globalement satisfaisants. Ces méthodes supposent qu'aucun modèle n'est disponible. Cependant, elles effectuent les opérations de perception, de classification et de prédiction. Ces méthodes sont basées sur les théories des probabilités et de l'Intelligence Artificielle. La première peut se montrer insuffisante car elle suppose une connaissance a priori de tous les états de fonctionnement et ne prend pas en compte l'évolution du système. La seconde a l'avantage de se baser plutôt sur une phase dite d'apprentissage. Parmi les techniques proposées, on trouve en particulier les systèmes experts, les outils statistiques de reconnaissance de formes, le raisonnement à partir de cas (*RàPC*), l'ACP, les réseaux de neurones artificiels (RNA), SVM, logique floue et réseaux neuro-flous. La figure 1.2 montre l'architecture générale qu'on peut imaginer d'une application de surveillance par

reconnaissance de formes. L'expert humain joue un rôle primordial dans ce type d'applications. Toute la phase d'apprentissage supervisée dépend de son analyse des états du système où chaque état est caractérisé par un ensemble de données (formes d'entrée) recueillies sur le système. Après cette phase d'apprentissage, l'algorithme utilisé associera les classes correspondantes représentant ainsi les sorties du système aux formes d'entrée présentées. Le principal avantage de ces techniques est leur capacité d'apprentissage et de généralisation des données reçues en entrée. Ces techniques s'apprêtent parfaitement pour une éventuelle mise au point de systèmes de surveillance capables de s'adapter à d'éventuelles extensions et reconfigurations multiples.

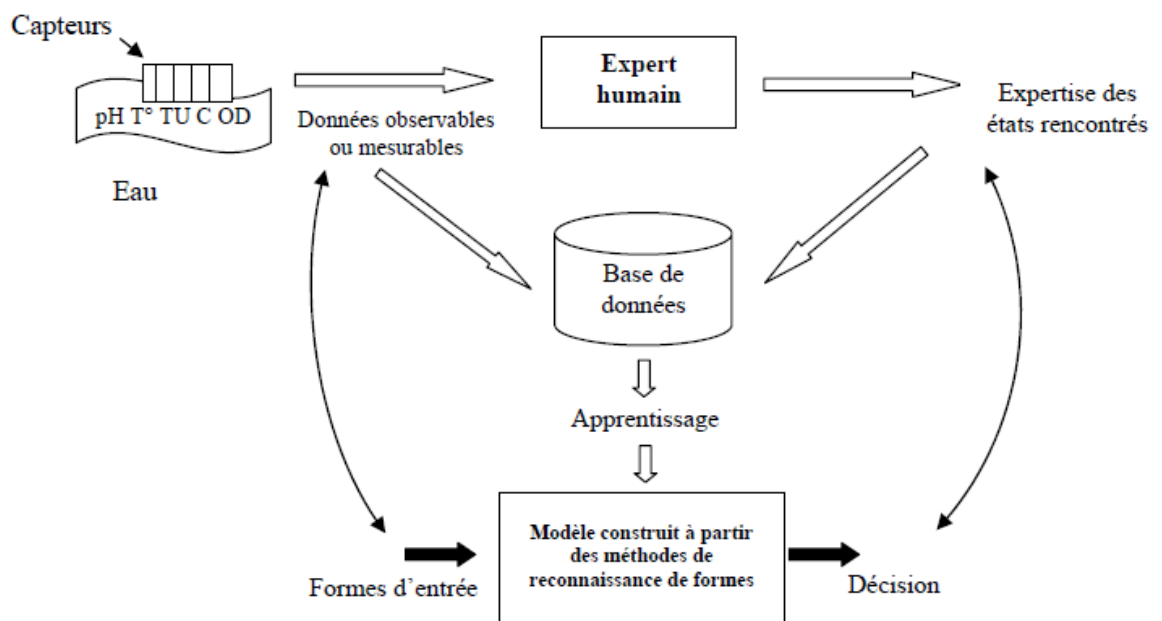


Figure1.2. Schéma général du système de surveillance par reconnaissance de formes [35].

6. Problématique

Dans le travail que nous présentons dans le cadre de ce mémoire, la surveillance de la qualité de l'eau potable peut être vue comme un problème de reconnaissance de formes (apprentissage, classification, décision etc.), où les formes représentent l'ensemble des paramètres relatifs à la qualité de l'eau, et les classes correspondent aux différents états de l'eau.

L'objet de notre étude est de sélectionner après validation la méthode d'apprentissage la mieux adaptée. Le choix repose bien entendu sur une étude comparative permettant d'évaluer les performances de chacune des méthodes mis en examen.

CONCLUSION

Ce premier chapitre a servi d'introduction au domaine du contrôle et de surveillance des procédés de production des eaux potables. La chaîne de production d'eau potable ainsi que les différentes méthodes de surveillance actuellement utilisées sont alors présentées. Il est d'ores et déjà apparu qu'un contrôle automatique et permanent basé sur une surveillance par reconnaissance de formes à travers les différents paramètres quantifiables et qualifiables de l'eau, peut présenter une solution intéressante. Dans le chapitre suivant, nous présentons parmi les méthodes de l'intelligence artificielle choisies : les machines à vecteurs de support, comme des fonctions de décisions au niveau du système de contrôle et de surveillance. Ces systèmes sont capables de synthétiser l'information permettant de surveiller l'eau traitée.