

INTRODUCTION GENERALE

L'eau est la principale composante de notre corps, elle est à l'origine de la vie. Les planètes et les êtres vivants sont essentiellement constitués d'eau. La quantité d'eau à la surface de la terre est constante, cependant 97.23% de celle-ci est en réalité « salée et impropre à une consommation directe [1, 2]. Il faut insister sur le fait que le problème de l'eau n'est pas un problème de quantité, mais un problème de flux [3, 4]. Aujourd'hui dans le monde, 1.2 milliard de personnes n'ont pas accès à une source d'eau potable, et 2.9 milliards ne disposent pas d'installations sanitaires convenables [5, 6]. En 1998, les maladies d'origine hydrique ont tué quelques 3.4 millions de personnes, surtout des enfants. Parmi ces maladies, les plus meurtrières sont la Diarrhée (2.21 millions de victimes), le Malaria (1.11 million), la trypanosomiase, les infections par vers intestinaux, la dengue et la bilharziose [4, 5, 6].

Toutes les eaux de la nature ne sont pas bonnes à boire. Même une eau d'apparence limpide transporte en son sein toutes sortes de substances inertes et vivantes, dont certaines peuvent être nocives pour l'organisme humain. Ces substances proviennent soit du milieu physique dans lequel l'eau a évolué, soit des rejets de certaines activités humaines dont l'eau est devenue le réceptacle. L'eau est ainsi le vecteur de transmission privilégié de nombreuses maladies. Pour être consommée sans danger, l'eau doit donc être traitée. Mais la pollution croissante des réserves rend cette opération de plus en plus délicate, obligeant les traiteurs d'eau à constamment innover. Les techniques ont d'ailleurs beaucoup évolué, faisant aujourd'hui du traitement de l'eau une industrie de pointe. La qualité de l'eau est garantie par le contrôle et la surveillance permanente des services qui s'occupent du traitement et de la distribution. Aujourd'hui, l'eau potable représente l'un des produits alimentaires les plus surveillés dans le monde.

Pour cela, le domaine de la surveillance de l'eau est sous une pression croissante pour produire une eau potable d'une plus grande qualité et à moindre coût. Ceci représente une économie en termes de coût mais aussi en termes de respect de l'environnement. En effet, il présente des caractéristiques bien spécifiques qu'il est indispensable d'en tenir compte dans la construction d'une démarche globale de prévention des risques. La maîtrise de la qualité sanitaire de l'eau pallie sans aucun doute les conséquences graves qui se concrétisent au

niveau des risques encourus pour la santé publique [7]. L'exigence d'une réglementation très stricte des pouvoirs publics dans ce domaine est donc bel et bien justifiée.

Une usine moderne de production d'eau potable assure en fait deux principales fonctions : la satisfaction de la demande en eau et l'assurance d'un niveau de qualité élevé et uniforme [7]. Des systèmes de surveillance permanents doivent alors assurer le contrôle des divers procédés et installations de traitement, particulièrement les paramètres relatifs à la qualité de l'eau en sortie d'une station de production. Les méthodes traditionnelles dans la plupart des usines de production d'eau potable, sont basées sur la connaissance de différents paramètres de l'eau brute par des analyses chimiques effectuées en laboratoire, pour décider après sur son état et chercher les méthodes adéquates pour la rendre potable. L'inconvénient de cette technique est qu'elle nécessite l'intervention d'un opérateur et un temps assez long [8]. Pour cette approche, en plus du désavantage d'avoir un temps de retard relativement long, elle ne permet pas de suivre finement l'évolution de la qualité d'eau brute. L'intérêt donc, est de disposer d'un contrôle efficace des différents procédés pour une meilleure efficacité de traitement. L'automatisation de tels procédés devient alors impérative pour atteindre deux objectifs principaux : la maîtrise de la qualité de l'eau et la diminution des contraintes de coût de fonctionnement.

Durant ces dernières années, d'importants efforts ont été déployés dans le développement de méthodes de contrôle et de surveillance automatique de ces procédés. Ces méthodes peuvent être classées selon deux grandes catégories : celles qui se basent sur l'existence d'un modèle formel, et celles qui se basent sur l'analyse des variables ainsi que sur les connaissances à priori d'un expert humain [9]. L'inconvénient de la première catégorie est l'existence d'incertitudes du modèle physique qui ne peut prendre en considération tous les paramètres nécessaires de surveillance. La seconde, plutôt divisée en deux classes, correspond aux outils de traitement du signal qui sont généralement qualifiés d'outils de traitement de bas niveau, et celle dite de haut niveau, dont les outils sont plutôt orientés vers la communication avec un opérateur expert [10]. Celle-ci représente les techniques de l'intelligence artificielle (IA) qui servent comme outil de base pour l'aide à la décision. Leur réponse est plus élaborée et peut être obtenue soit à partir de données brutes venant directement des variables de surveillance, ou à partir de données traitées venant des sorties de traitements de bas niveau. Il est judicieux de supposer que le problème de contrôle et de surveillance de la qualité de l'eau peut être vu comme un problème de reconnaissance de formes, où les entrées représentent l'ensemble des observations ou mesures liées aux caractéristiques de l'eau, et les sorties correspondent aux différents états de l'eau.

Le développement d'un système de surveillance de type « *machine - environnement* » demeure donc un problème complexe. Le modèle mathématique d'un tel système est quasiment impossible à construire à cause de ses caractéristiques dynamiques et stochastiques. Comme c'est souligné auparavant, le problème peut être vu comme un problème de reconnaissance de formes (classification) à partir des différentes formes représentant l'ensemble des observations ou mesures des paramètres liés aux caractéristiques physico-chimiques de l'eau. Au niveau du système de surveillance imaginé pour cette situation, les différents paramètres physico-chimiques utilisés dans l'analyse de l'eau, tels que le pH, la température (T°), la conductivité (C), la turbidité (T), l'oxygène dissous (OD), etc. peuvent être transformés en signaux électriques et transmis vers une station de contrôle qui assure l'acquisition et le traitement des données reçues. La technique devant être utilisée avant la décision prise au niveau du système, doit pouvoir effectuer la classification et la séparation des données en plusieurs classes spécifiant la qualité de l'eau.

Le travail présenté dans le cadre de ce mémoire a pour objectif l'étude et la mise en œuvre de modèle d'apprentissage statistique SVM appliqués dans le domaine de reconnaissance de formes et en classification. L'utilisation de la méthode PSO se révèle efficace pour les problèmes d'optimisation non linéaires et semble très performant en termes de la précision des solutions trouvées. Pour notre système, nous avons opté pour l'algorithme PSO de l'optimum global car il semble bien adapté au problème posé en termes de temps de calcul. Une étude en simulation est effectuée pour valider, et évaluer les performances de ces modèles SVM et hybride PSO-SVM dans le contrôle et de surveillance de la qualité des eaux potables.

Le travail réalisé est axé autour de quatre chapitres qui sont présentés comme suit :

Le premier chapitre est une description générale non exhaustive du vaste domaine de contrôle et de traitement des eaux brutes. Des généralités sont présentées à propos de cette ressource naturelle, l'eau, ainsi que les outils et moyens mis en œuvre pour son traitement. La chaîne de production et de traitement d'eau potable la plus courante, est de ce fait décrite. Les différentes méthodes de surveillance de l'eau sont présentées.

Dans le deuxième chapitre, nous détaillons les fondements théoriques de la méthode d'apprentissage statistique déjà évoquées. Après une brève introduction, La formulation générale de la méthode SVM appliquée à la classification, est décrite.

Le chapitre trois, présente une introduction sur l'optimisation par essaim particulière (PSO). Il est consacré à la présentation des différents types de l'algorithme d'optimisation par

essaim particulière, et l'efficacité du cet algorithme dans la résolution des problèmes non linéaires, notamment pour une éventuelle hybridation.

Le quatrième et dernier chapitre est consacré à la simulation et vise l'application de technique étudiée précédemment comme étant une solution dans la surveillance de la qualité de l'eau par reconnaissance de formes. L'objectif est de valider et d'évaluer les performances de la méthode présentée (SVM et PSO-SVM). On évaluera pour les méthodes exposées les paramètres liés au taux de reconnaissance, au temps d'apprentissage et à l'erreur d'entraînement. Une discussion des résultats conclura cette étude de simulation.

Une conclusion générale en fin de ce mémoire est prévue, elle retrace les différentes étapes réalisées et souligne les perspectives futures envisagées.