

N° d'ordre 3227

THESE

En vue de l'obtention du : **DOCTORAT**

Structure de Recherche : **Laboratoire de Conception et Systèmes (LCS)**
Discipline : **Sciences et Technologies**
Spécialité : **science de l'ingénieur**

Présentée et soutenue le 09/07/2019 par :

Abdelaziz AMMADI

**Modélisation de la dégradation de la teneur en chlore &
Optimisation des emplacements des stations Intermédiaire
dans un réseau de distribution d'eau potable.**

JURY

Abdelhakim EL IMRANI
Mourad ELBELKACEMI
Souad ELHAJJAJI
Abdessalam LACHHAB
Nourdine ZAHID
Moncef BERBICH

PES, Faculté des sciences, Université Mohammed V Président
PES, Faculté des sciences, Université Mohammed V Directeur de Thèse
PES, Faculté des sciences, Université Mohammed V Rapporteur
PES, Ecole supérieure de technologie, Université Moulay Ismail Rapporteur
PES, Faculté des sciences, Université Mohammed V Examineur
Docteur Ingénieur, Veolia, Rabat Invité

Dédicaces

Il est naturel que ma pensée la plus forte aille vers ma mère, à qui je dois la vie et une part essentielle de ma personnalité. Qu'elle sache que l'amour qu'elle me donne continue à m'animer et me permet d'envisager l'avenir comme un défi.

Ce travail est dédié à mon père Lhaj Mohammed, décédé trop tôt, qui m'a toujours poussé et motivé dans mes études. J'espère que, du monde qui est sien maintenant, il apprécie cet humble geste comme preuve de reconnaissance de la part d'un fils qui a toujours prié pour le salut de son âme. Puisse Dieu, le tout puissant, l'avoir en sa sainte miséricorde !

Je tiens à présenter mes reconnaissances et mes remerciements à ma femme Qui n'a jamais cessé de me soutenir pour que je puisse finir mes études et avoir une bonne formation et surtout être le meilleur et à qui je voudrais exprimer mes affections et mes gratitudes.

Je voudrais remercier mes enfants, Hind et Rania qui sont ma source d'inspiration et mon plus grand soutien

Je ne saurais oublier de remercier toutes les personnes qui me sont chères, en particulier mes frères et sœurs.



Remerciements

Les travaux présentés dans ce mémoire ont été effectués au Laboratoire de Conception et Systèmes (LCS) de la Faculté des Sciences de Rabat, Je le remercie vivement de m'avoir accueilli.

Je remercie grandement mon directeur de thèse le Professeur **Mourad El BELKACEMI**, pour tout son aide. Je suis ravi d'avoir travaillé en sa compagnie car outre son appui scientifique, il a toujours été là pour me soutenir et me conseiller au cours de l'élaboration de cette thèse.

Je remercie le professeur Abdelhakim **IMRANI AMEUR**, d'avoir accepté de présider ma soutenance.

Je tiens également à remercier Madame **Souad ELHAJJAJI** d'avoir examiné ce travail pour tous les bons conseils.

Mes remerciements s'adressent également à Monsieur **Abdessalam LACHHAB** d'avoir examiné ce travail.

Je remercie ensuite Monsieur **Nourdine ZAHID** mon professeur au cycle de master ITI et d'avoir examiné ma thèse et surtout la partie algorithmique.

Enfin je remercie Monsieur **Moncef BERBICH** d'avoir accepté mon invitation à participer à ce jury

A l'issue de la rédaction de cette recherche, je suis convaincue que la thèse est loin d'être un travail solitaire. En effet, je n'aurais jamais pu réaliser ce travail doctoral sans le soutien d'un grand nombre de personnes dont la générosité, la bonne humeur et l'intérêt manifestés à l'égard de ma recherche m'ont permis de progresser dans cette phase délicate et douloureuse.

Je remercie le Groupe-Redal, plus particulièrement messieurs **HEDKA** et Madame **MAAROUFI** Leurs judicieux conseils et leur expertise ont fait en sorte de bonifier cette recherche.

Je tiens aussi à remercier les techniciens du terrain à la compagnie de mesure malgré la chaleur du jour et le mois du ramadan.

J'en oublie certainement encore et je m'en excuse. Encore un grand merci à tous pour m'avoir conduit à ce jour mémorable.

Résumé

Dans un réseau urbain de distribution d'eau potable, Le chlore est utilisé comme moyen d'aseptisation. Son absence entraîne des risques de contamination microbienne qui peuvent dégrader la qualité d'eau. Selon les normes de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), la teneur en chlore libre dans l'eau ne doit pas être inférieure à 0.25 mg/l.

Dans ce travail on prévoit la publication d'une technique optimale pour mettre fin au problème de manque du chlore dans les extrémités du réseau de distribution d'eau potable et assurer des concentrations suffisantes par l'injection de chlore grâce à des stations de chloration intermédiaires afin de conserver la qualité d'eau potable jusqu'au consommateur.

Cette technique vise deux objectifs principaux à savoir :

- la première permet de détecter les zones cible (chlore < la norme), ces zones seront classées par ordre d'importance (nombre de nœuds en amont, nombre de nœuds en aval, débit...)

- Réduire le nombre de ces nœuds déficitaires au maximum par l'injection du chlore

Afin de répondre à ces deux critères, nous avons développé un outil d'optimisation capable de proposer des solutions judicieuses pour minimiser à la fois le nombre de nœuds déficitaires et le nombre de stations à implanter.

Mots-clefs : Classification, désinfection, Chlore, Réseau, Théorie des graphes, Optimisation.

Abstract

In an urban drinking water distribution network, chlorine is used as a means of sanitizing. Its absence entails risks of microbial contamination that can degrade water quality. According to the standards of the World Health Organization (WHO), the free chlorine content in water must not be less than 0.25 mg / l.

In this work, the publication of an optimal technique is planned to put an end to the problem of lack of chlorine in the ends of the drinking water distribution network and to ensure sufficient concentrations by the injection of chlorine through intermediate chlorination stations. to maintain the quality of drinking water up to the consumer.

This technique has two main objectives:

- the first one allows to detect the target zones (chlorine < norm), these zones will be classified in order of importance (number of nodes in lower, number of nodes in downstream, flow ...)

- Reduce the number of these deficit nodes to the maximum by injecting chlorine

In order to meet these two criteria, we have developed an optimization tool capable of proposing judicious solutions for minimizing both the number of deficient nodes and the number of stations to be implanted.

Key Words : Classification, Disinfection, Chlorine, Network, Graph Theory, Optimization.

Sommaire

INTRODUCTION GENERALE	10
PREMIERE PARTIE	13
1. INTRODUCTION.....	14
2. MATERIAUX ET METHODES	16
2.1 Modélisation de la dégradation de la teneur en chlore dans le réseau.....	16
2.1.1 Définition.....	16
2.1.2 Paramètres influençant la dose du chlore	16
2.1.2 Comparaison à d'autres travaux.....	18
2.1.1. Temps de séjour.....	22
2.1.2. Identification du coefficient de dégradation.....	25
2.2 Classification des conduites	30
2.2 .1 introduction	30
2.2.2 Classification non supervisée	31
2.2.2.1 Présentation de l'algorithme :	32
2.2.3. Classification supervisée	35
2.2.4. Simulation de la distribution de chlore dans le réseau	36
2.3 Distribution du chlore dans le réseau	38
2.3 .1 Procédure de calcul du taux de chlore d'un nœud.....	38
2.3.2 Module de simulation	40
2.4 Résultats de simulation	43
2.4. 1. Présentation du réseau de la wilaya.....	43
3 RESULTATS ET DISCUSSION	46
3.1. Etage 86-réduit	47
3.2. Etage Témara Bas	48
3-3 Impact de la consigne sur la chloration du réseau.....	50
4. CONCLUSION	54
DEUXIEME PARTIE	55
1. INTRODUCTION.....	56
1.1 Introduction au problème	56
1.2 Objectifs de l'optimisation	56
1.2.1 Définition.....	56
1.3 Problématique	57

CENTRE D'ETUDES DOCTORALES - SCIENCES ET TECHNOLOGIES

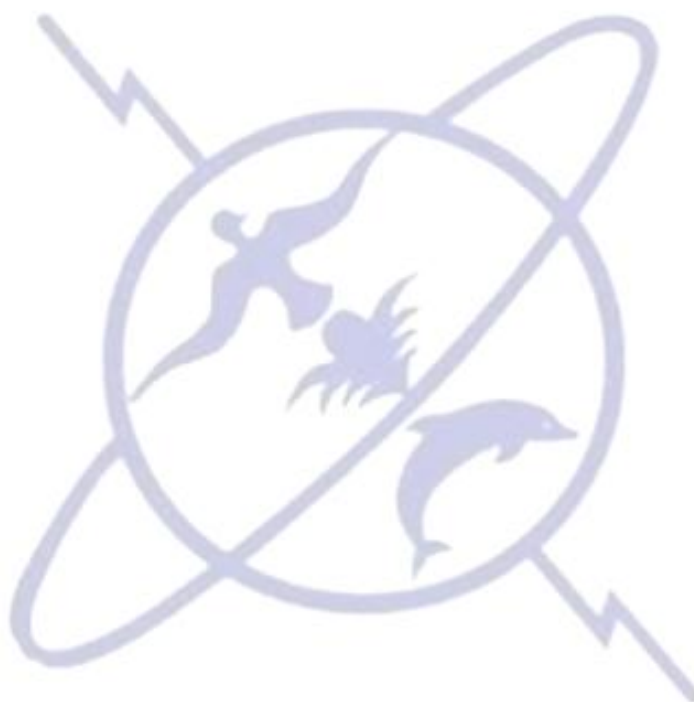
2. MATERIELS ET METHODES	58
2.1 Méthodes de l'optimisation	58
2.1.1 Programmation dynamique	59
2.1.2 Théorie des graphes.....	62
3. RESULTATS ET DISCUSSIONS.....	69
3-1 Influence des paramètres d'entrée sur les résultats d'optimisation.....	70
3- 2 Critique de l'existant	77
3.2.1- Etage de pression 61.....	77
3.2.2 Etage de pression 86-réduit	78
4- PRESENTATION DE L'OUTIL D'AIDE A LA DECISION.....	80
4-1 Architecture générale	81
4.1.1 Module de Simulation	82
4.1.2 Module d'Optimisation	84
4.1.3 Gestion du réseau	86
5- CONCLUSION.....	92
ANNEXE	100
ANNEXE : LES FONCTIONS DEVELOPPEES.....	101
1^{ERE} PARTIE : CALCUL DU TAUX DU CHLORE	101
LES BIBLIOTHEQUES	101
1 IMPORTER LA BASE DE DONNEE.....	101
2 DEFINIR LE NOMBRE DE CLASSE.....	102
3 CALCUL DES CENTRES DES CLASSES.....	102
4 CALCUL DISTANCE/ AUX CENTRES.....	109
1 DEFINIR LE TAUX DU CHLORE MIN ET MAX.	145
2 SIMULATION	147
3 TROUVER LES NŒUDS DEFICITAIRES.....	150
1 PAR NŒUD.....	151
2 -1ERE ITERATION SUR TOUT LES NŒUDS DEFICITAIRES.....	153
3-2EME ITERATION SUR TOUT LES NŒUDS DEFICITAIRES.....	157
ANNEXE 2 : LOI N° 10-95 SUR L'EAU	161
LES LOIS ET REGLEMENTS REGISSANT LA QUALITE DE L'EAU DESTINEE A L'ALIMENTATION HUMAINE	161
LA LEGISLATION ACTUELLE DES EAUX AU MAROC	162
LES APPORTS DE LA LOI SUR L'EAU.....	163
CHAPITRE PREMIER : DOMAINE PUBLIC HYDRAULIQUE.....	166

CENTRE D'ETUDES DOCTORALES - SCIENCES ET TECHNOLOGIES

CHAPITRE II : DROITS ACQUIS SUR LE DOMAINE PUBLIC HYDRAULIQUE	168
CHAPITRE III : CONSERVATION ET PROTECTION DU DOMAINE PUBLIC HYDRAULIQUE	170
CHAPITRE IV : PLANIFICATION DE L'AMENAGEMENT DES BASSINS HYDRAULIQUES ET DE L'UTILISATION DES RESSOURCES EN EAU	171
SECTION I : LE CONSEIL SUPERIEUR DE L'EAU ET DU CLIMAT	171
SECTION II: LE PLAN NATIONAL DE L'EAU ET LE PLAN DIRECTEUR D'AMENAGEMENT INTEGRE DES RESSOURCES EN EAU	173
CHAPITRE V : CONDITIONS GENERALES	179
D'UTILISATION DE L'EAU.....	179
SECTION I : DROITS ET OBLIGATIONS DES PROPRIETAIRES.....	179
SECTION II : AUTORISATIONS ET CONCESSIONS RELATIVES AU DOMAINE PUBLIC HYDRAULIQUE	181
SECTION III : PERIMETRES DE SAUVEGARDE ET PERIMETRES D'INTERDICTION	187
CHAPITRE VI : DE LA LUTTE CONTRE LA POLLUTION DES EAUX	187
CHAPITRE VII : EAUX A USAGE ALIMENTAIRE	190
CHAPITRE VIII : DISPOSITIONS RELATIVES A L'EXPLOITATION ET A LA VENTE DES EAUX NATURELLES D'INTERET MEDICAL, EAUX DITES "DE SOURCE" ET EAUX DITES "DE TABLE"	193
CHAPITRE IX : DISPOSITIONS RELATIVES A L'AMENAGEMENT ET A L'UTILISATION DES EAUX A USAGE AGRICOLE.....	196
CHAPITRE X : DISPOSITIONS RELATIVES A L'USAGE DE L'EAU EN CAS DE PENURIE	198
CHAPITRE XI : DISPOSITIONS TRANSITOIRES ET DIVERSES	199
SECTION I - RECHERCHES D'EAU. INVENTAIRE DES RESSOURCES HYDRAULIQUES	199
SECTION II - LUTTE CONTRE LES INONDATIONS	200
SECTION III - DISPOSITIONS TRANSITOIRES	201
CHAPITRE XII : LES COLLECTIVITES LOCALES ET L'EAU	201
CHAPITRE XIII : POLICE DES EAUX - INFRACTIONS ET SANCTIONS	203
SECTION I - CONSTATATION DES INFRACTIONS.....	203
SECTION II - LES SANCTIONS	204
ANNEXE 3 : LES PLANS DU SITES	209
PLAN ETAGE REDUIT 86	210
CHATEAUX BERRADA.....	211
ANNEXE 3 : LOI N° 10-95 SUR L'EAU.....	212
LE MINISTRE DE L'EQUIPEMENT,	212
Article 11	215
ANNEXE 4 :	216
TABLE DES CONDUITES.....	216

CENTRE D'ETUDES DOCTORALES - SCIENCES ET TECHNOLOGIES

TABLE DES NŒUDS	224
ANNEXE 5 :ARTICLES PUBLIES DANS SCOPUS.	229



Note au lecteur

Le présent projet de recherche comporte deux parties qui sont présentées sous formes d'article scientifique. Certains aspects du premier article sont répétés dans le second article puisque ce dernier a été réalisé à partir des résultats obtenus dans la première partie.



Introduction générale

Les activités de suivi de la qualité des eaux produites et/ou distribuées se font selon les lois et règlements régissant la qualité de l'eau destinée à l'alimentation humaine :

- La loi marocaine 10/95 sur l'eau.
- L'arrêté N° 1277-01 (2002) portant fixation des normes de qualité des eaux utilisées pour la production d'eau potable.
- La norme marocaine n° 03.7.001 relative à la qualité des eaux d'alimentation humaine,
- La norme marocaine n° 03.7.002 relative au contrôle et à la surveillance des réseaux d'approvisionnement publics en eau.

Les règlements régissant la qualité de l'eau potable (utilisées par l'ONEP), s'inspirent en grande partie :

- La Directive Européenne relative à la qualité des eaux destinées à la boisson.
- Des Directives de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) pour la qualité de l'eau de boisson.

L'OMS a mis en place des normes internationales relatives à la qualité de l'eau sous la forme de directives qui servent de base à l'élaboration de réglementations et de normes dans les pays développés et en développement du monde entier.

En effet, l'office national de l'eau potable(ONEP) assure à tous les stades de la production, du transport et de la distribution, la surveillance de la qualité des eaux, sur les plans physico-chimique, bactériologique et biologique. Cette surveillance, destinée à protéger l'eau jusqu'au château (début du réseau urbain), comporte :

- La caractérisation de la qualité des eaux des ressources dégagées en vue de définir, le traitement de potabilisation adéquat,
- Les enquêtes sanitaires autour des ressources dégagées ainsi que celles en exploitation,
- Le contrôle de l'efficacité du traitement des eaux avant leur distribution,

CENTRE D'ETUDES DOCTORALES - SCIENCES ET TECHNOLOGIES

- La vérification de la potabilité des eaux jusqu'aux points de livraison aux consommateurs et de l'absence de contamination secondaire dans le réseau,
- La protection des ressources en eau contre la pollution.

Le réseau de distribution de l'eau potable urbain est souvent décrit comme un véritable réacteur, où l'eau et son contenant (conduite, ...) sont le siège d'interactions physicochimiques et biologiques.

L'eau du robinet peut avoir une qualité très éloignée de celle issue de l'usine de production. Les conditions qui contrôlent l'évolution de la qualité de l'eau dans le réseau sont complexes et ont fait l'objet ces dernières années d'une recherche approfondie.

Le chlore est utilisé comme moyen d'aseptisation. Son absence entraîne des risques de contamination microbienne qui peuvent dégrader la qualité d'eau.

Selon les normes de l'OMS, la teneur en chlore libre dans l'eau ne doit pas être inférieure à 0.25 mg/l. [lenntech.fr].

Le chlore réagit avec de nombreux composés et subit ainsi, des dégradations tout au long de son transit dans les conduites du réseau. Cette dégradation est le résultat de plusieurs facteurs physiques (âge de la conduite, matière, débit, vitesse,...) et bactériologiques (germes, coliforme, biofilm...)

Pour mettre fin au problème de manque du chlore dans les extrémités du réseau de distribution d'eau potable urbain et assurer des concentrations suffisantes, nous avons opté une technique optimale qui permet d'assurer un taux du chlore raisonnable par l'injections de chlore grâce à des stations de chloration intermédiaires afin de conserver la qualité d'eau potable jusqu'au consommateur.

Cette technique vise deux objectifs principaux à savoir :

- Réduire au minimum le nombre de nœuds déficitaires en chlore ainsi que le nombre de stations à implanter. Cette méthode est subdivisée en deux parties :

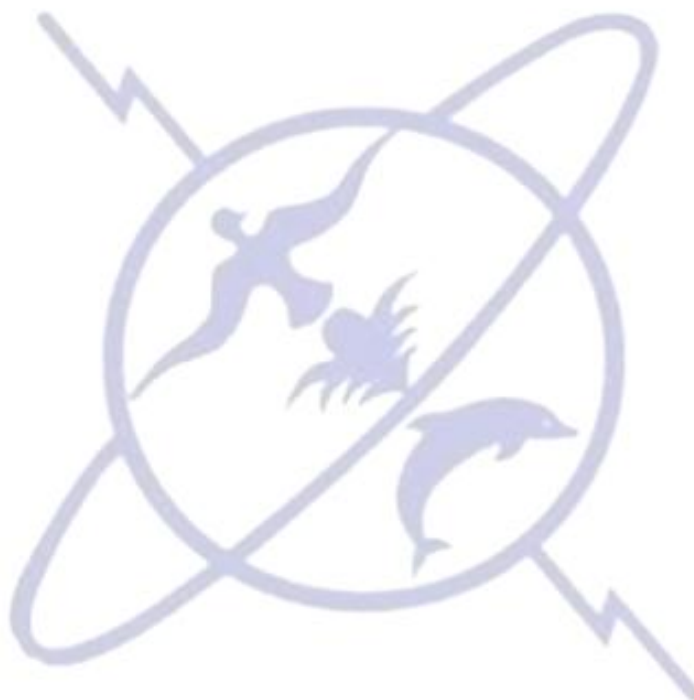
- ✓ la première permet de détecter les zones cible (chlore < la norme), ces zones seront classées par ordre d'importance (nombre de nœuds en amont, nombre de nœuds en aval, débit...)
- ✓ Réduire le nombre de ces nœuds déficitaires au maximum par l'injection

- Une bonne connaissance du taux du chlore dans les réseaux est indispensable pour les services d'exploitation (en usine de production ou sur le réseau) afin d'anticiper et d'éviter des problèmes potentiels.

La détermination de la concentration du chlore en chaque conduite nécessite l'établissement d'un modèle mathématique décrivant sa dégradation tout le long du réseau, c'est dans ce sens, que s'inscrit l'objet de la première partie de ce travail.

Ces deux techniques sont destinées aux élus locaux et à leurs services techniques. Il propose des réponses pratiques, techniques, réglementaires et économiques à des questions liées à l'exploitation des réseaux

Mots clés : Classification, désinfection, Chlore, Réseau, Théorie des graphes, Optimisation.



PREMIERE PARTIE

MODELISATION DE LA

DEGRADATION DE LA TENEUR



1. Introduction

Les régies de distribution d'eau doivent se conformer aux normes internationales de qualité, adoptées par l'(O.M.S), qui fixent les valeurs critiques de tolérance en composés chimiques et bactériologiques. Face à ces exigences de qualité, et avant sa grande distribution, l'eau subit un traitement particulier dont les principales opérations sont :

- L'aération pour chasser les goûts et les odeurs indésirables ;
- La décantation ou la filtration pour ôter les algues et les particules en suspension ;
- La stérilisation par chloration et/ou ozonisation afin d'éliminer, en principe, toute forme de vie microbienne.

L'ensemble de ces traitements se fait, en post distribution, dans les réservoirs de stockage. L'évaluation de la qualité de l'eau pendant sa distribution est déterminée grâce à des prélèvements effectués, dans la mesure du possible, au niveau de différents nœuds du réseau de distribution. Cette analyse, souvent hors ligne, concerne plusieurs paramètres comme la turbidité, la composition chimique, la teneur en chlore, la population bactérienne, etc.

Les causes de la dégradation du taux du chlore le long du réseau sont nombreuses, elles sont liées, d'abord :

- à la qualité physico-chimique (ph, température, oxygène, turbidité,...).
- microbiologique (cellules microbiennes mortes ou vivantes, biomasse d'éléments nutritifs, Les particules qui pénètrent dans le réseau « niches écologiques ».
- le contenu azoté et phosphore.
- Le contenu minéral avec la présence de fer et de manganèse dans l'eau produite dans les stations de traitement).
- à la nature des matériaux mis en contact avec l'eau au cours de son transport, c'est à dire aux propriétés des canalisations (matière, âge, diamètre, vitesse d'écoulement, etc.).

Cependant, il s'avère que la croissance bactérienne sur les parois des réseaux de distribution est l'une des causes principales de contamination microbienne de l'eau , qui sont à l'origine de maladies comme la fièvre typhoïde, le choléra ou la dysenterie bacillaire [Crittenden et

al., 2005]. En effet, la population de bactéries actives constitue en réseau 3,6% contre 0,3% à la sortie des usines de traitement soit 12 fois plus importante [Montel et al. 98].

Tout entreprise travaillant dans un réseau de distribution d'eau potable nécessite une parfaite connaissance de la distribution de la teneur en chlore en chaque point du réseau, pour ce faire il doit mobiliser chaque heure un nombre important de techniciens et de matériaux pour procéder aux prélèvements, ainsi parfois en se trouve incapable accéder à une conduite vu la complexité du réseau.

Pour pallier à l'absence de moyen physique capable de délivrer cette information en temps réel, nous présentons dans ce chapitre l'élaboration d'un capteur logiciel basé sur un modèle mathématique de dégradation de chlore dans les canalisations. Ce capteur permet de calculer le taux du chlore en chaque point du réseau d'une manière optimale, sans faire appel aux techniciens et logistiques. Pour cela :

- Nous allons programmer tout d'abord les algorithmes de la classification « k means » [MacQueen.1967] pour classer tous les conduites du réseau dans des classes à base de ressemblance.

- Par la suite on va installer « k » capteurs sur l'entrée et « k » capteurs sur la sortie des « k » conduites de chaque « k » classes, ces conduites sont accessibles au prélèvement pour le calcul du taux du chlore résiduel restant, La différence du taux du chlore entre début et sortie de la conduite est la valeur cible qui représente toute la population « K ».

2. Matériaux et méthodes

2.1 Modélisation de la dégradation de la teneur en chlore dans le réseau

2.1.1 Définition

Le chlore est un élément chimique (symbole **Cl**) appartenant au groupe des halogènes et dont la masse atomique est de 35,457 [Santé canada .2009], réagit avec de nombreux composés et subit ainsi, des dégradations tout au long de son transit dans les conduites du réseau.

Le chlore est un désinfectant économique, efficace et il permet la conservation d'une concentration de désinfectant résiduel dans le système de distribution [Doré, 1989]; [Sadiq et Rodriguez, 2004]. Bien que des normes sur la concentration résiduelle de chlore existent, la dose initiale requise pour assurer une concentration suffisante de chlore en extrémités de réseau dépend de plusieurs paramètres d'opération ainsi que de la qualité de l'eau.

2.1.2 Paramètres influençant la dose du chlore

Des études ont démontré que les paramètres d'opération ayant une influence significative sur la demande en chlore sont la dose de chlore initiale, la température de l'eau et le pH. En terme de qualité de l'eau, il a été établi que les constituants fulviques et humiques de la **matière organique (MO)** sont d'importants consommateurs de chlore. La concentration en MO étant difficile à mesurer dans l'eau potable, ses principaux indicateurs sont le **carbone organique total (COT)** et **dissous (COD)** ainsi que l'absorbance UV (à 254 nm).

Finalement, la présence d'ammoniac dans l'eau peut causer une formation de chlore combiné qui a pour effet de réduire la proportion de chlore résiduel libre [Connel, 1997] ; [Rodriguez et al., 2002]

La majorité des modèles publiés dans la littérature considère que la dégradation de chlore suit une cinétique de premier ordre obtenir [Andréanne Simard. 2008]. Le bilan des réactions chimiques du chlore avec l'ensemble des composés présents dans le réseau de distribution s'écrit [Wable et al 1991].



Où :-Cl₂ est la concentration du chlore libre dans l'eau ;

- P est le composé réagissant avec le chlore ;
- Cl et P-Cl sont les produits résultant de la réaction.

La vitesse de réaction de la consommation de chlore s'écrit :

$$V = \frac{d(Cl_2)}{dt} = K_{Cl_2 p}(P) \cdot t \quad (2)$$

Où $K_{Cl_2 p}$ représente la constante cinétique de réaction de chlore avec les produits réagissant. Cette vitesse dépend de la température, de la nature des produits et du type du chlore (HClO ou ClO⁻)

L'acide hypochloreux est un acide faible dont la dissociation se fait selon la réaction secondaire :

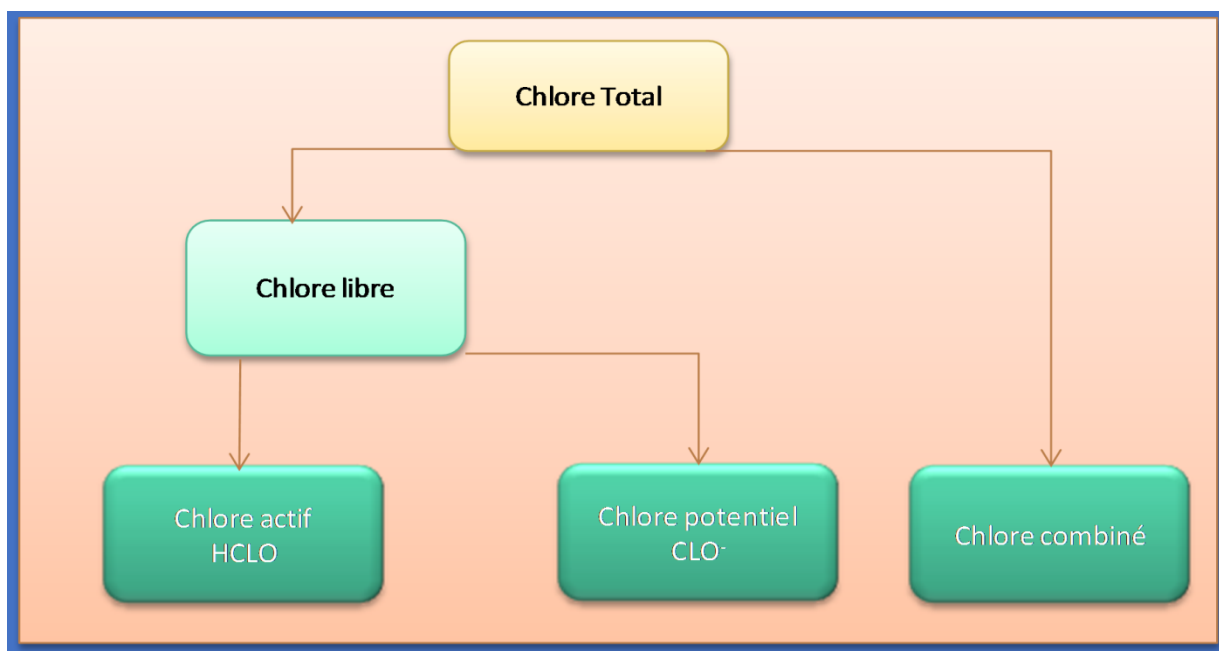
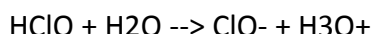


Figure (1) : *Decomposition du chlore dans l'eau.*

Le chlore actif représente la forme active, efficace vis à vis des bactéries, virus et algues. Il est composé des formes HClO (acide hypochloreux) et Cl₂ (chlore moléculaire dissous), cette dernière étant quantitativement négligeable pour des pH supérieurs à 3.

Le chlore potentiel est la forme ClO^- ou ion hypochlorite susceptible de redevenir actif en libérant du chlore actif (acide hypochloreux) en fonction du pH.

Le chlore libre est constitué par la somme chlore actif + chlore potentiel.

Le chlore combiné représente essentiellement les chloramines (NH_2Cl , NHCl_2 , NCl_3), mais aussi les organochlorés (association de chlore avec la matière organique).

Le chlore total est l'ensemble du chlore libre et du chlore combiné.

Le chlore agirait sur les bactéries par empoisonnement enzymatique de leurs centres vitaux selon un processus relativement lent du fait des délais nécessaires à sa diffusion dans le cytoplasme [RODIER J, 1984]. L'effet bactéricide est maximal lorsque le chlore est sous forme HClO . Néanmoins la gamme de travail se situe entre 5 et 9, les formes présentes sont l'acide hypochloreux (HClO) et l'ion hypochlorite. Une étude sur le pouvoir désinfectant de l'une et l'autre a été réalisée par [Clarke et al, 1964] et elle a montré que le HClO est 100 fois plus désinfectant que le ClO^- .

C'est essentiellement l'acide hypochloreux qui est le composé **le plus actif** dans les mécanismes de la désinfection (l'ion hypochlorite est peu oxydant et peu bactéricide), c'est pourquoi il est aussi appelé "chlore actif" ; il est majoritaire en milieu acide.

Ex : avec 0.01 mg/l de HClO , il est possible de détruire 99 % d'une population d'E. Coli au bout de 10 mn.

Pour une même population, il faut 1 mg/l d'ion ClO^- pour en détruire 99 %.

2.1.2 Comparaison à d'autres travaux

Il est difficile, pour les opérateurs, de tenir compte de tous ces paramètres lorsqu'ils doivent ajuster la dose requise de chlore à la sortie de **l'usine de traitement de l'eau potable (UTE)**. Dans cette perspective, les modèles de prédiction de la qualité de l'eau peuvent s'avérer très utiles. Ceux-ci peuvent être utilisés pour la conception et l'opération des réseaux de distribution mais, également, pour l'amélioration des stratégies hydrauliques, pour l'optimisation des processus de désinfection et pour l'évaluation des effets sur la qualité de l'eau d'éventuelles modifications au réseau de distribution.

Plusieurs modèles ont été proposés pour décrire la dégradation du chlore résiduel dans un système de distribution d'eau potable. [Biswaz et al. 1993] et Lu (1991) proposent un modèle basé sur l'évaluation théorique des processus impliqués dans le transport chimique et particulaire dans le système de distribution. [Rossman et al. 1994] ont développé un modèle de dégradation et de transport du chlore résiduel libre dans les conduites du système de distribution pour des conditions d'écoulement non permanent laminaire et turbulent.

D'un autre côté, [Tzatchkov et al. 2002] présentent une approche basée sur les équations d'Euler-Lagrange pour décrire l'advection et la dispersion du chlore résiduel dans le réseau de distribution. Enfin, [Rodriguez et al. 2002] utilisent un modèle basé sur les réseaux neuronaux (RN) pour prédire les concentrations en chlore résiduel dans l'eau traitée de six différentes municipalités. Les performances des modèles basés sur les équations d'Euler-Lagrange et sur les RN ont été comparées avec la performance d'un modèle classique de la dégradation du chlore par une fonction de premier ou de second ordre.

Dans les deux cas, les résultats ont révélé des capacités de représentation de la dégradation du chlore résiduel acceptables. Toutefois, il a été observé que la capacité de représentation du modèle impliquant une cinétique de premier ou de second ordre diminue lorsque le temps de séjour est élevé. En dépit de ces observations, étant donné leur simplicité, la dégradation du chlore résiduel est généralement modélisée par une cinétique de premier ou de second ordre :

Dégradation de premier ordre :

$$C_t = C_0 \exp(-k_1 t)$$

Dégradation du second ordre :

$$\frac{1}{C_0} - \frac{1}{C_t} = -k_2 t$$

Où

C_t est la concentration de chlore au temps t ,

C_0 est la concentration initiale de chlore au temps $t = 0$

k_1 est le coefficient de dégradation du premier ordre, et

k_2 est le coefficient de dégradation du second ordre.

L'intégration de l'équation (2), donne :

$$\ln(Cl_2) = \ln(Cl_2)_0 - k_{Cl_2P}(P)t \quad (3)$$

L'équation (3) peut être transformée pour obtenir [Andréanne Simard.2008] :

$$Cl_2 = (Cl_2)_0 e^{-k_{Cl_2P}(P)t} \quad (4)$$

Comme la concentration en composés réagissant avec le chlore est généralement inconnue, on introduit une constante cinétique apparente K du premier ordre [Munavalli et al. 2005], nommée constante de dégradation. Elle s'exprime par :

$$K = K_{Cl_2P}(P)$$

De ce fait on remplace $K_{Cl_2P}(P)$ par k , l'équation (4) devient :

$$Cl_2 = (Cl_2)_0 e^{-kt_s} \quad (5)$$

Deux paramètres essentiels, le facteur de dégradation K et le temps de séjour T_s , apparaissent dans cette expression. La relation (5) sera, donc, utilisée pour calculer la diminution du chlore dans l'ensemble des conduites du réseau de distribution par rapport à un état de fonctionnement bien déterminé.

Plusieurs modèles ont proposés cette méthode pour décrire la dégradation du chlore résiduel dans un système de distribution d'eau potable [Tzatchkov et al. 2002], [Rodriguez et al. 2002] et [Biswaz et al. 1993].

La majorité des modèles publiés dans la littérature considère que la dégradation de chlore suit une cinétique de premier ordre. Cependant, certains auteurs, dont [Jadas-Hécart et al. 1992], suggèrent que la dégradation du chlore suit une cinétique de second ordre après quatre heures dans un réseau de distribution. À l'opposé, [Dharmarajah et al. 1991]

considèrent que la cinétique de dégradation du chlore est de second ordre lorsque le temps de séjour est court (moins de cinq heures) et lorsque la concentration de chlore est élevée ; autrement, la dégradation suit une cinétique de premier ordre. D'autres auteurs, tels que **Powell et al. (2000)**, proposent l'utilisation de l'approche la plus simple, soit la dégradation de premier ordre, même si, sous certaines conditions, la cinétique de second ordre décrit mieux la réaction.

L'utilisation des modèles de prédiction des concentrations de chlore requiert l'évaluation des coefficients de dégradation du chlore (k_1 et k_2). Ces coefficients dépendent de deux types de réactions : celles ayant lieu avec la matière organique et inorganique contenue dans le volume d'eau et celles dues aux interactions avec le biofilm sur les parois des conduites ou avec le matériel des conduites lui-même (**Turgeon et al. 2004**). Le coefficient de dégradation totale du chlore (k_t) peut donc être estimé à l'aide du coefficient de réaction dans la masse d'eau ou «**bulk**» (k_b) et sur les parois ou «**wall**» (k_w).

Le k_b est généralement évalué expérimentalement à l'aide du test en bêcher. Ce test consiste à mesurer la concentration en chlore résiduel, à des intervalles de temps précis, dans une bouteille contenant l'eau d'échantillonnage. Il a été observé que la valeur de k_b varie entre 0,02 et 0,74 h⁻¹ (**AWWARF, 1996 ; Powell et al. 2000**).

Les coefficients k_t et k_w sont généralement plus difficile à mesurer sur le terrain. Ils sont donc souvent évalués par essai-erreur lors du calage avec les concentrations en chlore observées sur le terrain (**Munavalli et al. 2005**). Des analyses réalisées par (**Hallam et al. 2002**) ont montré que la valeur du k_w varie habituellement entre 0 et 1,56 h⁻¹. De plus, il a été observé que le k_w des conduites en fonte centrifugée et en fonte grise (utilisées principalement vers 1959-1960) est beaucoup plus important que le k_w des conduites en polychlorure de vinyle (CPV) et en fonte avec recouvrement intérieur en mortier de ciment et en polyéthylène (utilisées principalement après 1979). En effet, le k_w est compris entre 0,03 et 1,64 h⁻¹ pour les conduites en fonte centrifugée et en fonte grise alors qu'il oscille entre 0 et 0,26 h⁻¹ pour les autres conduites (**Hallam et al. 2002**). Lorsque le temps de séjour en différents points a été évalué, suite à une étude au traceur ou à l'aide de débitmètres, il

est possible d'estimer le k_t . Celui-ci est fonction de la différence en chlore résiduel entre deux points ainsi que du temps de séjour entre ces mêmes deux points.

Il est difficile de déterminer si ces paramètres doivent être assignés individuellement, globalement ou par zones, aux conduites modélisées étant donné leur variation spatiale et temporelle dans les systèmes de distribution (**Powell et al, 2000**). En effet, le k_b est influencé par la température et la concentration initiale en chlore, mais il varie également selon la matière organique contenue dans l'eau (**Powell et al, 2000**). Les facteurs ayant une influence sur le k_w sont la concentration initiale en chlore, les diamètres, les matériaux des conduites, la corrosion ainsi que le biofilm sur les parois des conduites. Outre la température et la concentration initiale, tous ces facteurs peuvent varier dans le temps, mais également dans l'espace.

2.1.1. Temps de séjour

L'étude de l'évolution de la qualité d'eau dans les réseaux de distribution d'eau potable est devenue un sujet de discussion et de recherche de plus en plus important, l'objectif étant de distribuer une eau de la meilleure qualité possible de l'usine jusqu'au robinet du consommateur. Le séjour de l'eau dans le réseau entraîne une modification de ses propriétés en fonction du temps, d'où l'utilité de la connaissance des temps de séjour locaux. Ceux-ci permettent de mieux comprendre l'interaction entre les paramètres physico-chimiques, chimiques et biologiques dans le réseau, et d'améliorer la qualité de l'eau distribuée.

L'importance du temps de séjour réside dans le fait qu'il est directement lié à la plupart des paramètres biologiques, chimiques et hydrauliques régissant l'évolution de la qualité de l'eau distribuée [**Le Chevalier et al.1988**];[**Servais et al., 1994**]. Le temps de séjour est un paramètre fiable, dans la mesure où il est évalué avec une précision suffisante. Il peut être mesuré à l'aide de techniques de traçage en réseau ou déterminé par des logiciels de balancement hydraulique.

2.1.1. Temps de jour par Traçage en réseau(Définition)

Par le traçage on modifie, en un point amont de l'écoulement, la concentration d'un élément du fluide et on observe la propagation de cette perturbation en différents points en aval. Le

temps de séjour est le temps requis pour la translation, de la source au point de mesure, de la variation de concentration [Marche. 1994].

2.1.1. 2 Calculs du temps de jour par Traçage en réseau

La plupart des modèles hydrauliques permettent de calculer le temps de séjour moyen d'une particule d'eau. Ces modèles considèrent un écoulement piston dans les conduites et un mélange parfait aux nœuds, ce qui est loin de représenter la réalité. Dans ces modèles, le débit d'entrée est un paramètre crucial tant au niveau de la prévision des écoulements que de la précision des temps de séjour. La consommation d'eau, qui influence le débit pompé dans le réseau, est estimée selon l'activité des quartiers, la saison et l'heure de la journée. L'introduction de cette estimation dans la modélisation numérique ne fournit pas les débits en temps réels, qui peuvent parfois être très différents de l'estimation.

Le temps de transit de l'eau, du réservoir de stockage au consommateur, dépend de la demande des abonnés et par conséquent du régime de fonctionnement du réseau de distribution. En effet, les faibles vitesses d'écoulement et les longs temps de séjours de l'eau favorisent une consommation rapide du chlore et une croissance microbienne [LeChevallier.1990] En plus, nous distinguons trois tranches de consommation :

- Phase **Creuse** : caractérisée par une faible demande, et elle est située généralement la nuit ;
- Phase **de Pointe** : où la demande est très importante en milieu de journée ;
- phase **Intermédiaire** : relie les deux régimes précédents et se caractérise par une consommation moyenne.

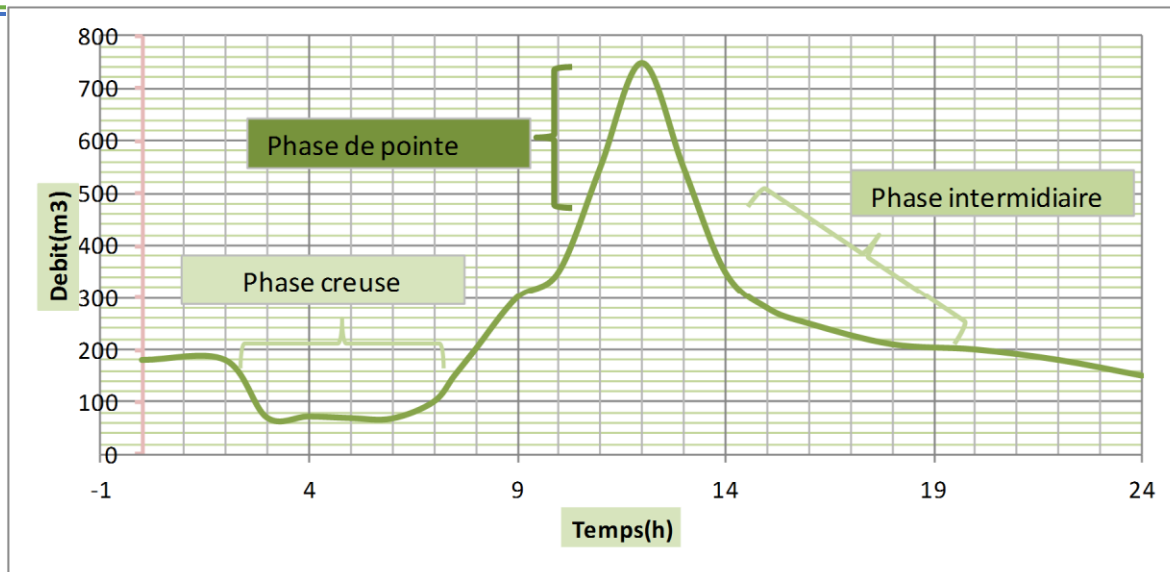


Figure (1). Allure moyenne de la consommation d'un étage du réseau.

Ces différentes phases peuvent subir un décalage dans le temps en fonction des saisons, des fins de semaines, des jours de fêtes (fête du sacrifice) ou encore pendant la période particulière du mois du Ramadan. En définitive, l'évaluation des temps de séjour d'eau dans les canalisations est tributaire de la demande en chaque nœud du réseau. Le calcul de l'ensemble des débits et vitesses d'écoulements dans le réseau, pour un régime donné, est effectué par des outils spécialisés tels (Picolo, Loop...). Cette information est nécessaire pour la détermination des temps de séjours relatifs aux différentes conduites du réseau.

L'évolution de la qualité microbiologique au sein du réseau d'eau potable a intéressé plus d'un auteur, tel que [Lechevalier.1990] ; [Lechevalier et al.1988], parmi ces auteurs plusieurs ont tentés de relier cette dégradation à la turbidité ou à la température mais sans succès. D'autres études cherchent à trouver le lien entre cette dégradation et le temps de séjour [kerneis et al .1995].

Le rôle du temps de séjour dans le réseau comme un facteur important expliquant la différence entre l'eau produite à l'entrée du réseau et l'eau consommée en bout de réseau. [Kennedey et al .1991]. Pour calculer le temps de séjour de l'eau au sein d'une conduite il faut déterminer l'âge que met l'eau entre le début et la sortie de cette conduite.

$$\int_0^{t_1} E(t)dt \quad (6)$$

$E(t)$ Représente distribution du temps de séjours dans la conduite égale à 1

$E(t)d(t)$ Représente la fraction du débit de sortie de la conduite

$$\int_0^{+\infty} E(t)dt = 1$$



Figure (2). La distribution des temps de séjour ($E(t)dt$ est la fraction du débit de sortie).

2.1.2. Identification du coefficient de dégradation

L'identification de ce paramètre revient, tout d'abord à déterminer les concentrations en amont et en aval de la conduite, et ensuite à relever la pente de la droite représentée par l'équation (7).

$$\ln(Cl_2) = \ln(Cl_2)_0 - Kt_s \quad (7)$$

2.1.2.1. Procédure expérimentale

Sur une conduite AB figure (3), accessible au prélèvement (ventouses, bouches d'incendie, ou robinet de prises de charges), de longueur L et de vitesse d'écoulement V, la prise d'échantillon au point A (nœud de départ) au temps $t = t_0$ fournit la teneur en chlore initiale $[Cl_2]_0$.

Après un temps :

$$t_s = L/V$$

Un autre prélèvement s'effectue au point B (nœud d'arrivée) pour déterminer la concentration résiduelle [Cl₂] en chlore après son transit dans la conduite.

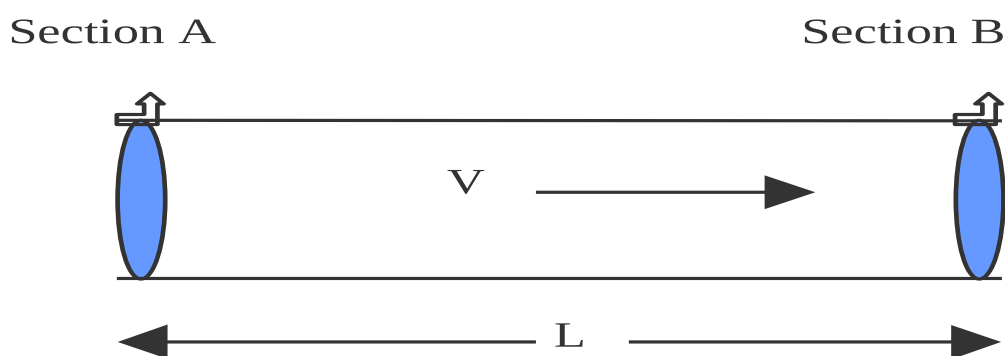


Figure (3). Prélèvement sur une conduite

2.1.2.2 Choix des quartiers et des sites à l'étude

De manière à obtenir des résultats intéressants sur l'ensemble du réseau, une attention particulière a été portée sur le choix des quartiers et des sites. En effet, dans cette étude il s'agit d'étudier l'influence que peut avoir le temps de séjour sur les concentrations en chlore résiduel libre mais aussi certaines caractéristiques du réseau de distribution sur les concentrations en chlore résiduel libre qui peut dépendre de l'âge et/ou de la localisation des conduites. Il est donc d'intérêt de choisir des quartiers ayant des temps de séjour et des âges de conduites assez différents dans le but d'observer des vitesses de dégradation différentes. Le choix s'est alors porté sur les quartiers sur Rabat, et témara.

Une campagne de mesure pour la détermination du coefficient de dégradation a été menée sur plusieurs étages du réseau de distribution de la REDAL. Tout au long des conduites sélectionnées à cet effet, nous avons pu suivre l'évolution du taux de chlore libre en fonction du temps de séjour dans ces canalisations. On reporte sur le tableau **(1)** les résultats de cette campagne de mesure relative aux conduites de l'étage 61 du réseau de distribution de Rabat.

Code	Site1 65 et 67	Site2 41	Site3 58	Site4 73	Site5 38	Site 40
------	-------------------	-------------	-------------	-------------	-------------	------------

Conduite	22-21	10-10A	21-15	22D-23	13-8	9-11
Diamètre (mm)	500	500	500	400	300	200

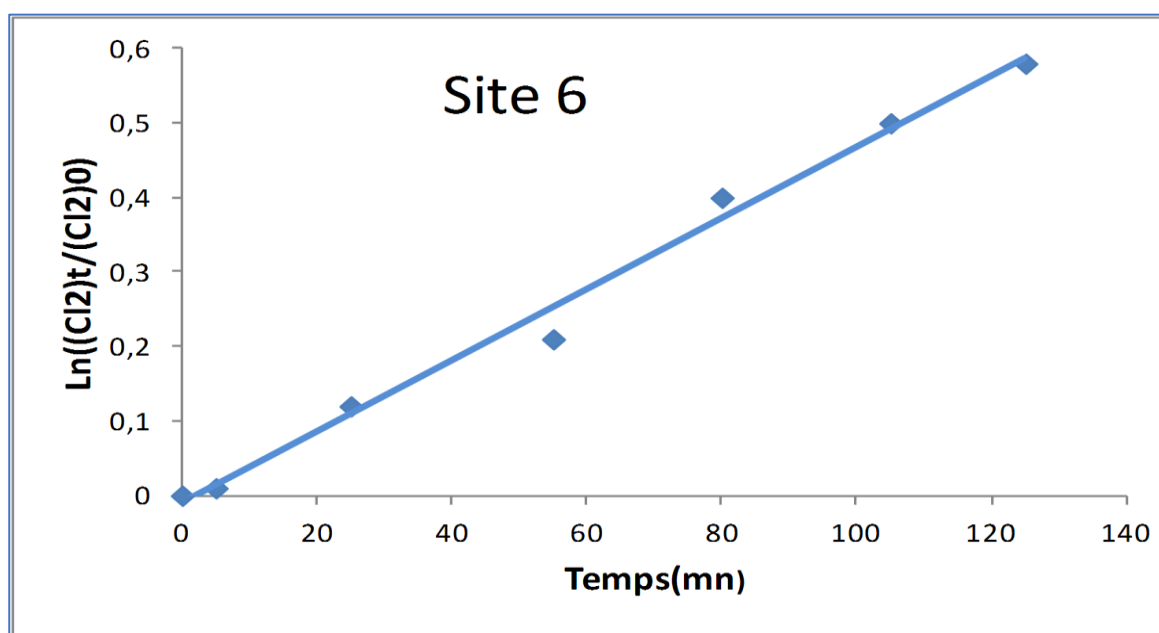
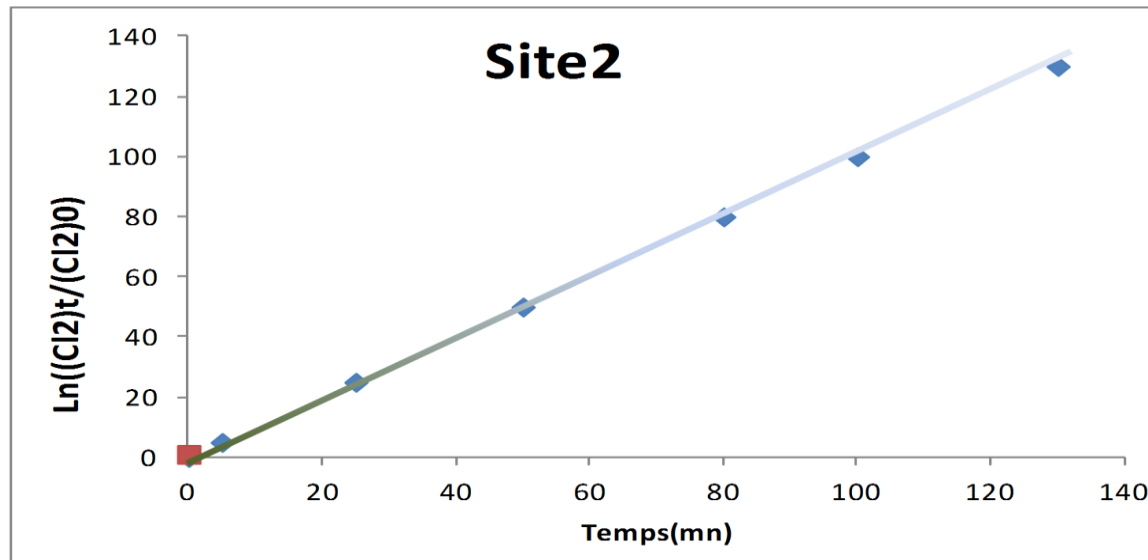


Figure (4) : Identification des coefficients de dégradation de l'étage 61.

2.1.2.3. Facteurs influents sur le coefficient de dégradation

La valeur du coefficient K dépend intimement de plusieurs paramètres liés aux propriétés intrinsèques de la conduite et de l'état global de fonctionnement du réseau. Le réseau de distribution est constitué d'un ensemble de conduites hétérogènes. Chacune d'elles est caractérisée d'une part par des paramètres statiques tels que la nature de son matériau, son

diamètre et sa longueur, et d'autre part par des paramètres dynamiques comme son âge de mise en service et la vitesse d'écoulement d'eau dans la conduite.

a) Corrosion des conduites

L'âge de mise en service et la nature des matériaux des conduites influencent de manière importante le développement des biofilm. En effet, les produits de corrosion de l'acier et de la fonte agissent sur la réactivité du chlore et induisent une demande en chlore 10 fois plus importante (40 mg/l) que celle provenant du PVC [Paquin J.L. et al .1988]. Cette consommation excessive du chlore réduit son effet aseptisant ce qui explique en partie la persistance des germes. De plus, les tubercules de corrosion créent des niches de protection, figure (5), pour les bactéries permettant ainsi leur survie dans le réseau.

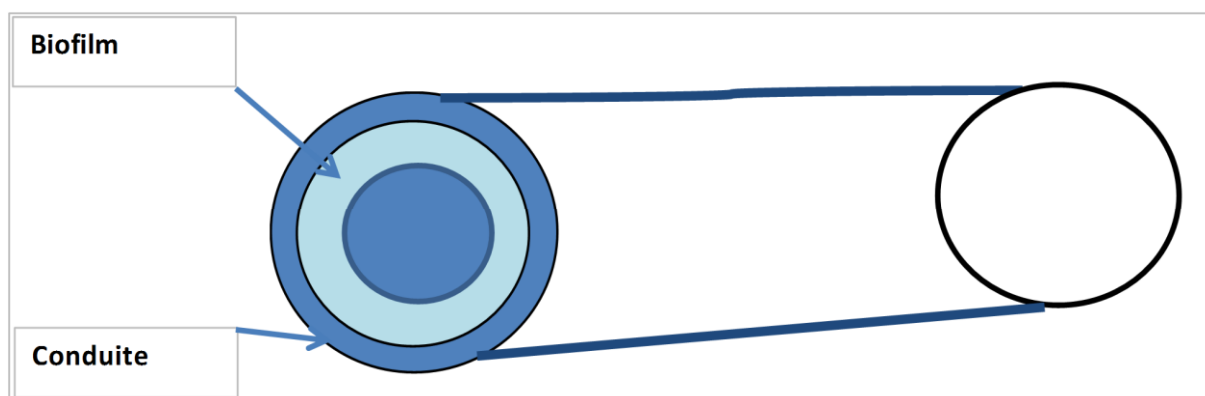


Figure (5) : Développement bactérien dans la conduite.

Par ailleurs, l'évolution de la couche du biofilm augmente avec l'âge de mise en service de la canalisation.

b) Diamètre des conduites

La principale cause de dégradation de la qualité d'eau est la prolifération de germes sur les parois internes des conduites. L'évaluation de cette dégradation est liée au rapport du volume d'eau V_e en contact avec le biofilm et le volume total V_t véhiculé dans la canalisation. En effet, pour une conduite de section S et de longueur L , ce rapport est donné par :

$$\frac{V_e}{V_t} = \frac{S_e}{S} = \frac{2(2r-e)}{r^2} \quad (8)$$

où e : l'épaisseur de la couche des germes ;

r : le rayon de la conduite.

Comme e est souvent négligeable devant le rayon r des conduites, l'équation (7) devient :

$$\frac{V_e}{V_s} = \frac{2e}{r} \quad (9)$$

La figure (5) représente l'évolution du pourcentage de dégradation en fonction du rayon des conduites paramétrée par l'épaisseur de la couche du biofilm. Comme le montre cette figure la dégradation est plus importante pour les conduites de faibles diamètres. En effet, le rapport de la quantité d'eau en contact avec les parois sur le volume total est négligeable pour les larges conduites.

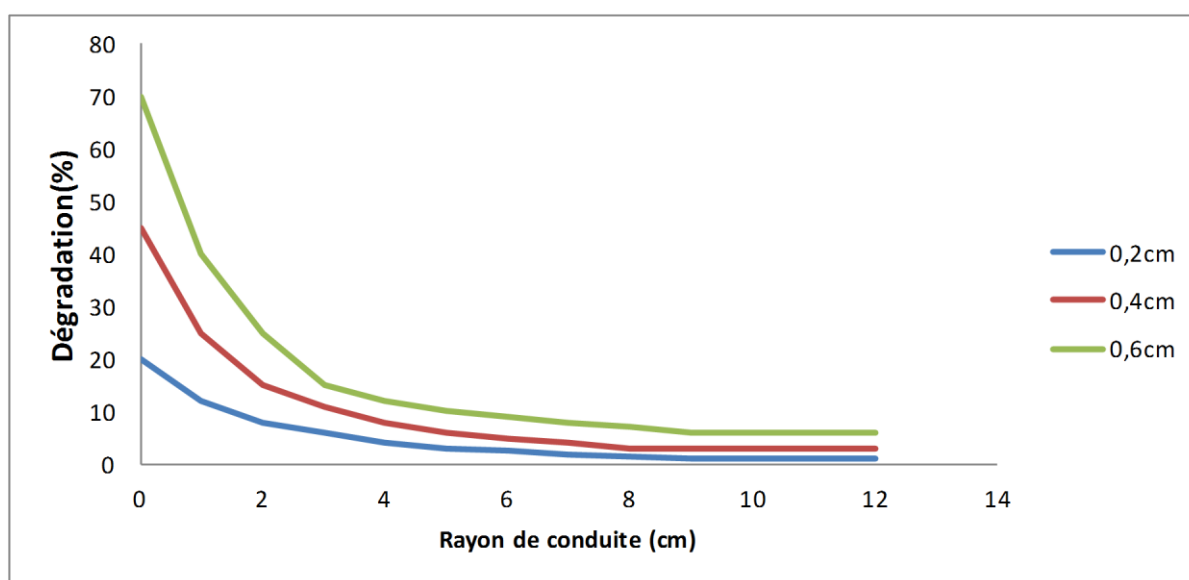


Figure (6) : Influence du diamètre de la conduite sur la dégradation.

Plusieurs études [Bernard et al.87], [Montiel.86] proposent des méthodes visant à dénombrer les germes présents dans l'eau. La fréquence quotidienne des mesures exige de ces méthodes d'être simples et économiques. Mais, ceci n'est possible, dans la plupart des cas, qu'au détriment de la fiabilité, de l'efficacité et de la précision.

La modélisation du phénomène de la diminution du chlore dans le réseau de distribution, a mis en évidence l'importance du coefficient de dégradation. En effet, l'efficacité de la simulation de la distribution de chlore dépend de la fiabilité de l'identification de ce paramètre. Les études antérieures qui ont été menées au laboratoire par [Mghari.1996] et [Amali.2000] au sein du REDAL, ont affecté à l'ensembles des conduites du réseau la valeur moyenne du coefficient de dégradation calculée à partir des échantillons de mesures.

2.2 Classification des conduites

2.2 .1 introduction

La notion de classification est essentielle en science, elle permet aux scientifiques de mettre de l'ordre dans les connaissances qu'ils ont sur le monde. Ainsi, depuis longtemps des chercheurs et des scientifiques ont essayé de classer les espèces animales. De nombreuses classifications ont été créées. Face à ces classifications, les scientifiques sont souvent incapables de désigner la meilleure d'entre elles. Car chacune présente un intérêt par rapport aux autres et à la tâche considérée.

Le terme de classification est associé à la notion d'abstraction. En effet, une classification permet de synthétiser des informations dans des groupes plus généraux. C'est une forme d'abstraction, puisque l'on va mettre de côté les descriptions exactes des objets et ne faire ressortir que les traits particuliers que certains d'entre eux ont en commun.

L'importance de la classification dans les sciences se reflète dans la grande variété des domaines où tant leur nature que leur construction ont fait l'objet des recherches.

Dans le cadre d'un problème de classification, on dispose d'un ensemble des données qui reprend une collection d'individus (objets) non étiquetés. Les classes sont encore inexistantes.

L'objectif est alors d'obtenir des classes d'objets homogènes, en favorisant l'hétérogénéité entre ces différentes classes.

On peut donc dire que toutes les techniques de classification suivent un même principe général qui consiste à minimiser la distance entre deux individus d'une même classe et à maximiser la distance entre deux individus de classes distinctes.

Une définition formelle de la classification, qui puisse servir de base à un processus automatisé, amène à se poser les questions suivantes :

- ✓ Comment les objets à classer sont-ils définis ?
- ✓ Comment définir la notion de ressemblance entre objets ?
- ✓ Qu'est-ce qu'une classe ?
- ✓ Comment sont structurées les classes ?

✓ Comment juger une classification par rapport à une autre ?

A toutes ces questions, des réponses exhaustives peuvent être trouvées dans l'excellent Ouvrage de **[Gordon. A.D. 81], [Everitt. B.S. 93]**.

(Les références générales concernant la classification des données les plus cités dans la littérature sont : **[Gordon. A.D. 81], [Everitt. B.S. 93]. [Fasulo. D.1999], [Ganti. V et al 1999], [Han ET. J.M. Kamber.2001], [Hartigan. J.A .1975], [Jain. and R.C. Dubes .1988], [Jain. A.K ET all .1999]]**).

Une introduction à l'exploitation contemporaine des données et des techniques de classification peut être trouvées dans **[Han et Kamber .2001]**.

La classification est liée à beaucoup d'autres champs. La classification est employée couramment dans les statistiques **[Arabie. P. et Hubert. L.J.1996]**, la science **[Massart. L. et L. Kaufman.1983]**, la reconnaissance de forme

[Duda . R.O. et Pattern. P.E.1973] et segmentation et traitement d'images **[Dempster. A.P et all.1977], [Ganti. V. J.1999]**.

Pour une meilleure simulation, nous avons décidé d'attribuer un coefficient de dégradation propre à chaque conduite. Cependant, toutes les conduites ne se prêtent pas à la mesure de ce paramètre. Ainsi, nous avons utilisé la classification automatique des conduites (algorithme d'apprentissage automatique) en fonction des caractéristiques dont dépend ce facteur (la nature de la conduite, son diamètre et son âge de mise en service...).

Ceci, nous amène tout d'abord, grâce à une classification non supervisée, à partitionner en un ensemble de classes les conduites accessibles à la mesure du coefficient de dégradation. Dans ce cas, chaque classe aura pour étiquette la valeur moyenne de ce coefficient. Ensuite, une classification supervisée nous permettra d'assigner à la conduite, non accessible à la mesure, la valeur du coefficient de dégradation correspondant à l'étiquette (valeur calculé) de la classe considérée.

2.2.2 Classification non supervisée

Le principe des algorithmes de classification non supervisée **[MacQueen. J et al.1967]** s'énonce en générale en termes d'optimisation d'un critère mathématique bien défini. Ce

critère vise, à la fois, à optimiser les inerties intra classe et interclasse. Il est exprimé par [Institut de Mathématiques de Luminy]:

$$J(U, V) = \sum_{i=1}^c \sum_{x \in u_i} p_{ik} d_A^2(x_k, v_i) \quad (10)$$

Avec : $d_A^2(x_k, v_i) = \|x_k - v_i\|_A^2$

La mesure de la distance munie de la métrique A (Matrice symétrique définie positive);

- x_k : la conduite caractérisé par les paramètres (âge, nature, diamètre et coefficient de dégradation de la conduite) ;
- v_i : le centre de gravité de la classe i ($1 \leq i \leq c$) ;
- p_{ik} : le poids de la conduite x_k dans la classe i que nous avons pris égal à 1, pour ne favoriser aucun paramètre sur les autres.

Autrement dit, ce processus d'optimisation tente de former à partir des conduites non étiquetées, c classes qui soient les plus homogènes et naturelles possibles. « Homogène » et « Naturelles » signifient que les classes obtenues doivent contenir des objets les plus semblables possibles, tandis que les objets de classes différentes doivent être les plus dissemblables possibles.

2.2.2.1 Présentation de l'algorithme :

Le principe de base des algorithmes de partitionnement ou d'optimisation se résume en deux phases comme suit [Ball et Hall.1967] :

Phase d'Initialisation : cette phase consiste à choisir au hasard soit une partition initiale U^0 en c classes (c étant fixé a priori) ou des centres de gravité initiaux de c classes.

Phase Recentrage/Réaffectation : l'algorithme réitère alors deux étapes successives qu'on peut appeler recentrage et réaffectation. La phase de recentrage consiste à calculer le centre de gravité de chaque classe, tandis que la phase de réaffectation permet de placer les conduites dans la classe dont le centre de gravité est le plus proche. Les séquences Recentrage / Réaffectation sont répétées jusqu'à l'obtention de la stabilité des classes, qui conduit à la convergence de l'algorithme.

1 Début

2 Soit $X=\{x_1, \dots, x_n\} \in \mathbb{R}^{np}$ un ensemble fini de n données, non libellées, caractérisées par t paramètre

3 : **Etape d'initialisation :**

4 : Fixer c , $2 \leq c \leq n$, /* le nombre de classes*/

5 : Choisir $\varepsilon > 0$, /* le critère d'arrêt*/

6 : Choisir une métrique $\| \cdot \|$, A ,

7 : Tirer au hasard c centres de gravité initiaux $V^0 = (V^0_1, \dots, V^0_c) \in \mathbb{R}^{cp}$.

8 : Initialiser le nombre d'itérations r à 1.

9 : **Etape1 : séquence itérative**

10 : Construire la partition $U^r = (u_1^r, \dots, u_c^r)$ en utilisant la règle :

11 : $u_{ik}^r(x) = \begin{cases} 1 & \text{If } d_A(x_k, V_i) = \min_j d_A(x_k, V_j) \text{ where } j \neq i \forall i, k. \\ 0 & \text{Sinon} \end{cases}$

12 : Réajuster les c centres de gravité. $V^r = (V^r_1, \dots, V^r_c) \in \mathbb{R}^{cp}$ by $V_i^r = \frac{\sum_{k=1}^n u_{ik}^r x_k}{\sum_{k=1}^n u_{ik}^r}$.

13 : **Etape 2 : Evaluation du critère d'arrêt**

14 Calculer $E^r = \|V^r - V^{r-1}\|^2 = \sum_i \|V_i^r - V_i^{r-1}\|^2$.

Etape 3 : Test de convergence

Si $E_r \leq \varepsilon$ **alors** Fin

Sinon $r = r+1$, retour à étape 1

Fin Si

Fin

2.2.2.2 Présentation des données

Les paramètres retenus pour la classification des conduites accessibles à la mesure du coefficient de dégradation du chlore sont hétérogènes. Ceci nécessite une transformation préalable des données. Cette opération consiste à normaliser ces paramètres en effectuant un centrage-réduction pour les paramètres **âge** et **diamètre** des conduites ainsi qu'un codage de la **nature** des canalisations.

Le **centrage-réduction** est utilisé quand les données x_k^j sont mesurées avec des échelles différentes ou lorsqu'elles ont des dispersions hétérogènes (cas de l'**âge** et du **diamètre**). Cette technique consiste à soustraire de la variable x_k^j la valeur moyenne $Moy(j)$ de la même grandeur calculée pour l'ensemble des conduites, puis la diviser par son écart type σ_j :

$$x_k^j = \frac{x_k^j - \text{Moy}(j))}{\sigma_j} \quad (11)$$

Le **codage** du paramètre ***nature*** des conduites est comme suit :

<i>Nature de la conduite</i>	<i>Code</i>
PVC	1
Acier	2
Amiante Ciment	3
Fonte Grise	4

Tableau (2) : codage de la nature des conduites

Les résultats de la classification nous ont permis de partitionner l'ensemble des conduites recensées en 7 classes. L'étiquette de chacune d'elles est définie par la moyenne des coefficients de dégradations de ses éléments. Le tableau (3) regroupe les résultats de classification.



Classe	Zone	Conduite		Diamètre mm	Nature	Age ans	Coef. mesuré mn ⁻¹	Label mn ⁻¹
		Code	Nœuds					
1	Etage 138	16	13-9A	1100	1	5< a<10	1.24 e ⁻³	1.44 e ⁻³
	Etage 138	65	6-5C	1000	1	5< a<10	1.52 e ⁻³	
	Témara Bas	1	R2.5m-2	800	1	5< a<10	1.56 e ⁻³	
2	Etage 86	114	66-62	800	1	5< a<10	1.75 e ⁻³	1.80 e ⁻³
	Salé Bas	24	R30m-2N	700	1	5< a<10	1.79 e ⁻³	
	Salé Bas	87	6C-6D	600	1	a<5	1.86 e ⁻³	
3	Etage 86 R	23	RIB2-40	600	1	5< a<10	2.00 e ⁻³	2.16 e ⁻³
	Etage 86	81	52A-42	500	1	a<5	2.22 e ⁻³	
	Salé Haut	6	4-61	400	1	a<5	2.26 e ⁻³	
4	Salé Bas	51	6C-2H	500	1	5< a<10	2.48 e ⁻³	2.59 e ⁻³
	Etage 86 R	87	58-71	600	1	a>10	2.55 e ⁻³	
	Témara Bas	2	2-20	400	1	5< a<10	2.74 e ⁻³	
5	Salé Haut	35	6C-17	400	1	5< a<10	3.15 e ⁻³	3.11 e ⁻³
	Etage 86	131	60-59A	400	1	5< a<10	3.00 e ⁻³	
	Etage 86	40	19-19A	300	1	a<5	3.18 e ⁻³	
6	Etage 61	58	21-15	500	1	a>10	3.70 e ⁻³	3.77 e ⁻³
	Etage 61	73	22D-23	400	3	a>10	3.66 e ⁻³	
	Etage 86 R	25	49-40C	400	3	a>10	3.95 e ⁻³	
7	Etage 86 R	30	42-33A	250	3	a>10	4.52 e ⁻³	4.48 e ⁻³
	Etage 86 R	72	60-60A	150	1	a>10	4.28 e ⁻³	
	Etage 86 R	5	32-35	350	4	a>10	4.64 e ⁻³	

Tableau (3) : Résultats de la classification non supervisée

2.2.3. Classification supervisée

La classification supervisée des conduites non accessibles à la mesure de la teneur en chlore, a été effectuée grâce à l'algorithme classique des k plus proche voisins [Zahid, 99]. Son principe consiste à calculer les k conduites les plus proches à l'échantillon non étiqueté en utilisant une mesure de distance dij. Cette mesure est effectuée en utilisant la métrique euclidienne :

$$(d_{ij} = || x_i - x_j || / 2).$$

2.2.3.1 Présentation de l'algorithme

Soit X {x1, x2,....., xn} l'ensemble des n conduites étiquetées et soit y la conduite à classer. L'algorithme forme, dans un premier temps, l'ensemble E des k plus proches voisins de y dans le sens de la distance d utilisée. Ensuite, il affecte y soit à la classe majoritaire dans cet ensemble ou à la classe dont les objets sont les plus proches à la conduite y (en se basant sur la somme des distances minimales).

Début

Lire y (Nature, Diamètre, Age) /* Conduite à classifier */

Lire k /* le nombre de plus proche voisins */

Tant que $i \leq n$

Calculer $d(y, x_i)$

Si ($i \leq k$) **alors** ajouter x_i à l'ensemble E des k plus proches voisins,

Sinon s'il existe un plus proche voisin x_j tel que :

$\max (d(y, x_j) (1 \leq j \leq k), x_j \in E) > d(y, x_i)$ **alors** remplacer x_j par x_i ,

Fin si

$I = i + 1$

Fin tant que

Déterminer la classe majoritaire représentée dans l'ensemble des KPPV,

Si (plusieurs classes existent) **alors**

Calculer la somme des distances des voisins de y dans chaque classe existante,

Si les sommes sont différentes **alors**

Affecter y à la classe qui a la somme minimale,

Sinon affecter y à la dernière classe qui a la somme minimale,

Fin si

Sinon affecter y à l'unique classe majoritaire,

Fin si

Fin

La classification automatique a permis de surmonter le problème d'évaluation du coefficient de dégradation pour les conduites non accessibles à l'identification de ce paramètre. Ceci, constitue un grand pas dans la réussite de l'élaboration de l'outil de simulation de la distribution de chlore.

2.2.4. Simulation de la distribution de chlore dans le réseau

La recherche de la distribution de chlore dans le réseau nécessite une parfaite connaissance d'une part de la morphologie du réseau et de sa structure géométrique (réservoirs,

conduites, nœuds, etc.) et d'autre part de son régime hydraulique (répartition des débits et vitesses d'écoulement). Nous avons besoin, également, des conditions initiales qui sont représentés par les taux de chlore injectés au niveau des réservoirs de stockage (sources d'alimentation) ainsi qu'au niveau des stations intermédiaires de chloration déjà implantées dans le réseau.

2.2.4.1 Base de données

Pour les besoins de la simulation nous avons élaboré une base de données relative à la structure morphologique du réseau. Cette base regroupe deux tables, l'une concerne les nœuds et l'autre relative aux conduites. La structure des enregistrements de la base de données est conçue de telle sorte qu'on puisse localiser chacun des nœuds et conduites, ainsi que leurs données statiques et dynamiques.

Le réseau urbain de distribution d'eau potable de la wilaya de Rabat-Salé est formé d'un ensemble d'étages de pression. Chacun de ces étages est caractérisé par la côte altimétrique de son réservoir d'alimentation. Nous avons jugé nécessaire de conserver cette même configuration pour la construction de la base de données. Ainsi, à chaque étage est associé deux fichiers, l'un correspond aux nœuds et l'autre aux conduites.

2.2.4.2 Structure de données des nœuds

L'enregistrement "Nœuds" contient les informations relatives aux nœuds du réseau, notamment:

- "**Nom**" : représente le label du nœud porté sur le schéma de l'étage étudié.
 - "**Code**" : identificateur du nœud.
 - "**TCI**" : teneur en chlore du nœud.
 - "**TotalAnt**" : représente le nombre des nœuds antérieurs qui desservent le nœud considéré. Ce nombre est nul pour les points d'alimentation (réservoirs et puits).
 - "**CodeAnt**" : le sous vecteur qui contient les codes des nœuds qui desservent le nœud en question. Le nombre de ces nœuds correspond à la valeur de "TotalAnt".
- "**Pos**" : représente la position graphique du nœud.

2.2.4.3 Structure de données des conduites

La structure du fichier "**conduites**" contient les champs suivants :

- "**Code**" : identificateur de la conduite.
- "**ndDépart, ndArrivée**" : codes des nœuds de départ et d'arrivée délimités par la conduite en question.
- "**Vitesse**" : vitesse de l'écoulement de l'eau dans la conduite.
- "**diamètre**" : diamètre de la conduite.
- "**longueur**" : longueur de la conduite.
- "**débit**" : débit de la conduite. C'est une valeur calculée en fonction de la vitesse, la longueur et le diamètre de la conduite.
- "**station**" : variable booléenne. Elle est "vraie" quand la conduite porte une station de chloration, elle est "fausse" dans le cas contraire.
- "**totalCassures**" : nombre des cassures de la conduite.
- "**posCass**" : sous vecteur contenant les coordonnées graphiques des cassures.

2.3 Distribution du chlore dans le réseau

Connaître la distribution du chlore dans le réseau revient à déterminer sa concentration au niveau de chaque nœud. Cependant, le modèle de dégradation du chlore dans les conduites n'est pas suffisant. En effet, un nœud est une interconnexion de conduites, chacune d'elles contribue au résultat de chloration de leur nœud commun. Ceci, conduit aux suppositions suivantes [Wable et al.92] :

- pour chaque conduite, la cinétique de dégradation est intégrée dans le temps de séjour,
- pour chaque nœud, les concentrations partielles sont pondérées par le débit de leurs conduites respectives.

2.3.1 Procédure de calcul du taux de chlore d'un nœud

Le calcul de la teneur en chlore d'un nœud donné n'est possible que si la distribution de ses ancêtres est parfaitement déterminée. Soit le nœud j de teneur en chlore $T_{cl}(j)$ à déterminer figure (7), et qui est desservi par n nœuds dont les teneurs en chlore ($T_{cl}(i)$, $i=i_1, i_2, \dots$ et i_n) sont connues.

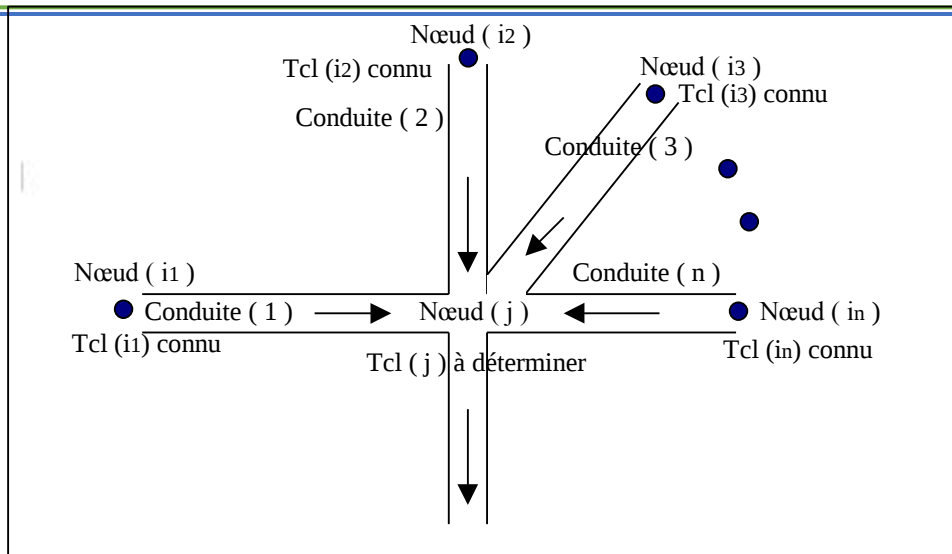


Figure (7) : Schéma de calcul des concentrations de chlore dans le réseau.

Selon la présence ou pas d'une station de chloration sur l'une des conduites, deux cas se présentent :

- Premier cas : lorsque l'une des conduites porte une station de chloration alors :

$T_{cl}(j)$ = consigne de la station (supposée connue).

- Deuxième cas : en cas d'absence de station de chloration sur toutes les conduites (i,j) formant le nœud (j), le taux de chlore du nœud j est donné par l'expression suivante:

$$T_{cl}(j) = \frac{\sum_1^n T_{cl}(i,j) Q(i,j)}{\sum_1^n Q(i,j)} \quad (12)$$

Avec:

$$T_{cl}(i,j) = T_{cl}(i) * \exp(-k_{i,j} t_{i,j}),$$

$t_{i,j}$: temps de séjour de l'eau dans la conduite (i, j),

$k_{i,j}$: coefficient de dégradation de chlore dans la conduite (i, j),

$Q(i, j)$: le débit de la conduite (i, j).

L'équation (12) est une moyenne pondérée des taux de chlore partiels des conduites desservant le nœud j. Le coefficient de pondération est le débit $Q(i, j)$ transitant dans chaque conduite.

CENTRE D'ETUDES DOCTORALES - SCIENCES ET TECHNOLOGIES

En procédant de la sorte depuis les sources d'alimentations (réservoir, puits, ...) où le taux de chlore est connu, on peut calculer de proche en proche le taux de chlore en tout point du réseau.

Cette simulation, nous permettra de dégager les nœuds déficitaires en chlore où la valeur de la concentration du chlore est au-dessous de la valeur minimale préétablie, et par conséquent y remédier par implantation de stations de chloration. Elle est, donc, la base de la recherche optimale d'emplacements de stations intermédiaires.

2.3.2 Module de simulation

Les études précédentes nous ont permis d'élaborer un cahier des charges à la base duquel nous avons développé le module d'estimation de la distribution de chlore en tout point du réseau. La structure de celui-ci est représentée dans le pseudocode suivant :

Début

Choisir NomEtag */* Choix de l'étage */*

Charger Etbased() */* Etbased(), la base de donnée relative à l'étage étudié */*

Saisir Tclr */* Tclr la consigne injectée au niveau des réservoirs et des stations de chloration */*

Fixer Tclrmin */* Tclrmin seuil de déclaration des nœuds déficitaires */*

Initialiser Tclr(i) = -1 */* La teneur en chlore de tous les nœuds de l'étage */*

Répéter

Extraire()	<i>/* Renvoie le code j du nœud dont la teneur en chlore est à déterminer */</i>
CalculTcl()	<i>/* Calcul de la teneur Tcl(j) relatif au nœud j*/</i>
Jusqu'à Tcl(i)<>-1 $\forall i$	<i>/* aucun nœud n'a une concentration indéterminée */</i>
Afficher résultats;	
Fin.	

Deux étapes importantes dans la détermination de la distribution du chlore émergent : d'abord le repérage progressif des codes des nœuds à traiter, ensuite le calcul proprement dit de sa concentration en chlore.

a) Repérage des nœuds

Cette tâche est assurée par la fonction Extraire () qui retourne le code du premier nœud dont le taux de chlore est à calculer et toutes les teneurs en chlore des nœuds qui le desservent sont déjà connues. Cependant, lorsque toute la distribution de l'étage est déterminée, cette fonction retourne la valeur -1 qui représente le « bit stop » condition d'interruption de la structure répétitive. L'algorithme de cette fonction Extraire () est présenté ci-dessous.

Début

$i=1 ; j=-1$

Répéter

Si $Tcl(i) < -1$ alors aller à C1

Répéter

$k = 1$

Répéter

$L = CodeAnt(i, k)$ /* nœud de rang k dans le sous vecteur «CodeAnt» de i */

Si $Tcl(L) = -1$ alors aller à C1

$k = k + 1$

Jusqu'à ($k > TotalAnt(i)$)

$j = i$

Jusqu'à ($Tcl(i) < -1$)

C1: $i = i + 1$

Jusqu'à ($i > TotalNœuds$)

Fin.

b) Calcul du taux de chlore d'un nœud

La procédure de détermination de la concentration en chlore d'un nœud j , **CalculTcl()**, est donnée par le pseudo-code suivant :

Début

SommeTcl=0, Somme Debit=0

$i=0$

Repeter

$L = codeAnt(i, j)$ /*code du nœud de rang i dans le sous vecteur « codeAnt » du nœud j */

$C = code(L, j)$ /*code de la conduite reliant le nœud L (depart) avec le nœud j (arrivée)*/

$Ts = Long(C) / Vitesse(C)$ /* calcul du temps de séjour */

$Tx = Tcl(L) * exp(-K(C) * Ts) * debit(C)$ /* $K(C)$ le coefficient de dégradation conduite
 C */

SommeTcl = SommeTcl + Tx

SommeDebit = SommeDebit + debit(C)

$i = i + 1$

Jusqu'à ($i > totalAnt(j)$)

$Tcl(j) = SommeTcl / SommeDebit$ /* Taux de chlore du nœud j */

Fin

2.4 Résultats de simulation

Grâce à une campagne de mesures réalisée avec la collaboration des équipes techniques de la régie de distribution d'eau à la wilaya de Rabat (REDAL), nous avons pu récolter les informations nécessaires à l'élaboration des résultats de ce travail. Avant la présentation des résultats, nous présentons tout d'abord le réseau concerné par cette étude.

2.4. 1. Présentation du réseau de la wilaya

La wilaya de Rabat-Salé est composée de cinq centres urbains : les villes de Rabat et Salé, ainsi que les centres de Témara, Skhirat et Bouknadel.

a) Sources d'alimentation

L'approvisionnement en eau potable de la wilaya de Rabat-Salé provient soit d'un ensemble de puits qui sont une propriété privée de la "REDAL" ou à travers le réseau de l'Office National d'Eau Potable, l'"ONEP", qui prend source de deux origines différentes :

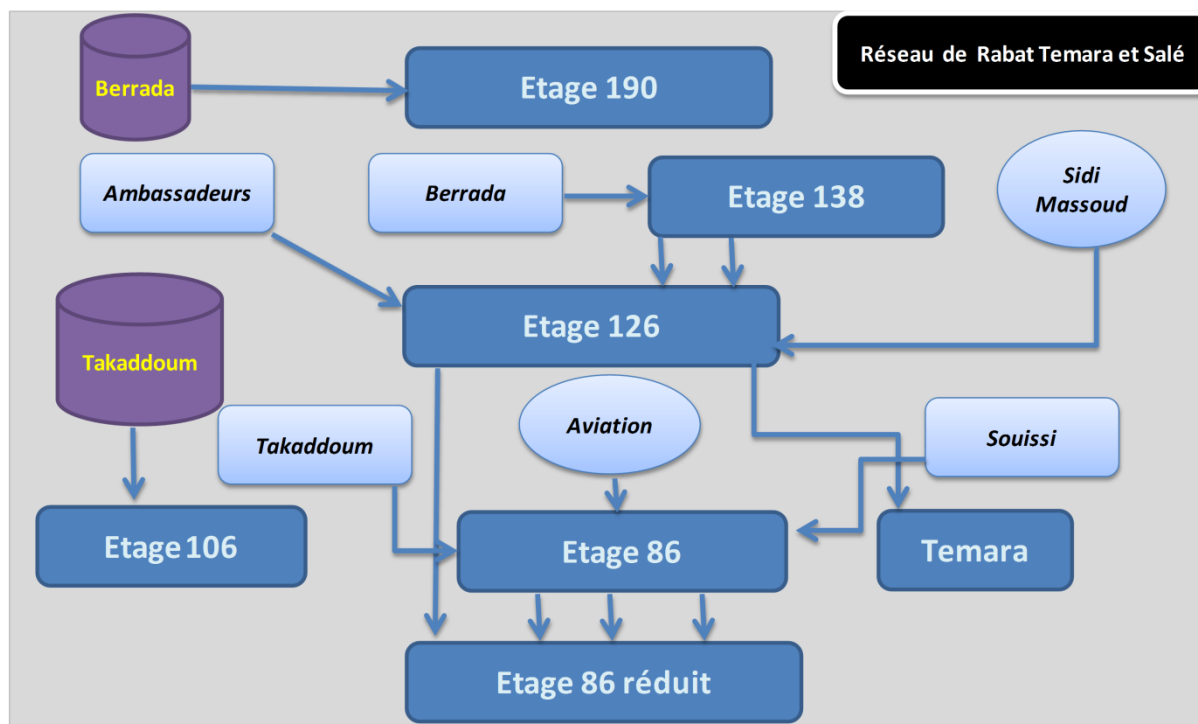
- **Fouarat**: une nappe souterraine de la région de Maamora destinée à l'alimentation en eau potable de la zone côtière entre Kénitra et Casablanca.

- **Bou Regreg / Grou**: une ressource superficielle comprenant pour l'essentiel le barrage de Sidi Mohammed Ben Abdellah et son lac qui s'étend dans les vallées du Bou Regreg et celle du Grou.

b) Configuration du système de distribution

Le réseau de distribution d'eau potable de la REDAL est subdivisé en plusieurs étages de pression. L'appellation de ces étages correspond à la côte altimétrique approximative des radiers des réservoirs qui leur sont associés. Il existe également des étages qui sont alimentés à partir des liaisons avec d'autres en amont via des réducteurs de pression. Ces derniers permettent ainsi le transfert de l'eau potable des zones de côtes élevées vers celles de côtes inférieures. Les figures (8) et (9) représentent le synoptique global de l'ensemble des étages du réseau de distribution de la Wilaya.

i- Réseau de Rabat



Figure(8) : Configuration du réseau de Rabat.

Les étages du réseau de Rabat sont alimentés à partir de cinq réservoirs et deux châteaux qui représentent une retenue totale de 147500 m³. Leurs principales caractéristiques sont regroupées dans le tableau (5) :

Réservoir	Etage	Capacité (m ³)	Coté radié(m)
Agdal	61	6000	61.28
Takaddoum	86	18000	84.65
Soussi	86	40000	88.64
Château Takaddoum	106	1000	103.65
Ambassador	126	32000	126.9
Berrada	138	50000	136.25
Château	190	500	190.00

Tableau (5) : Réservoirs du réseau de distribution Rabat.

ii- Réseau de Salé

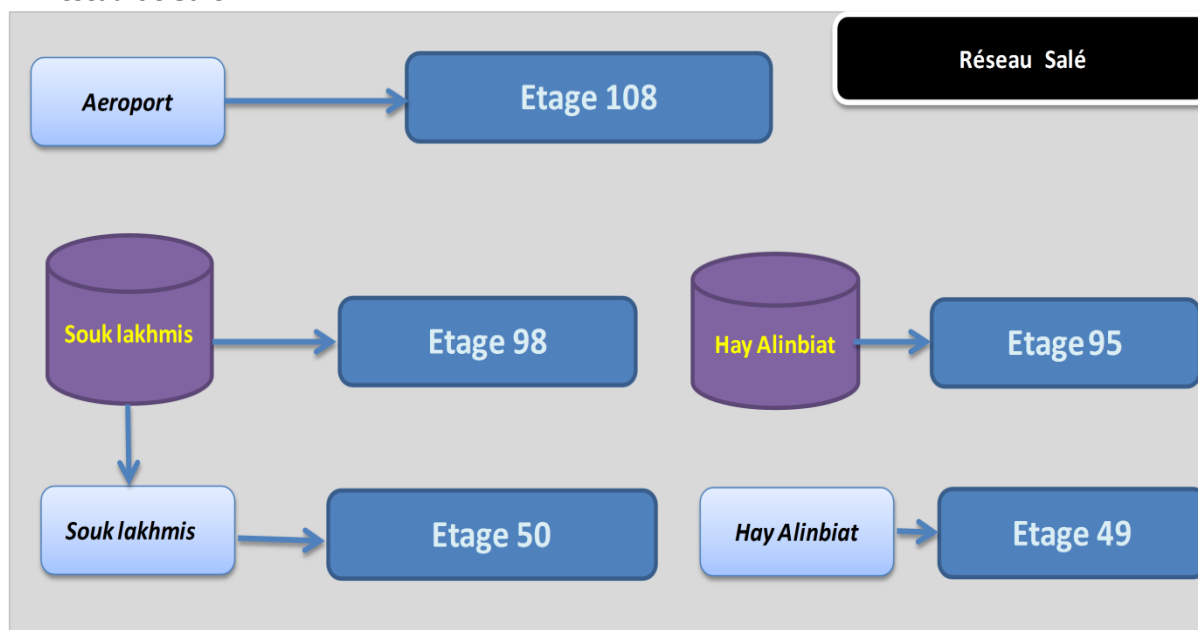


Figure (9) : Configuration du réseau de Salé.

Les étages du système de distribution de Salé sont alimentés à partir de trois réservoirs et deux châteaux qui représentent un volume total de stockage de 46 800 m³. Les principales caractéristiques de ses réservoirs sont résumées dans le tableau (6).

Réservoir	Etage	Capacité (m ³)	Coté radié(m)
Hay Alinbiatl	Bas	30000	49.30
Hay Alinbiat château	Haut	1000	95.50
Souk Lakhmis	Bas	3000	50.50
Souk Lakhmis	Bas	12000	49.60
Souk Lakhmis château	haut	600	98.00
Aéroport	Route Meknès	200	108.00

Tableau (6) : Réservoirs du réseau de distribution Salé.

Toutes les études effectuées sur l'ensemble des étages concernent uniquement des conduites de diamètre supérieur ou égal à 150 mm.

3 Résultats et discussion

L'objectif principal de l'outil de simulation est de se substituer à un capteur capable de prédire et de calculer en temps réel la distribution de chlore dans le réseau. Cependant, cette configuration est fonction des valeurs de consignes établies au niveau des points d'alimentations (réservoirs et stations de chloration intermédiaires). Selon les normes de l'OMS, un nœud est déclaré déficitaire lorsque sa teneur en chlore est inférieure à 0,25 mg/l.

Ainsi, nous avons étudié l'impact de cette consigne sur la préservation de la qualité d'eau dans le réseau.

Dans ce mémoire, nous nous limitons à la présentation des résultats relatifs à deux étages caractéristiques du réseau de la wilaya. Ainsi, nous avons choisi volontairement, un étage de la périphérie de Rabat, celui de Témara, et un autre situé au centre de la ville en l'occurrence l'étage 86-réduit qui alimente les quartiers de l'Akkari, Yacoub el Mansour et Hay el Fath.

Nous avons aussi optés comme langage de programmation « **Visual studio 2012 vb.net** » accompagné d'une plateforme « **Arcgis Engine 10.1** » pour mieux tracer et manipuler notre carte, ainsi d'une base de donnée « **SQL Server 2012** »

Les résultats de la classification nous ont permis de partitionner l'ensemble des conduites recensées en n classes. L'étiquette de chacune d'elles est définie par la moyenne des coefficients de dégradations de ses éléments.

Pour accomplir ces tâches, l'outil utilise des données concernant d'une part la géométrie du réseau étudié, comme les informations relatives aux nœuds (nom, code, antécédents) et aux conduites (code, nœud de départ, nœud d'arrivée, longueur, diamètre, coefficient de dégradation du chlore dans la conduite). Et d'autre part, les données représentant son état hydraulique comme la répartition des débits au niveau des nœuds, la température de l'eau (saison été ou hivers) et la vitesse d'écoulement d'eau dans chaque conduite. L'outil utilise également deux paramètres essentiels à la simulation de la distribution de chlore dans le réseau qui sont : la consigne, la valeur de la teneur en chlore dans les points d'injections (réservoirs, puits et les conduites possédant une station de rechloration) et du seuil minimal (0.1mg/l) en chlore au-dessous duquel un nœud est déclaré déficitaire. En fonction de ces données, l'outil d'aide à la décision élabore la distribution de chlore en tout point du réseau et sélectionne et affiche les données de chaque conduite ou nœud sélectionné.

3.1. Etage 86-réduit

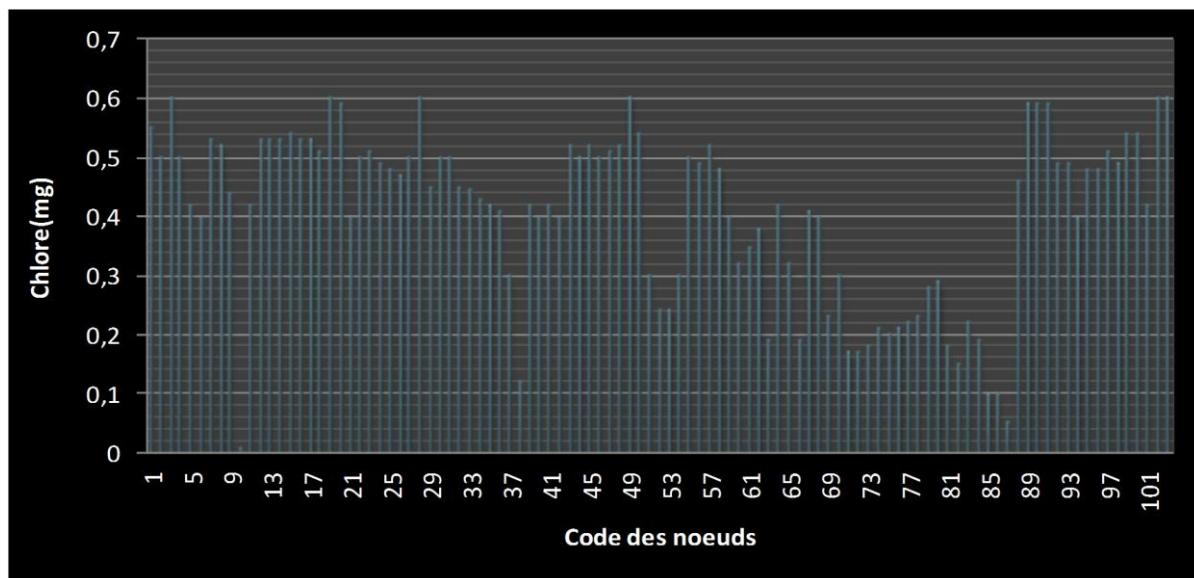


Figure (10) : Configuration du réseau de Salé.

Cet étage présente la particularité d'être pris en charge uniquement par des conduites de transfert issues, comme le montre la figure (10), des étages 86 et 126. Il se compose de 141 conduites (diamètre $\geq 150\text{mm}$) formant 105 nœuds.

L'analyse des résultats de simulation, figure (5), montre que 18% des nœuds sont déficitaires, 4% dans une situation précaire (entre 0,25 et 0,3 mg/l), 24% dans une gamme moyenne entre (0,3 et 0,45 mg/l), les 54% restant sont dans une position confortable puisque leur concentration est au-delà de 0.45 mg/l. Il est clair que le nombre de nœuds déficitaires augmente avec la valeur du seuil établi.

La figure (11) représente l'interface graphique de simulation où nous avons regroupé un ensemble d'informations utiles pour une meilleure exploitation de cet outil. Les valeurs affichées sont relatives au nœud et. Les nœuds en vert représentent les points d'alimentation de l'étage, leur teneur en chlore correspond à la consigne (taux Cl réservoirs), ainsi la couleur jaune indique les nœuds dont le taux du chlore est de 0.3 mg/l. Ceux en rouge indiquent les nœuds déficitaires dont la teneur est inférieure au seuil minimum fixé.

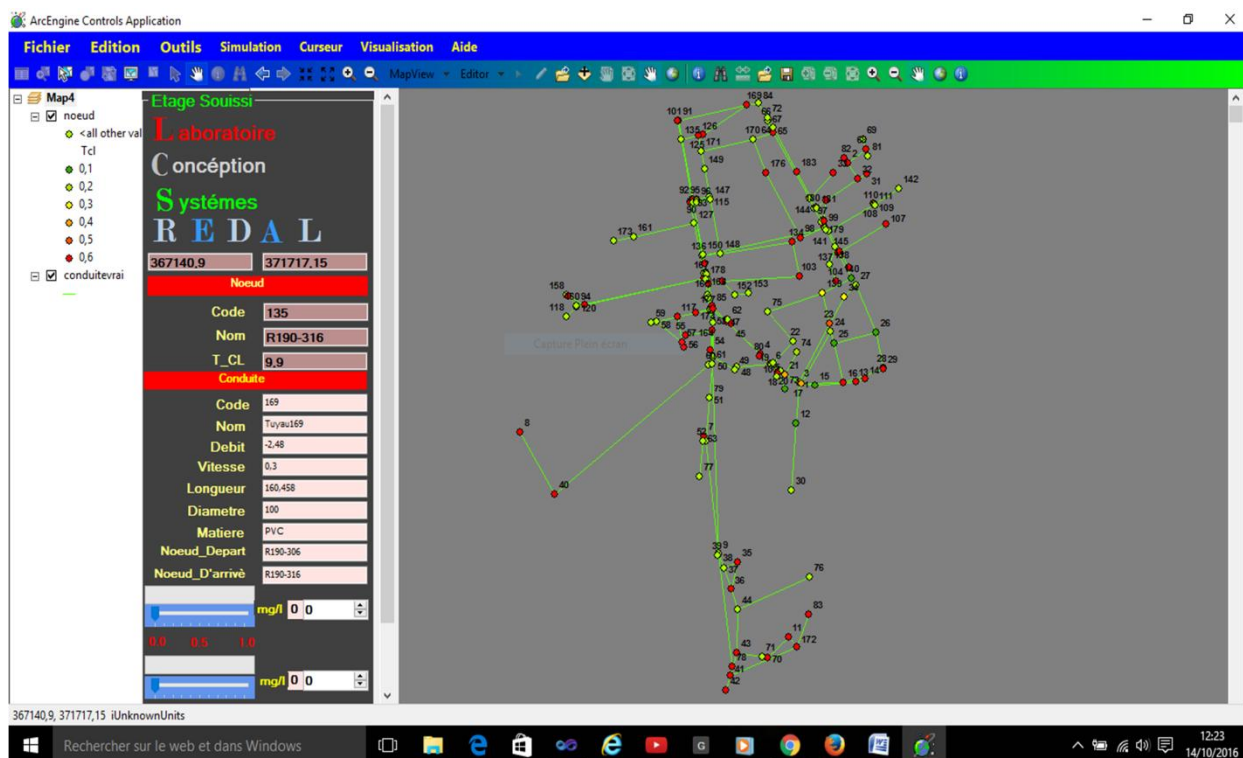


Figure (11) : Schéma synoptique de l'étage 86-réduit.

Nous remarquons d'après la figure (11), qu'il existe une grande accumulation des nœuds déficitaires dans la même région. Ceci est dû à l'orientation du graphe. En effet, lorsqu'un nœud est déficitaire, tous ses nœuds ascendants seront déficitaires par la force des choses. Cependant, il existe des cas isolés de nœuds déficitaires qui sont souvent les extrémités des antennes du réseau.

3.2. Etage Témara Bas

Le réseau de distribution de Témara est constitué de deux étages de pression. Nous présenterons, uniquement, les résultats de l'étage bas. Cet étage présente la particularité d'être moins dense que ceux du centre de Rabat. Il est formé de 26 nœuds interconnectés entre eux avec 29 conduites. La figure (12) représente l'interface graphique de l'outil de

simulation. Les informations affichées sont relatives à la conduite et au nœud en surbrillance (en blanc) sur le schéma. On remarque également que les emplacements des nœuds déficitaires occupent généralement les extrémités terminales du réseau.

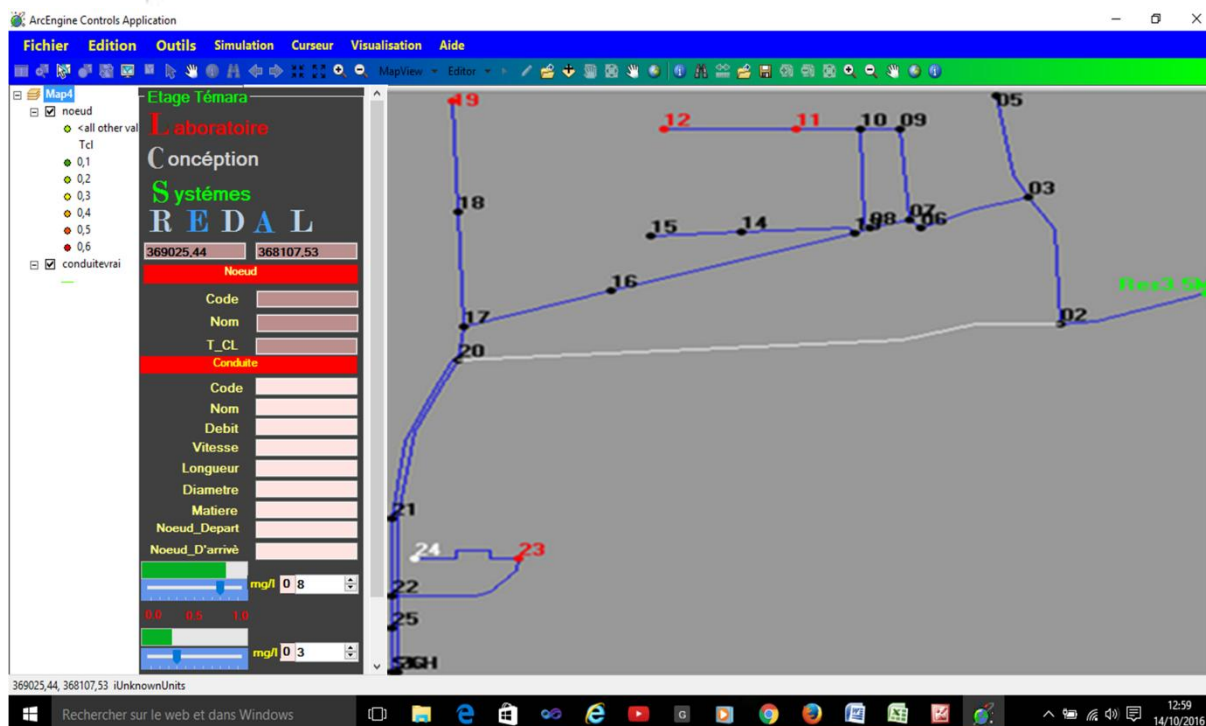


Figure (12) : Schéma synoptique de l'étage Témara Bas.

Les résultats de simulation, pour une consigne de 0,6 mg/l et un seuil de tolérance de 0,25 mg/l, sont représentés sur la figure (13). En effet, il ressort de cette simulation que 19 % des nœuds sont déficitaires, et 4% sont dans une zone critique (entre 0,3 et 0,25 mg/l).

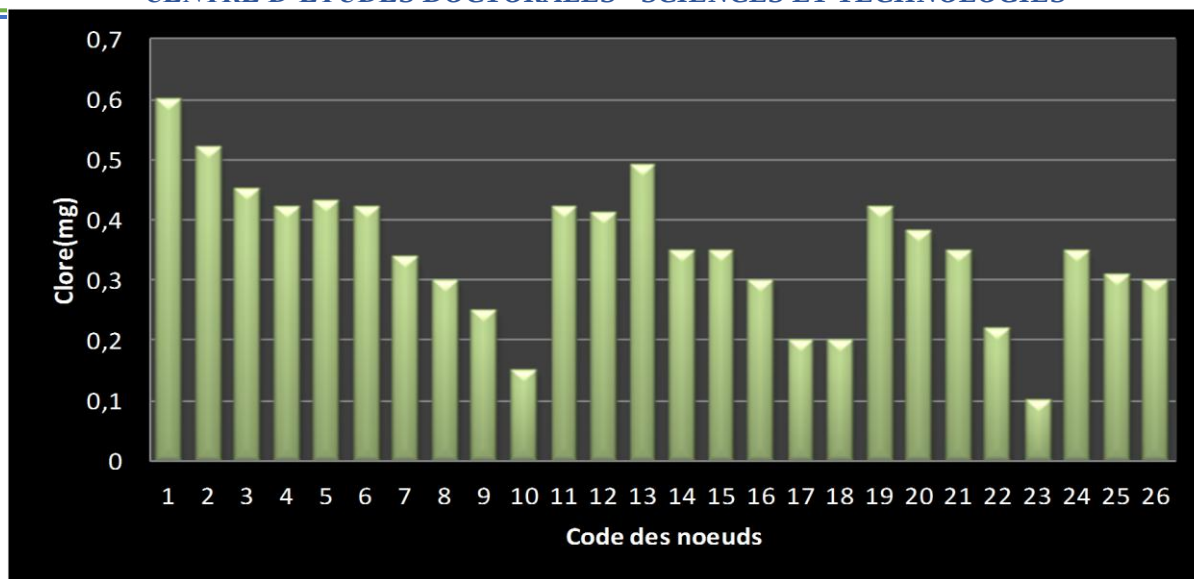


Figure (13) : Distribution: Floor Temara

En tenant compte des résultats de simulation de ces deux étages, nous constatons que 20% du réseau est en dessous des normes internationales de qualité. Par conséquent des mesures curatives s'imposent.

3-3 Impact de la consigne sur la chloration du réseau

La simulation facilite le repérage des zones où la qualité d'eau n'est pas sauvegardée. Cependant l'objectif principal, de notre travail, est la réhabilitation de ces sites en adoptant les meilleures solutions pour que la préservation de la qualité d'eau soit garantie. Afin de remédier à ce problème, et par conséquent éliminer les nœuds déficitaires, la solution intuitive qui vient à l'esprit est l'augmentation de la consigne au niveau des réservoirs d'alimentation. Ceci nous a amené à étudier l'impact de ce paramètre sur la distribution du chlore dans le réseau. Pour des raisons pratiques, nous avons pris comme exemple d'illustration les mêmes étages. Les courbes suivantes montrent que le nombre de nœuds déficitaires est, effectivement, lié à la consigne fixée au niveau des réservoirs. Cependant, la valeur qui élimine tout déficit dans un étage dépend de sa densité et de la nature de ses sources d'approvisionnement.

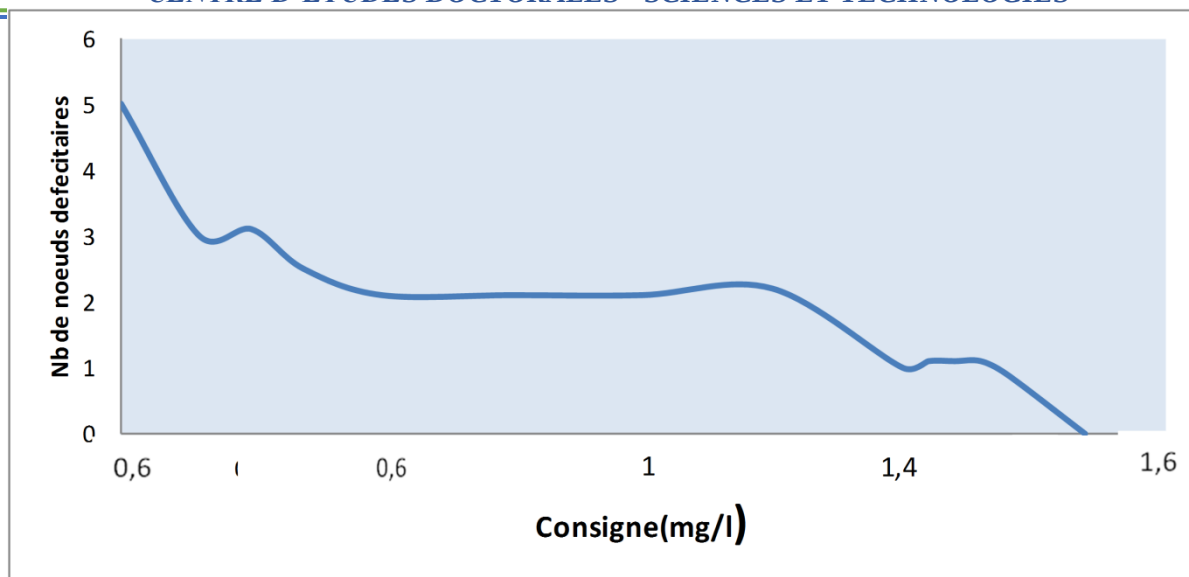


Figure (14) : *Impact de la consigne sur l'evolution du deficit(Etage de temara)*

En effet, pour l'étage Témara Bas, figure (14), elle est de l'ordre 1,43 mg/l, alors que pour l'étage 86-réduit, figure (15), elle est de 5,3 mg/l presque 4 fois plus importante. Désormais, ces valeurs rendent impossible la mise en œuvre de cette solution, puisque au-delà de 0,6 mg/l la saveur naturelle de l'eau risque d'être altérée, et les consommateurs les plus touchés seront certainement les voisins des réservoirs d'alimentation. Ainsi, la solution adéquate est la recherche, à l'intérieur du réseau, des meilleurs emplacements pour l'implantation de stations de chlorations intermédiaires.

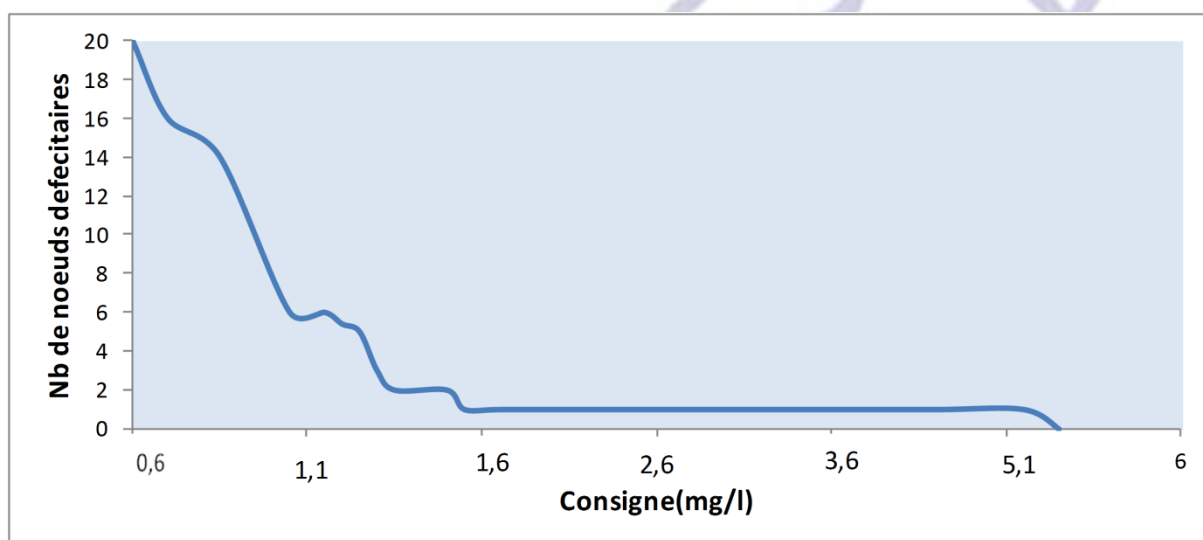


Figure (15) : *Impact de la consigne sur l'evolution du deficit(Etage 86 réduit)*

3.4 Evaluation de la méthode

L'objectif fondamental de ce travail est le recherche d'une méthode optimal pour le calcul du taux du chlore en tout point du réseau et de résoudre le problème des conduites non accessible à la mesure.

Afin d'évaluer cette méthode, nous avons procéder conformément à un jugement de valeur par comparaison avec des logiciels de simulation hydraulique.

Pour cette raison nous avons choisi pour comparaison un logiciel très populaire dans le domaine hydrique [EPANET].

Et comme ces deux objectifs ne sont pas traiter par les logiciels de simulation hydraulique libre

✓ EPANET 2.0

Ce logiciel présente un module de qualité qui permet de calculer les concentrations en substances chimiques, les temps de séjour de l'eau dans différentes parties du réseau. Il permet également de suivre l'origine de l'eau. L'utilisation de ce module qualité nécessite un calage hydraulique préalable. Pour ce faire il est demandé de saisir les données concernant tous les conduites qui sont :

Coefficient de réaction dans la masse de l'eau.

Coefficient de réaction aux parois.

Pour calculer :

Le débit.

La vitesse d'écoulement.

La perte de charge.

- ✓ Le facteur de friction de Darcy-Weisbach.
- ✓ La vitesse moyenne de réaction (le long du tuyau).
- ✓ la qualité moyenne de l'eau (le long du tuyau).

EPANET Suppose que tous les tuyaux sont pleins à tout instant (ce qui n'est pas évident).

La perte de charge peut être calculée en utilisant une de ces trois formules :

- ✓ formule de Hazen-Williams.
- ✓ formule de Darcy-Weisbach.

✓ formule de Chezy-Manning

Chaque formule utilise un coefficient de rugosité différent qui doit être déterminé empiriquement, d'où le problème du choix de la formule.

La formule de Hazen-Williams est la formule de perte de charge la plus utilisée aux États-Unis. Elle ne peut pas être utilisée pour des liquides autres que l'eau et a été initialement développée uniquement pour les écoulements turbulents. La formule de Darcy-Weisbach est théoriquement la plus correcte et est la plus largement utilisée en Europe. Elle s'applique à tous les régimes d'écoulement et à tous les liquides. La formule de Chezy-Manning est généralement utilisée pour les écoulements dans les canaux découverts et pour les grands diamètres. La formule de Darcy-Weisbach est sélectionnée par défaut [Manuel Epannet 2.0].

Chaque formule utilise l'équation suivante pour calculer la perte de charge entre les n.uds de début et de fin du tuyau :

$$h_i = A. q^B \quad (13)$$

L'avantage de Notre méthode c'est qu'il survole tous ces problèmes du choix du coefficient de rugosité et optimise les moyens matériels et humains et propose une méthode très simple pour optimiser le temps et le cout au même temps.

4. Conclusion

L'étude des lois qui régissent les phénomènes de dégradation de la qualité d'eau dans les réseaux de distribution urbains, nous a permis d'élaborer un modèle mathématique capable d'évaluer la teneur en chlore en tout point de ce réseau d'une manière optimale. Cependant, la fiabilité de cet outil de simulation réside dans l'efficacité d'estimation de la constante cinétique de dégradation du chlore. Par ailleurs, ce paramètre dépend de la qualité physico-chimique et microbiologique de l'eau en distribution ainsi que de l'état des conduites (nature des canalisations, âge de mise en service et leur diamètre). Devant l'incapacité d'identification de ce coefficient pour chaque conduite, nous avons opté pour une classification automatique des conduites en se basant essentiellement sur leurs indices de similarité. Ainsi, nous avons réduit la complexité du problème, en affectant à chaque conduite, non accessible à la mesure, le meilleur coefficient de dégradation de façon à s'approcher le plus de la structure réelle du réseau. Ceci permet d'affiner les calculs et de prendre également en considération les conduites de faibles diamètres, là où la dégradation est intense. Ainsi, nous mettrons à la disposition des utilisateurs un outil fiable et performant. L'outil ainsi conçu offre à l'utilisateur une image instantanée de la chloration du réseau. Celle-ci a permis d'une part la réduction des coûts de mesures (réactifs, prélèvements, déplacements), et d'autre part la mise en évidence des secteurs critiques où la concentration de chlore est en dessous des normes sanitaires internationales. Enfin, cet outil de simulation constituera le noyau de base de la recherche optimale des emplacements des stations intermédiaires de chloration, objet du chapitre suivant, dans le but de maintenir en permanence une concentration tolérable de chlore en tout point du réseau.

DEUXIEME PARTIE
OPTIMISATION DES
EMPLACEMENTS DES
STATIONS INTERMEDIAIRES

1. Introduction

1.1 Introduction au problème

La conservation des ressources « eau potable » en termes de qualité devient de nos jours une préoccupation majeure pour les établissements de distribution en eau potable [SIBILLE. 1997]. Cependant, le réseau d'eau potable est le siège de multiples sources de contaminations, en particulier bactériennes. A une dose insuffisante, la desserte d'une eau de bonne qualité n'est pas garantie. Il présente aussi l'inconvénient de produire des substances sapides, source de plaintes du public sur les goûts et odeurs lorsqu'il est en excès [MONTEIL et al. 2004] Ainsi, la préservation de la qualité acquise dans les stations de traitement, avant sa distribution, nécessite le maintien en permanence, d'un taux résiduel de chlore en tout point du réseau. Ceci n'est possible, dans la plupart des cas, que si on prévoit des injections de chlore dans différents points du réseau grâce à des stations de chloration intermédiaires. Vu le coût important de la mise en place de telles stations [ONEP.97], la minimisation du nombre de ces stations et le choix optimal de leurs emplacements s'imposent. Afin de répondre à ces deux critères, nous avons développé un outil d'optimisation capable de proposer des solutions judicieuses pour minimiser à la fois et le nombre de nœuds déficitaires et le nombre de stations à implanter.

Dans ce chapitre nous présenterons les techniques retenues pour une telle entreprise. Nous avons opté pour les techniques de la programmation dynamique et de la théorie des graphes dans la recherche optimale des emplacements des stations intermédiaires de chloration. Une étude comparative de ces deux approches permettra de retenir la plus adaptée à notre problème. Nous terminerons par une présentation de l'outil d'aide à la décision.

1.2 Objectifs de l'optimisation

1.2.1 Définition

Le problème d'optimisation consiste, étant donnée une fonction :

f_S ————— ➡ à trouver :

- 1) son minimum v (respectivement. son maximum) dans S
- 2) un point $x_0 \in S$ qui réalise ce minimum (respectivement. maximum) i.e. $f(x_0) = v$.

Vocabulaire

- f est la fonction objectif
- v est la valeur optimale

- x_0 est la solution optimale
- $S = \{\text{solutions réalisables du problème}\}$
- écriture du problème : $\min_{x \in S} f(x)$ resp. $\max_{x \in S} f(x)$

L'optimisation intervient dans de nombreux domaines :

- en recherche opérationnelle (problème de transport, 'économie, gestion de stocks...)
- en analyse numérique (approximation/résolution de systèmes linéaires, non linéaires...)
- en automatique (modélisation de systèmes, filtrage...)
- en ingénierie (dimensionnement de structures, conception optimale de systèmes (réseaux, ordinateurs...))

1.3 Problématique

L'optimisation des emplacements des stations de chloration intermédiaires à l'intérieur d'un réseau urbain de distribution d'eau potable vise deux objectifs principaux à savoir réduire au minimum le nombre de nœuds déficitaires en chlore ainsi que le nombre de stations à implanter.

Le réseau de la Wilaya compte un ensemble de stations déjà implantées (8 à Rabat et une à Salé qui procèdent à une augmentation et non à une régulation de la concentration du chlore sur les conduites qui les portent. Ceci déplace, donc, le problème d'excès de chlore du voisinage des réservoirs au voisinage de ces stations [Dupont86]. Souvent l'impact de ces stations, sur la distribution de chlore dans le réseau, est réduit à cause du choix de leurs emplacements. Effectivement, ce choix se faisait d'une manière intuitive, ce qui n'apporte au problème qu'une solution souvent locale. En effet, une position n'est optimale que lorsque certains critères de validité sont satisfaits :

- **Zone stable** par rapport à l'état de fonctionnement du réseau. En effet, suivant l'état hydraulique du réseau, le sens d'écoulement dans certaines conduites peut changer. De telles conduites ne sont, donc, pas aptes à porter une station de chloration.
- **Zone de service** étendu, implique que le degré d'influence du nœud en amont à la station doit être le plus élevé possible.
- **Le recouvrement** doit être le plus faible entre les zones de services des stations déjà implantées.

- Disponibilité du terrain pour la réalisation de la station de chloration retenue.

La zone de service d'une station de chloration intermédiaire correspond à la zone du réseau qui comprend l'ensemble des nœuds desservit directement ou indirectement par le nœud juste en aval à la station. Alors que, le degré d'influence d'un nœud représente le nombre de nœuds qu'il dessert directement ou indirectement dans le réseau. Le manque d'efficacité de certaines stations déjà implantées est compensé par une augmentation de la concentration de chlore au niveau des réservoirs. En effet, le contrôle à la sortie d'un ensemble de réservoirs, tableau (7), a montré que la teneur en chlore fluctue entre (0,5mg/l et 1,4 mg/l).

Réservoir capacité (m3)	Chlore minimal (mg/l)	Chlore maximal (mg/l)
Réservoir 30 000	0,5	1,2
Château 1000	0,6	1,4
Réservoir 15 000	0,6	1,2
Château 600	0,6	1,2

Tableau (7)

Cependant, il a été convenu que la teneur en chlore à la sortie des sources d'alimentation, Réservoirs et châteaux d'eau, soit fixée à 0,6(mg/l) du faite que la saveur du chlore dans l'eau devient apparente au-delà de cette valeur. Pour éviter une augmentation excessive de la concentration de chlore au niveau des réservoirs, et par conséquent ne pas nuire à la saveur de l'eau distribuée, il faut prévoir des injections de chlore à l'intérieur du réseau. Le choix de leur emplacement doit respecter l'ensemble des critères précités.

2. Matériels et Méthodes

2.1 Méthodes de l'optimisation

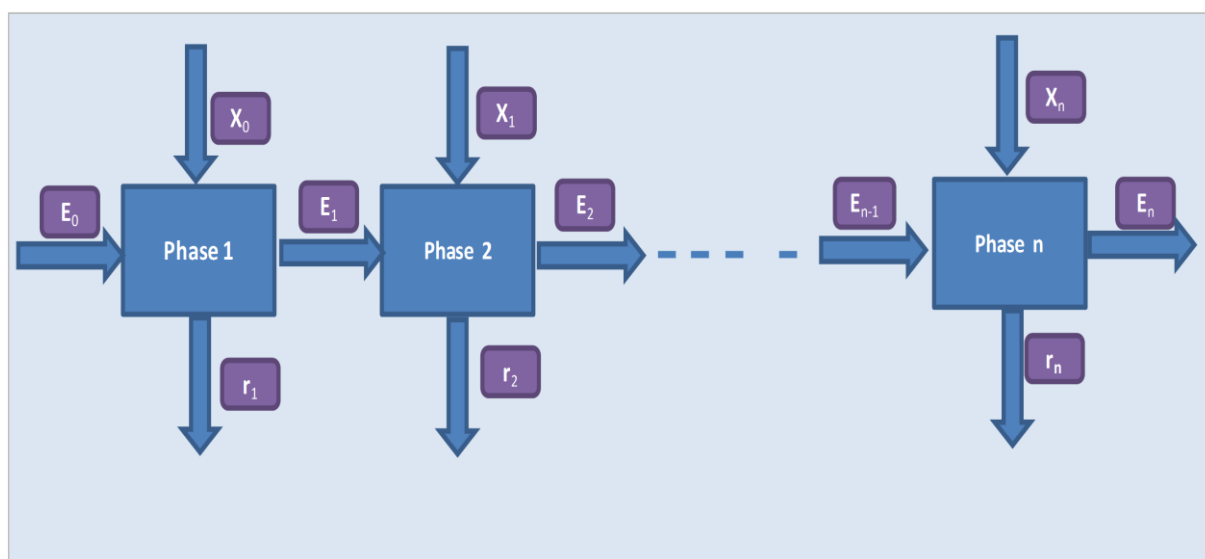
Le principe de l'optimisation consiste à affecter à chaque conduite une fonction coût qui correspond au nombre de nœuds déficitaires restants en supposant que cette conduite porte une station de chloration. Grâce au module de simulation, nous calculons la fonction coût pour chacune des conduites du réseau. Lorsque cette distribution est connue, nous retenons la ou les canalisations qui possèdent le coût minimum. Ces conduites seront candidates à l'implantation de station de chloration. Cependant, si ce coût minimal est non nul, alors on procède d'abords au choix d'un emplacement parmi ceux proposés. Ensuite, comme la mise

en service d'une station de chloration modifie totalement ou partiellement la distribution de chlore dans le réseau, nous procédons donc par étape. Et nous tenons compte de chaque position retenue dans les simulations ultérieures. Il s'agit donc du principe de la programmation dynamique [Faure.76].

2.1.1 Programmation dynamique

La programmation dynamique est appliquée souvent aux problèmes d'optimisation qui peuvent être formulés sous forme de séquences de décisions [Belman.54]. En effet, lorsqu'un problème est décomposable en n phases figure (16), où chaque étape est caractérisée par :

- ✓ Son vecteur d'état d'entrée E_{i-1} représente l'état du système étudié ;
- ✓ Son vecteur de décision X_i exprime les décisions intervenant à la phase i ;
- ✓ Sa fonction de transfert T_i donne le vecteur de sortie $E_i = T_i(E_{i-1}, X_i)$;
- ✓ Sa fonction de retour R_i élabore le résultat r_i des décisions prises à l'étape i , $r_i = R_i(E_{i-1}, X_i)$.



Figure(16) : Décomposition d'un problème

Le problème d'optimisation revient, donc, à chercher les décisions $X_1, X_2, \dots, X_n$ conduisant à l'optimum d'une fonction globale de retour R , à valeurs réelles, elle-même dépendant des fonctions de retours de chaque phase :

$$\text{OPT}_{X_1, X_2, \dots, X_n} R[r_1(E_0, X_1), r_2(E_1, X_2), \dots, r_n(E_{n-1}, X_n)] \quad (14)$$

Comme R est une fonction décomposable, il existe deux fonctions R_1 et R' telle que :

$$\mathbf{R} = \mathbf{R1}[\mathbf{r1}(\mathbf{E0}, \mathbf{X1}), \mathbf{R'}[\mathbf{r2}(\mathbf{E1}, \mathbf{X2}), \dots, \mathbf{rn}(\mathbf{En} - 1, \mathbf{Xn})]] \quad (15)$$

R' se décompose à nouveau en R2 et R'2, et ainsi de proche en proche, grâce au théorème d'optimalité [Kaufman.72], l'optimisation de la fonction globale R est ramenée à la solution suivante :

$$OPT_{x1} R = OPT_{x1} \mathbf{R1}[\mathbf{r1}(\mathbf{E0}, \mathbf{X1}), OPT_{x2} \mathbf{R2}[\mathbf{r2}(\mathbf{E1}, \mathbf{X2}), \dots, OPT_{xn} \mathbf{Rn}[\mathbf{rn}(\mathbf{En} - 1, \mathbf{Xn})] \dots] \quad (16)$$

Où $E_i \in E_i^{\wedge}$ l'espace des vecteurs d'état admissibles à la phase i, et $X_i \in X_i^{\wedge}$ l'espace des Vecteurs de décisions admissibles à la phase i, et ne dépendant que de l'état E_{i-1} : $X_i \in X_i^{\wedge}(E_{i-1})$.

2.1.1.1 Mise en œuvre pratique

A partir du calcul de la distribution de chlore dans le réseau, nous identifions les nœuds déficitaires et leur nombre. L'emplacement d'une station de chloration qui permet de réduire ce nombre est obtenu en associant à chacune des conduites le nombre de nœuds déficitaires correspondant. Lorsque, toutes les conduites sont testées, nous retenons les positions (conduites) qui donnent le minimum de nœuds déficitaires.

a) Identification

Pour les besoins de la mise en œuvre de cette approche d'optimisation, nous procéderons à l'identification des différents paramètres du système représenté dans la figure (16) :

- ✓ les états (E_i) représentent les informations relatives au réseau (conduites, nœuds, consigne de régulation au niveau des réservoirs et le seuil minimum au-dessous duquel un nœud est déclaré déficitaire) ;
- ✓ les décisions (X_i) sont les emplacements possibles d'une station de chloration dans le réseau (toutes les conduites, sauf celles qui en possèdent déjà une et celles qui ont pour extrémité les réservoirs) ;
- ✓ les fonctions de retours (r_i) proposent les emplacements optimaux ;
- ✓ les fonctions de transfert (T_i) calculent la distribution de chlore dans le réseau.

b) Algorithme d'optimisation

L'algorithme élaboré à la base de la programmation dynamique est le suivant :

Début

Tclini ; /* Taux de chlore initial au niveau des réservoirs */

Tclmin ; /* Taux de chlore minimal au-dessous duquel un nœud est déclaré déficitaire */

Répéter

X : emplacements possibles d'une station ;

Total Conduites $\leftarrow$ ombre des conduites de X ;

K $\leftarrow$ 0 ;

Simulation(0) ; /* distribution initiale du chlore */

Coût $\leftarrow$ Coût(0) ; /* coût(0) : nombre initial de noeuds déficitaires */

Répéter

K $\leftarrow$ K+1 ;

Initialiser « noeuds » et « conduites » ;

Simulation(k) ; /* chloration avec station sur la conduite K */

Coût (K) $\leftarrow$ Nombre de Noeuds Déficitaires Restants ;

Jusqu'à (K $\geq$ Total Conduites) ;

Coût $\leftarrow$ min (Coût(K)) ;

Afficher les emplacements optimaux ; /* les conduites k dont coût(k) = coût */

Si Coût > 0 alors /* Il reste encore des noeuds déficitaires */

Fixer une station optimale /* choisir un parmi les emplacements proposés */

Jusqu'à (Coût = 0) ;

Fin

Où :

Tclini: représente le taux de chlore à la sortie des points d'alimentation (réservoirs, puits et stations existantes).

Tclmin : est le taux de chlore minimal au-dessous duquel un nœud est déclaré déficitaire.

Simulation(k) : calcul de la distribution du chlore en supposant qu'une station de chloration existe sur la conduite k.

Coût(k): correspond au nombre de nœuds déficitaires restant après l'implantation d'une station de chloration sur la conduite k.

Comme nous pouvons le constater, l'inconvénient majeur de la programmation dynamique est le fait d'effectuer le test d'implantation sur l'ensemble des conduites. Ceci engendre des itérations inutiles et par conséquent un temps de calcul plus important. Comme le réseau de distribution d'eau, en régime de pointe, est un graphe orienté, nous avons jugé nécessaire d'améliorer notre outil d'optimisation en lui associant les techniques de la théorie des graphes.

2.1.2 Théorie des graphes

La théorie des graphes permet de représenter efficacement et avec une grande simplicité la structure d'un grand nombre de situations [Gondran et al.79]. Les exemples les plus fréquents sont les représentations des réseaux de télécommunication, routiers, de chemin de fer, électrique de distribution d'eau potable [LABELLE. J.81].

2.1.2.1 Définitions

Un graphe $G=[X,U]$ est caractérisé par l'ensemble X des sommets ou nœuds et par l'ensemble U des couples ordonnés de sommets appelés arcs. Si $u(i, j)$ est un arc de G , i et j sont respectivement l'extrémité initiale et l'extrémité terminale de u . Graphiquement, les sommets peuvent être représentés par des points et la conduite $u(i, j)$ sera représentée par une flèche joignant les deux points i et j . Le nombre N de sommets (nœuds) d'un graphe G

Représente son ordre. La figure(17), représente un graphe à cinq sommets (1, 2, 3, 4, 5) et six arcs [$u_1=(1,2)$, $u_2=(1,3)$, $u_3=(2,5)$, $u_4=(2,4)$, $u_5=(3,5)$, $u_6=(4,3)$].

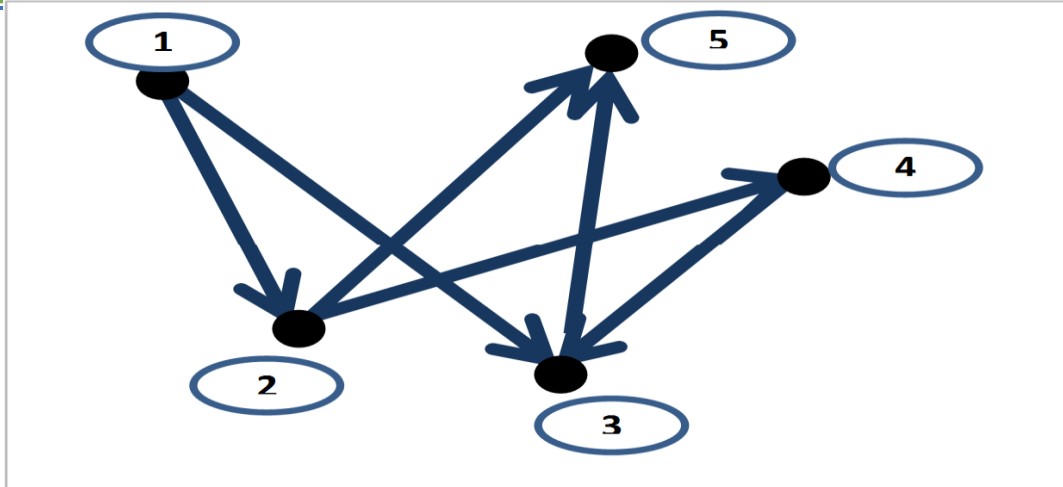


Figure (17) : Exemple de graphe orienté

Le nœud j est le successeur de i , s'il existe un arc d'origine i et ayant j comme extrémité terminale. Dans ce cas, le nœud i est le prédécesseur du nœud j

Un chemin de longueur q est défini comme étant une séquence de q arcs :

$P = \{u_1, u_2, \dots, u_q\}$ Avec : $u_1 = (i_0, i_1)$, $u_2 = (i_1, i_2)$ $u_q = (i_{q-1}, i_q)$. Le sommet i_0 est l'extrémité initiale (nœud de départ) du chemin P ; et le sommet i_q est l'extrémité terminale (nœud d'arrivée) du chemin P .

a) Descendant et Ancêtre d'un nœud

$$\Gamma_i = i \cup \Gamma_i^1 \cup \Gamma_i^2 \cup \Gamma_i^3 \cup \Gamma_i^4 \cup \dots \dots \dots \Gamma_i^{N-1}$$

- L'ensemble Γ des **descendants** de i , où :

Γ_i^K représente l'ensemble des sommets que l'on peut atteindre à partir du sommet i par des chemins ayant exactement k arcs.

- L'ensemble Γ_i^{-1} des **ancêtres** de i est l'ensemble des sommets à partir desquels on peut atteindre le sommet i à travers des chemins de k arcs ($1 \leq k \leq N-1$).

Le graphe de la figure (17) possède comme descendants du nœud 1 et 2 :

$$\Gamma_1 = \{2, 4, 3, 5\}, \Gamma_2 = \{1, 2, 3, 4, 5\} ;$$

Et comme ancêtres des nœuds 4 et 5 :

$$\Gamma_4^{-1} = \{4, 2, 1\}, \Gamma_5^{-1} = \{5, 2, 3, 1, 4\}.$$

b) Représentations d'un graphe

Pour décrire un graphe G , deux représentations peuvent être utilisées. D'abord par la matrice d'adjacence ou encore à l'aide de la matrice d'incidence sommets-arcs.

i- Matrice d'adjacence

La matrice d'adjacence (ou matrice d'incidence sommets-sommets) est une matrice A à coefficients 0 ou 1 :

$A = (A_{ij}) / i=1, \dots, N$, et $j = 1, \dots, N$ (N étant le nombre de sommets).

Où chaque ligne et colonne correspond à un sommet du graphe $G=[X, U]$, avec :

$A_{ij} = 1$ si et seulement si : $u_{i,j} \in U$ ($A_{ij} = 0$ sinon).

La représentation du graphe de la figure (17) à l'aide de cette matrice donne :

$$\begin{matrix} & \begin{matrix} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \end{matrix} \\ \begin{matrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \end{matrix} & \begin{pmatrix} 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \end{matrix}$$

Cependant, cette représentation présente l'inconvénient de représenter uniquement des 1-graphes (orientés). En effet, cette représentation se trouve inopérante lorsqu'il existe dans le réseau deux nœuds qui sont reliés par au moins deux conduites différentes.

ii- Matrice d'incidence sommets-arcs

La matrice d'incidence sommets-arcs d'un graphe $G=[X, U]$ est une matrice $A = (a_{ij})$, $i = 1, \dots, N$, (N étant le nombre de sommets) et $j = 1, \dots, M$ (M est le nombre d'arcs), à coefficient entiers 0, +1, -1 telle que chaque colonne correspond à un arc de G , et chaque ligne à un sommet de G ; si $u(i, j) \in U$, la colonne u_j a tous ses termes nuls, sauf :

$A_{iu} = +1$ (si i est l'extrémité initiale de u)

$A_{ju} = -1$ (si j est l'extrémité terminale de u)

Exemple : la matrice d'incidence sommets-arcs du graphe de la figure (IV-2) est :

$$\begin{array}{c}
 . \quad U1 \quad U2 \quad U3 \quad U4 \quad U5 \quad U6 \\
 \begin{array}{c} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \end{array} \left(\begin{array}{cccccc} +1 & +1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & +1 & +1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 & +1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & +1 \\ 0 & 0 & -1 & 0 & -1 & 0 \end{array} \right)
 \end{array}$$

Une amélioration de cette représentation consiste à définir deux vecteurs $\alpha()$ et $\beta()$ de dimension M (M est le nombre d'arcs). Pour chaque arc ($u=1, \dots, M$), $\alpha(u)$ représente l'extrémité initiale et $\beta(u)$ l'extrémité terminale. L'exemple du graphe de la figure (IV-2), donne :

- $\alpha (1, 1, 2, 2, 3, 4).$
- $\beta (2, 3, 5, 4, 5, 3).$

Remarquons que, contrairement à la matrice d'adjacence, cette représentation permet de décrire parfaitement n'importe quel graphe. Ainsi, nous avons adopté cette représentation pour décrire le réseau de distribution d'eau potable.

2.1.2.2 Mise en œuvre pratique

L'algorithme, basé sur la programmation dynamique, teste toutes les configurations possibles, en simulant une station de chloration sur chaque conduite du réseau. Ces tests permettent de retenir les meilleures configurations qui minimisent le nombre de nœuds déficitaires sur le réseau. Cependant, il présente l'inconvénient, lorsque le réseau est très dense, d'avoir un temps de réponse élevé [Elbelkacemi et al.99]. En effet, dans l'exemple d'illustration suivant :

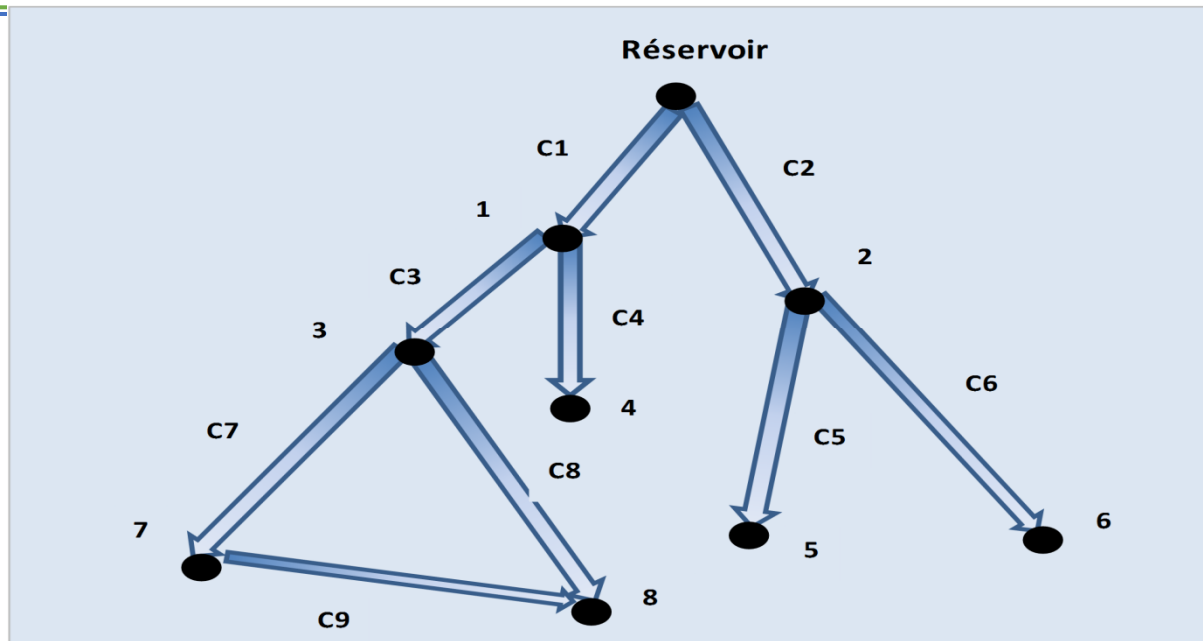


Figure (18) : Exemple d'un réseau de distribution d'eau

On suppose que le nœud 7 est le seul nœud déficitaire. Les tests d'installation d'une station de chloration sur l'une des conduites C2, C4, C5 ou C6, vu la structure du réseau de la figure précédente, n'a aucun impact sur la teneur en chlore du nœud 7. Par conséquent, il reste toujours déficitaire. Cependant, l'implantation d'une station de rechloration sur l'une des conduites (C1, C3, C7, C8, C9) corrige le taux de chlore du nœud 7. Les tests doivent donc être effectués uniquement sur les conduites C1, C3, C7, C8, et C9 et non pas sur l'ensemble des conduites du réseau (C1, C2, C3,..., C9).

En effet, cet exemple d'illustration montre que 44% des conduites n'ont aucune incidence sur l'amélioration de la teneur du nœud déficitaire et pourtant ces conduites participent dans le processus de recherche des stations optimales. D'où une perte considérable en temps de réponse de l'algorithme d'optimisation basé uniquement sur les techniques de programmation dynamique. Ce problème se complique davantage lorsque la densité du réseau augmente. Pour améliorer cet algorithme, on a essayé de minimiser le nombre de configurations à tester en se basant sur la théorie des graphes.

La connaissance des ancêtres des nœuds déficitaires devient primordiale, puisqu'elle détermine les conduites pour lesquelles les tests doivent être effectués. Si on se réfère donc au

schéma de la figure (16), dans la nouvelle version du module d'optimisation, seul le vecteur de décision X_i de chaque phase est modifié. X_i devient donc :

L'ensemble des conduites dont les nœuds d'arrivée appartiennent à l'ensemble des ancêtres des nœuds déficitaires présents à la phase i .

Comme le réseau de distribution est un graphe orienté sans cycle, la recherche des ancêtres d'un nœud est effectuée par le module suivant :

Début

(a)- Initialisation

$Anc(k) = \{k\}$ /* **Anc(k)** : ensemble des ancêtres de k */

$Parent(k) = \{k\}$ /* **Parent(k)** : ensemble des nœuds pour lesquels on doit chercher leurs prédécesseurs

Pour l'ajouter à l'ensemble des ancêtres de k

$(Anc(k)).*/$

(b)- Etape fondamentale

Répéter

$i \leftarrow$ premier nœud de $Parent(k)$;

$pred(i) \leftarrow pred(i) - Anc(k)$;

$Anc(k) \leftarrow Anc(k) \cup pred(i)$; /* **pred(i)** : ensemble des prédécesseurs du nœud i . */

$Parent(k) \leftarrow (Parent(k) - \{i\}) \cup pred(i)$;

Jusqu'à $(Parent(k) = \emptyset)$

Fin

Remarque : l'ensemble des prédécesseurs d'un nœud i ($pred(i)$) ne doit pas contenir des réservoirs ou des nœuds justes en aval aux stations de chloration. En effet, la remontée dans le graphe s'arrête lorsqu'on rencontre un réservoir ou une station.

Exemple : Considérons l'exemple de la figure (18). La procédure de recherche des ancêtres donne pour $k = 7$.

(a) $Anc(7) = \{7\}$, $Parent(7) = \{7\}$

(b) $i = 7$, $pred(7) = \{3, 8\}$, $Anc(7) = \{7, 3, 8\}$, $Parent(7) = \{3, 8\}$

(b) $i = 3$, $pred(3) = \{1\}$, $Anc(7) = \{7, 3, 8, 1\}$, $Parent(7) = \{8, 1\}$

(b) $i = 8$, $pred(8) = \square$, $Anc(7) = \{7, 3, 8, 1\}$, $Parent(7) = \{1\}$

(b) $i = 1$, $pred(1) = \square$, $Anc(7) = \{7, 3, 8, 1\}$, $Parent(7) = \square$.

L'algorithme d'optimisation basé sur la théorie des graphes devient :

Début

Tclini ; Tclmin

Répéter

Simulation(0) ; /* distribution initiale du chlore */

Ancêtre $\leftarrow \cup \text{Anc}(i)$ /* Anc(i): fonction qui retourne l'ensemble

i : noeud déficitaire des ancêtres du noeuds i */

X $\leftarrow \text{conduct}(\text{Ancêtre})$; /* Conduct() : retourne les conduites qui ont pour noeuds d'arrivée les éléments de Ancêtre */

Répéter

K $\leftarrow$ premier conduite de X ;

Initialiser « noeuds » et « conduites » ;

Simulation(k) ; /* chloration avec station sur la conduite K */

Coût (K) $\leftarrow$ nombre de noeuds déficitaires restants ;

X $\leftarrow$ X-{K} ;

Jusqu'à (X = $\emptyset$) ;

Coût $\leftarrow \min (\text{Coût}(K))$;

Afficher les emplacements optimaux ; /* les conduites k dont coût(k) = coût */

Si Coût $\neq 0$ alors /* Il reste encore des noeuds déficitaires */

Fixer une station optimale /* choisie à partir de la liste des emplacement optimaux proposés*/

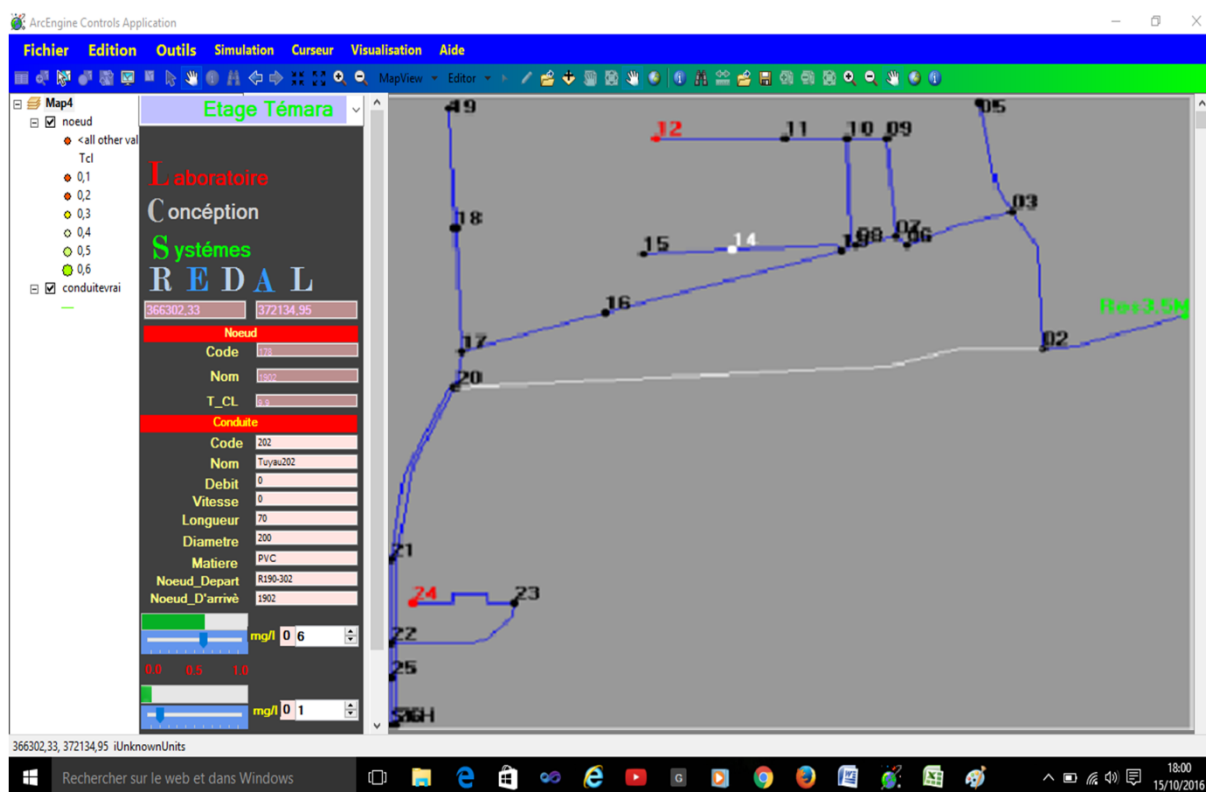
Jusqu'à (Coût = 0) ;

Fin



3. Résultats et discussions

Pour pouvoir tester les performances de ces deux approches, nous avons greffé sur l'outil de simulation de la distribution de chlore, le module d'optimisation dont l'exécution bascule sur l'une des deux méthodes. Nous avons effectué ces tests sur des sites réels du réseau de distribution de la Wilaya de Rabat-Salé (REDAL). Pour la présentation des résultats, nous avons choisi volontairement deux étages de densité différente. Le premier peu dense est le réseau du centre urbain de la ville de Témara, le deuxième plus dense est celui de l'étage 61 relatif aux quartiers de la médina, des orangers et de l'océan. L'étage 61 est alimenté par les réservoirs d'agdal



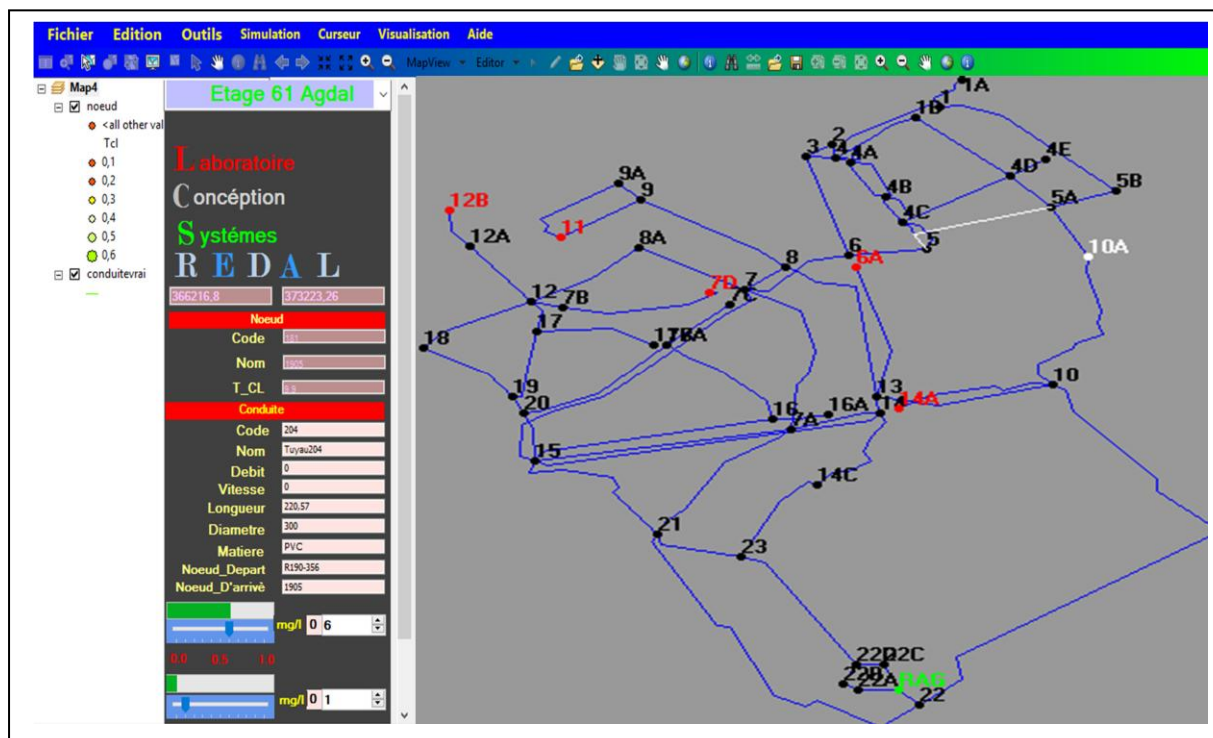


Figure (19) : Les deux étages représentés par notre Outil d'Aide à la Décision

3-1 Influence des paramètres d'entrée sur les résultats d'optimisation

La distribution de chlore et par conséquent le nombre de nœuds déficitaires dans un réseau dépend d'abord de la concentration de chlore injectée au niveau des réservoirs de stockage (consigne) et ensuite de la concentration seuil au-dessous de laquelle un nœud est déclaré déficitaire. Nous avons étudié, dans les deux étages, l'impact de ces deux facteurs sur l'évolution du nombre de nœuds déficitaires. Les résultats obtenus, à l'aide de l'outil de simulation, sont représentés sur les figures (20) , (21) , (22) , (23):

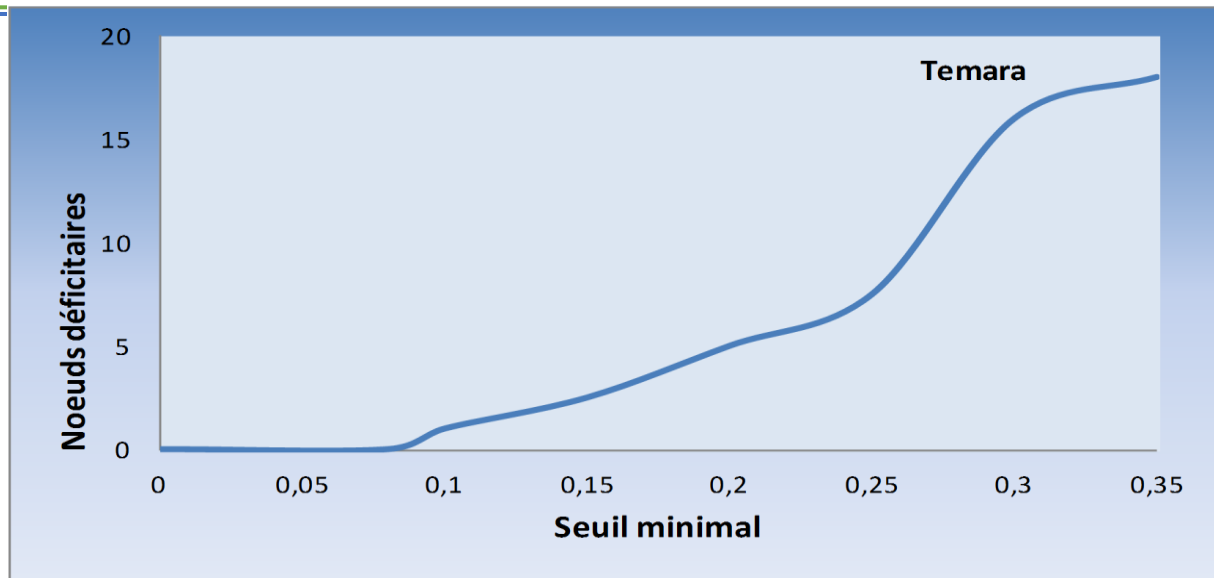


Figure (20) : Nombre de nœuds déficitaires en fonction du seuil minimal sur temara

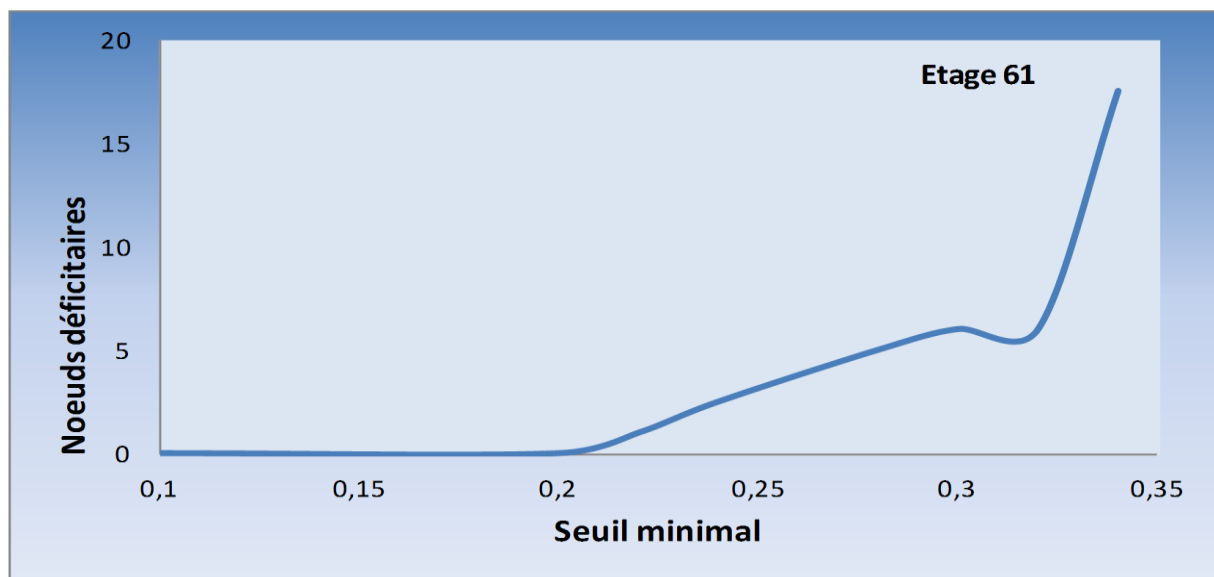


Figure (21) : Nombre de nœuds déficitaires en fonction du seuil minimal sur l'étage 61.

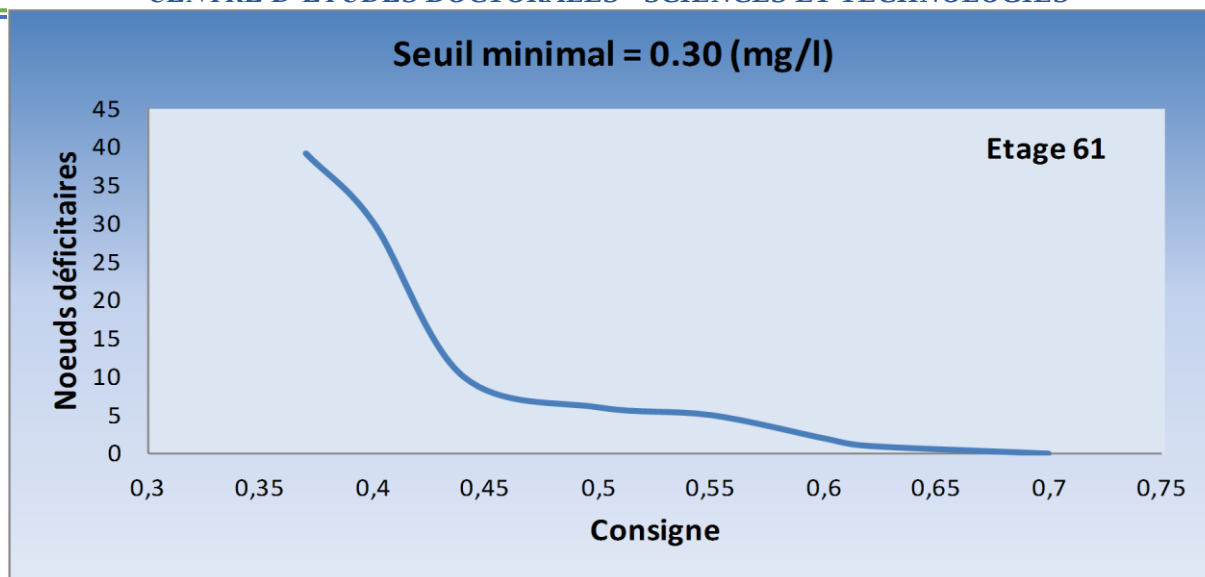


Figure (22) : Nombre de nœuds déficitaires en fonction de la consigne sur l'étage 61.

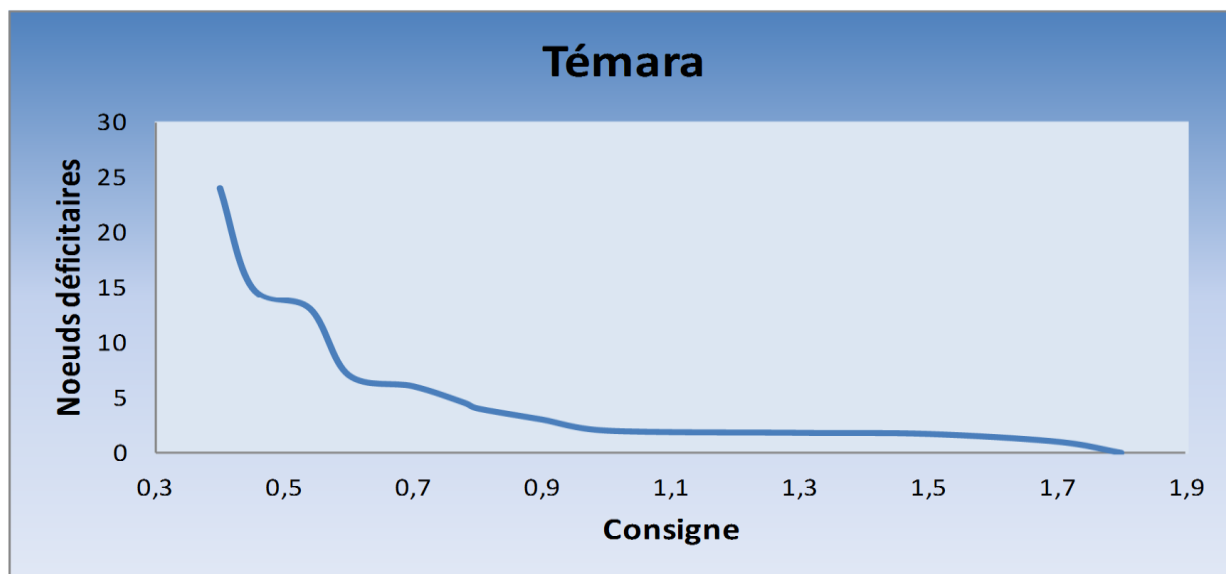


Figure (23) : Nombre de nœuds déficitaires en fonction de la consigne sur Témara.

Il est claire d'après ces courbes que :

- ✓ le nombre de nœuds déficitaires augmente lorsque d'une part le seuil minimal augmente et d'autre part lorsque la valeur de la consigne diminue.

D'après l'analyse de ces résultats la première idée qui vient à l'esprit pour réduire le nombre de nœuds déficitaires est d'augmenter la consigne au niveau des réservoirs de stockage.

Cette solution simpliste est à écarter puisque comme nous pouvons le constater dans le cas de

l'étage de Témara, cette déficience ne disparaît que lorsque la valeur de la consigne est trois fois plus importante que la normale. Ceci, affecte lourdement le goût et la saveur de l'eau au voisinage des points d'injection. Désormais, l'installation de stations intermédiaires de chloration est la meilleure solution à ce problème critique. Les résultats de recherche optimale à l'aide des deux approches montrent que la méthode basée sur les techniques de la théorie des graphes, améliore considérablement le temps de réponse du module d'optimisation. En effet, la figure (24) montre que le temps de réponse de l'algorithme basé sur la programmation dynamique ne dépend pas du nombre de nœuds déficitaires et que l'écart se creuse lorsque ce nombre devient de moins en moins important. La densité d'un réseau influence également l'écart des temps de réponse des deux approches, comme le montre (la figure (25)).

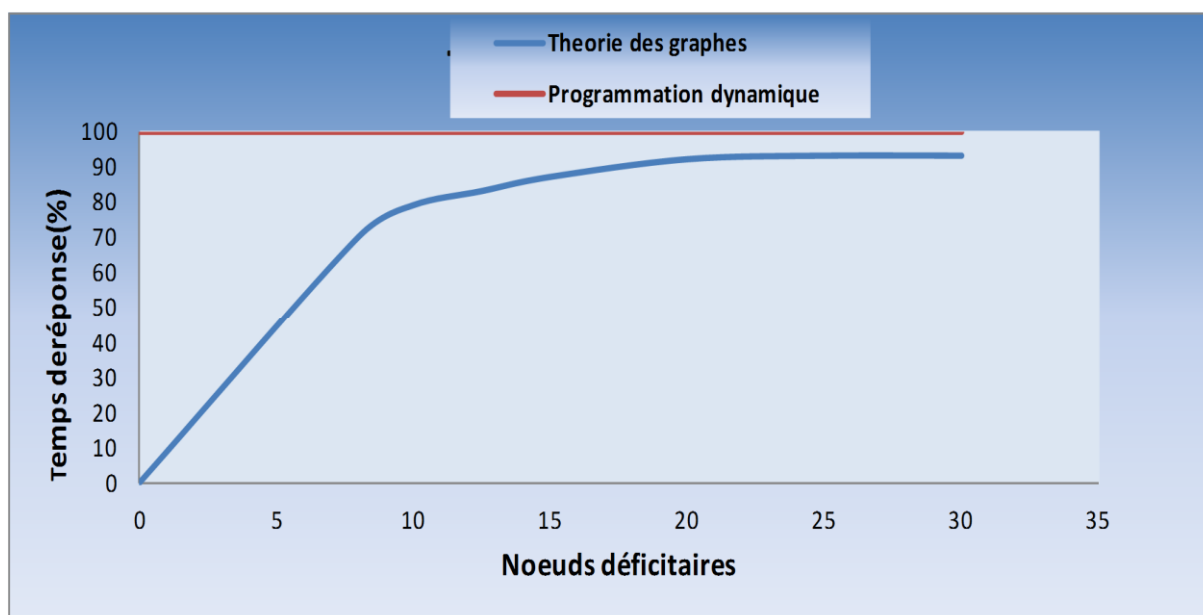


Figure (24) : Temps de réponse en fonction nombre de nœuds déficitaires

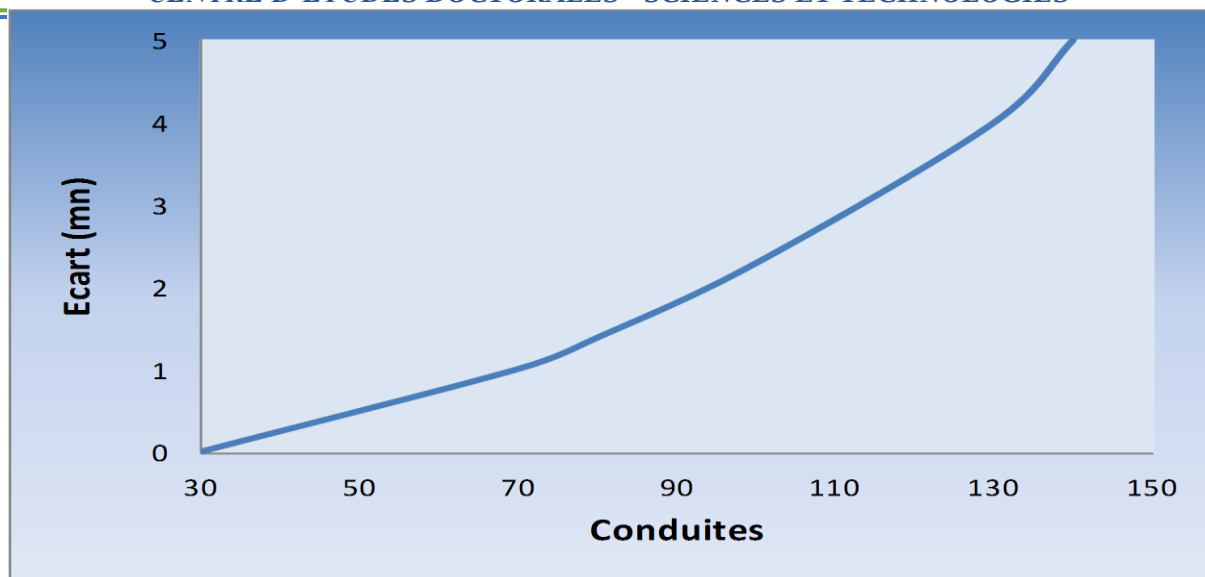


Figure (25) : Ecart des temps de réponse en du fonction des nombres de conduites

Les résultats des tests relatifs à ces deux étages sont regroupés dans les tableaux suivants :

Itération	Consigne (mg/l)	Seuil min. (mg/l)	Nb. Déficit	Nb. Déficit. Restants	Correction (i, i-1)%	Correction (i, 0) %	Prog. Dyna. (min)	T. graphes (min)	Ecart (min)	Amélioration Temps
1	0.5	0.35	18	44.4	1.52	1.39	0.13	1.39	0.13	9%
2	0.5	0.35	10	40.0	1.52	1.16	0.36	1.16	0.36	24%
3	0.5	0.35	6	33.3	1.52	0.85	0.67	0.85	0.67	44%
4	0.5	0.35	4	5.0	1.52	0.65	0.87	0.65	0.87	57%
5	0.5	0.35	3	33.3	1.52	0.18	1.34	0.18	1.34	88%
6	0.5	0.35	2	50.0	1.52	0.07	1.45	0.07	1.45	95%
7	0.5	0.35	1	100.0	1.52	0.03	1.49	0.03	1.49	98%

Cout d'optimisation : 7

1	0.5	0.3	5	3	40.0	40.0	1.52	0.84	0.68	45%
2	0.5	0.3	3	1	66.7	80.0	1.52	0.62	0.9	59%
3	0.5	0.3	1	0	100.0	100.0	1.52	0.06	1.46	96%

Cout d'optimisation : 3

1	0.45	0.3	8	6	25.0	25.0	1.52	1.11	0.41	27%
2	0.45	0.3	6	6	25.0	25.0	1.52	1.11	0.41	27%
3	0.45	0.3	4	6	25.0	25.0	1.52	1.11	0.41	27%
4	0.45	0.3	3	6	25.0	25.0	1.52	1.11	0.41	27%
5	0.45	0.3	2	6	25.0	25.0	1.52	1.11	0.41	27%
6	0.45	0.3	1	6	25.0	25.0	1.52	1.11	0.41	27%

Cout d'optimisation : 6

1	0.4	0.3	28	16	42.9	42.9	1.52	1.45	0.07	5%
2	0.4	0.3	16	9	43.8	67.9	1.52	1.17	0.35	23%
3	0.4	0.3	9	6	33.3	78.6	1.52	0.69	0.83	55%
4	0.4	0.3	6	5	16.7	82.1	1.52	0.35	1.17	77%
5	0.4	0.3	5	4	20.0	85.7	1.52	0.29	1.23	81%
6	0.4	0.3	4	3	25.0	89.3	1.52	0.25	1.27	84%

CENTRE D'ETUDES DOCTORALES - SCIENCES ET TECHNOLOGIES

7	0.4	0.3	3	2	33.3	92.9	1.52	0.10	1.42	93%
8	0.4	0.3	2	1	50.0	96.4	1.52	0.07	1.45	95%
9	0.4	0.3	1	0	100.0	100.0	1.52	0.03	1.49	98%

Cout d'optimisation : 9

Tableau(8) : Etage 61

Itération	Consigne (mg/l)	Seuil min. (mg/l)	Nb. Déficit	Nb. Déficit. Restants	Correction (i, i-1)%	Correction (i, 0) %	Prog. Dyna. (min)	T. graphes (min)	Ecart (min)	Amélioration Temps
1	0.6	0.2	2	1	50	50	0.13	0.1	0.03	23%
2	0.6	0.2	1	0	100	100	0.13	0.02	0.11	85%

Cout d'optimisation : 2

Itération	Consigne (mg/l)	Seuil min. (mg/l)	Nb. Déficit	Nb. Déficit. Restants	Correction (i, i-1)%	Correction (i, 0) %	Prog. Dyna. (min)	T. graphes (min)	Ecart (min)	Amélioration Temps
1	0.56	0.2	3	1	67	67	0.13	0.12	0.01	8%
2	0.56	0.2	1	0	100	100	0.13	0.02	0.11	85%

Cout d'optimisation : 2

1	0.56	0.3	8	5	38	38	0.13	0.12	0.01	8%
2	0.56	0.3	5	3	40	63	0.13	0.05	0.08	62%
3	0.56	0.3	3	2	33	75	0.13	0.04	0.09	69%
4	0.56	0.3	2	1	50	88	0.13	0.03	0.10	77%
5	0.56	0.3	1	0	100	100	0.13	0.01	0.12	92%

Cout d'optimisation : 5

Tableau(9) : Etage Témara Bas

Une itération correspond à l'exécution du module d'optimisation. Chaque itération suppose l'implantation d'une station intermédiaire de chloration. Celle ci génère une nouvelle distribution de chlore dans le réseau qui est fonction de la consigne, du seuil de chlore minimal, et du nombre de stations dans le réseau. Chaque itération tient compte du résultat des précédentes itérations et par conséquent tient compte des stations déjà implantées dans le réseau. Il est clair que le nombre de nœuds déficitaires diminue avec le nombre d'itérations du module d'optimisation. En effet, chaque station de rechloration implantée dans le réseau entraîne une augmentation du taux de chlore, et donc une diminution des nœuds déficitaires la figure (26), la figure (27). L'exécution du module d'optimisation est réitérée jusqu'à ce qu'il n'y ai plus de nœuds déficitaires dans le réseau. Ainsi, le nombre de stations implantées est défini comme le *coût d'optimisation* d'un étage, pour un couple (Consigne, Seuil) donné.

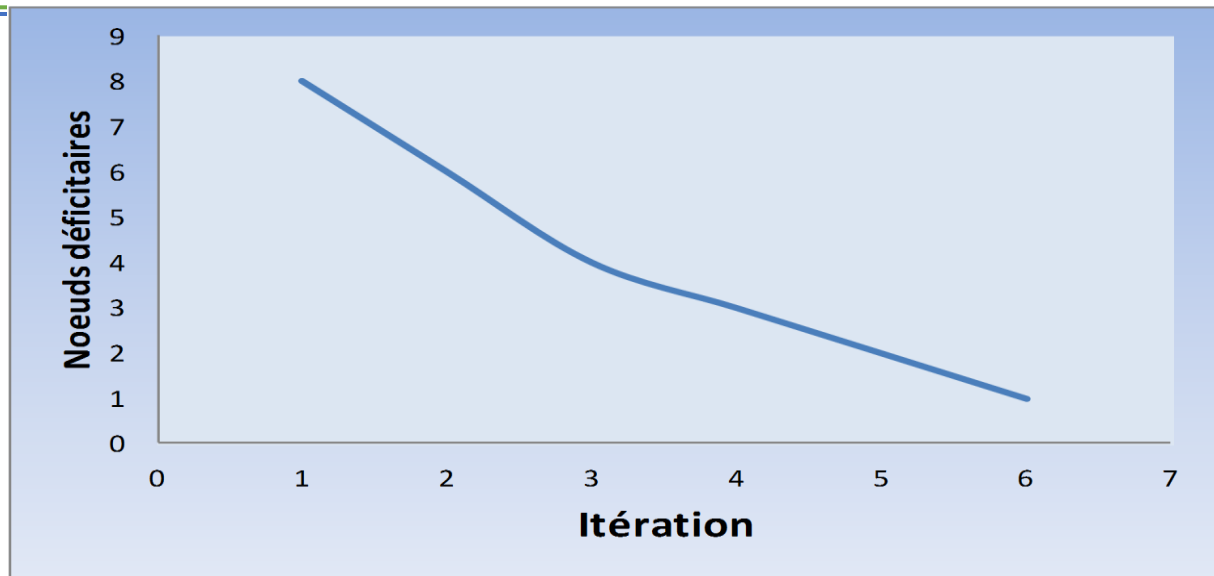


Figure (26): Nombre de nœuds déficitaires

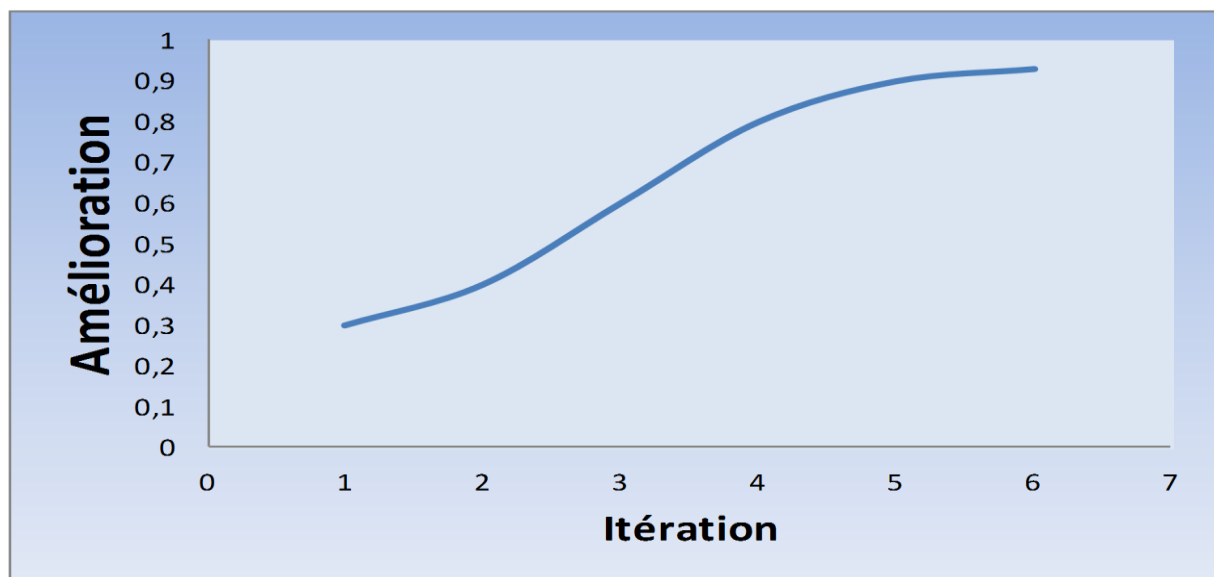


Figure (27) : L'amélioration en fonction des itérations

Chaque station de rechloration possède un degré d'efficacité. Ce degré correspond à la variation du nombre de nœuds déficitaires avant et après la mise en place de l'installation.

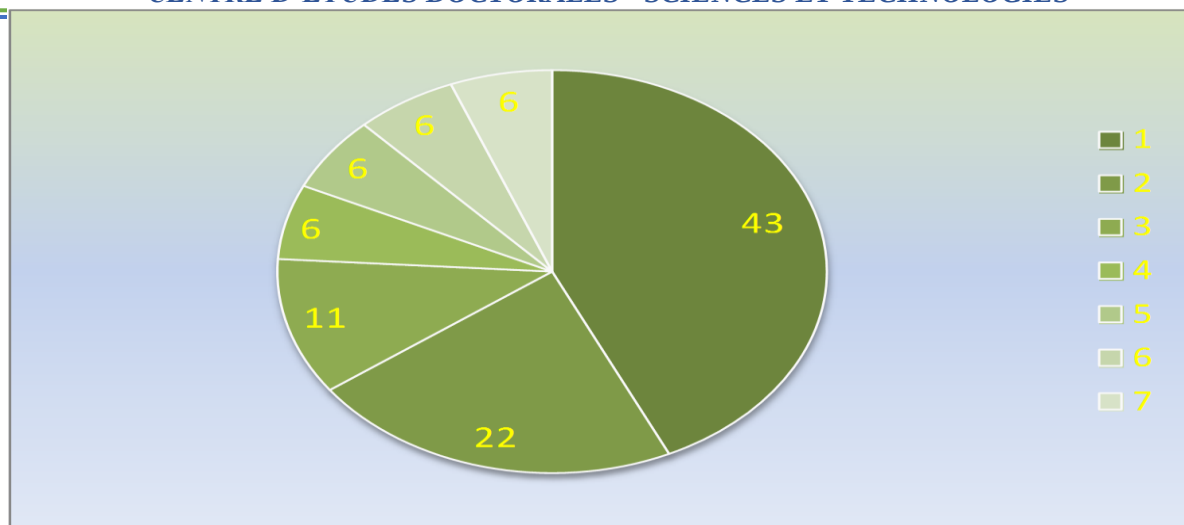


Figure (28) : Degré d'efficacité de chaque station (Etage 61, 0.5mg/l, 0.35mg/l)

L'optimisation des emplacements de stations de chloration à l'intérieur des réseaux de distribution vise principalement à réduire le nombre de nœuds déficitaires en chlore avec le minimum de stations à implanter (coût minimum d'optimisation).

Il ressort de la comparaison des résultats d'optimisation obtenus par les deux approches, la programmation dynamique et la théorie des graphes, que l'apport de la théorie des graphes dans le module d'optimisation est meilleur que celui de la programmation dynamique puisqu'il accélère considérablement la vitesse de recherche de l'outil d'optimisation.

3- 2 Critique de l'existant

Le réseau de la REDAL compte un ensemble de stations déjà implantées (8 à Rabat et une à Salé) l'impact de ces stations, sur la distribution de chlore dans le réseau, est réduit à cause du choix de leurs emplacements. Effectivement, ce choix se faisait d'une manière intuitive, ce qui n'apporte au problème qu'une solution souvent locale.

3.2.1- Etage de pression 61

L'étage 61 est un réseau de distribution desservi par les deux réservoirs d'Agdal de capacité de stockage 3000 m³ chacun. Il est appelé ainsi car le radier de ces réservoirs à une cote altimétrique de l'ordre de 61,23 m. Il permet la desserte en eau potable de la Médina, l'Océan, et les Orangers. Cet étage possède 50 nœuds et 73 arcs.

(Le tableau 10), contient les résultats d'optimisation faites par rapport à deux valeurs du taux de chlore initial (consigne à la sortie du réservoir).

Stations proposées	Tcl-ini=0.6mg/l		Tcl-ini=0.7mg/l	
	Tcl min=0.25	Tcl min=0.3	Tcl min=0.25	Tcl min=0.3
Aucune	2	5	0	0
(9A-11) existe	1	4	0	0

Tableau(10) : Nombre de nœud de déficit sur l'étage 61.

Il ressort du tableau précédent que :

La station portée par l'arc (9A-11) n'a pas de grande influence, par conséquent, il est donc souhaitable de la déplacer vers une autre conduite. Il est à signaler qu'elle se trouve tout à fait à l'extrémité de l'étage 61 (l'Océan). Par conséquent, son degré d'influence est faible.

Comme son degré d'efficacité est égale 1, ceci signifie que cette station ne corrige que la déficience du seul nœud directement en amont de la station. Vu le coût d'implantation d'une station intermédiaire de chloration, il est clair qu'une augmentation de la consigne de 0.6mg/l à 0.7mg/l est la meilleure solution, dans ce cas particulier, pour irradier la déficience de l'étage 61.

3.2.2 Etage de pression 86-réduit

L'étage de pression 86 réduit résulte d'un partage de l'étage 61 en deux zones. Il est desservi par quatre conduites de transfert, trois d'entre elles sont issues de l'étage 86 et une de l'étage 126. Ces transferts sont effectués à travers les réducteurs de pression Ibn Rochd 1 et 2, le réducteur Oncologie de l'étage 86 et en fin le réducteur de pression Ryad de l'étage 126. Les quartiers desservis par cet étage sont Akkari, Yacoub El Mansour, et Hay El Fath.

a- Concentration initiale est 0.6 mg/l

Pour une concentration de consigne de 0.6mg/l, le tableau (11) regroupe les résultats du déficit en chlore pour trois valeurs du seuil minimal de chlore.

Stations proposées	Tcl min=0.2	Tcl min=0.25	Tcl min=0.3
Aucune	15	3	67
(33-30B) existe	14	31	66
(60-60A) existe	14	31	64
(RP.IB.Rochd1-39A) existe	14	30	63
(RP.ONCO-58) existe	12	20	42

Tableau(11) : Nombre de nœuds de déficit sur 86 réduit, Taux du Cl initial+0.6mg/l.

Il ressort de ces résultats que :

- Le déficit en chlore est très important par rapport aux autres étages. Ceci est dû à l'éloignement des réservoirs qui desservent cet étage.
- Trois des stations déjà implantées dans cet étage n'ont pas de grande influence sur sa distribution de chlore. Ceci est dû à la position des vannes fermées pour la station (33-30A) et au sens d'écoulement d'eau qui limite l'influence de la station implantée sur la conduite (60 - 60A), de même la station en face de la bâche d'Avicenne est peu importante. Cependant, la station "Oncologie" (implantée à la suite du réducteur de pression oncologie) présente un impact relativement important pour la correction de la teneur en chlore dans le réseau.

En définitive, on propose de déplacer les deux stations placées sur les conduites (33 – 30B) et (60 - 60A) sur les deux arcs proposés ci-dessous. En effet, Le tableau (12) donne les résultats d'optimisation d'emplacements sans tenir compte au préalable des stations déjà implantées :

Stations proposées	Tcl min=0.2	Tcl min=0.25	Tcl min=0.3
Aucune	15	32	67
(RP.Ryad-70A) optimale	12	22	47
(RP.ONC-58) existe	10	12	26
(RP.IB.Rochd1-40) optimale	8	11	16

Tableau(12) : Nombre de nœud de déficit sur 86-réduit (Taux du CL initial=0.6mg/l)

Nous constatons qu'avec trois stations, nous atteignons des résultats nettement meilleurs.

Pour réduire d'avantage le nombre de nœuds déficitaires, deux solutions éventuelles existent :

- ✓ Ajouter d'autres stations de chloration intermédiaires, cette solution ne dépend que du coût et du budget alloué à cette opération.
- ✓ Augmenter la valeur de la consigne au niveau des réservoirs de stockage, cette solution dépend du seuil de tolérance du goût et de la saveur du chlore dans l'eau.

Nous avons envisagé l'étude de l'impact de la correction de la consigne au niveau de ces stations de chloration. Avec une concentration de chlore de l'ordre de 0,8 mg/l. Le tableau IV-7, donne les propositions de nouveaux emplacements optimaux :

Stations proposées	Tcl min=0.2	Tcl min=0.25	Tcl min=0.3
Aucune	11	14	19

CENTRE D'ETUDES DOCTORALES - SCIENCES ET TECHNOLOGIES

(70-89) optimale	6	10	13
(RP.ONC-58) existe	5	9	10
(45G -45H) optimale	4	8	9

Tableau(13) : Nombre de nœud de déficit sur 86-réduit (Taux du CL initial=0.8mg/l)

Ceci confirme d'avantage que les stations implantées sur les arcs (33-30B), (60-60A) et (RP.IB.Rochd1-39A), n'ont pas d'influence importante sur la distribution de chlore dans cet étage.

Cette solution économique dépend également de la distance des réservoirs qui alimentent l'étage. En effet, lorsque ces réservoirs sont loin de leur zone d'arrosage, la concentration initiale en chlore s'atténue par effet de séjour au niveau des conduites. Cependant, dans le cas du déficit de cet étage cette solution de facilité est à rejeter puisque comme le montre la figure suivante le déficit n'est irradiée que lorsque la consigne devient supérieure à 5,3 (mg/l).

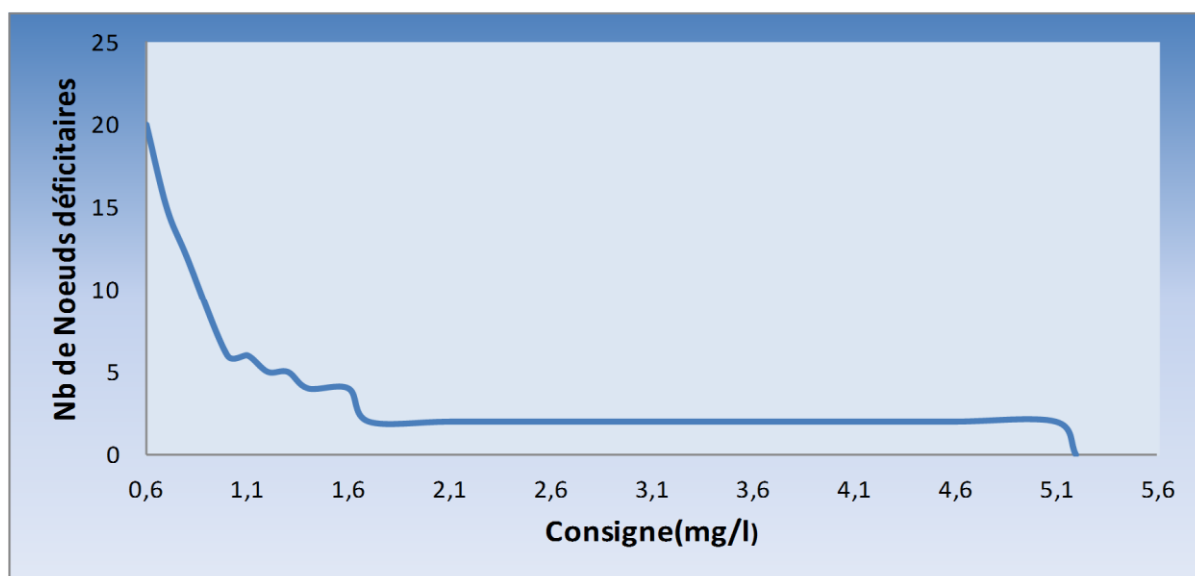


Figure (28) : Impact de la consigne sur l'évolution du déficit : cas (Etage 86-réduit)

Le meilleur moyen d'éradiquer le déficit, dans ce cas, serai alors une combinaison adéquate entre les deux solutions.

4- Présentation de l'outil d'aide à la décision

Les objectifs principaux de l'outil d'aide à la décision sont le calcul de la teneur en chlore en tout point du réseau de distribution d'eau potable, et la recherche des emplacements optimaux

de stations de chloration intermédiaires qui minimisent le nombre de nœuds déficitaires en chlore dans ce même réseau.

Pour accomplir ces tâches, l'outil utilise des données concernant d'une part la géométrie du réseau étudié, comme les informations relatives aux nœuds (nom, code, antécédents) et aux conduites (code, nœud de départ, nœud d'arrivée, longueur, diamètre, coefficient de dégradation du chlore dans la conduite). Et d'autre part, les données représentant son état hydraulique comme la répartition des débits au niveau des nœuds, et la vitesse d'écoulement d'eau dans chaque conduite. L'outil utilise également deux paramètres essentiels à la simulation de la distribution de chlore dans le réseau qui sont : la consigne, la valeur de la teneur en chlore dans les points d'injections (réservoirs, puits et les conduites possédant une station de rechloration) et du seuil minimal en chlore au-dessous duquel un nœud est déclaré déficitaire. En fonction de ces données, l'outil d'aide à la décision élabore la distribution de chlore en tout point du réseau et propose les meilleurs emplacements des stations intermédiaires de chloration.

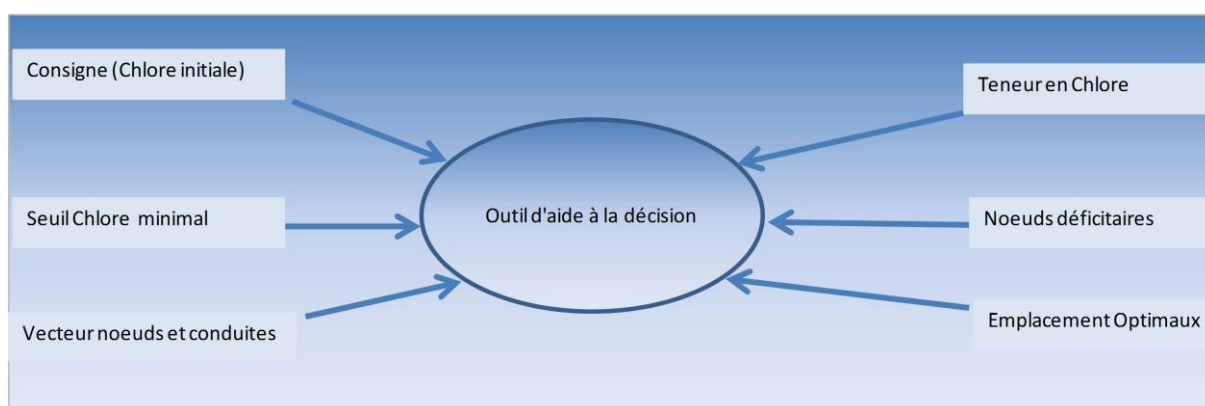


Figure (29) : Flux de données

4-1 Architecture générale

Le système est constitué de plusieurs modules dont chacun effectue un traitement spécifique.

Ces modules coopèrent ensemble pour atteindre l'objectif global de l'outil. Cette décomposition en modules facilite le développement, la maintenance et l'extensibilité de notre système. L'architecture globale de cet outil s'articule autour de la base de données relative aux différents étages du réseau. A ce noyau, sont intégrés les objets de traitement et d'interrogation. La figure (30), représente l'organisation globale de l'outil.

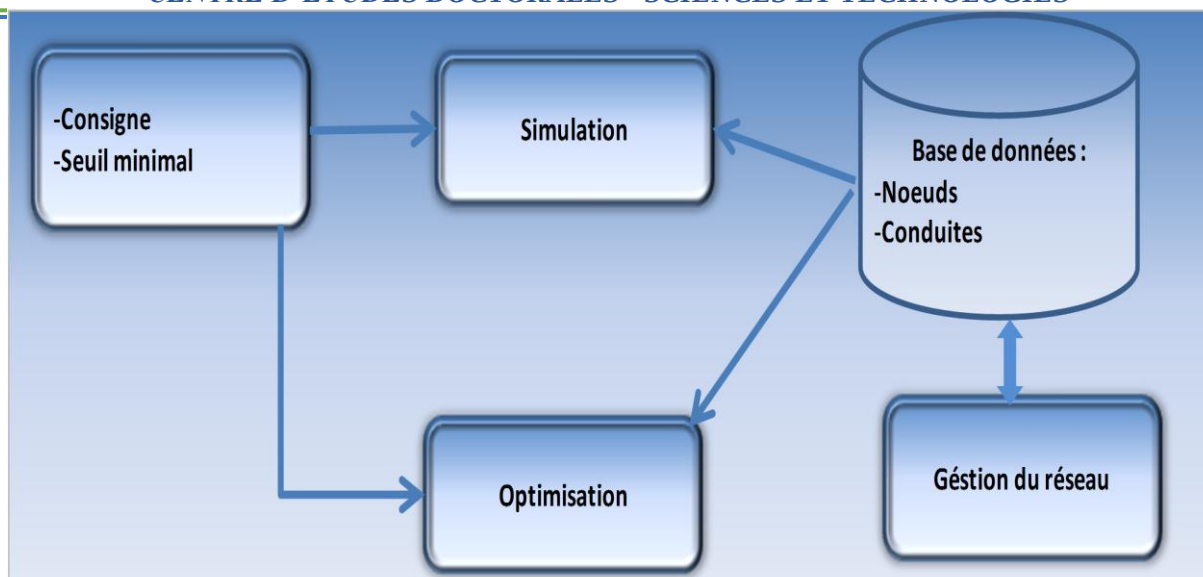


Figure (30) : Les modules de l'outil d'aide à la décision

L'outil d'aide à la décision mis en œuvre est en fait une intégration des algorithmes décrits aux chapitres précédents. Il comprend en effet deux modules, de simulation et de l'optimisation, utilisant ces algorithmes. Pour permettre la gestion des cartes un module supplémentaire est mis au point.

4.1.1 Module de Simulation

A la base de la modélisation mathématique élaborée au chapitre précédent, ce module permet de calculer la distribution du chlore dans le réseau étudié, par rapport à un régime hydraulique bien déterminé (répartition des demandes en chaque nœud et des temps de séjours au niveau de chaque conduite). Il offre également la possibilité d'étudier l'évolution de la distribution de la concentration de chlore du réseau en fonction de la variation de la consigne injectée au niveau des réservoirs. Le résultat de cette simulation est mis à la disposition de l'utilisateur tableau (14):

✓ **Forme graphique :**

Une carte de l'étage étudié portant l'ensemble des conduites, dont le diamètre est supérieur à 150 mm, est affichée sur écran. Ce mode de représentation graphique est plus significatif. En effet, les nœuds déficitaires sont repérés plus facilement grâce à leur couleur rouge différente de celles des autres nœuds, pour lesquels la teneur en chlore est supérieure à la concentration seuil fixée par l'opérateur avant la simulation.

✓ **Forme textuelle :**

CENTRE D'ETUDES DOCTORALES - SCIENCES ET TECHNOLOGIES

- ✓ les résultats, dans ce cas, sont regroupés dans un tableau. Ce dernier contient toutes les informations relatives aux nœuds et aux conduites de l'étage considéré. Ces résultats sont imprimables directement. Ils peuvent également être exportés vers des éditeurs standards comme Word ou Excel.

Le tableau suivant est un exemple de ce mode de représentation :

Etage Témara Bas								
Liste des nœuds			Liste des conduites					
Nom	Code	Taux chlore (g/l)	Code	Nœud de départ	Nœud d'arrivé	Longueur(m)	Vitesse (m/s)	Diamètre(m)
Res3.5M	1	0.600	1	1	2	655	0.26	800
02	2	0.529	2	2	20	2665	0.66	400
03	3	0.456	3	3	6	560	0.69	300
05	5	0.434	4	2	3	1150	0.39	400
06	6	0.438	5	3	5	985	1.01	300
07	7	0.437	6	6	7	80	1.54	200
08	8	0.430	7	7	8	170	0.57	300
09	9	0.3491	8	7	9	855	0.19	200
10	10	0.300	9	8	10	925	0.06	150
11	11	0.245	10	8	13	90	0.52	300
12	12	0.156	11	9	10	170	0.13	200
13	13	0.427	12	10	11	450	0.11	200
14	14	0.416	13	11	12	450	0.05	200
15	15	0.395	14	13	14	405	0.83	150
16	16	0.346	15	13	16	1175	0.28	300
17	17	0.350	16	14	15	450	0.42	150
18	18	0.295	17	16	17	720	0.40	200
19	19	0.210	18	17	19	1290	0.38	200
20	20	0.432	19	20	17	305	0.50	125
21	21	0.386	20	18	19	1290	0.19	200
22	22	0.358	21	20	21	1355	0.34	125
23	23	0.432	22	20	21	1355	0.64	350
24	24	0.103	24	21	25	1160	0.30	125
25	25	0.348	25	22	23	710	0.08	150
26	26	0.326	26	22	25	235	0.53	350
SKH	27	0.310	27	23	24	635	0.04	150
			28	25	26	970	0.75	125
			29	25	27	970	0.42	350
			23	21	22	925	0.60	350

Tableau(14) Résultat de simulation sur l'étage de temara

4.1.2 Module d'Optimisation

Nous sollicitons ce module pour optimiser les emplacements de stations de rechloration à l'intérieur du réseau étudié. Il existe deux variantes de ce module. L'approche d'optimisation de la première intègre l'algorithme basé sur la programmation dynamique, alors que la seconde repose sur les techniques de la théorie des graphes.

Les propositions d'éventuelles stations de chloration sont classées par ordre décroissant de leur degré d'influence Figure (31). En effet, dans la pratique, la priorité d'installation d'une station est donnée à la conduite qui possède la zone de service la plus étendue possible. Le degré d'influence d'un nœud représente le nombre de ses nœuds descendants.

Lorsqu'une station est sélectionnée par l'opérateur, le système recalcule la nouvelle distribution du chlore dans le réseau ainsi que le nombre de nœuds déficitaires restants avant de poursuivre l'itération suivante.

Ce processus de calcul du nombre de nœuds déficitaires restants pour chaque itération peut être réitéré jusqu'à ce qu'il n'y ait plus de nœuds déficitaires ou interrompu volontairement par l'opérateur. Le système met à la disposition de l'utilisateur les résultats d'optimisation dans un tableau de la forme suivante :

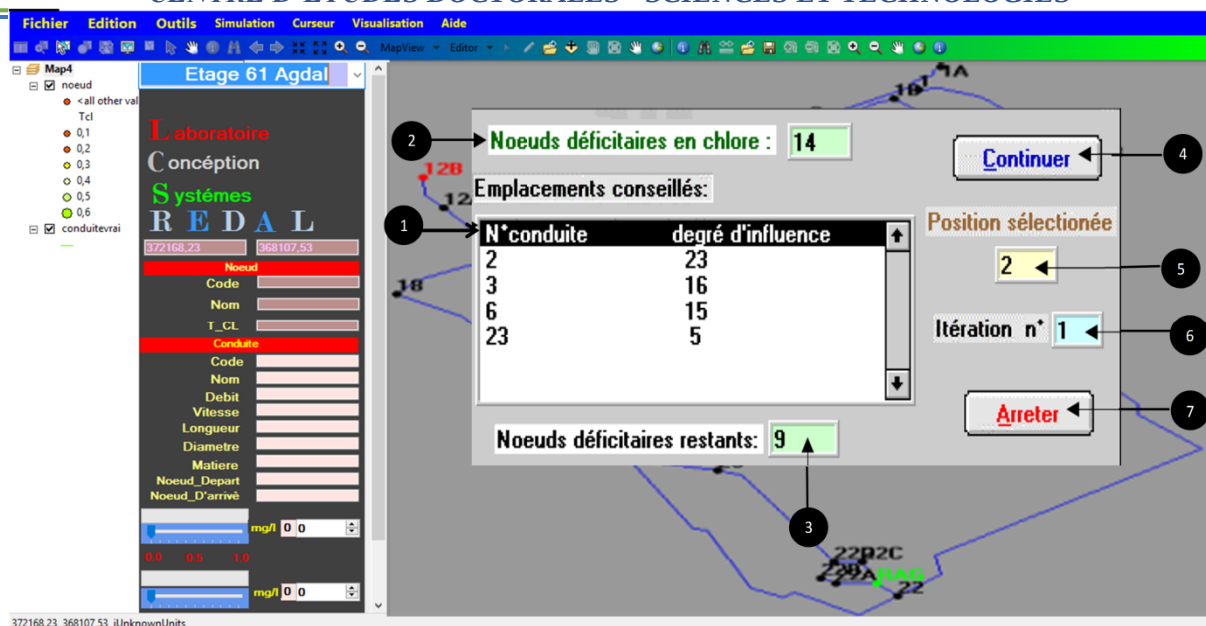


Figure (31) : Interface de module d'optimisation

1. _ Liste des conduites proposées et classées par ordre décroissant de degré d'influence.
2. _ Nombre de nœuds déficitaires détectés avant l'optimisation.
3. _ Nombre de nœuds déficitaires restants après l'installation d'une station de chloration sur la conduite choisie parmi celles proposées.
4. Poursuivre l'optimisation, donc une itération supplémentaire.
5. Code de la conduite sélectionnée.
6. Le numéro de l'itération courante.
7. _ Arrêt du processus d'optimisation. Gestion du réseau

Lorsqu'une station est sélectionnée par l'opérateur, le système recalcule la nouvelle distribution du chlore dans le réseau ainsi que le nombre de nœuds déficitaires restants avant de poursuivre l'itération suivante.

Ce processus de calcul du nombre de nœuds déficitaires restants pour chaque itération peut être réitéré jusqu'à ce qu'il n'y ait plus de nœuds déficitaires ou interrompu volontairement par l'opérateur. Le système met à la disposition de l'utilisateur les résultats d'optimisation dans un tableau de la forme suivante :

RESULTATS D'OPTIMISATION	
Nom du réseau :	Etage61 (l'océan les Orangers et la Médina)
Valeur de la consigne (g/l) :	040

Seuil de chlore minimal (g/l) : 0.30

Itération	Conduites proposées				Nœuds déficitaires avant l'optimisation	Nœuds déficitaires restants
	Code	Nœud de Départ	Nœud d'arrivée	Débit (l/s)		
1	44	44	33	188.50	28	16
	27	35	36	75.04		
	28	18	36	4.95		
2	35	37	35	186.53	16	9
	54	34	36	6.54		
	58	37	36	145.77		
	4	4	3	12.57		
	5	6	3	4.95		
	6	4	6	6.19		
	7	16	4	39.76		
	9	7	6	6.89		
	10	7	6	4.91		
3	22	14	6	3.53	9	6
	24	18	16	47.36		
	26	35	18	95.50		
	30	17	18	0.49		
	35	37	35	186.53		

Tableau (15) : Résultats d'optimisation (Etage 61).

4.1.3 Gestion du réseau

Ce module possède un ensemble d'utilitaires d'édition, de manipulations graphiques des cartes (affichage, sélection, zoom, ...), et de mise à jour des bases de données (ajout, suppression, modification et consultation). Ces opérations de gestion concernent les fichiers relatifs aux nœuds et aux conduites.

a) Gestion graphique

- **Création de nouvelle carte** : Cette option permet de spécifier d'une part les caractéristiques géométriques du réseau à savoir : la longueur, le diamètre des conduites ainsi que les coordonnées des nœuds. Et d'autre part, les grandeurs hydrauliques comme les vitesses d'écoulement, le coefficient de dégradation, et le débit de chaque conduite.

➤ **Mis à jour des cartes** : cette fonction permet de modifier la structure ou les caractéristiques des composants du réseau (nœud ou conduite). La modification devient nécessaire suite à :

- l'ajout ou la suppression d'un nœud ou d'une conduite.
- le changement des caractéristiques relatives à un nœud (nom, code, coordonnées,...) ou à une conduite (vitesse, longueur, extrémité, cassures, ...).

➤ **Consultation de la carte** : elle consiste à afficher graphiquement la carte de l'étage sélectionné et lister les informations qui lui sont associées. Elle permet de modifier les dimensions de l'affichage (l'effet zoom), et d'éditer les attributs du nœud et de la conduite choisie.

b) Mise à jour de la base de données

La gestion de la base de données est réalisée grâce aux formulaires d'édition et de mise à jour de la conduite figure (32), et des nœuds figure (33).

✓ **Conduites**



CENTRE D'ETUDES DOCTORALES - SCIENCES ET TECHNOLOGIES

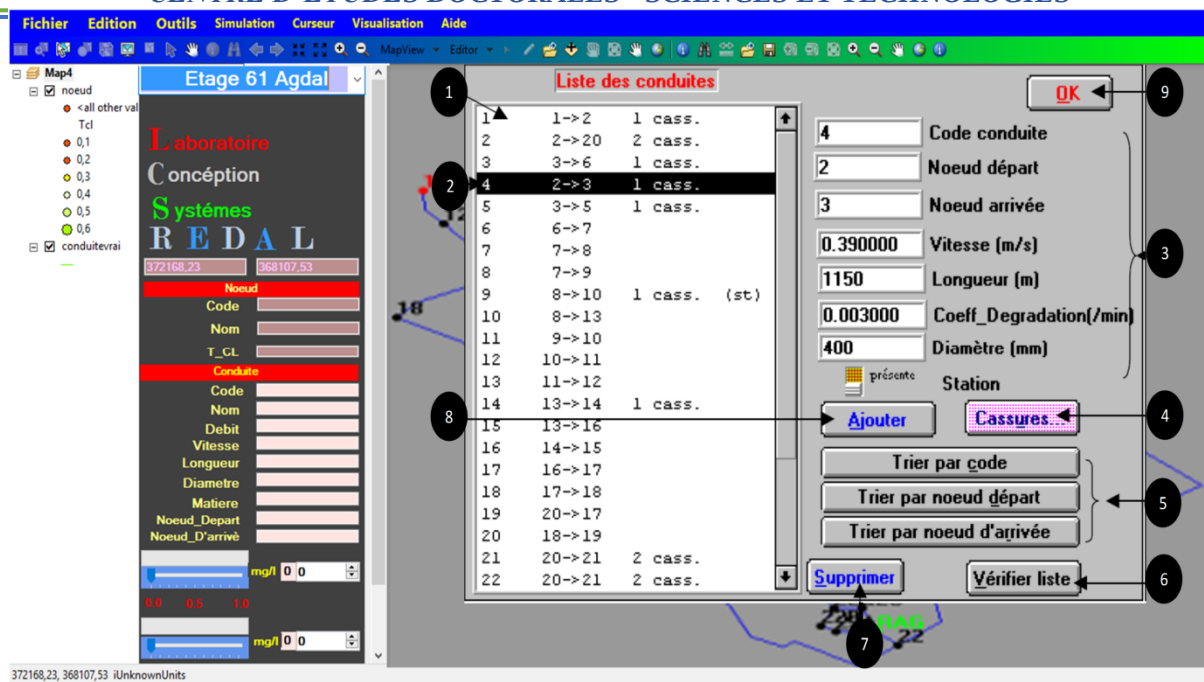


Figure (32) : Formulaire de mise à jour de la base des conduites.

1. Liste des conduites de l'étage étudié.
2. La conduite sélectionnée.
3. Champs de saisie des paramètres de la conduite.
4. Définition des cassures d'une conduite.
5. Trie de la liste des conduites selon le critère sélectionné.
6. Contrôle de l'intégrité et la cohérence des informations saisies.
7. Suppression de la conduite sélectionnée.
8. Validation de données et Ajout de la conduite dans la base de données.
9. Quitter le module de mise à jour.

✓ Nœuds

Figure (32) : Formulaire de mise à jour de la base des Nœuds.

1. Liste des nœuds de l'étage étudié.
2. Le nœud sélectionné.
3. Champs de saisies des paramètres du nœud.
4. Ajouter les nœuds saisis dans la base de données.
5. Vérifier l'intégrité et la cohérence des données saisies.
6. Trier la liste des nœuds selon le critère sélectionné.
7. Supprimer les nœuds sélectionnés.
8. Quitter le formulaire.

Pour sauvegarder la cohérence et l'intégrité des données de la base de données, les modules de mise à jour possèdent des chiens de garde. Ces derniers veillent au respect d'un ensemble de règles, et contrôlent ainsi la saisie des données. Ces règles sont :

Deux nœuds ne doivent pas avoir :

- ✓ le même code,
- ✓ le même nom,
- ✓ les mêmes coordonnées.

Deux conduites différentes ne doivent pas avoir :

- ✓ le même code,
- ✓ le même trajet (même nœuds de départ, d'arrivée et même cassures)
- ✓ la vitesse, le diamètre, la longueur et le coefficient de dégradation devront être non nuls.

Commentaires

A chaque étage du réseau est associé un fichier texte où sont enregistrés un ensemble de commentaires et informations complémentaires à l'intention de l'utilisateur. Le formulaire suivant permet de les mettre à jour.

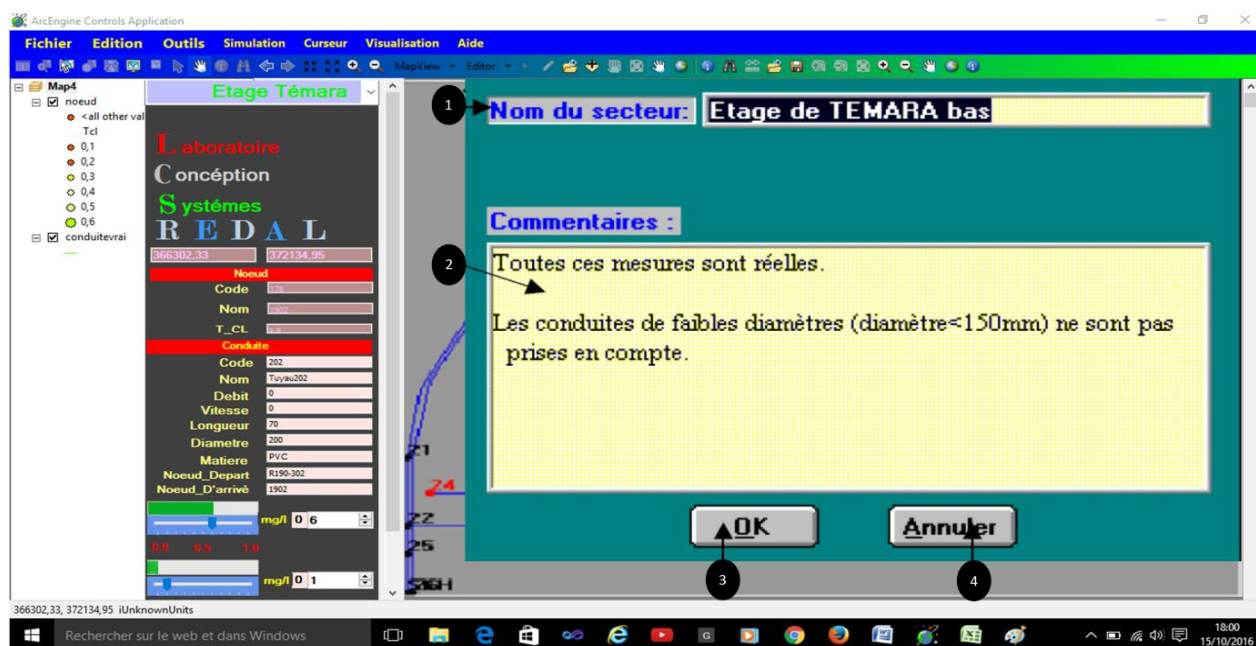


Figure (33) : Formulaire de mise à jour des commentaires.

1. Nom de l'étage.
2. Zone de saisie des informations supplémentaires associées à l'étage choisi.
3. Validation de la saisie et quitter l'interface.
4. Quitter l'utilitaire.

c) Mode Assiste

Afin de faciliter l'exploitation de cet outil, nous lui avons associé un système d'aide. Ce dernier offre une utilisation ergonomique des différents modules de l'outil. La nature de cet assistant a permis de faire des liens hyper texte vers différentes rubriques de l'outil. Il effectue

également une recherche indexée par mots clés (simulation, optimisation,...). Grâce à l'assistant d'aide, l'opérateur peut à tout moment accéder à diverses informations relatives à l'installation et l'exécution de l'outil. Ces informations sont généralement des définitions, des remarques, et/ou étapes à suivre pour accomplir une opération donnée.



5- Conclusion

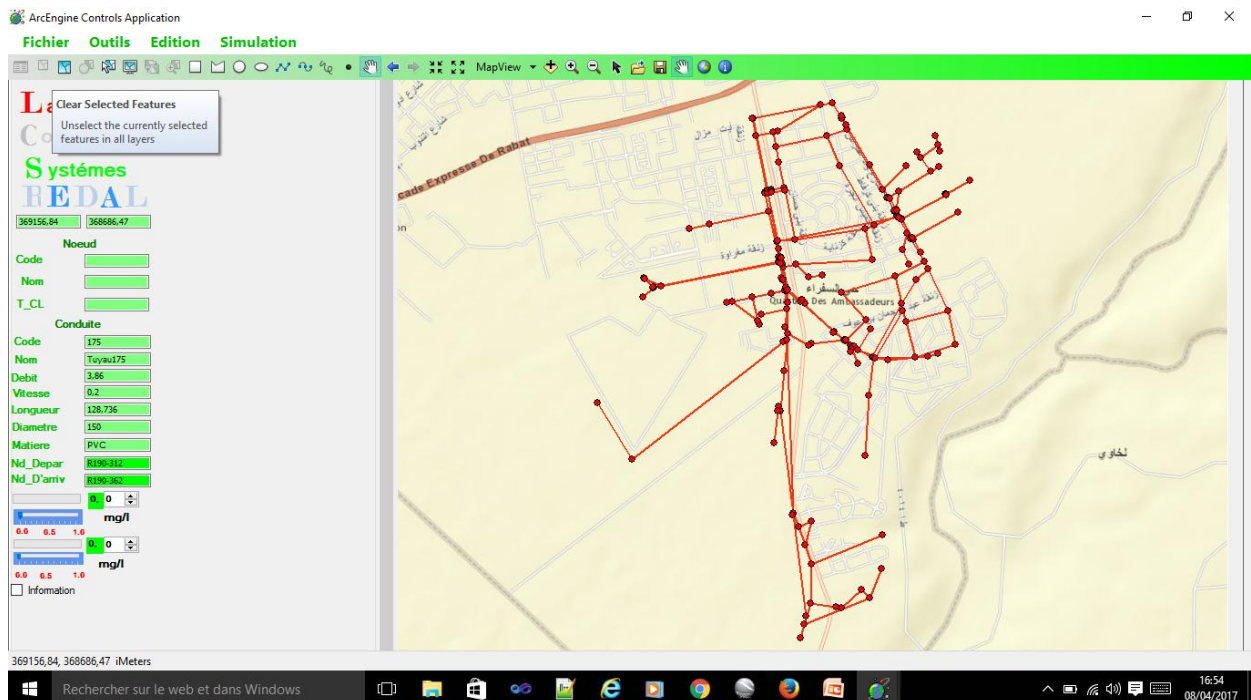
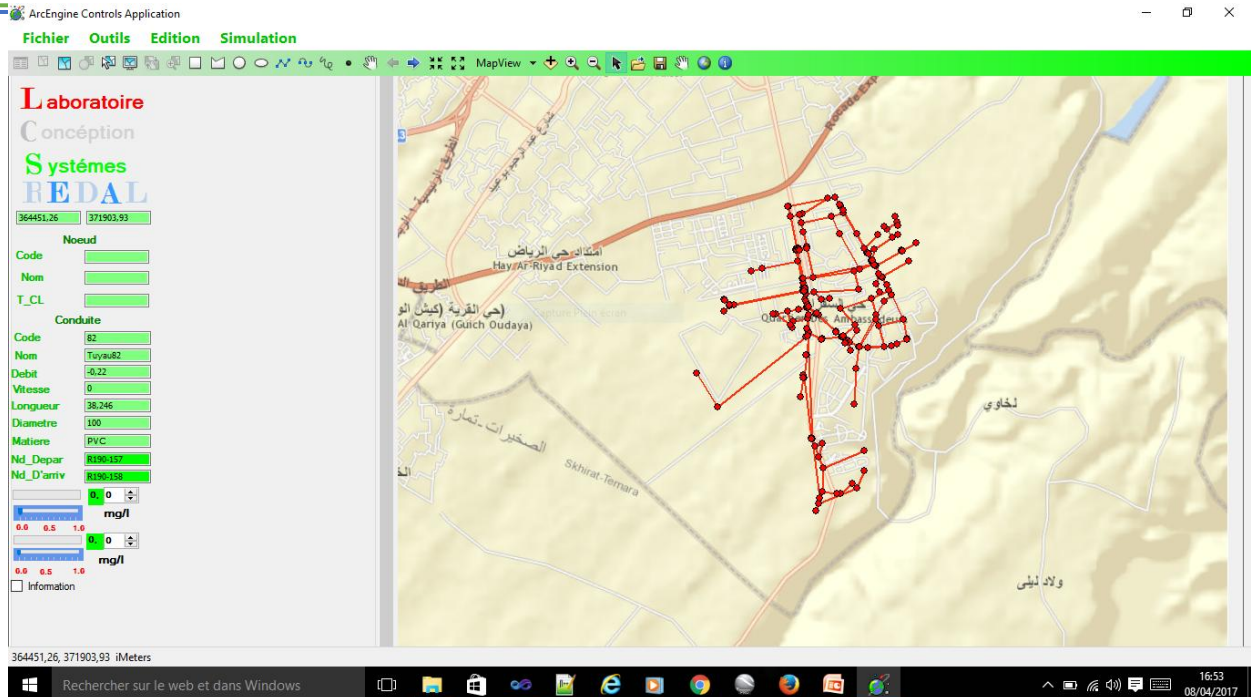
L'optimisation des emplacements de stations de chloration à l'intérieur des réseaux de distribution vise principalement à réduire le nombre de nœuds déficitaires en chlore avec le minimum de stations à implanter (coût minimum d'optimisation). Pour atteindre cet objectif, nous avons utilisé deux approches la programmation dynamique et la théorie des graphes.

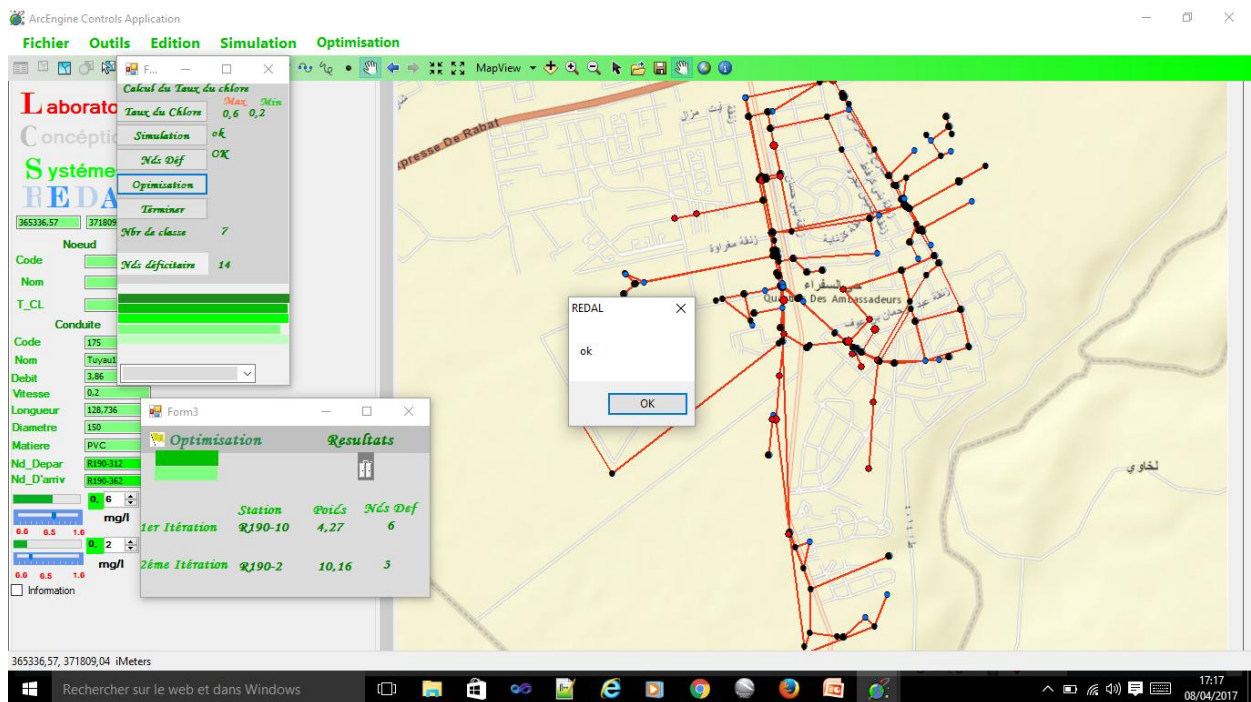
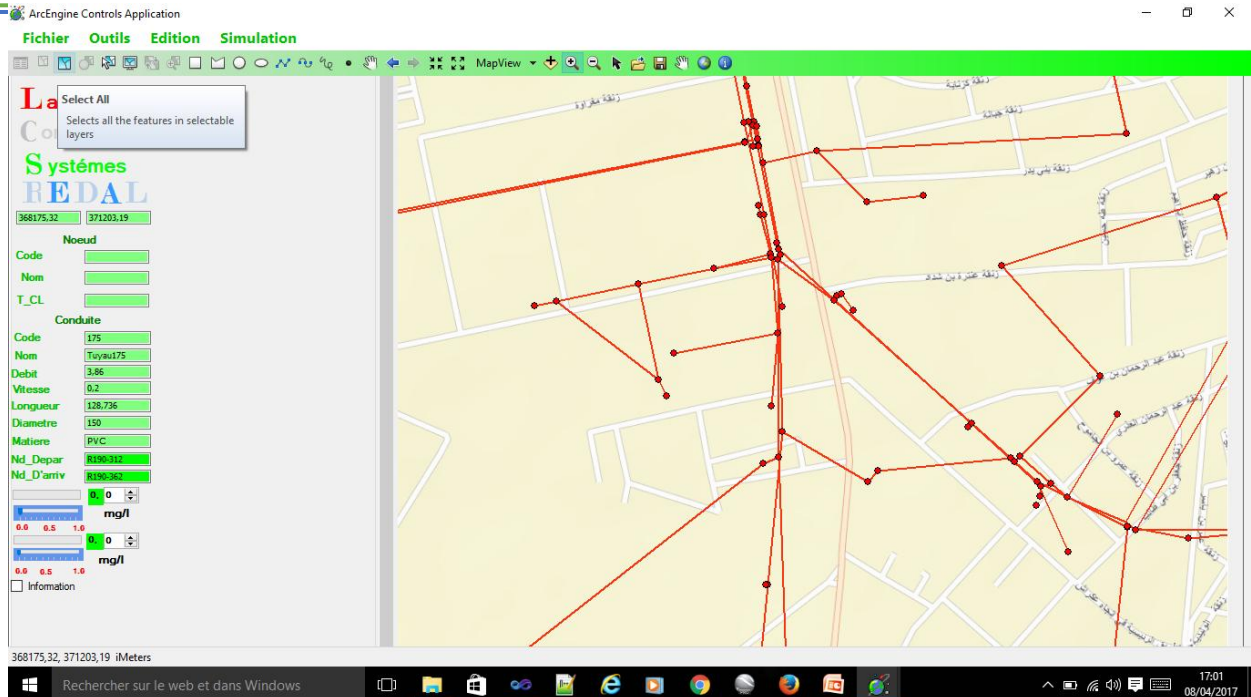
Les résultats d'optimisation obtenus par ces deux approches montrent, que l'apport de la théorie des graphes dans le module d'optimisation accélère considérablement la vitesse de recherche de l'outil d'optimisation. Il ressort également des résultats obtenus à l'aide du module d'optimisation que les emplacements des stations intermédiaires de chloration dépendent de la concentration en chlore des points d'injection (réservoirs, puits ou autre points d'injection de chlore), du taux de chlore seuil au-dessous duquel un nœud est compté déficitaire, et du régime hydraulique du réseau. L'étude de l'influence de la consigne sur la distribution de chlore dans l'ensemble de l'étage a montré qu'on peut, dans des cas particuliers, opter pour une solution n'est tolérable que lorsque la consigne ne dépasse pas 10% de sa valeur standard.

Ceci réduit considérablement le coût de l'optimisation. La critique de l'emplacement des stations déjà implantées dans le réseau a permis de déplacer quelques-unes vers d'autres emplacements à rendement plus significatif.

Pour une utilisation plus ergonomique et conviviale de cet outil d'aide à la décision, nous avons utilisé, Le géoréférencement de la carte du site étudié.

Ce processus permet d'afficher le site dans un contexte spatial. Les avantages sont une juxtaposition avec les autres couches de données occupant le même espace géographique, et la mesure sur le PC de coordonnées, distances et surfaces réelles.





REFERENCES

BIBLIOGRAPHIQUES

Andréanne Simard. Stratégies hydrauliques pour améliorer la qualité de l'eau potable en réseau de distribution, <http://theses.ulaval.ca/archimede/fichiers/25698/25698.html>.

(2000).

Arabie. P. et Hubert. L.J. An overview of combinatorial data analysis. Clustering and Classification, pages 5–63. (1996).

Awwarf. Characterization and modeling of chlorine decay in distribution systems. AWWA Research Foundation, 405 p. (1996).

Bellman R. « Some applications of the Theory of dynamic programming - a review », Journal of the Operational Research Society of America, vol. 2, n°3, p. 275-288. (1954).

Biswaz. P, Lu. C.S et Clark. R.M. A model for chlorine concentration decay in pipes. Water Research, 27(12), 1715-1724. (1993).

Connel. G.F. The chlorination/chloramination handbook. Water disinfection series. B. Cobban. Denver, American Water Works Association. (1996).

Clarke, Berg, Klaber et Chang, "Human Enteric Viruses in Water: Source, Survival and Removalability", International Conf. Water Pollution Research, Pergamon Press, London. (Sept. 1964).

Crittenden. J ,Trussel. R , Hand. D, Howe, K et Tchbanoglous. G. Water treatment principles and design, 2nd edition, John Wiley & Sons Inc., Hoboken, New Jersey. (2005).

Dharmarajah. H, Patania. N, Jacangelo. J et Aieta.E. Empirical modeling of chlorine and chloramine residual decay. AWWA conference, Philadelphie, PA. (1991).

- Dempster. A.P, Laird, N.M. et Rubin ,D.B.** Maximum likelihood from incomplete data via the EM algorithm. Journal of the Royal Statistical Society, Series B, 39(1):1–38. **(1977).**
- Directive OMS.** http://www.who.int/water_sanitation_health/dwg/guidelines/fr/.**(2004).**
- Doré. M.**Chimie des oxydants et traitement des eaux. Technique et documentation Lavoisier, Paris, France.**(1989).**
- Duda . R.O et Hart. P.E.** Pattern Classification and Scene Analysis. Wiley. **(1973).**
- Elbelkacemi .M, Lachhab A, Limouri M, Dahhou et Essaid A.** Adaptive control of a water distribution system. Control Engineering Practice,9, 343-349. **(2000).**
- Everitt. B.S.** Cluster Analysis (3rd ed.). Edward Arnold. **(1993).**
- Fasulo. D.** An analysis of recent work on clustering algorithms.**(1999).**
- Faure . R, ALJ. A.** Guide de la Recherche Opérationnelle, 2 tomes, MASSON.**(1990).**
- Ganti.V, Gehrke. J et Ramakrishnan. R.** Cactus- clustering categorical data using summaries. In KDD : Proceedings of the fifth ACM SIGKDD international conference on Knowledge discovery and data mining, pages 73–83, New York, NY, USA, 1999. ACM Press, **(1999).**
- Gondran. Michel et Minoux. Michel.** Graphes et Algorithmes. éd. Eyrolles.**(1995).**
- Gordon. A.D.**Classification: Methods for the exploratory analysis of multivariate data. **(1981).**
- Hallam. N.B, West. J.R, Forster. C.F, Powell. J.C. et Spencer. I.** The decay of chlorine associated with the pipe wall in water distribution system. Water Research, 36 (14), 3479-3488. **(2002).**
- Han et. Kamber. J.M.** Data Mining: Concepts and Techniques. Morgan Kaufmann. **(2001).**
- Hartigan. J.A.** Clustering Algorithms. Wiley. **(1975).**
- Jadas-Hécart. A, El Moher. A, Stitou.M, Bouillot. P et Legube. B.**The chlorine demand of a treated water. Water Research, 26 (8), 1073-1084. **(1992).**
- Jain. A.K. et Dubes. R.C.** Algorithms for Clustering Data. Prentice Hall. **(1988).**

Jain. A.K, Murty. M.N et Flynn. P.J. Data clustering: a review. ACM Computing Surveys, 31(3):264–323. (1999).

Kaufman . L et Rousseeuw. P.J. Finding Groups in Data. John Wiley & Sons, Inc.(1990).

Kennedy. M. S, Sarikelle. S et Suravollop. K. Calibrating Hydraulic Analyses of Distribution Systems Using Fluoride Tracer Studies. Journal AWWA, 83(7), 54-59. (1991).

Kerneis. A, Nakache. F et Degum. A. The Effects of Water Residence Time on the Biological Quality in a Distribution Network. Water Research, -29(7), 1719-1727. (1995).

lenntech.fr (Comparaison de normes sur l'eau potable UE/OMS), <http://www.lenntech.fr>.

Le Chevalier. M. W, Cawthon. A. E et Lee. R. G. Factors promoting survival of bacteria in chlorinated water supplies. ADDI. Environ. Microbiol., 54,649-654.(1988).

Le Chevalier. M. W. Coliform regrowth in drinking water: a review. Journal AWWA, 82(11), 74-86. (1990).

MacQueen. J. Some methods for classification and analysis of multivariate observations. In Proceedings of Fifth Berkeley Symposium, volume 2, pages 281,297, www.umi.acs.umd.edu/~raghuram/.../kMeans.pdf. (1967).

Marche, C. Programme d'aide à la datation en réseau d'eau. , École Polytechnique de Montréal, Montréal. (1994).

Massart. L et Kaufman. L. Interpretation of Analytical Chemical Data by the Use of Cluster Analysis. Wiley. (1983).

Montel .M.C, Beuvier. E et Hauwuy. A. INRA Prod. Anim. (2003)

Montiel A. Contrôle et préservation de la qualité microbiologique des eaux. Journal de traitement de potabilisation et assurance qualité des eaux de consommation humaine, 3p. (2004)

Montel M.C, Masson F., Talon R. Bacterial role in flavour development. Meat Sciences, Vol 49, S111-S123. (1998).

Munavalli, G.R et Mohan Kumar. M.S. Water quality parameter estimation in a distribution system under dynamic state. *Water Research*, 39 (18), 4287-4298. **(2005).**

Labelle, Jacques. Théorie des graphes. éd. Modulo, Québec. **(1981).**

Lu.C. Theoretical study of partial, chemical and microbial transport in drinking water distribution systems. Thèse de doctorat. Cincinnati, États-Unis, Université de Cincinnati. **(1991).**

Paquin. J.L, Vanelle. A, Campese R et Hartemann .P. Etude de la prolifération microbienne induite par un matériau en contact avec l'eau, *Fr. HydrolFasc.* N°1, 29-38. **(1988).**

Powell. J.C, Hallam. N.B, West. J.R, Forster. C.F et Simms. J. Factors which control bulk chlorine decay rates. *Water Research*, 34 (1), 117-126. **(2000).**

Rodier J. L'analyse de l'eau (eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer), 7th ed., p. 177. Dunod Edition, Paris, France. **(1984).**

Rodriguez. M.J, Milot. J, Sérodes.J.B, et Pacaud. A. Estimation of bench-scale chlorine decay in drinking water using nth order kinetic and back propagation neural network models. *Water Quality Research*, 37 (3), 613-635. **(2001).**

Rodriguez. M.J et Serodes. J.B. Predicting trihalomethane formation in chlorinated water using multivariate regression and neural networks. *Journal of Water Supply Research and Technology-Aqua*, 52 (3), 199-215. **(2003).**

Rossman. L.A, Clark. R.M et Grayman .W.M. Modeling chlorine residual in drinking –water distribution system. *Journal of Environmental Engineering*, 120 (4), 803-820. **(1994).**

Sadiq. R et Rodriguez. M.J. Disinfection by-products (DBPs) in drinking water and predictive models for their occurrences : a review. *Science of the Total Environment*, 21-30. **(2004).**

Santé Canada .Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada - Le chlore Document technique. <http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/water-eau/chlorine-chlore/index-fra.phpr/francais/norme--eau-potable-oms-ue.htm> . **(2009).**

Servais. P, Laurent. P et Gatel. D. Modelling bacterial dynamics in distribution systems. AWWA-WQTC annual conference, San Francisco, **(1994).**

Sibille I. Stabilité biologique des réseaux de distribution d'eau potable. Année biol. 78 : 117-161. **(1997).**

Turgeon. S, Rodriguez. M.J, Thériault M. et Levallois. M.P. Perception of drinking water in the Quebec City region (Canada): the influence of water quality and consumer location in the distribution system. Journal of Environmental Management, 70, 363-373. **(2004).**

Tzatchkov. V.G, Aldama. A.A et Arreguin F. Advection-dispersion-reaction modeling in water distribution networks. Journal of Water Resources Planning and Management, 128 (5), 334-342. **(2002).**

Wable.O.N, Dumoutier.j.p, Duguet.P.A.jarrige, Gelas. G. et Depierre J.F. Modeling Chlorine Concentrations in a Network and Application to paris Distribution, Paris 1979.**(1991).**



ANNEXE

ANNEXE : les fonctions développées

1^{ère} Partie : Calcul du Taux du Chlore

Les bibliotheques

```
Imports System.Data.OleDb
Imports System.Drawing
Imports System.IO
Imports ESRI.ArcGIS.esriSystem
Imports ESRI.ArcGIS.Carto
Imports ESRI.ArcGIS.Controls
Imports ESRI.ArcGIS.ADF
Imports ESRI.ArcGIS.SystemUI
Imports ESRI.ArcGIS.DataSourcesFile
Imports System.Math
Imports System.Drawing.Drawing2D
Imports ESRI.ArcGIS.Geodatabase
Imports ESRI.ArcGIS
Imports ESRI.ArcGIS.ArcMapUI
Imports ESRI.ArcGIS.Geometry
Imports ESRI.ArcGIS.Display
Imports Microsoft.Office.Interop
Imports Word = Microsoft.Office.Interop.Word
Imports ESRI.ArcGIS.CartoUI.
```

« Classement des Conduites par K-MEANS »

1 Importer la base de donnée

Panel2.Width = 0

```
'-----
Dim pLayer1 As IFeatureLayer
Dim prclass1 As IFeatureClass
Dim ificher1 As IFeature
Dim pfcurseur1 As IFeatureCursor
Dim cuifilter1 As New QueryFilter
'cuifilter.WhereClause = "'code>10'"
pLayer1 = MainForm.axMapControl1.get_Layer(1)
prclass1 = pLayer1.FeatureClass
pfcurseur1 = prclass1.Update(Nothing, False)
ificher1 = pfcurseur1.NextFeature()
.....
```

```
Dim i1 As Integer = 0
.....
```

.....conduite

Do Until ificher1 Is Nothing

```
Panel2.Width = Panel2.Width + 1
tab1(i1, 0) = ificher1.Value(2) 'code
tab1(i1, 1) = ificher1.Value(4) 'nom
tab1(i1, 2) = ificher1.Value(7) 'debit
tab1(i1, 3) = ificher1.Value(8) 'vitesse
tab1(i1, 4) = ificher1.Value(5) 'longueur
tab1(i1, 5) = ificher1.Value(6) 'diametre
tab1(i1, 6) = ificher1.Value(3) 'matiere
tab1(i1, 7) = ificher1.Value(9) 'noeud de depart
tab1(i1, 8) = ificher1.Value(10) 'noeud d'arrivee
tab1(i1, 9) = ificher1.Value(12) 'posx1
tab1(i1, 10) = ificher1.Value(13) 'posy1
tab1(i1, 11) = ificher1.Value(14) 'posx2
tab1(i1, 12) = ificher1.Value(15) 'posy2
```

```
ificher1.Store()
i1 += 1
ificher1 = pfc curseur1.NextFeature()
```

Loop

```
Label2.Text = "ok"
```

2 Définir le nombre de classe

```
Label2.Text = "ok"
Label3.Text = " ____ "
Label4.Text = " ____ "
Label5.Text = " ____ "
Dim random As New Random(), rndnbr As Integer
```

'Next permet de retourner un nombre aléatoire contenu dans la plage spécifiée entre parenthèses.

```
rndnbr = random.Next(3, 8)
```

'on affiche le nombre dans un label

```
Label3.Text = rndnbr
```

3 Calcul des centres des classes

If Label3.Text = "3" Then

```
label = 0.05
```

```
'Dim a, b, c As Integer
```

```
a = 2
```

```
b = 78
```

```
c = 206
```

'1ere classe

```
code(0) = tab1(a - 1, 1)
debit(0) = tab1(a - 1, 2)
vitesse(0) = tab1(a - 1, 3)
longueur(0) = tab1(a - 1, 4)
diametre(0) = tab1(a - 1, 5)
matiere(0) = tab1(a - 1, 6)
```

'2eme classe

```
code(1) = tab1(b - 1, 1)
debit(1) = tab1(b - 1, 2)
vitesse(1) = tab1(b - 1, 3)
longueur(1) = tab1(b - 1, 4)
diametre(1) = tab1(b - 1, 5)
matiere(1) = tab1(b - 1, 6)
```

'3eme classe

```
code(2) = tab1(c - 1, 1)
debit(2) = tab1(c - 1, 2)
vitesse(2) = tab1(c - 1, 3)
longueur(2) = tab1(c - 1, 4)
diametre(2) = tab1(c - 1, 5)
matiere(2) = tab1(c - 1, 6)
Label4.Text = " ok"
```

End If

If Label3.Text = "4" Then

label = 0.06

'Dim a, b, c As Integer

Dim d As Integer

a = 2

b = 58

c = 101

d = 206

'1er classe

```
code(0) = tab1(a - 1, 1)
debit(0) = tab1(a - 1, 2)
vitesse(0) = tab1(a - 1, 3)
longueur(0) = tab1(a - 1, 4)
diametre(0) = tab1(a - 1, 5)
matiere(0) = tab1(a - 1, 6)
```

'2eme classe

```
code(1) = tab1(b - 1, 1)
debit(1) = tab1(b - 1, 2)
vitesse(1) = tab1(b - 1, 3)
longueur(1) = tab1(b - 1, 4)
diametre(1) = tab1(b - 1, 5)
```



CENTRE D'ETUDES DOCTORALES - SCIENCES ET TECHNOLOGIES

matiere(1) = tab1(b - 1, 6)

'3eme classe

code(2) = tab1(c - 1, 1)

debit(2) = tab1(c - 1, 2)

vitesse(2) = tab1(c - 1, 3)

longueur(2) = tab1(c - 1, 4)

diametre(2) = tab1(c - 1, 5)

matiere(2) = tab1(c - 1, 6)

'4eme classe

code(3) = tab1(d - 1, 1)

debit(3) = tab1(d - 1, 2)

vitesse(3) = tab1(d - 1, 3)

longueur(3) = tab1(d - 1, 4)

diametre(3) = tab1(d - 1, 5)

matiere(3) = tab1(d - 1, 6)

Label4.Text = " ok"

End If

If Label3.Text = "5" Then

label = 0.07

' Dim a, b, c, d, r As Integer

a = 2

b = 35

c = 78

d = 120

r = 206

'MsgBox(a & " , " & b & " , " & c)

'MsgBox(d & " , " & r)

'1er classe

code(0) = tab1(a - 1, 1)

debit(0) = tab1(a - 1, 2)

vitesse(0) = tab1(a - 1, 3)

longueur(0) = tab1(a - 1, 4)

diametre(0) = tab1(a - 1, 5)

matiere(0) = tab1(a - 1, 6)

'2eme classe

code(1) = tab1(b - 1, 1)

debit(1) = tab1(b - 1, 2)

vitesse(1) = tab1(b - 1, 3)

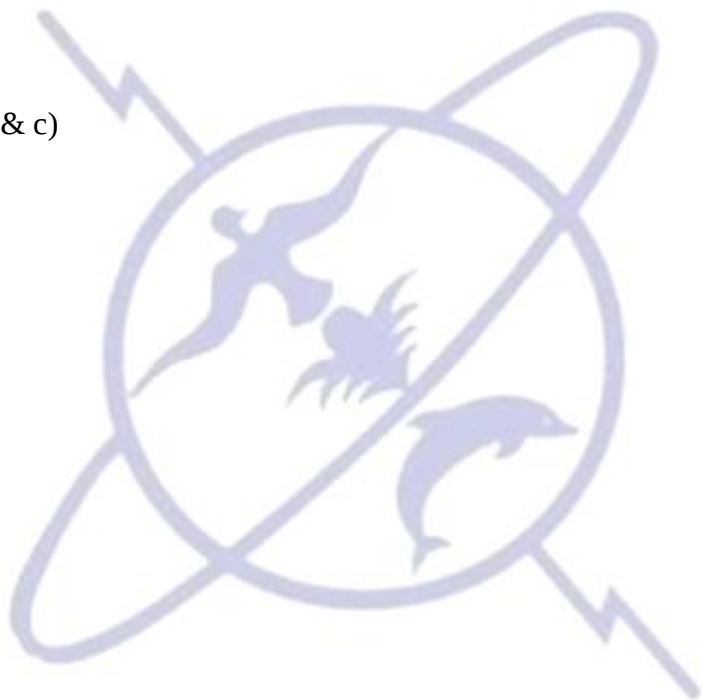
longueur(1) = tab1(b - 1, 4)

diametre(1) = tab1(b - 1, 5)

matiere(1) = tab1(b - 1, 6)

'3eme classe

code(2) = tab1(c - 1, 1)

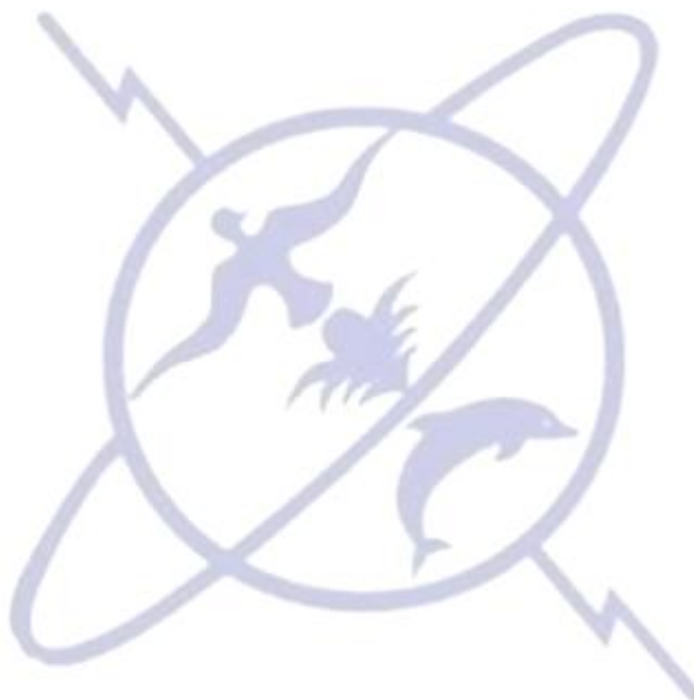


```

debit(2) = tab1(c - 1, 2)
vitesse(2) = tab1(c - 1, 3)
longueur(2) = tab1(c - 1, 4)
diametre(2) = tab1(c - 1, 5)
matiere(2) = tab1(c - 1, 6)
'4eme classe
code(3) = tab1(d - 1, 1)
debit(3) = tab1(d - 1, 2)
vitesse(3) = tab1(d - 1, 3)
longueur(3) = tab1(d - 1, 4)
diametre(3) = tab1(d - 1, 5)
matiere(3) = tab1(d - 1, 6)
'5eme classe
code(4) = tab1(r - 1, 1)
debit(4) = tab1(r - 1, 2)
vitesse(4) = tab1(r - 1, 3)
longueur(4) = tab1(r - 1, 4)
diametre(4) = tab1(r - 1, 5)
matiere(4) = tab1(r - 1, 6)
Label4.Text = " ok"
End If
If Label3.Text = "6" Then
    label = 0.075
    ' Dim a, b, c, d, r, f As Integer
    a = 2
    b = 27
    c = 58
    d = 101
    r = 120
    f = 206

    '1er classe
    code(0) = tab1(a - 1, 1)
    debit(0) = tab1(a - 1, 2)
    vitesse(0) = tab1(a - 1, 3)
    longueur(0) = tab1(a - 1, 4)
    diametre(0) = tab1(a - 1, 5)
    matiere(0) = tab1(a - 1, 6)

    '2eme classe
    code(1) = tab1(b - 1, 1)
    debit(1) = tab1(b - 1, 2)
    vitesse(1) = tab1(b - 1, 3)
    longueur(1) = tab1(b - 1, 4)
    diametre(1) = tab1(b - 1, 5)
    matiere(1) = tab1(b - 1, 6)
    
```



CENTRE D'ETUDES DOCTORALES - SCIENCES ET TECHNOLOGIES

```
'3eme classe
code(2) = tab1(c - 1, 1)
debit(2) = tab1(c - 1, 2)
vitesse(2) = tab1(c - 1, 3)
longueur(2) = tab1(c - 1, 4)
diametre(2) = tab1(c - 1, 5)
matiere(2) = tab1(c - 1, 6)
'4eme classe
code(3) = tab1(d - 1, 1)
debit(3) = tab1(d - 1, 2)
vitesse(3) = tab1(d - 1, 3)
longueur(3) = tab1(d - 1, 4)
diametre(3) = tab1(d - 1, 5)
matiere(3) = tab1(d - 1, 6)
'5eme classe
code(4) = tab1(r - 1, 1)
debit(4) = tab1(r - 1, 2)
vitesse(4) = tab1(r - 1, 3)
longueur(4) = tab1(r - 1, 4)
diametre(4) = tab1(r - 1, 5)
matiere(4) = tab1(r - 1, 6)
'6eme classe
code(5) = tab1(f - 1, 1)
debit(5) = tab1(f - 1, 2)
vitesse(5) = tab1(f - 1, 3)
longueur(5) = tab1(f - 1, 4)
diametre(5) = tab1(f - 1, 5)
matiere(5) = tab1(f - 1, 6)
Label4.Text = " ok"
End If
If Label3.Text = "7" Then
    label = 0.08
    a = 2
    b = 27
    c = 78
    d = 101
    r = 120
    f = 181
    g = 206

'1er classe
code(0) = tab1(a - 1, 1)
debit(0) = tab1(a - 1, 2)
vitesse(0) = tab1(a - 1, 3)
longueur(0) = tab1(a - 1, 4)
diametre(0) = tab1(a - 1, 5)
matiere(0) = tab1(a - 1, 6)
```



'2eme classe

code(1) = tab1(b - 1, 1)

debit(1) = tab1(b - 1, 2)

vitesse(1) = tab1(b - 1, 3)

longueur(1) = tab1(b - 1, 4)

diametre(1) = tab1(b - 1, 5)

matiere(1) = tab1(b - 1, 6)

'3eme classe

code(2) = tab1(c - 1, 1)

debit(2) = tab1(c - 1, 2)

vitesse(2) = tab1(c - 1, 3)

longueur(2) = tab1(c - 1, 4)

diametre(2) = tab1(c - 1, 5)

matiere(2) = tab1(c - 1, 6)

'4eme classe

code(3) = tab1(d - 1, 1)

debit(3) = tab1(d - 1, 2)

vitesse(3) = tab1(d - 1, 3)

longueur(3) = tab1(d - 1, 4)

diametre(3) = tab1(d - 1, 5)

matiere(3) = tab1(d - 1, 6)

'5eme classe

code(4) = tab1(r - 1, 1)

debit(4) = tab1(r - 1, 2)

vitesse(4) = tab1(r - 1, 3)

longueur(4) = tab1(r - 1, 4)

diametre(4) = tab1(r - 1, 5)

matiere(4) = tab1(r - 1, 6)

'6eme classe

code(5) = tab1(f - 1, 1)

debit(5) = tab1(f - 1, 2)

vitesse(5) = tab1(f - 1, 3)

longueur(5) = tab1(f - 1, 4)

diametre(5) = tab1(f - 1, 5)

matiere(5) = tab1(f - 1, 6)

'7eme classe

code(6) = tab1(g - 1, 1)

debit(6) = tab1(g - 1, 2)

vitesse(6) = tab1(g - 1, 3)

longueur(6) = tab1(g - 1, 4)

diametre(6) = tab1(g - 1, 5)

matiere(6) = tab1(g - 1, 6)

Label4.Text = " ok"

End If



```

If Label3.Text = "8" Then
    label = 0.085
    ' Dim a, b, c, d, r, f, g, h As Integer
    a = 2
    b = 27
    c = 35
    d = 58
    r = 78
    f = 101
    g = 120
    h = 206
    '1er classe
    code(0) = tab1(a - 1, 1)
    debit(0) = tab1(a - 1, 2)
    vitesse(0) = tab1(a - 1, 3)
    longueur(0) = tab1(a - 1, 4)
    diametre(0) = tab1(a - 1, 5)
    matiere(0) = tab1(a - 1, 6)

    '2eme classe
    code(1) = tab1(b - 1, 1)
    debit(1) = tab1(b - 1, 2)
    vitesse(1) = tab1(b - 1, 3)
    longueur(1) = tab1(b - 1, 4)
    diametre(1) = tab1(b - 1, 5)
    matiere(1) = tab1(b - 1, 6)

    '3eme classe
    code(2) = tab1(c - 1, 1)
    debit(2) = tab1(c - 1, 2)
    vitesse(2) = tab1(c - 1, 3)
    longueur(2) = tab1(c - 1, 4)
    diametre(2) = tab1(c - 1, 5)
    matiere(2) = tab1(c - 1, 6)
    '4eme classe
    code(3) = tab1(d - 1, 1)
    debit(3) = tab1(d - 1, 2)
    vitesse(3) = tab1(d - 1, 3)
    longueur(3) = tab1(d - 1, 4)
    diametre(3) = tab1(d - 1, 5)
    matiere(3) = tab1(d - 1, 6)
    '5eme classe
    code(4) = tab1(r - 1, 1)
    debit(4) = tab1(r - 1, 2)
    vitesse(4) = tab1(r - 1, 3)
    longueur(4) = tab1(r - 1, 4)
    diametre(4) = tab1(r - 1, 5)
    
```



CENTRE D'ETUDES DOCTORALES - SCIENCES ET TECHNOLOGIES

```

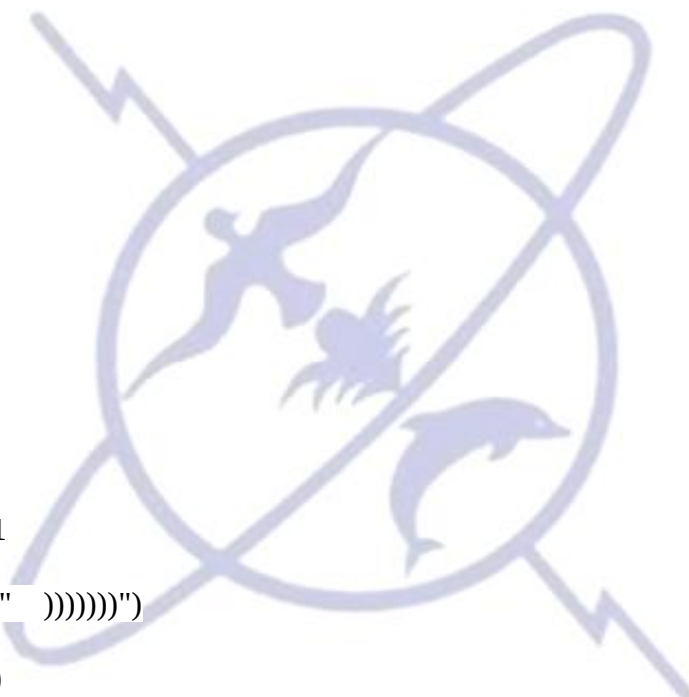
matiere(4) = tab1(r - 1, 6)
'6eme classe
code(5) = tab1(f - 1, 1)
debit(5) = tab1(f - 1, 2)
vitesse(5) = tab1(f - 1, 3)
longueur(5) = tab1(f - 1, 4)
diametre(5) = tab1(f - 1, 5)
matiere(5) = tab1(f - 1, 6)
'7eme classe
code(6) = tab1(g - 1, 1)
debit(6) = tab1(g - 1, 2)
vitesse(6) = tab1(g - 1, 3)
longueur(6) = tab1(g - 1, 4)
diametre(6) = tab1(g - 1, 5)
matiere(6) = tab1(g - 1, 6)
'8eme classe
code(7) = tab1(h - 1, 1)
debit(7) = tab1(h - 1, 2)
vitesse(7) = tab1(h - 1, 3)
longueur(7) = tab1(h - 1, 4)
diametre(7) = tab1(h - 1, 5)
matiere(7) = tab1(h - 1, 6)
For i As Integer = 0 To CInt(Label3.Text) - 1
Next
Label4.Text = " ok"
End If
    
```

4 Calcul distance/ aux centres

```

'(((((((((((((((( 3 centres))))))))))))))
If Label3.Text = "3" Then
    Label5.Text = " __"
    Dim classe1(207) As Double
    '78
    Dim classe2(207) As Double
    '206
    Dim classe3(207) As Double
    For n As Integer = 0 To 9 Step 1
        ((((((((((((((( iteration nr  " & n + 1 & "  ))))))))))))
            '2
            ReDim Preserve classe1(207)
            ReDim Preserve classe2(207)
            ReDim Preserve classe3(207)

            Dim centre1, centre2, centre3 As Double
    
```



CENTRE D'ETUDES DOCTORALES - SCIENCES ET TECHNOLOGIES

Dim i As Integer = 0

Dim indice1 As Integer = 0

Dim indice2 As Integer = 0

Dim indice3 As Integer = 0

Dim d1 As Integer = 0

Dim d2 As Integer = 0

Dim d3 As Integer = 0

For i = 0 To 207 Step 1

 centre1 = Math.Round(Sqrt(Abs(Pow(tab1(i, 2) - debit(0), 2)) + Abs(Pow(tab1(i, 3) - vitesse(0), 2)) + Abs(Pow(tab1(i, 4) - longueur(0), 2)) + Abs(Pow(tab1(i, 5) - diametre(0), 2))), 1)

 centre2 = Math.Round(Sqrt(Abs(Pow(tab1(i, 2) - debit(1), 2)) + Abs(Pow(tab1(i, 3) - vitesse(1), 2)) + Abs(Pow(tab1(i, 4) - longueur(1), 2)) + Abs(Pow(tab1(i, 5) - diametre(1), 2))), 1)

 centre3 = Math.Round(Sqrt(Abs(Pow(tab1(i, 2) - debit(2), 2)) + Abs(Pow(tab1(i, 3) - vitesse(2), 2)) + Abs(Pow(tab1(i, 4) - longueur(2), 2)) + Abs(Pow(tab1(i, 5) - diametre(2), 2))), 1)

 tab1(i, 14) = classement3(centre1, centre2, centre3)

 ' 1er

 ':stoker le nv centre à coté du touyau correspondant

 Dim a1, b1, c1 As Integer

 a1 = 2

 b1 = 78

 c1 = 206

 If centre1 = classement3(centre1, centre2, centre3) Then

 tab1(i, 13) = a1

 classe1(d1) = tab1(i, 0)

 tab1(i, 14) = -0.5

 d1 = d1 + 1

 indice1 = indice1 + 1

 End If

 If centre2 = classement3(centre1, centre2, centre3) Then

 tab1(i, 13) = b1

 tab1(i, 14) = -0.6

 classe2(d2) = tab1(i, 0)

 d2 = d2 + 1

 indice2 = indice2 + 1

 End If

 If centre3 = classement3(centre1, centre2, centre3) Then

 tab1(i, 13) = c1

 tab1(i, 14) = -0.9

 classe3(d3) = tab1(i, 0)

 d3 = d3 + 1

indice3 = indice3 + 1

End If

Next

ReDim Preserve classe1(indice1 - 1)

ReDim Preserve classe2(indice2 - 1)

ReDim Preserve classe3(indice3 - 1)

Dim deb1, vit1, lon1, diam1 As Double

Dim deb2, vit2, lon2, diam2 As Double

Dim deb3, vit3, lon3, diam3 As Double

deb1 = 0

vit1 = 0

lon1 = 0

diam1 = 0

debit(0) = 0

vitesse(0) = 0

longueur(0) = 0

diametre(0) = 0

' calcul du nouveau centre de la 1er classe

,

For k As Integer = 0 To classe1.Count - 1 Step 1

For k1 As Integer = 0 To 207 Step 1

If classe1(k) = tab1(k1, 0) Then

deb1 = deb1 + tab1(k1, 2)

vit1 = vit1 + tab1(k1, 3)

lon1 = lon1 + tab1(k1, 4)

diam1 = diam1 + tab1(k1, 5)

End If

Next

Next

debit(0) = deb1 / classe1.Count

vitesse(0) = vit1 / classe1.Count

longueur(0) = lon1 / classe1.Count

diametre(0) = diam1 / classe1.Count

' calcul du nouveau centre de la 2eme classe

,

deb2 = 0

vit2 = 0

lon2 = 0

diam2 = 0

debit(1) = 0

vitesse(1) = 0

longueur(1) = 0

diametre(1) = 0

CENTRE D'ETUDES DOCTORALES - SCIENCES ET TECHNOLOGIES

For k As Integer = 0 To classe2.Count - 1 Step 1

For k1 As Integer = 0 To 207 Step 1

If classe2(k) = tab1(k1, 0) Then

deb2 = deb2 + tab1(k1, 2)

vit2 = vit2 + tab1(k1, 3)

lon2 = lon2 + tab1(k1, 4)

diam2 = diam2 + tab1(k1, 5)

End If

Next

Next

debit(1) = deb2 / classe2.Count

vitesse(1) = vit2 / classe2.Count

longueur(1) = lon2 / classe2.Count

diametre(1) = diam2 / classe2.Count

' calcul du nouveau centre de la 3eme classe

deb3 = 0

vit3 = 0

lon3 = 0

diam3 = 0

debit(2) = 0

vitesse(2) = 0

longueur(2) = 0

diametre(2) = 0

For k As Integer = 0 To classe3.Count - 1 Step 1

For k1 As Integer = 0 To 207 Step 1

If classe3(k) = tab1(k1, 0) Then

deb3 = deb3 + tab1(k1, 2)

vit3 = vit3 + tab1(k1, 3)

lon3 = lon3 + tab1(k1, 4)

diam3 = diam3 + tab1(k1, 5)

End If

Next

Next

debit(2) = deb3 / classe3.Count

vitesse(2) = vit3 / classe3.Count

longueur(2) = lon3 / classe3.Count

diametre(2) = diam3 / classe3.Count

'GoTo debut

Next

For b As Integer = 0 To 206 Step 1

MainForm.tab1(b, 13) = tab1(b, 13)

MainForm.tab1(b, 14) = tab1(b, 14)

Next

Label5.Text = "ok"
 End If

'((((((((((4 centres))))))))))))))))))))))))))))))'

If Label3.Text = "4" Then
 Label5.Text = " ____"
 'a = 2
 Dim classe1(207) As Double
 'b = 58
 Dim classe2(207) As Double
 'c = 101
 Dim classe3(207) As Double
 'd=206
 Dim classe4(207) As Double
 For n As Integer = 0 To 9 Step 1

iteration nr " & n + 1 & "))))))))))))))))))))'

'2
 ReDim Preserve classe1(207)
 ReDim Preserve classe2(207)
 ReDim Preserve classe3(207)
 ReDim Preserve classe4(207)
 Dim centre1, centre2, centre3, centre4 As Double
 Dim i As Integer = 0
 Dim indice1 As Integer = 0
 Dim indice2 As Integer = 0
 Dim indice3 As Integer = 0
 Dim indice4 As Integer = 0
 Dim d1 As Integer = 0
 Dim d2 As Integer = 0
 Dim d3 As Integer = 0
 Dim d4 As Integer = 0
 For i = 0 To 207 Step 1

centre1 = Math.Round(Sqrt(Abs(Pow(tab1(i, 2) - debit(0), 2)) + Abs(Pow(tab1(i, 3) - vitesse(0), 2)) + Abs(Pow(tab1(i, 4) - longueur(0), 2)) + Abs(Pow(tab1(i, 5) - diametre(0), 2))), 1)

centre2 = Math.Round(Sqrt(Abs(Pow(tab1(i, 2) - debit(1), 2)) + Abs(Pow(tab1(i, 3) - vitesse(1), 2)) + Abs(Pow(tab1(i, 4) - longueur(1), 2)) + Abs(Pow(tab1(i, 5) - diametre(1), 2))), 1)

centre3 = Math.Round(Sqrt(Abs(Pow(tab1(i, 2) - debit(2), 2)) + Abs(Pow(tab1(i, 3) - vitesse(2), 2)) + Abs(Pow(tab1(i, 4) - longueur(2), 2)) + Abs(Pow(tab1(i, 5) - diametre(2), 2))), 1)

CENTRE D'ETUDES DOCTORALES - SCIENCES ET TECHNOLOGIES

centre4 = Math.Round(Sqrt(Abs(Pow(tab1(i, 2) - debit(3), 2)) + Abs(Pow(tab1(i, 3) - vitesse(3), 2)) + Abs(Pow(tab1(i, 4) - longueur(3), 2)) + Abs(Pow(tab1(i, 5) - diametre(3), 2))), 1)

tab1(i, 14) = classement4(centre1, centre2, centre3, centre4)

' 1er

:stoker le nv centre à coté du tuyau correspondant

Dim a1, b1, c1, d11 As Integer

a1 = 2

b1 = 58

c1 = 101

d11 = 206

If centre1 = classement4(centre1, centre2, centre3, centre4) Then

tab1(i, 13) = a1

tab1(i, 14) = -0.5

classe1(d1) = tab1(i, 0)

d1 = d1 + 1

indice1 = indice1 + 1

End If

If centre2 = classement4(centre1, centre2, centre3, centre4) Then

tab1(i, 13) = b1

tab1(i, 14) = -0.55

classe2(d2) = tab1(i, 0)

d2 = d2 + 1

indice2 = indice2 + 1

End If

If centre3 = classement4(centre1, centre2, centre3, centre4) Then

tab1(i, 13) = c1

tab1(i, 14) = -0.65

classe3(d3) = tab1(i, 0)

d3 = d3 + 1

indice3 = indice3 + 1

End If

If centre4 = classement4(centre1, centre2, centre3, centre4) Then

tab1(i, 13) = d11

tab1(i, 14) = -0.9

classe4(d4) = tab1(i, 0)

d4 = d4 + 1

indice4 = indice4 + 1

End If

Next

ReDim Preserve classe1(indice1 - 1)

ReDim Preserve classe2(indice2 - 1)

CENTRE D'ETUDES DOCTORALES - SCIENCES ET TECHNOLOGIES

```

ReDim Preserve classe3(indice3 - 1)
ReDim Preserve classe4(indice4 - 1)

Dim deb1, vit1, lon1, diam1 As Double
Dim deb2, vit2, lon2, diam2 As Double
Dim deb3, vit3, lon3, diam3 As Double
Dim deb4, vit4, lon4, diam4 As Double
deb1 = 0
vit1 = 0
lon1 = 0
diam1 = 0
debit(0) = 0
vitesse(0) = 0
longueur(0) = 0
diametre(0) = 0

' calcul du nouveau centre de la 1er classe
'
For k As Integer = 0 To classe1.Count - 1 Step 1
    For k1 As Integer = 0 To 207 Step 1
        If classe1(k) = tab1(k1, 0) Then
            deb1 = deb1 + tab1(k1, 2)
            vit1 = vit1 + tab1(k1, 3)
            lon1 = lon1 + tab1(k1, 4)
            diam1 = diam1 + tab1(k1, 5)
        End If
    Next
Next
debit(0) = deb1 / classe1.Count
vitesse(0) = vit1 / classe1.Count
longueur(0) = lon1 / classe1.Count
diametre(0) = diam1 / classe1.Count

' calcul du nouveau centre de la 2eme classe
'
deb2 = 0
vit2 = 0
lon2 = 0
diam2 = 0
debit(1) = 0
vitesse(1) = 0
longueur(1) = 0
diametre(1) = 0
For k As Integer = 0 To classe2.Count - 1 Step 1
    For k1 As Integer = 0 To 207 Step 1
        If classe2(k) = tab1(k1, 0) Then
            deb2 = deb2 + tab1(k1, 2)
        End If
    Next
Next

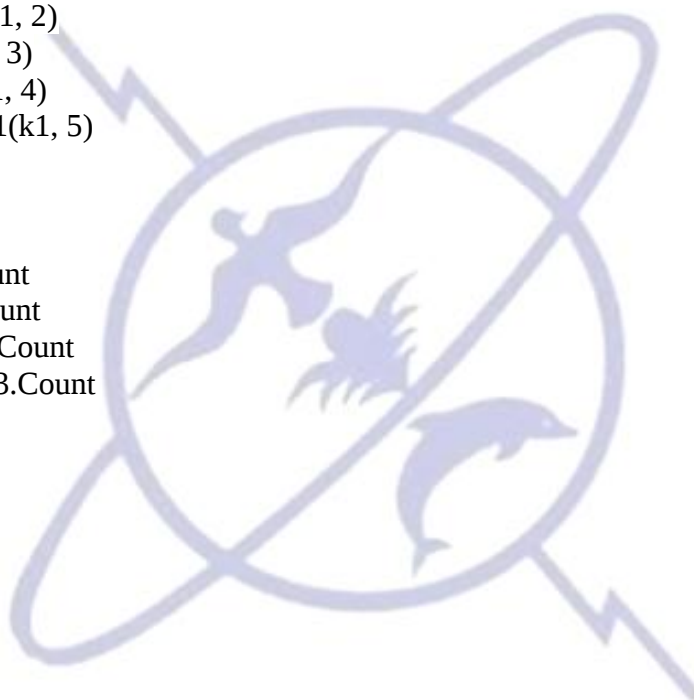
```

```

        vit2 = vit2 + tab1(k1, 3)
        lon2 = lon2 + tab1(k1, 4)
        diam2 = diam2 + tab1(k1, 5)
    End If
Next
Next
debit(1) = deb2 / classe2.Count
vitesse(1) = vit2 / classe2.Count
longueur(1) = lon2 / classe2.Count
diametre(1) = diam2 / classe2.Count
' calcul du nouveau centre de la 3eme classe
'
deb3 = 0
vit3 = 0
lon3 = 0
diam3 = 0
debit(2) = 0
vitesse(2) = 0
longueur(2) = 0
diametre(2) = 0

For k As Integer = 0 To classe3.Count - 1 Step 1
    For k1 As Integer = 0 To 207 Step 1
        If classe3(k) = tab1(k1, 0) Then
            deb3 = deb3 + tab1(k1, 2)
            vit3 = vit3 + tab1(k1, 3)
            lon3 = lon3 + tab1(k1, 4)
            diam3 = diam3 + tab1(k1, 5)
        End If
    Next
Next
debit(2) = deb3 / classe3.Count
vitesse(2) = vit3 / classe3.Count
longueur(2) = lon3 / classe3.Count
diametre(2) = diam3 / classe3.Count
deb4 = 0
vit4 = 0
lon4 = 0
diam4 = 0
debit(3) = 0
vitesse(3) = 0
longueur(3) = 0
diametre(3) = 0

For k As Integer = 0 To classe4.Count - 1 Step 1
    For k1 As Integer = 0 To 207 Step 1
        If classe4(k) = tab1(k1, 0) Then
    
```



CENTRE D'ETUDES DOCTORALES - SCIENCES ET TECHNOLOGIES

```

        deb4 = deb4 + tab1(k1, 2)
        vit4 = vit4 + tab1(k1, 3)
        lon4 = lon4 + tab1(k1, 4)
        diam4 = diam4 + tab1(k1, 5)
    End If
Next
Next
debit(3) = deb4 / classe4.Count
vitesse(3) = vit4 / classe4.Count
longueur(3) = lon4 / classe4.Count
diametre(3) = diam4 / classe4.Count

Next
For b As Integer = 0 To 206 Step 1
    MainForm.tab1(b, 13) = tab1(b, 13)
    MainForm.tab1(b, 14) = tab1(b, 14)
Next

Label5.Text = "ok"
End If
((((((((((( 5 centres))))))))))))))))))
If Label3.Text = "5" Then
    'a = 2
    Dim classe1(207) As Double
    'b = 35
    Dim classe2(207) As Double
    'c = 78
    Dim classe3(207) As Double
    'd=120
    Dim classe4(207) As Double
    'd=206
    Dim classe5(207) As Double
    For n As Integer = 0 To 9 Step 1
        (((((((((( iteration nr  " & n + 1 & "  ))))))))))))))))"
        '2
        ReDim Preserve classe1(207)
        ReDim Preserve classe2(207)
        ReDim Preserve classe3(207)
        ReDim Preserve classe4(207)
        ReDim Preserve classe5(207)
        Dim centre1, centre2, centre3, centre4, centre5 As Double
        Dim i As Integer = 0
        Dim indice1 As Integer = 0
        Dim indice2 As Integer = 0
        Dim indice3 As Integer = 0
        Dim indice4 As Integer = 0
    
```

CENTRE D'ETUDES DOCTORALES - SCIENCES ET TECHNOLOGIES

Dim indice5 As Integer = 0

Dim d1 As Integer = 0

Dim d2 As Integer = 0

Dim d3 As Integer = 0

Dim d4 As Integer = 0

Dim d5 As Integer = 0

For i = 0 To 207 Step 1

 centre1 = Math.Round(Sqrt(Abs(Pow(tab1(i, 2) - debit(0), 2)) + Abs(Pow(tab1(i, 3) - vitesse(0), 2)) + Abs(Pow(tab1(i, 4) - longueur(0), 2)) + Abs(Pow(tab1(i, 5) - diametre(0), 2))), 1)

 centre2 = Math.Round(Sqrt(Abs(Pow(tab1(i, 2) - debit(1), 2)) + Abs(Pow(tab1(i, 3) - vitesse(1), 2)) + Abs(Pow(tab1(i, 4) - longueur(1), 2)) + Abs(Pow(tab1(i, 5) - diametre(1), 2))), 1)

 centre3 = Math.Round(Sqrt(Abs(Pow(tab1(i, 2) - debit(2), 2)) + Abs(Pow(tab1(i, 3) - vitesse(2), 2)) + Abs(Pow(tab1(i, 4) - longueur(2), 2)) + Abs(Pow(tab1(i, 5) - diametre(2), 2))), 1)

 centre4 = Math.Round(Sqrt(Abs(Pow(tab1(i, 2) - debit(3), 2)) + Abs(Pow(tab1(i, 3) - vitesse(3), 2)) + Abs(Pow(tab1(i, 4) - longueur(3), 2)) + Abs(Pow(tab1(i, 5) - diametre(3), 2))), 1)

 centre5 = Math.Round(Sqrt(Abs(Pow(tab1(i, 2) - debit(4), 2)) + Abs(Pow(tab1(i, 3) - vitesse(4), 2)) + Abs(Pow(tab1(i, 4) - longueur(4), 2)) + Abs(Pow(tab1(i, 5) - diametre(4), 2))), 1)

 tab1(i, 14) = classement5(centre1, centre2, centre3, centre4, centre5)

 ' 1er

 '

 'stoker le nv centre à coté du tuyau correspondant

 Dim a1, b1, c1, d11, r1 As Integer

 a1 = 2

 b1 = 35

 c1 = 78

 d11 = 120

 r1 = 206

 If centre1 = classement5(centre1, centre2, centre3, centre4, centre5) Then

 tab1(i, 13) = a1

 tab1(i, 14) = -0.5

 classe1(d1) = tab1(i, 0)

 d1 = d1 + 1

 indice1 = indice1 + 1

 End If

 If centre2 = classement5(centre1, centre2, centre3, centre4, centre5) Then

 tab1(i, 13) = b1

 tab1(i, 14) = -0.525

 classe2(d2) = tab1(i, 0)

 d2 = d2 + 1

CENTRE D'ETUDES DOCTORALES - SCIENCES ET TECHNOLOGIES

```

    indice2 = indice2 + 1
End If
If centre3 = classement5(centre1, centre2, centre3, centre4, centre5) Then
    tab1(i, 13) = c1
    tab1(i, 14) = -0.3
    classe3(d3) = tab1(i, 0)
    d3 = d3 + 1
    indice3 = indice3 + 1

End If
If centre4 = classement5(centre1, centre2, centre3, centre4, centre5) Then
    tab1(i, 13) = d11
    tab1(i, 14) = -0.6
    classe4(d4) = tab1(i, 0)
    d4 = d4 + 1
    indice4 = indice4 + 1

End If
If centre5 = classement5(centre1, centre2, centre3, centre4, centre5) Then
    tab1(i, 13) = r1
    tab1(i, 14) = -0.7
    classe5(d5) = tab1(i, 0)
    d5 = d5 + 1
    indice5 = indice5 + 1

End If
Next
ReDim Preserve classe1(indice1 - 1)
ReDim Preserve classe2(indice2 - 1)
ReDim Preserve classe3(indice3 - 1)
ReDim Preserve classe4(indice4 - 1)
ReDim Preserve classe5(indice5 - 1)

Dim deb1, vit1, lon1, diam1 As Double
Dim deb2, vit2, lon2, diam2 As Double
Dim deb3, vit3, lon3, diam3 As Double
Dim deb4, vit4, lon4, diam4 As Double
Dim deb5, vit5, lon5, diam5 As Double
deb1 = 0
vit1 = 0
lon1 = 0
diam1 = 0
debit(0) = 0
vitesse(0) = 0
longueur(0) = 0
diametre(0) = 0
    
```

CENTRE D'ETUDES DOCTORALES - SCIENCES ET TECHNOLOGIES

' calcul du nouveau centre de la 1er classe

For k As Integer = 0 To classe1.Count - 1 Step 1

For k1 As Integer = 0 To 207 Step 1

If classe1(k) = tab1(k1, 0) Then

deb1 = deb1 + tab1(k1, 2)

vit1 = vit1 + tab1(k1, 3)

lon1 = lon1 + tab1(k1, 4)

diam1 = diam1 + tab1(k1, 5)

End If

Next

Next

debit(0) = deb1 / classe1.Count

vitesse(0) = vit1 / classe1.Count

longueur(0) = lon1 / classe1.Count

diametre(0) = diam1 / classe1.Count

' calcul du nouveau centre de la 2eme classe

deb2 = 0

vit2 = 0

lon2 = 0

diam2 = 0

debit(1) = 0

vitesse(1) = 0

longueur(1) = 0

diametre(1) = 0

For k As Integer = 0 To classe2.Count - 1 Step 1

For k1 As Integer = 0 To 207 Step 1

If classe2(k) = tab1(k1, 0) Then

deb2 = deb2 + tab1(k1, 2)

vit2 = vit2 + tab1(k1, 3)

lon2 = lon2 + tab1(k1, 4)

diam2 = diam2 + tab1(k1, 5)

End If

Next

Next

debit(1) = deb2 / classe2.Count

vitesse(1) = vit2 / classe2.Count

longueur(1) = lon2 / classe2.Count

diametre(1) = diam2 / classe2.Count

' calcul du nouveau centre de la 3eme classe

deb3 = 0

vit3 = 0

lon3 = 0

diam3 = 0

CENTRE D'ETUDES DOCTORALES - SCIENCES ET TECHNOLOGIES

```

debit(2) = 0
vitesse(2) = 0
longueur(2) = 0
diametre(2) = 0

For k As Integer = 0 To classe3.Count - 1 Step 1
    For k1 As Integer = 0 To 207 Step 1
        If classe3(k) = tab1(k1, 0) Then
            deb3 = deb3 + tab1(k1, 2)
            vit3 = vit3 + tab1(k1, 3)
            lon3 = lon3 + tab1(k1, 4)
            diam3 = diam3 + tab1(k1, 5)
        End If
    Next
Next
debit(2) = deb3 / classe3.Count
vitesse(2) = vit3 / classe3.Count
longueur(2) = lon3 / classe3.Count
diametre(2) = diam3 / classe3.Count
'GoTo debut
' calcul du nouveau centre de la 4eme classe

```

```

deb4 = 0
vit4 = 0
lon4 = 0
diam4 = 0
debit(3) = 0
vitesse(3) = 0
longueur(3) = 0
diametre(3) = 0

For k As Integer = 0 To classe4.Count - 1 Step 1
    For k1 As Integer = 0 To 207 Step 1
        If classe4(k) = tab1(k1, 0) Then
            deb4 = deb4 + tab1(k1, 2)
            vit4 = vit4 + tab1(k1, 3)
            lon4 = lon4 + tab1(k1, 4)
            diam4 = diam4 + tab1(k1, 5)
        End If
    Next
Next
debit(3) = deb4 / classe4.Count
vitesse(3) = vit4 / classe4.Count
longueur(3) = lon4 / classe4.Count
diametre(3) = diam4 / classe4.Count
' calcul du nouveau centre de la 5eme classe

```

CENTRE D'ETUDES DOCTORALES - SCIENCES ET TECHNOLOGIES

```

deb5 = 0
vit5 = 0
lon5 = 0
diam5 = 0
debit(4) = 0
vitesse(4) = 0
longueur(4) = 0
diametre(4) = 0
    
```

```

For k As Integer = 0 To classe5.Count - 1 Step 1
    For k1 As Integer = 0 To 207 Step 1
        If classe5(k) = tab1(k1, 0) Then
            deb5 = deb5 + tab1(k1, 2)
            vit5 = vit5 + tab1(k1, 3)
            lon5 = lon5 + tab1(k1, 4)
            diam5 = diam5 + tab1(k1, 5)
        End If
    Next
Next
debit(4) = deb5 / classe5.Count
vitesse(4) = vit5 / classe5.Count
longueur(4) = lon5 / classe5.Count
diametre(4) = diam5 / classe5.Count
    
```

```

Next
For b As Integer = 0 To 206 Step 1
    MainForm.tab1(b, 13) = tab1(b, 13)
    MainForm.tab1(b, 14) = tab1(b, 14)
Next
    
```

```

Label5.Text = "ok"
End If
    
```

```

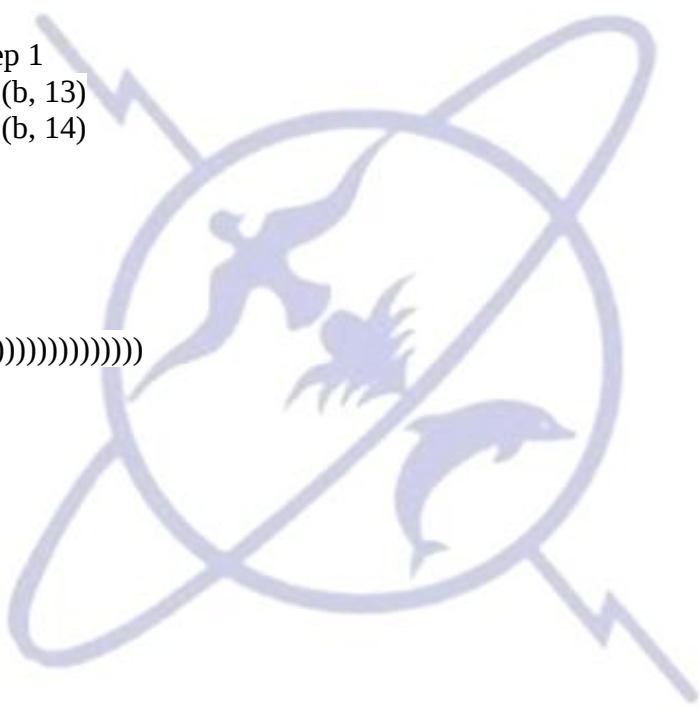
((((((((((((((((((((6 centres))))))))))))))))))))))))))))))))))
    
```

```

a = 2
b = 27
c = 58
d = 101
r = 120
f = 206
    
```

```

If Label3.Text = "6" Then
    'a = 2
    Dim classe1(207) As Double
    'b = 35
    Dim classe2(207) As Double
    
```



CENTRE D'ETUDES DOCTORALES - SCIENCES ET TECHNOLOGIES

```
'c = 78
Dim classe3(207) As Double
'd=120
Dim classe4(207) As Double
'd=120
Dim classe5(207) As Double
Dim classe6(207) As Double
For n As Integer = 0 To 9 Step 1
    'debut:
    ReDim Preserve classe1(207)
    ReDim Preserve classe2(207)
    ReDim Preserve classe3(207)
    ReDim Preserve classe4(207)
    ReDim Preserve classe5(207)
    ReDim Preserve classe6(207)
    Dim centre1, centre2, centre3, centre4, centre5, centre6 As Double
    Dim i As Integer = 0
    Dim indice1 As Integer = 0
    Dim indice2 As Integer = 0
    Dim indice3 As Integer = 0
    Dim indice4 As Integer = 0
    Dim indice5 As Integer = 0
    Dim indice6 As Integer = 0
    Dim d1 As Integer = 0
    Dim d2 As Integer = 0
    Dim d3 As Integer = 0
    Dim d4 As Integer = 0
    Dim d5 As Integer = 0
    Dim d6 As Integer = 0
    For i = 0 To 207 Step 1

        centre1 = Math.Round(Sqrt(Abs(Pow(tab1(i, 2) - debit(0), 2)) + Abs(Pow(tab1(i, 3) - vitesse(0), 2)) + Abs(Pow(tab1(i, 4) - longueur(0), 2)) + Abs(Pow(tab1(i, 5) - diametre(0), 2))), 1)
        centre2 = Math.Round(Sqrt(Abs(Pow(tab1(i, 2) - debit(1), 2)) + Abs(Pow(tab1(i, 3) - vitesse(1), 2)) + Abs(Pow(tab1(i, 4) - longueur(1), 2)) + Abs(Pow(tab1(i, 5) - diametre(1), 2))), 1)
        centre3 = Math.Round(Sqrt(Abs(Pow(tab1(i, 2) - debit(2), 2)) + Abs(Pow(tab1(i, 3) - vitesse(2), 2)) + Abs(Pow(tab1(i, 4) - longueur(2), 2)) + Abs(Pow(tab1(i, 5) - diametre(2), 2))), 1)
        centre4 = Math.Round(Sqrt(Abs(Pow(tab1(i, 2) - debit(3), 2)) + Abs(Pow(tab1(i, 3) - vitesse(3), 2)) + Abs(Pow(tab1(i, 4) - longueur(3), 2)) + Abs(Pow(tab1(i, 5) - diametre(3), 2))), 1)
        centre5 = Math.Round(Sqrt(Abs(Pow(tab1(i, 2) - debit(4), 2)) + Abs(Pow(tab1(i, 3) - vitesse(4), 2)) + Abs(Pow(tab1(i, 4) - longueur(4), 2)) + Abs(Pow(tab1(i, 5) - diametre(4), 2))), 1)
    
```

CENTRE D'ETUDES DOCTORALES - SCIENCES ET TECHNOLOGIES

centre5 = Math.Round(Sqrt(Abs(Pow(tab1(i, 2) - debit(5), 2)) + Abs(Pow(tab1(i, 3) - vitesse(5), 2)) + Abs(Pow(tab1(i, 4) - longueur(5), 2)) + Abs(Pow(tab1(i, 5) - diametre(5), 2))), 1)

tab1(i, 14) = classement6(centre1, centre2, centre3, centre4, centre5, centre6)

' 1er

'stoker le nv centre à coté du tuyau correspondant

Dim a1, b1, c1, d11, r1, f1 As Integer

'a = 2

'b = 35

'c = 78

'd = 120

'r = 206

a1 = 2

b1 = 27

c1 = 58

d11 = 101

r1 = 120

f1 = 206

If centre1 = classement6(centre1, centre2, centre3, centre4, centre5, centre6)

Then

tab1(i, 13) = a1

tab1(i, 14) = -0.5

classe1(d1) = tab1(i, 0)

d1 = d1 + 1

indice1 = indice1 + 1

End If

If centre2 = classement6(centre1, centre2, centre3, centre4, centre5, centre6)

Then

tab1(i, 13) = b1

tab1(i, 14) = -0.575

classe2(d2) = tab1(i, 0)

d2 = d2 + 1

indice2 = indice2 + 1

End If

If centre3 = classement6(centre1, centre2, centre3, centre4, centre5, centre6)

Then

tab1(i, 13) = c1

tab1(i, 14) = -0.55

classe3(d3) = tab1(i, 0)

d3 = d3 + 1

indice3 = indice3 + 1

End If

CENTRE D'ETUDES DOCTORALES - SCIENCES ET TECHNOLOGIES

```

Then
    If centre4 = classement6(centre1, centre2, centre3, centre4, centre5, centre6)
        tab1(i, 13) = d11
        tab1(i, 14) = -0.65
        classe4(d4) = tab1(i, 0)
        d4 = d4 + 1
        indice4 = indice4 + 1
    End If
    If centre5 = classement6(centre1, centre2, centre3, centre4, centre5, centre6)
Then
        tab1(i, 13) = r1
        tab1(i, 14) = -0.7
        classe5(d5) = tab1(i, 0)
        d5 = d5 + 1
        indice5 = indice5 + 1
    End If
    If centre6 = classement6(centre1, centre2, centre3, centre4, centre5, centre6)
Then
        tab1(i, 13) = f1
        tab1(i, 14) = -0.9
        classe6(d6) = tab1(i, 0)
        d6 = d6 + 1
        indice6 = indice6 + 1
    End If
Next
ReDim Preserve classe1(indice1 - 1)
ReDim Preserve classe2(indice2 - 1)
ReDim Preserve classe3(indice3 - 1)
ReDim Preserve classe4(indice4 - 1)
ReDim Preserve classe5(indice5 - 1)
ReDim Preserve classe6(indice6 - 1)

Dim deb1, vit1, lon1, diam1 As Double
Dim deb2, vit2, lon2, diam2 As Double
Dim deb3, vit3, lon3, diam3 As Double
Dim deb4, vit4, lon4, diam4 As Double
Dim deb5, vit5, lon5, diam5 As Double
Dim deb6, vit6, lon6, diam6 As Double
deb1 = 0
vit1 = 0
lon1 = 0
diam1 = 0
debit(0) = 0
vitesse(0) = 0
    
```

CENTRE D'ETUDES DOCTORALES - SCIENCES ET TECHNOLOGIES

```

longueur(0) = 0
diametre(0) = 0

' calcul du nouveau centre de la 1er classe
'
For k As Integer = 0 To classe1.Count - 1 Step 1
    For k1 As Integer = 0 To 207 Step 1
        If classe1(k) = tab1(k1, 0) Then
            deb1 = deb1 + tab1(k1, 2)
            vit1 = vit1 + tab1(k1, 3)
            lon1 = lon1 + tab1(k1, 4)
            diam1 = diam1 + tab1(k1, 5)
        End If
    Next
Next
debit(0) = deb1 / classe1.Count
vitesse(0) = vit1 / classe1.Count
longueur(0) = lon1 / classe1.Count
diametre(0) = diam1 / classe1.Count

' calcul du nouveau centre de la 2eme classe
'
deb2 = 0
vit2 = 0
lon2 = 0
diam2 = 0
debit(1) = 0
vitesse(1) = 0
longueur(1) = 0
diametre(1) = 0
For k As Integer = 0 To classe2.Count - 1 Step 1
    For k1 As Integer = 0 To 207 Step 1
        If classe2(k) = tab1(k1, 0) Then
            deb2 = deb2 + tab1(k1, 2)
            vit2 = vit2 + tab1(k1, 3)
            lon2 = lon2 + tab1(k1, 4)
            diam2 = diam2 + tab1(k1, 5)
        End If
    Next
Next
debit(1) = deb2 / classe2.Count
vitesse(1) = vit2 / classe2.Count
longueur(1) = lon2 / classe2.Count
diametre(1) = diam2 / classe2.Count
' calcul du nouveau centre de la 3eme classe
'
deb3 = 0
    
```

CENTRE D'ETUDES DOCTORALES - SCIENCES ET TECHNOLOGIES

```

vit3 = 0
lon3 = 0
diam3 = 0
debit(2) = 0
vitesse(2) = 0
longueur(2) = 0
diametre(2) = 0
    
```

```

For k As Integer = 0 To classe3.Count - 1 Step 1
    
```

```

    For k1 As Integer = 0 To 207 Step 1
        
```

```

        If classe3(k) = tab1(k1, 0) Then
            
```

```

            deb3 = deb3 + tab1(k1, 2)
            
```

```

            vit3 = vit3 + tab1(k1, 3)
            
```

```

            lon3 = lon3 + tab1(k1, 4)
            
```

```

            diam3 = diam3 + tab1(k1, 5)
            
```

```

        End If
        
```

```

    Next
    
```

```

Next
    
```

```

debit(2) = deb3 / classe3.Count
    
```

```

vitesse(2) = vit3 / classe3.Count
    
```

```

longueur(2) = lon3 / classe3.Count
    
```

```

diametre(2) = diam3 / classe3.Count
    
```

```

'GoTo debut
    
```

```

' calcul du nouveau centre de la 4eme classe
'
    
```

```

deb4 = 0
    
```

```

vit4 = 0
    
```

```

lon4 = 0
    
```

```

diam4 = 0
    
```

```

debit(3) = 0
    
```

```

vitesse(3) = 0
    
```

```

longueur(3) = 0
    
```

```

diametre(3) = 0
    
```

```

For k As Integer = 0 To classe4.Count - 1 Step 1
    
```

```

    For k1 As Integer = 0 To 207 Step 1
        
```

```

        If classe4(k) = tab1(k1, 0) Then
            
```

```

            deb4 = deb4 + tab1(k1, 2)
            
```

```

            vit4 = vit4 + tab1(k1, 3)
            
```

```

            lon4 = lon4 + tab1(k1, 4)
            
```

```

            diam4 = diam4 + tab1(k1, 5)
            
```

```

        End If
        
```

```

    Next
    
```

```

Next
    
```

```

debit(3) = deb4 / classe4.Count
    
```

```

vitesse(3) = vit4 / classe4.Count
    
```

```

longueur(3) = lon4 / classe4.Count
    
```

CENTRE D'ETUDES DOCTORALES - SCIENCES ET TECHNOLOGIES

```

diametre(3) = diam4 / classe4.Count
' calcul du nouveau centre de la 5eme classe
,
deb5 = 0
vit5 = 0
lon5 = 0
diam5 = 0
debit(4) = 0
vitesse(4) = 0
longueur(4) = 0
diametre(4) = 0

For k As Integer = 0 To classe5.Count - 1 Step 1
    For k1 As Integer = 0 To 207 Step 1
        If classe5(k) = tab1(k1, 0) Then
            deb5 = deb5 + tab1(k1, 2)
            vit5 = vit5 + tab1(k1, 3)
            lon5 = lon5 + tab1(k1, 4)
            diam5 = diam5 + tab1(k1, 5)
        End If
    Next
Next
debit(4) = deb5 / classe5.Count
vitesse(4) = vit5 / classe5.Count
longueur(4) = lon5 / classe5.Count
diametre(4) = diam5 / classe5.Count
' calcul du nouveau centre de la 6eme classe
,
deb6 = 0
vit6 = 0
lon6 = 0
diam6 = 0
debit(5) = 0
vitesse(5) = 0
longueur(5) = 0
diametre(5) = 0

For k As Integer = 0 To classe6.Count - 1 Step 1
    For k1 As Integer = 0 To 207 Step 1
        If classe6(k) = tab1(k1, 0) Then
            deb6 = deb6 + tab1(k1, 2)
            vit6 = vit6 + tab1(k1, 3)
            lon6 = lon6 + tab1(k1, 4)
            diam6 = diam6 + tab1(k1, 5)
        End If
    Next
Next
    
```

CENTRE D'ETUDES DOCTORALES - SCIENCES ET TECHNOLOGIES

```

debit(5) = deb6 / classe6.Count
vitesse(5) = vit6 / classe6.Count
longueur(5) = lon6 / classe6.Count
diametre(5) = diam6 / classe6.Count

Next
For b As Integer = 0 To 206 Step 1
    MainForm.tab1(b, 13) = tab1(b, 13)
    MainForm.tab1(b, 14) = tab1(b, 14)
Next
Label5.Text = "ok"
End If
    
```

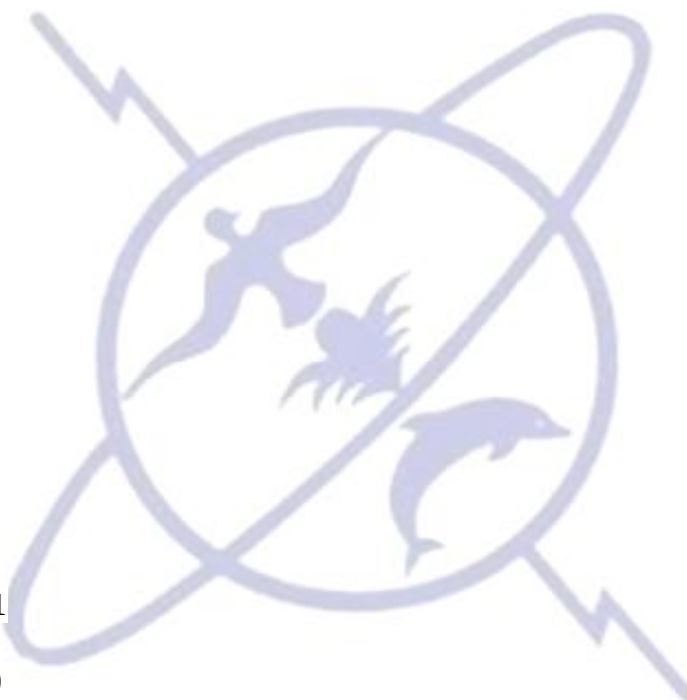
(((((((((((((((((7 centre))))))))))))))))))))

```

a = 2
b = 27
c = 78
d = 101
r = 120
f = 181
g = 206
    
```

```

If Label3.Text = "7" Then
    'a = 2
    Dim classe1(207) As Double
    'b = 27
    Dim classe2(207) As Double
    'c = 35
    Dim classe3(207) As Double
    'd=101
    Dim classe4(207) As Double
    'd=120
    Dim classe5(207) As Double
    'f = 181
    Dim classe6(207) As Double
    'g = 206
    Dim classe7(207) As Double
    For n As Integer = 0 To 9 Step 1
        '2
        ReDim Preserve classe1(207)
        ReDim Preserve classe2(207)
        ReDim Preserve classe3(207)
        ReDim Preserve classe4(207)
        ReDim Preserve classe5(207)
    
```



CENTRE D'ETUDES DOCTORALES - SCIENCES ET TECHNOLOGIES

```
ReDim Preserve classe6(207)
ReDim Preserve classe7(207)
Dim centre1, centre2, centre3, centre4, centre5, centre6, centre7 As Double
Dim i As Integer = 0
Dim indice1 As Integer = 0
Dim indice2 As Integer = 0
Dim indice3 As Integer = 0
Dim indice4 As Integer = 0
Dim indice5 As Integer = 0
Dim indice6 As Integer = 0
Dim indice7 As Integer = 0
Dim d1 As Integer = 0
Dim d2 As Integer = 0
Dim d3 As Integer = 0
Dim d4 As Integer = 0
Dim d5 As Integer = 0
Dim d6 As Integer = 0
Dim d7 As Integer = 0
For i = 0 To 207 Step 1
```

```
    centre1 = Math.Round(Sqrt(Abs(Pow(tab1(i, 2) - debit(0), 2)) + Abs(Pow(tab1(i, 3) - vitesse(0), 2)) + Abs(Pow(tab1(i, 4) - longueur(0), 2)) + Abs(Pow(tab1(i, 5) - diametre(0), 2))), 1)
```

```
    centre2 = Math.Round(Sqrt(Abs(Pow(tab1(i, 2) - debit(1), 2)) + Abs(Pow(tab1(i, 3) - vitesse(1), 2)) + Abs(Pow(tab1(i, 4) - longueur(1), 2)) + Abs(Pow(tab1(i, 5) - diametre(1), 2))), 1)
```

```
    centre3 = Math.Round(Sqrt(Abs(Pow(tab1(i, 2) - debit(2), 2)) + Abs(Pow(tab1(i, 3) - vitesse(2), 2)) + Abs(Pow(tab1(i, 4) - longueur(2), 2)) + Abs(Pow(tab1(i, 5) - diametre(2), 2))), 1)
```

```
    centre4 = Math.Round(Sqrt(Abs(Pow(tab1(i, 2) - debit(3), 2)) + Abs(Pow(tab1(i, 3) - vitesse(3), 2)) + Abs(Pow(tab1(i, 4) - longueur(3), 2)) + Abs(Pow(tab1(i, 5) - diametre(3), 2))), 1)
```

```
    centre5 = Math.Round(Sqrt(Abs(Pow(tab1(i, 2) - debit(4), 2)) + Abs(Pow(tab1(i, 3) - vitesse(4), 2)) + Abs(Pow(tab1(i, 4) - longueur(4), 2)) + Abs(Pow(tab1(i, 5) - diametre(4), 2))), 1)
```

```
    centre6 = Math.Round(Sqrt(Abs(Pow(tab1(i, 2) - debit(5), 2)) + Abs(Pow(tab1(i, 3) - vitesse(5), 2)) + Abs(Pow(tab1(i, 4) - longueur(5), 2)) + Abs(Pow(tab1(i, 5) - diametre(5), 2))), 1)
```

```
    centre7 = Math.Round(Sqrt(Abs(Pow(tab1(i, 2) - debit(6), 2)) + Abs(Pow(tab1(i, 3) - vitesse(6), 2)) + Abs(Pow(tab1(i, 4) - longueur(6), 2)) + Abs(Pow(tab1(i, 5) - diametre(6), 2))), 1)
```

```
    tab1(i, 14) = classement7(centre1, centre2, centre3, centre4, centre5, centre6, centre7)
```

```
    ' 1er
```

```
    '
```

```
    'stoker le nv centre à coté du touyau correspondant
```

CENTRE D'ETUDES DOCTORALES - SCIENCES ET TECHNOLOGIES

Dim a1, b1, c1, d11, r1, f1, g1 As Integer

a1 = 2

b1 = 27

c1 = 78

d11 = 101

r1 = 120

f1 = 181

g1 = 206

If centre1 = classement7(centre1, centre2, centre3, centre4, centre5, centre6, centre7) Then

tab1(i, 13) = a1

tab1(i, 14) = -0.5

classe1(d1) = tab1(i, 0)

d1 = d1 + 1

indice1 = indice1 + 1

End If

If centre2 = classement7(centre1, centre2, centre3, centre4, centre5, centre6, centre7) Then

tab1(i, 13) = b1

tab1(i, 14) = -0.575

classe2(d2) = tab1(i, 0)

d2 = d2 + 1

indice2 = indice2 + 1

End If

If centre3 = classement7(centre1, centre2, centre3, centre4, centre5, centre6, centre7) Then

tab1(i, 13) = c1

tab1(i, 14) = -0.6

classe3(d3) = tab1(i, 0)

d3 = d3 + 1

indice3 = indice3 + 1

End If

If centre4 = classement7(centre1, centre2, centre3, centre4, centre5, centre6, centre7) Then

tab1(i, 13) = d11

tab1(i, 14) = -0.65

classe4(d4) = tab1(i, 0)

d4 = d4 + 1

indice4 = indice4 + 1

End If

If centre5 = classement7(centre1, centre2, centre3, centre4, centre5, centre6, centre7) Then

tab1(i, 13) = r1

CENTRE D'ETUDES DOCTORALES - SCIENCES ET TECHNOLOGIES

```

        tab1(i, 14) = -0.7
        classe5(d5) = tab1(i, 0)
        d5 = d5 + 1
        indice5 = indice5 + 1
    End If
    If centre6 = classement7(centre1, centre2, centre3, centre4, centre5, centre6,
centre7) Then
        tab1(i, 13) = f1
        tab1(i, 14) = -0.8
        classe6(d6) = tab1(i, 0)
        d6 = d6 + 1
        indice6 = indice6 + 1
    End If
    If centre7 = classement7(centre1, centre2, centre3, centre4, centre5, centre6,
centre7) Then
        tab1(i, 13) = g1
        tab1(i, 14) = -0.9
        classe6(d7) = tab1(i, 0)
        d7 = d7 + 1
        indice7 = indice7 + 1
    End If
Next
ReDim Preserve classe1(indice1 - 1)
ReDim Preserve classe2(indice2 - 1)
ReDim Preserve classe3(indice3 - 1)
ReDim Preserve classe4(indice4 - 1)
ReDim Preserve classe5(indice5 - 1)
ReDim Preserve classe6(indice6 - 1)
ReDim Preserve classe7(indice7 - 1)

Dim deb1, vit1, lon1, diam1 As Double
Dim deb2, vit2, lon2, diam2 As Double
Dim deb3, vit3, lon3, diam3 As Double
Dim deb4, vit4, lon4, diam4 As Double
Dim deb5, vit5, lon5, diam5 As Double
Dim deb6, vit6, lon6, diam6 As Double
Dim deb7, vit7, lon7, diam7 As Double
deb1 = 0
vit1 = 0
lon1 = 0
diam1 = 0
debit(0) = 0
vitesse(0) = 0
longueur(0) = 0
    
```

CENTRE D'ETUDES DOCTORALES - SCIENCES ET TECHNOLOGIES

diametre(0) = 0

' calcul du nouveau centre de la 1er classe

,

For k As Integer = 0 To classe1.Count - 1 Step 1

For k1 As Integer = 0 To 207 Step 1

If classe1(k) = tab1(k1, 0) Then

deb1 = deb1 + tab1(k1, 2)

vit1 = vit1 + tab1(k1, 3)

lon1 = lon1 + tab1(k1, 4)

diam1 = diam1 + tab1(k1, 5)

End If

Next

Next

debit(0) = deb1 / classe1.Count

vitesse(0) = vit1 / classe1.Count

longueur(0) = lon1 / classe1.Count

diametre(0) = diam1 / classe1.Count

' calcul du nouveau centre de la 2eme classe

,

deb2 = 0

vit2 = 0

lon2 = 0

diam2 = 0

debit(1) = 0

vitesse(1) = 0

longueur(1) = 0

diametre(1) = 0

For k As Integer = 0 To classe2.Count - 1 Step 1

For k1 As Integer = 0 To 207 Step 1

If classe2(k) = tab1(k1, 0) Then

deb2 = deb2 + tab1(k1, 2)

vit2 = vit2 + tab1(k1, 3)

lon2 = lon2 + tab1(k1, 4)

diam2 = diam2 + tab1(k1, 5)

End If

Next

Next

debit(1) = deb2 / classe2.Count

vitesse(1) = vit2 / classe2.Count

longueur(1) = lon2 / classe2.Count

diametre(1) = diam2 / classe2.Count

' calcul du nouveau centre de la 3eme classe

,

deb3 = 0

vit3 = 0

CENTRE D'ETUDES DOCTORALES - SCIENCES ET TECHNOLOGIES

```

lon3 = 0
diam3 = 0
debit(2) = 0
vitesse(2) = 0
longueur(2) = 0
diametre(2) = 0

For k As Integer = 0 To classe3.Count - 1 Step 1
    For k1 As Integer = 0 To 207 Step 1
        If classe3(k) = tab1(k1, 0) Then
            deb3 = deb3 + tab1(k1, 2)
            vit3 = vit3 + tab1(k1, 3)
            lon3 = lon3 + tab1(k1, 4)
            diam3 = diam3 + tab1(k1, 5)
        End If
    Next
Next
debit(2) = deb3 / classe3.Count
vitesse(2) = vit3 / classe3.Count
longueur(2) = lon3 / classe3.Count
diametre(2) = diam3 / classe3.Count
'GoTo debut
' calcul du nouveau centre de la 4eme classe
'

deb4 = 0
vit4 = 0
lon4 = 0
diam4 = 0
debit(3) = 0
vitesse(3) = 0
longueur(3) = 0
diametre(3) = 0

For k As Integer = 0 To classe4.Count - 1 Step 1
    For k1 As Integer = 0 To 207 Step 1
        If classe4(k) = tab1(k1, 0) Then
            deb4 = deb4 + tab1(k1, 2)
            vit4 = vit4 + tab1(k1, 3)
            lon4 = lon4 + tab1(k1, 4)
            diam4 = diam4 + tab1(k1, 5)
        End If
    Next
Next
debit(3) = deb4 / classe4.Count
vitesse(3) = vit4 / classe4.Count
longueur(3) = lon4 / classe4.Count
diametre(3) = diam4 / classe4.Count
    
```

CENTRE D'ETUDES DOCTORALES - SCIENCES ET TECHNOLOGIES

' calcul du nouveau centre de la 5eme classe

```

deb5 = 0
vit5 = 0
lon5 = 0
diam5 = 0
debit(4) = 0
vitesse(4) = 0
longueur(4) = 0
diametre(4) = 0
    
```

For k As Integer = 0 To classe5.Count - 1 Step 1

For k1 As Integer = 0 To 207 Step 1

If classe5(k) = tab1(k1, 0) Then

deb5 = deb5 + tab1(k1, 2)

vit5 = vit5 + tab1(k1, 3)

lon5 = lon5 + tab1(k1, 4)

diam5 = diam5 + tab1(k1, 5)

End If

Next

Next

debit(4) = deb5 / classe5.Count

vitesse(4) = vit5 / classe5.Count

longueur(4) = lon5 / classe5.Count

diametre(4) = diam5 / classe5.Count

' calcul du nouveau centre de la 6eme classe

```

deb6 = 0
vit6 = 0
lon6 = 0
diam6 = 0
debit(5) = 0
vitesse(5) = 0
longueur(5) = 0
diametre(5) = 0
    
```

For k As Integer = 0 To classe6.Count - 1 Step 1

For k1 As Integer = 0 To 207 Step 1

If classe6(k) = tab1(k1, 0) Then

deb6 = deb6 + tab1(k1, 2)

vit6 = vit6 + tab1(k1, 3)

lon6 = lon6 + tab1(k1, 4)

diam6 = diam6 + tab1(k1, 5)

End If

Next

Next

debit(5) = deb6 / classe6.Count

CENTRE D'ETUDES DOCTORALES - SCIENCES ET TECHNOLOGIES

```

vitesse(5) = vit6 / classe6.Count
longueur(5) = lon6 / classe6.Count
diametre(5) = diam6 / classe6.Count
' calcul du nouveau centre de la 7eme classe
'
    
```

```

deb7 = 0
vit7 = 0
lon7 = 0
diam7 = 0
debit(6) = 0
vitesse(6) = 0
longueur(6) = 0
diametre(6) = 0
    
```

```

For k As Integer = 0 To classe7.Count - 1 Step 1
    For k1 As Integer = 0 To 207 Step 1
        If classe7(k) = tab1(k1, 0) Then
            deb7 = deb7 + tab1(k1, 2)
            vit7 = vit7 + tab1(k1, 3)
            lon7 = lon7 + tab1(k1, 4)
            diam7 = diam7 + tab1(k1, 5)
        End If
    Next
Next
debit(6) = deb7 / classe7.Count
vitesse(6) = vit7 / classe7.Count
longueur(6) = lon7 / classe7.Count
diametre(6) = diam7 / classe7.Count
    
```

```

Next
For b As Integer = 0 To 206 Step 1
    MainForm.tab1(b, 13) = tab1(b, 13)
    MainForm.tab1(b, 14) = tab1(b, 14)
Next
    
```

```

Label5.Text = "ok"
End If
    
```

```

((((((((((( 8 centres))))))))))))))))))))))))))))))))))))))))
a = 2
b = 27
c = 35
d = 58
r = 78
f = 101
g = 120
h = 206
    
```

```

If Label3.Text = "8" Then
    'a = 2
    Dim classe1(207) As Double
    'b = 27
    Dim classe2(207) As Double
    'c = 35
    Dim classe3(207) As Double
    'd=58
    Dim classe4(207) As Double
    'r=78
    Dim classe5(207) As Double
    'f = 101
    Dim classe6(207) As Double
    'g = 120
    Dim classe7(207) As Double
    'h = 206
    Dim classe8(207) As Double
    For n As Integer = 0 To 9 Step 1
        '2
        ReDim Preserve classe1(207)
        ReDim Preserve classe2(207)
        ReDim Preserve classe3(207)
        ReDim Preserve classe4(207)
        ReDim Preserve classe5(207)
        ReDim Preserve classe6(207)
        ReDim Preserve classe7(207)
        ReDim Preserve classe8(207)
        Dim centre1, centre2, centre3, centre4, centre5, centre6, centre7, centre8 As Double
        Dim i As Integer = 0
        Dim indice1 As Integer = 0
        Dim indice2 As Integer = 0
        Dim indice3 As Integer = 0
        Dim indice4 As Integer = 0
        Dim indice5 As Integer = 0
        Dim indice6 As Integer = 0
        Dim indice7 As Integer = 0
        Dim indice8 As Integer = 0
        Dim d1 As Integer = 0
        Dim d2 As Integer = 0
        Dim d3 As Integer = 0
        Dim d4 As Integer = 0
        Dim d5 As Integer = 0
        Dim d6 As Integer = 0
        Dim d7 As Integer = 0
    
```

CENTRE D'ETUDES DOCTORALES - SCIENCES ET TECHNOLOGIES

Dim d8 As Integer = 0

For i = 0 To 207 Step 1

centre1 = Math.Round(Sqrt(Abs(Pow(tab1(i, 2) - debit(0), 2)) + Abs(Pow(tab1(i, 3) - vitesse(0), 2)) + Abs(Pow(tab1(i, 4) - longueur(0), 2)) + Abs(Pow(tab1(i, 5) - diametre(0), 2))), 1)

centre2 = Math.Round(Sqrt(Abs(Pow(tab1(i, 2) - debit(1), 2)) + Abs(Pow(tab1(i, 3) - vitesse(1), 2)) + Abs(Pow(tab1(i, 4) - longueur(1), 2)) + Abs(Pow(tab1(i, 5) - diametre(1), 2))), 1)

centre3 = Math.Round(Sqrt(Abs(Pow(tab1(i, 2) - debit(2), 2)) + Abs(Pow(tab1(i, 3) - vitesse(2), 2)) + Abs(Pow(tab1(i, 4) - longueur(2), 2)) + Abs(Pow(tab1(i, 5) - diametre(2), 2))), 1)

centre4 = Math.Round(Sqrt(Abs(Pow(tab1(i, 2) - debit(3), 2)) + Abs(Pow(tab1(i, 3) - vitesse(3), 2)) + Abs(Pow(tab1(i, 4) - longueur(3), 2)) + Abs(Pow(tab1(i, 5) - diametre(3), 2))), 1)

centre5 = Math.Round(Sqrt(Abs(Pow(tab1(i, 2) - debit(4), 2)) + Abs(Pow(tab1(i, 3) - vitesse(4), 2)) + Abs(Pow(tab1(i, 4) - longueur(4), 2)) + Abs(Pow(tab1(i, 5) - diametre(4), 2))), 1)

centre6 = Math.Round(Sqrt(Abs(Pow(tab1(i, 2) - debit(5), 2)) + Abs(Pow(tab1(i, 3) - vitesse(5), 2)) + Abs(Pow(tab1(i, 4) - longueur(5), 2)) + Abs(Pow(tab1(i, 5) - diametre(5), 2))), 1)

centre7 = Math.Round(Sqrt(Abs(Pow(tab1(i, 2) - debit(6), 2)) + Abs(Pow(tab1(i, 3) - vitesse(6), 2)) + Abs(Pow(tab1(i, 4) - longueur(6), 2)) + Abs(Pow(tab1(i, 5) - diametre(6), 2))), 1)

centre8 = Math.Round(Sqrt(Abs(Pow(tab1(i, 2) - debit(7), 2)) + Abs(Pow(tab1(i, 3) - vitesse(7), 2)) + Abs(Pow(tab1(i, 4) - longueur(7), 2)) + Abs(Pow(tab1(i, 5) - diametre(7), 2))), 1)

tab1(i, 14) = classement8(centre1, centre2, centre3, centre4, centre5, centre6, centre7, centre8)

' 1er

':stoker le nv centre à coté du touyau correspondant

Dim a1, b1, c1, d11, r1, f1, g1, h1 As Integer

a1 = 2

b1 = 27

c1 = 35

d11 = 58

r1 = 78

f1 = 101

g1 = 120

h1 = 206

If centre1 = classement8(centre1, centre2, centre3, centre4, centre5, centre6, centre7, centre8) Then

tab1(i, 13) = a1

tab1(i, 14) = -0.5

CENTRE D'ETUDES DOCTORALES - SCIENCES ET TECHNOLOGIES

```

    classe1(d1) = tab1(i, 0)
    d1 = d1 + 1
    indice1 = indice1 + 1

End If
If centre2 = classement8(centre1, centre2, centre3, centre4, centre5, centre6,
centre7, centre8) Then
    tab1(i, 13) = b1
    tab1(i, 14) = -0.525
    classe2(d2) = tab1(i, 0)
    d2 = d2 + 1
    indice2 = indice2 + 1
End If
If centre3 = classement8(centre1, centre2, centre3, centre4, centre5, centre6,
centre7, centre8) Then
    tab1(i, 13) = c1
    tab1(i, 14) = -0.575
    classe3(d3) = tab1(i, 0)
    d3 = d3 + 1
    indice3 = indice3 + 1

End If
If centre4 = classement8(centre1, centre2, centre3, centre4, centre5, centre6,
centre7, centre8) Then
    tab1(i, 13) = d11
    tab1(i, 14) = -0.6
    classe4(d4) = tab1(i, 0)
    d4 = d4 + 1
    indice4 = indice4 + 1

End If
If centre5 = classement8(centre1, centre2, centre3, centre4, centre5, centre6,
centre7, centre8) Then
    tab1(i, 13) = r1
    tab1(i, 14) = -0.65
    classe5(d5) = tab1(i, 0)
    d5 = d5 + 1
    indice5 = indice5 + 1

End If
If centre6 = classement8(centre1, centre2, centre3, centre4, centre5, centre6,
centre7, centre8) Then
    tab1(i, 13) = f1
    tab1(i, 14) = -0.7
    classe6(d6) = tab1(i, 0)
    d6 = d6 + 1
    indice6 = indice6 + 1
    
```

```

End If
If centre7 = classement8(centre1, centre2, centre3, centre4, centre5, centre6,
centre7, centre8) Then
    tab1(i, 13) = g1
    tab1(i, 14) = -0.8
    classe6(d7) = tab1(i, 0)
    d7 = d7 + 1
    indice7 = indice7 + 1

End If
If centre8 = classement8(centre1, centre2, centre3, centre4, centre5, centre6,
centre7, centre8) Then
    tab1(i, 13) = h1
    tab1(i, 14) = -0.9
    classe6(d8) = tab1(i, 0)
    d8 = d8 + 1
    indice8 = indice8 + 1

End If
Next
ReDim Preserve classe1(indice1 - 1)
ReDim Preserve classe2(indice2 - 1)
ReDim Preserve classe3(indice3 - 1)
ReDim Preserve classe4(indice4 - 1)
ReDim Preserve classe5(indice5 - 1)
ReDim Preserve classe6(indice6 - 1)
ReDim Preserve classe7(indice7 - 1)
ReDim Preserve classe8(indice8 - 1)

Dim deb1, vit1, lon1, diam1 As Double
Dim deb2, vit2, lon2, diam2 As Double
Dim deb3, vit3, lon3, diam3 As Double
Dim deb4, vit4, lon4, diam4 As Double
Dim deb5, vit5, lon5, diam5 As Double
Dim deb6, vit6, lon6, diam6 As Double
Dim deb7, vit7, lon7, diam7 As Double
Dim deb8, vit8, lon8, diam8 As Double
deb1 = 0
vit1 = 0
lon1 = 0
diam1 = 0
debit(0) = 0
vitesse(0) = 0
longueur(0) = 0
diametre(0) = 0
    
```

CENTRE D'ETUDES DOCTORALES - SCIENCES ET TECHNOLOGIES

' calcul du nouveau centre de la 1er classe

For k As Integer = 0 To classe1.Count - 1 Step 1

For k1 As Integer = 0 To 207 Step 1

If classe1(k) = tab1(k1, 0) Then

deb1 = deb1 + tab1(k1, 2)

vit1 = vit1 + tab1(k1, 3)

lon1 = lon1 + tab1(k1, 4)

diam1 = diam1 + tab1(k1, 5)

End If

Next

Next

debit(0) = deb1 / classe1.Count

vitesse(0) = vit1 / classe1.Count

longueur(0) = lon1 / classe1.Count

diametre(0) = diam1 / classe1.Count

' calcul du nouveau centre de la 2eme classe

deb2 = 0

vit2 = 0

lon2 = 0

diam2 = 0

debit(1) = 0

vitesse(1) = 0

longueur(1) = 0

diametre(1) = 0

For k As Integer = 0 To classe2.Count - 1 Step 1

For k1 As Integer = 0 To 207 Step 1

If classe2(k) = tab1(k1, 0) Then

deb2 = deb2 + tab1(k1, 2)

vit2 = vit2 + tab1(k1, 3)

lon2 = lon2 + tab1(k1, 4)

diam2 = diam2 + tab1(k1, 5)

End If

Next

Next

debit(1) = deb2 / classe2.Count

vitesse(1) = vit2 / classe2.Count

longueur(1) = lon2 / classe2.Count

diametre(1) = diam2 / classe2.Count

' calcul du nouveau centre de la 3eme classe

deb3 = 0

vit3 = 0

lon3 = 0

diam3 = 0

CENTRE D'ETUDES DOCTORALES - SCIENCES ET TECHNOLOGIES

```

debit(2) = 0
vitesse(2) = 0
longueur(2) = 0
diametre(2) = 0

For k As Integer = 0 To classe3.Count - 1 Step 1
    For k1 As Integer = 0 To 207 Step 1
        If classe3(k) = tab1(k1, 0) Then
            deb3 = deb3 + tab1(k1, 2)
            vit3 = vit3 + tab1(k1, 3)
            lon3 = lon3 + tab1(k1, 4)
            diam3 = diam3 + tab1(k1, 5)
        End If
    Next
Next
debit(2) = deb3 / classe3.Count
vitesse(2) = vit3 / classe3.Count
longueur(2) = lon3 / classe3.Count
diametre(2) = diam3 / classe3.Count
'GoTo debut
' calcul du nouveau centre de la 4eme classe

```

```

deb4 = 0
vit4 = 0
lon4 = 0
diam4 = 0
debit(3) = 0
vitesse(3) = 0
longueur(3) = 0
diametre(3) = 0

```

```

For k As Integer = 0 To classe4.Count - 1 Step 1
    For k1 As Integer = 0 To 207 Step 1
        If classe4(k) = tab1(k1, 0) Then
            deb4 = deb4 + tab1(k1, 2)
            vit4 = vit4 + tab1(k1, 3)
            lon4 = lon4 + tab1(k1, 4)
            diam4 = diam4 + tab1(k1, 5)
        End If
    Next
Next
debit(3) = deb4 / classe4.Count
vitesse(3) = vit4 / classe4.Count
longueur(3) = lon4 / classe4.Count
diametre(3) = diam4 / classe4.Count
' calcul du nouveau centre de la 5eme classe

```

CENTRE D'ETUDES DOCTORALES - SCIENCES ET TECHNOLOGIES

```

deb5 = 0
vit5 = 0
lon5 = 0
diam5 = 0
debit(4) = 0
vitesse(4) = 0
longueur(4) = 0
diametre(4) = 0

For k As Integer = 0 To classe5.Count - 1 Step 1
    For k1 As Integer = 0 To 207 Step 1
        If classe5(k) = tab1(k1, 0) Then
            deb5 = deb5 + tab1(k1, 2)
            vit5 = vit5 + tab1(k1, 3)
            lon5 = lon5 + tab1(k1, 4)
            diam5 = diam5 + tab1(k1, 5)
        End If
    Next
Next
debit(4) = deb5 / classe5.Count
vitesse(4) = vit5 / classe5.Count
longueur(4) = lon5 / classe5.Count
diametre(4) = diam5 / classe5.Count
' calcul du nouveau centre de la 6eme classe
'

deb6 = 0
vit6 = 0
lon6 = 0
diam6 = 0
debit(5) = 0
vitesse(5) = 0
longueur(5) = 0
diametre(5) = 0

For k As Integer = 0 To classe6.Count - 1 Step 1
    For k1 As Integer = 0 To 207 Step 1
        If classe6(k) = tab1(k1, 0) Then
            deb6 = deb6 + tab1(k1, 2)
            vit6 = vit6 + tab1(k1, 3)
            lon6 = lon6 + tab1(k1, 4)
            diam6 = diam6 + tab1(k1, 5)
        End If
    Next
Next
debit(5) = deb6 / classe6.Count
vitesse(5) = vit6 / classe6.Count
longueur(5) = lon6 / classe6.Count
    
```

CENTRE D'ETUDES DOCTORALES - SCIENCES ET TECHNOLOGIES

```

diametre(5) = diam6 / classe6.Count
' calcul du nouveau centre de la 7eme classe
,
deb7 = 0
vit7 = 0
lon7 = 0
diam7 = 0
debit(6) = 0
vitesse(6) = 0
longueur(6) = 0
diametre(6) = 0

For k As Integer = 0 To classe7.Count - 1 Step 1
    For k1 As Integer = 0 To 207 Step 1
        If classe7(k) = tab1(k1, 0) Then
            deb7 = deb7 + tab1(k1, 2)
            vit7 = vit7 + tab1(k1, 3)
            lon7 = lon7 + tab1(k1, 4)
            diam7 = diam7 + tab1(k1, 5)
        End If
    Next
Next
debit(6) = deb7 / classe7.Count
vitesse(6) = vit7 / classe7.Count
longueur(6) = lon7 / classe7.Count
diametre(6) = diam7 / classe7.Count
' calcul du nouveau centre de la 8eme classe
,
deb8 = 0
vit8 = 0
lon8 = 0
diam8 = 0
debit(7) = 0
vitesse(7) = 0
longueur(7) = 0
diametre(7) = 0

For k As Integer = 0 To classe8.Count - 1 Step 1
    For k1 As Integer = 0 To 207 Step 1
        If classe8(k) = tab1(k1, 0) Then
            deb8 = deb8 + tab1(k1, 2)
            vit8 = vit8 + tab1(k1, 3)
            lon8 = lon8 + tab1(k1, 4)
            diam8 = diam8 + tab1(k1, 5)
        End If
    Next
Next
    
```

CENTRE D'ETUDES DOCTORALES - SCIENCES ET TECHNOLOGIES

```
debit(7) = deb8 / classe8.Count
vitesse(7) = vit8 / classe8.Count
longueur(7) = lon8 / classe8.Count
diametre(7) = diam8 / classe8.Count
```

Next

For b As Integer = 0 To 206 Step 1

 MainForm.tab1(b, 13) = tab1(b, 13)

 MainForm.tab1(b, 14) = tab1(b, 14)

Next

 Label5.Text = "ok"

End If

« Calcul Taux du Chlore »

1 Définir le Taux du Chlore min et max.

Panel2.Width = 0

Panel3.Width = 0

Panel4.Width = 0

Panel5.Width = 0

'calcul du chlore au niveau des noeud

'////////////////////////////////////

Dim rep As Double

fin:

 rep = MsgBox("le taux duchlore max=0.6 mg/l et le min =0,2mg/l voulez vous continuer?", vbYesNo + vbQuestion, "seb")

If rep.ToString.Length = 0 Then

 GoTo fin

End If

If rep = vbYes Then

 MainForm.NumericUpDown1.Value = 6

 MainForm.NumericUpDown2.Value = 2

 MainForm.ProgressBar1.Value = CInt(MainForm.NumericUpDown1.Value)

'NumericUpDown1.Value

 MainForm.ProgressBar2.Value = CInt(MainForm.NumericUpDown2.Value)

 MainForm.TrackBar1.Value = CInt(MainForm.NumericUpDown1.Value)

 MainForm.TrackBar2.Value = CInt(MainForm.NumericUpDown2.Value)

 GoTo fin1

Else

 Dim decalc As String

erreur:

erreurs:

 decalc = InputBox("entrer le taux du chlore max", "nombre", CStr(0))

CENTRE D'ETUDES DOCTORALES - SCIENCES ET TECHNOLOGIES

```

If decale.ToString.Length = 0 Then
    GoTo fin
End If
Try
    If decale = "" Then
        End If
    Catch ex As Exception
        MsgBox("t'as rien saisi !")
        GoTo erreurs
    End Try
Try
    If CDBl(decale) <= 0 Then
        End If
    Catch ex As Exception
        MsgBox("La valeur est nulle")
        GoTo erreur
    End Try
Dim decale1 As String
erreur1:
erreurs1:
    decale1 = InputBox("entrer le taux du chlore min", "nombre", CStr(0))
    Try
        If decale1.ToString.Length = 0 Then
            GoTo erreurs1
        End If
    Catch ex As Exception

End Try

Try
    If decale1 = "" Then
        End If
    Catch ex As Exception
        ' MsgBox("t'as rien saisi !")
        GoTo erreurs1
    End Try

Try
    If CDBl(decale1) <= 0 Then

    End If
    Catch ex As Exception
        'MsgBox("La valeur est nulle")
        GoTo erreur1
    End Try
    
```



```

' Dim tabi(50) As Double
' Dim a As Integer

MainForm.NumericUpDown1.Value = (CDec(decale) * 10)
MainForm.NumericUpDown2.Value = CDec(decale1) * 10
MainForm.ProgressBar1.Value = CInt(MainForm.NumericUpDown1.Value)
MainForm.ProgressBar2.Value = CInt(MainForm.NumericUpDown2.Value)
MainForm.TrackBar1.Value = CInt(MainForm.NumericUpDown1.Value)
MainForm.TrackBar2.Value = CInt(MainForm.NumericUpDown2.Value)

End If
fin1:

.....

Dim chateau(100) As String
Dim delta As Integer = 0
MainForm.ProgressBar1.Value = CInt(MainForm.NumericUpDown1.Value)
'NumericUpDown1.Value
MainForm.ProgressBar2.Value = CInt(MainForm.NumericUpDown2.Value)
MainForm.TrackBar1.Value = CInt(MainForm.NumericUpDown1.Value)
MainForm.TrackBar2.Value = CInt(MainForm.NumericUpDown2.Value)
Label2.Text = MainForm.NumericUpDown1.Value / 10
Label4.Text = MainForm.NumericUpDown2.Value / 10

2 simulation
Panel6.Width = 0

"apporter le label calculer"
For kk1 As Integer = 0 To 206 Step 1
    Panel2.Width = Panel2.Width + 1
    'System.Threading.Thread.Sleep(50)
    Panel5.Width = 0
    For kk2 As Integer = 0 To 187 Step 1
        Panel5.Width = Panel5.Width + 1
        If StrComp(MainForm.tab1(kk1, 7), MainForm.tabx(kk2, 2),
CompareMethod.Text) = 0 Then
            MainForm.tabx(kk2, 7) = MainForm.tab1(kk1, 14)
            GoTo ll
        End If
    Next
Next
    
```

Il:

Next

If MainForm.tabx(0, 7) = 0 Then

 MsgBox(" calcul le Kmeans")

 Form1.Show()

 GoTo fain

End If

"""""""""""""""""""" partie excel apprtter les noeuds posterieur-----

Dim myprc() As Process

myprc = System.Diagnostics.Process.GetProcessesByName("Microsoft Office Excel(32 bits)")

For Each mykill As Process In myprc

 mykill.Kill()

Next

'partie excel

'Apporter les noeud postrieurs d'un noeud d'entree d'une conduite

Dim app As Excel.Application

app = New Excel.Application

app.Workbooks.Open("D:\bureau2\doctorat\REDAL\REDAL\Souissi.xlsx")

 Dim i As Integer = 2

For j As Integer = 0 To 185 Step 1

 Panel3.Width = Panel3.Width + 1

 TABLPOST(j, 0) = app.Workbooks(1).Worksheets(4).Cells(i, 2).Value()

 TABLPOST(j, 1) = app.Workbooks(1).Worksheets(4).Cells(i, 3).Value()

 Panel5.Width = 0

 For j1 As Integer = 2 To TABLPOST(j, 1) + 1 Step 1

 Panel5.Width = Panel5.Width + 1

 TABLPOST(j, j1) = app.Workbooks(1).Worksheets(4).Cells(i, j1 + 2).Value()

 Next

 i += 1

Next

Dim chateau(100) As String

Dim delta As Integer = 0

MainForm.ProgressBar1.Value = CInt(MainForm.NumericUpDown1.Value)

MainForm.ProgressBar2.Value = CInt(MainForm.NumericUpDown2.Value)

MainForm.TrackBar1.Value = CInt(MainForm.NumericUpDown1.Value)

MainForm.TrackBar2.Value = CInt(MainForm.NumericUpDown2.Value)

selectionner les chateaux & Remplir avec le taux du chlore max

CENTRE D'ETUDES DOCTORALES - SCIENCES ET TECHNOLOGIES

```

Panel6.Width = 0
'Chercher les chateaux et remplir avec taux du chlore max

For j1 As Integer = 0 To MainForm.tabx.GetLength(0) - 1 Step 1
    Panel6.Width = Panel6.Width + 1
    If CDb1(MainForm.tabx(j1, 5)) = 0 And CDb1(MainForm.tabx(j1, 6)) > 0 Then
        chateau(delta) = MainForm.tabx(j1, 2)
        MainForm.tabx(j1, 3) = CStr((MainForm.NumericUpDown1.Value) / 10)
        delta += 1
    End If
Next
ReDim Preserve chateau(delta - 1)
Dim ddelta1 As Double
Panel7.Width = 0
For zeta As Integer = 0 To delta - 1 Step 1
    Panel7.Width = Panel7.Width + 2.05
    Panel5.Width = 0
    For zeta1 As Integer = 0 To 187 Step 1

        Panel5.Width = Panel5.Width + 1
        Dim teta As Double
        If StrComp(chateau(zeta), TABLPOST(zeta1, 0), CompareMethod.Text) = 0 Then
            ddelta1 = 6 / 10
            Dim nombre As Integer = TABLPOST(zeta1, 1)
            Panel5.Width = 0
            For zeta2 As Integer = 2 To nombre + 1 Step 1
                Panel5.Width = Panel5.Width + 1
                Dim zeta3 As Integer
                Panel5.Width = 0
                For zeta3 = 0 To 187 Step 1
                    Panel5.Width = Panel5.Width + 1
                    If StrComp(MainForm.tabx(zeta3, 2), TABLPOST(zeta1, zeta2),
CompareMethod.Text) = 0 Then
                        ddelta1 = ddelta1 - label
                        If ddelta1 < 0 Then
                            MainForm.tabx(zeta3, 3) = 0
                            GoTo gg
                        End If
                        MainForm.tabx(zeta3, 3) = ddelta1 '-'
                    End If
                Next
            Next
            GoTo hh
        End If
    Next
    GoTo ff
End If
Next

```

ff:

Next

```
Dim pLayer As IFeatureLayer
Dim prclass As IFeatureClass
Dim ificher As IFeature
Dim pfcourseur As IFeatureCursor
Dim cuifilter As New QueryFilter
'cuifilter.WhereClause = "'code>10'"
pLayer = MainForm.axMapControl1.get_Layer(0)
prclass = pLayer.FeatureClass
pfcourseur = prclass.Update(Nothing, False)
ificher = pfcourseur.NextFeature()
Dim n4 As Integer = 0
Panel4.Width = 0
Panel5.Width = 0
Do Until ificher Is Nothing
    ificher.Value(5) = MainForm.tabx(n4, 3)
    Panel4.Width = Panel4.Width + 1
    n4 += 1
    ificher.Store()
    ificher = pfcourseur.NextFeature()
Loop
```

fain:

```
MainForm.Refresh()
Label3.Text = "ok"
MsgBox("ok")
'
```

```
MainForm.OptimisationToolStripMenuItem.Visible = True
```

3 Trouver les Nœuds deficitaires

```
Me.ListView1.Items.Clear()
```

```
Me.combobox1.Items.Clear()
```

```
For i As Integer = 0 To MainForm.tabx.GetLength(0) - 1 Step 1
    If MainForm.tabx(i, 3) < MainForm.NumericUpDown2.Value / 10 Then
        ComboBox1.Items.Add(MainForm.tabx(i, 2))
        ListView1.Items.Add(MainForm.tabx(i, 2) & " ---> " & MainForm.tabx(i, 3))
        alpha = alpha + 1
    End If
Next
```

Next

```
Dim resultat(alpha, 1) As String
```

```
ReDim resultat1(alpha)
```

```
ReDim resultat2(alpha)
'Dim resultat3
Label8.Text = "OK"
Label10.Text = alpha - 2
Dim b As Integer = 0
For a As Integer = 0 To MainForm.tabx.GetLength(0) - 1 Step 1
    If MainForm.tabx(a, 3).ToString < MainForm.NumericUpDown2.Value / 10 Then
        resultat1(b) = MainForm.tabx(a, 2).ToString
        resultat2(b) = MainForm.tabx(a, 3).ToString
        b += 1
    End If
Next
```

2ème Partie : Recherche des stations de rechloration

1 Par Nœud

'copier la table noeud dans une autre table

selectionner les noeuds deficitaires avec le taux du chlore < au minimum

```
Dim final1(Form2.alpha - 3, 186, 9) As String
'Dim final(1)(186, 9) As String
Dim chateau(Form2.alpha - 3) As String
Dim delta As Integer = 0
Panel1.Width = 0
Panel2.Width = 0
Dim resultatnom(Form2.alpha) As String
Dim resultatnombre(Form2.alpha) As Integer
Dim v As Integer = 0
Dim nombre As Integer
Dim zeta44, zeta55 As Integer
zeta44 = 0
zeta55 = 0

For j1 As Integer = 0 To Form2.alpha - 3 Step 1
    final1(j1, 0, 0) = Form2.resultat1(j1)
    'MsgBox("resultat " & final1(j1, 0, 0))
    Panel1.Width = Panel1.Width + 4
    'copier la table noeud dans une autre table
    '

For w As Integer = 1 To 186 Step 1
    Panel2.Width = 0
    For w1 As Integer = 0 To 9 Step 1
        Panel2.Width = Panel5.Width + 20
        tabxsecours(w, w1) = MainForm.tabx(w, w1)
```

CENTRE D'ETUDES DOCTORALES - SCIENCES ET TECHNOLOGIES

```

        final1(j1, w, w1) = MainForm.tabx(w, w1)
    Next
Next
chateau(delta) = Form2.resultat1(j1)
|
zeta44 = zeta44 + 1
delta += 1
Next
Dim ddelta1 As Double
Panel1.Width = 0
Dim zeta3 As Integer
Dim zz As Integer
For zeta As Integer = 0 To delta - 1 Step 1
    zz = Form2.alpha - 2
    Panel1.Width = Panel1.Width + 10
    Panel2.Width = 0
    For zeta1 As Integer = 0 To 185 Step 1
        Panel2.Width = Panel2.Width + 1
        ddelta1 = 6 / 10
        If StrComp(final1(zeta, 0, 0), Form2.TABLPOST(zeta1, 0), CompareMethod.Text)
= 0 Then
            MsgBox(final1(zeta, 0, 0))
            nombre = CInt(Form2.TABLPOST(zeta1, 1))
            MsgBox(nombre)

            'apporter les noeuds posterieur de final1(zeta, 0, 0)
            For zeta2 As Integer = 2 To nombre + 1 Step 1

                For zeta3 = 1 To 185 Step 1
                    ' MsgBox(tabx(zeta3, 2) & " " & TABLPOST(zeta1, zeta2))
                    If StrComp(final1(zeta, zeta3, 2), Form2.TABLPOST(zeta1, zeta2),
CompareMethod.Text) = 0 Then
                        Dim gamma As Double = CDBl(final1(zeta, zeta3, 3))
                        final1(zeta, zeta3, 3) = CStr(ddelta1 - Form1.label)
'FormatNumber(ddelta1 * 1.44 * Exp(MainForm.final1(zeta,zeta3, 7), 2)
                        MsgBox(final1(zeta, zeta3, 2) & " " & " avant le taux du cl est " &
gamma & "taux du cl apres " & final1(zeta, zeta3, 3))
                        For h1 As Integer = 0 To Form2.resultat1.Count - 1 Step 1
                            If StrComp(final1(zeta, zeta3, 2), Form2.resultat1(h1),
CompareMethod.Text) = 0 Then
                                zz = zz - 1
                            End If
                        Next
                        GoTo hh
                    End If
                Next
            Next
        End If
    Next
    hh:

```

CENTRE D'ETUDES DOCTORALES - SCIENCES ET TECHNOLOGIES

```

        ddelta1 = Cdbl(final1(zeta, zeta3, 3))
    Next
    GoTo ff
End If
Next
ff:
fain:
    zeta55 = 0
    For j1 As Integer = 1 To 185 Step 1
        If Cdbl(final1(zeta, j1, 3)) < (MainForm.NumericUpDown2.Value) / 10 Then

            zeta55 = zeta55 + 1
        End If
    Next
    resultatnom(v) = chateau(zeta)
    resultatnombre(v) = zz - 1
    v = v + 1
    MsgBox("le resultat iteration de " & final1(zeta, 0, 0) & " avant ---> " & zeta44 & "
    apres ---> " & zz - 1)

    Next
    Me.ListView1.Items.Clear()

    For i As Integer = 0 To resultatnom.Count - 3 Step 1
        If resultatnom(i) <> "0" Then
            ListView1.Items.Add(resultatnom(i) & " ---> " & resultatnombre(i))
        End If
    Next
    MsgBox("ok")
    
```

2 -1ère itération sur tout les nœuds déficitaires

```

Dim resultat1(185) As String
Dim resultat2(185) As String
Dim resultat3(185) As Double
Dim debit(185) As Double
Me.ListView1.Items.Clear()
Dim b As Integer = 0
For a As Integer = 0 To MainForm.tabx.GetLength(0) - 1 Step 1
    If Cdbl(MainForm.tabx(a, 3)) < MainForm.NumericUpDown1.Value / 10 Then
        resultat1(b) = MainForm.tabx(a, 2).ToString
        resultat2(b) = MainForm.tabx(a, 3).ToString
        ' MsgBox("2 " & resultat1(b) & " " & resultat2(b))
        b += 1
    End If
Next
    
```

CENTRE D'ETUDES DOCTORALES - SCIENCES ET TECHNOLOGIES

```

Dim app As Excel.Application
app = New Excel.Application
app.Workbooks.Open("D:\bureau2\doctorat\REDAL\REDAL\Souissi.xlsx")
    ReDim resultat1(b)
    ReDim resultat2(b)
selectionner les noeuds deficitaires avec le taux du chlore < au minimum      Dim
final1(b, 186, 9) As String
'Dim final1(1)(186, 9) As String
Dim chateau(b) As String
Dim delta As Integer = 0
Panel1.Width = 0
Panel2.Width = 0
Panel3.Width = 0
Dim resultatnom(b) As String
Dim resultatnombre(b) As Integer
Dim v As Integer = 0
Dim nombre As Integer
Dim zeta44, zeta55 As Integer
zeta44 = 0
zeta55 = 0

For j1 As Integer = 0 To b Step 1
    final1(j1, 0, 0) = MainForm.tabx(j1, 2).ToString
    Panel1.Width = Panel1.Width + 1
    'copier la table noeud dans une autre table
        For w As Integer = 1 To 186 Step 1
            Panel2.Width = 0
            For w1 As Integer = 0 To 9 Step 1
                Panel2.Width = Panel5.Width + 150
                tabxsecours(w, w1) = MainForm.tabx(w, w1)
                final1(j1, w, w1) = MainForm.tabx(w, w1)
            Next
        Next
    chateau(delta) = resultat1(j1)

    zeta44 = zeta44 + 1
    delta += 1
Next
Dim ddelta1 As Double
Panel1.Width = 0
Dim zeta3 As Integer
Dim zz As Integer
For zeta As Integer = 0 To delta - 1 Step 1
    zz = Form2.alpha - 2
    Panel1.Width = Panel1.Width + 1

    Panel2.Width = 0
    
```

```

For zeta1 As Integer = 0 To 185 Step 1
    Panel2.Width = Panel2.Width + 4
    ddelta1 = 6 / 10
    If StrComp(final1(zeta, 0, 0), Form2.TABLPOST(zeta1, 0), CompareMethod.Text)
= 0 Then
        ' MsgBox(final1(zeta, 0, 0))
        nombre = CInt(Form2.TABLPOST(zeta1, 1))
        'apporter les noeuds posterieur de final1(zeta, 0, 0)
        For zeta2 As Integer = 2 To nombre + 1 Step 1

            For zeta3 = 1 To 185 Step 1
                ' MsgBox(tabx(zeta3, 2) & " " & TABLPOST(zeta1, zeta2))
                If StrComp(final1(zeta, zeta3, 2), Form2.TABLPOST(zeta1, zeta2),
CompareMethod.Text) = 0 Then
                    Dim gamma As Double = CDbl(final1(zeta, zeta3, 3))
                    final1(zeta, zeta3, 3) = CStr(ddelta1 - Form1.label)
                    'FormatNumber(ddelta1 * 1.44 * Exp(MainForm.final1(zeta,zeta3, 7), 2)
                    MainForm.tabx(zeta, 3) = CStr(ddelta1 - Form1.label)
                    If CDbl(final1(zeta, zeta3, 3)) > MainForm.NumericUpDown2.Value
Then
                        zz = zz - 1
                        End If
                        GoTo hh
                    End If
                Next
            hh:
                ddelta1 = CDbl(final1(zeta, zeta3, 3))
                Next
                GoTo ff
            End If
        Next
    ff:
    fain:
        zeta55 = 0
        For j1 As Integer = 1 To 185 Step 1
            If CDbl(final1(zeta, j1, 3)) < (MainForm.NumericUpDown2.Value) / 10 Then

                zeta55 = zeta55 + 1
            End If
        Next
        resultatnom(v) = final1(zeta, 0, 0)
        resultatnombre(v) = zeta55 - 2
        v = v + 1
        Next
        d = delta
        'resultat
        '
    
```

```

Me.ListView1.Items.Clear()
Dim classe(resultatnombre.Count) As String
Dim classe1(resultatnombre.Count) As Integer
For i1 As Integer = 0 To resultatnombre.Count - 3 Step 1
    Form4.ListBox1.Items.Add(resultatnom(i1) & " " & (resultatnombre(i1)))
    classe(i1) = resultatnom(i1)
    classe1(i1) = (resultatnombre(i1))
Next
'classification des noeuds par noeud defecitaire
Dim i As Integer
Dim min As Integer
Dim j As Integer
Dim q As Integer
Dim n As Integer
Dim q1 As String
Dim n1 As Integer
n = resultatnombre.Count - 3
For i = 1 To n Step 1
    min = i
    For j = i + 1 To n
        If resultatnombre(j) < resultatnombre(min) Then
            min = j
        End If
    Next j
    q = resultatnombre(min)
    q1 = resultatnom(min)
    resultatnombre(min) = resultatnombre(i)
    resultatnom(min) = resultatnom(i)
    resultatnombre(i) = q
    resultatnom(i) = q1
Next i
Dim nom As String = ""
For n3 = 0 To 185 Step 1
    If StrComp(MainForm.tabx(n3, 2), nom, CompareMethod.Text) = 0 Then
        MainForm.tabx(n3, 3) = "99"
    End If
Next
Dim pLayer As IFeatureLayer
Dim prclass As IFeatureClass
Dim ificher As IFeature
Dim pfcursor As IFeatureCursor
Dim cuifilter As New QueryFilter
pLayer = MainForm.axMapControl1.get_Layer(0)
prclass = pLayer.FeatureClass
pfcursor = prclass.Update(Nothing, False)
ificher = pfcursor.NextFeature()
Dim n4 As Integer = 0
    
```

```

Do Until ificher Is Nothing
    ificher.Value(5) = MainForm.tabx(n4, 3)
    Panel3.Width = Panel3.Width + 1
    n4 += 1
    ificher.Store()
    ificher = pfcourseur.NextFeature()
Loop
MainForm.Refresh()
Label2.Text = resultatnom(1)
Label3.Text = CStr(resultatnombre(1))

For j1 As Integer = 2 To 186 Step 1

    If StrComp(app.Workbooks(1).Worksheets(5).Cells(j1 + 2, 2).Value(),
resultatnom(1)) = 0 Then
        Label6.Text = app.Workbooks(1).Worksheets(5).Cells(j1 + 2, 4).Value()
    End If
Next

MsgBox("ok")
Dim myprc() As Process
myprc = System.Diagnostics.Process.GetProcessesByName("Microsoft Office Excel(32
bits)")
For Each mykill As Process In myprc
    mykill.Kill()
Next

3-2ème itération sur tout les nœuds déficitaires
Dim resultat1(185) As String
Dim resultat2(185) As String
Dim resultat3(185) As Double
Me.ListView1.Items.Clear()
Dim b As Integer = 0
For a As Integer = 0 To MainForm.tabx.GetLength(0) - 1 Step 1
    If CDBl(MainForm.tabx(a, 3)) < MainForm.NumericUpDown1.Value / 10 Then
        'nom du noeud
        resultat1(b) = MainForm.tabx(a, 2).ToString
        'taux du chlore des noud defecitaire
        resultat2(b) = MainForm.tabx(a, 3).ToString
        b += 1
    End If
Next
Dim app As Excel.Application
app = New Excel.Application
app.Workbooks.Open("D:\bureau2\doctorat\REDAL\REDAL\Souissi.xlsx")
ReDim resultat1(b)
    
```

ReDim resultat2(b)

selectionner les noeuds deficitaires avec le taux du chlore < au minimum

Dim final1(b, 186, 9) As String

'Dim final(1)(186, 9) As String

Dim chateau(b) As String

Dim delta As Integer = 0

Panel1.Width = 0

Panel2.Width = 0

Panel3.Width = 0

Dim resultatnom(b) As String

Dim resultatnombre(b) As Integer

Dim v As Integer = 0

Dim nombre As Integer

Dim zeta44, zeta55 As Integer

zeta44 = 0

zeta55 = 0

For j1 As Integer = 0 To b Step 1

 final1(j1, 0, 0) = MainForm.tabx(j1, 2).ToString

 Panel1.Width = Panel1.Width + 1

 'copier la table noeud dans une autre table

 For w As Integer = 1 To 186 Step 1

 Panel2.Width = 0

 For w1 As Integer = 0 To 9 Step 1

 Panel2.Width = Panel5.Width + 50

 tabxsecours(w, w1) = MainForm.tabx(w, w1)

 final1(j1, w, w1) = MainForm.tabx(w, w1)

 Next

 Next

 chateau(delta) = resultat1(j1)

 zeta44 = zeta44 + 1

 delta += 1

Next

Dim ddelta1 As Double

Panel1.Width = 0

Dim zeta3 As Integer

Dim zz As Integer

For zeta As Integer = 0 To delta - 1 Step 1

 zz = Form2.alpha - 2

 Panel1.Width = Panel1.Width + 1

 Panel2.Width = 0

 For zeta1 As Integer = 0 To 185 Step 1

 Panel2.Width = Panel2.Width + 1

```

ddelta1 = 6 / 10
If StrComp(final1(zeta, 0, 0), Form2.TABLPOST(zeta1, 0), CompareMethod.Text)
= 0 Then
    nombre = CInt(Form2.TABLPOST(zeta1, 1))
'apporter les noeuds posterieur de final1(zeta, 0, 0)
    For zeta2 As Integer = 2 To nombre + 1 Step 1
        For zeta3 = 1 To 185 Step 1
            If StrComp(final1(zeta, zeta3, 2), Form2.TABLPOST(zeta1, zeta2),
CompareMethod.Text) = 0 Then
                Dim gamma As Double = CDbl(final1(zeta, zeta3, 3))
                final1(zeta, zeta3, 3) = CStr(ddelta1 - Form1.label)
MainForm.tabx(zeta, 3) = CStr(ddelta1 - Form1.label)
                If CDbl(final1(zeta, zeta3, 3)) > MainForm.NumericUpDown2.Value
Then
                    zz = zz - 1
                End If
                GoTo hh
            End If
        Next
    hh:
        ddelta1 = CDbl(final1(zeta, zeta3, 3))
        Next
        GoTo ff
    End If
Next
ff:
fain:    zeta55 = 0

For j1 As Integer = 1 To 185 Step 1
    If CDbl(final1(zeta, j1, 3)) < (MainForm.NumericUpDown2.Value) / 10 Then

        zeta55 = zeta55 + 1
    End If
Next

resultatnom(v) = final1(zeta, 0, 0)
resultatnombre(v) = zeta55 - 2
v = v + 1
Next

'resultat
'
Me.ListView1.Items.Clear()
Dim classe(resultatnombre.Count, 1) As String
For i1 As Integer = 0 To resultatnombre.Count - 3 Step 1
    ListView1.Items.Add(resultatnom(i1) & " ---> " & resultatnombre(i1))
    Form5.ListBox1.Items.Add(resultatnom(i1) & " " & (resultatnombre(i1)))

```

```

classe(i1, 0) = resultatnom(i1)
classe(i1, 1) = CStr(resultatnombre(i1))
Next
Dim i As Integer
Dim min As Integer
Dim j As Integer
Dim q As Integer
Dim n As Integer
n = resultatnombre.Count - 3
For i = 1 To n Step 1
    min = i
    For j = i + 1 To n
        If resultatnombre(j) < resultatnombre(min) Then
            min = j
        End If
    Next j
    q = resultatnombre(min)
    resultatnombre(min) = resultatnombre(i)
    resultatnombre(i) = q
Next i

Dim nom As String = ""
For ii As Integer = 0 To resultatnombre.Count - 3 Step 1
    If CDBl(classe(ii, 1)) = resultatnombre(1) Then
        nom = classe(ii, 0)
    End If
Next

For n3 = 0 To 185 Step 1
    If StrComp(MainForm.tabx(n3, 2), nom, CompareMethod.Text) = 0 Then

        MainForm.tabx(n3, 3) = "99"

    End If
Next
Dim pLayer As IFeatureLayer
Dim prclass As IFeatureClass
Dim ificher As IFeature
Dim pfcursor As IFeatureCursor
Dim cuifilter As New QueryFilter
pLayer = MainForm.axMapControl1.get_Layer(0)
prclass = pLayer.FeatureClass
pfcursor = prclass.Update(Nothing, False)
ificher = pfcursor.NextFeature()
Dim n4 As Integer = 0
Panel3.Width = 0
Do Until ificher Is Nothing

```

```
ificher.Value(5) = MainForm.tabx(n4, 3)
Panel3.Width = Panel3.Width + 0.5
n4 += 1
ificher.Store()
ificher = pfcourseur.NextFeature()
Loop

MainForm.Refresh()
For j1 As Integer = 1 To 186 Step 1
    If StrComp(app.Workbooks(1).Worksheets(5).Cells(j1 + 2, 2).Value(),
resultatnom(1)) = 0 Then
        Label9.Text = app.Workbooks(1).Worksheets(5).Cells(j1 + 2, 4).Value()
    End If
    Next

Label11.Text = resultatnom(1)
If CDbl(resultatnombre(1)) < 0 Then
    Label10.Text = "0"
Else
    Label10.Text = CStr(resultatnombre(1))
End If

MsgBox("ok")
Dim myprc() As Process
myprc = System.Diagnostics.Process.GetProcessesByName("Microsoft Office Excel(32
bits)")
For Each mykill As Process In myprc
    mykill.Kill()
Next
```

ANNEXE 2 : LOI N° 10-95 SUR L'EAU

Les lois et règlements régissant la qualité de l'eau destinée à l'alimentation humaine

L'eau est une ressource naturelle à la base de la vie et une denrée essentielle à la majeure partie des activités économiques de l'homme. Elle est également rare et constitue en fait

une ressource dont la disponibilité est marquée par une irrégularité prononcée dans le temps et dans l'espace. Elle est enfin fortement vulnérable aux effets négatifs des activités humaines.

Les nécessités du développement social et économique imposent de recourir à l'aménagement de l'eau pour satisfaire les besoins des populations. Ces besoins sont eux-mêmes en continuelle croissance, souvent concurrentiels, voire contradictoires, ce qui rend le processus de gestion de l'eau fort complexe et de mise en œuvre difficile.

Pour faire face à cette situation, il est indispensable de disposer notamment d'instruments juridiques efficaces, en vue d'organiser la répartition et le contrôle de l'utilisation des ressources en eau et d'en assurer également la protection et la conservation.

LA LEGISLATION ACTUELLE DES EAUX AU MAROC

Les règles qui régissent le domaine public hydraulique sont de diverses origines. Toutefois, au Maroc, le premier texte se rapportant à l'eau date de 1914. Il s'agit du dahir du 7 chaabane 1332 (1er juillet 1914) sur le domaine public qui, complété par les dahirs de 1919 et 1925, intègre toutes les eaux, quelle que soit leur forme, au domaine public hydraulique. Depuis cette date, les ressources en eau ne peuvent faire l'objet d'une appropriation privative, à l'exception des eaux sur lesquelles des droits ont été légalement acquis. D'autres textes ont été élaborés par la suite, afin de faire face aux nouveaux besoins qui se sont fait sentir.

Dans leur ensemble, les textes essentiels relatifs à l'eau remontent donc aux premières décennies de ce siècle. Ils ont été élaborés en fonction des besoins et des circonstances, de telle façon que la législation marocaine actuelle relative à l'eau se présente sous forme d'un ensemble de textes épars, mis à jour par étapes à des dates différentes. Cette législation n'est plus aujourd'hui adaptée à l'organisation moderne du pays et ne répond plus aux besoins de son développement socio-économique.

En effet, les conditions actuelles de l'utilisation de l'eau ne sont plus celles qui prévalaient au début du siècle où les ressources en eau étaient beaucoup moins sollicitées que de nos

jours, en raison de la faiblesse de la demande en eau et des techniques de mobilisation peu performantes.

C'est pour toutes ces raisons que la refonte de la législation actuelle des eaux et son unification en une seule loi, s'avère nécessaire. Dans le cadre de cette refonte, cette loi ne se limite pas à la refonte de la législation en vigueur, mais s'attache également et surtout, d'une part, à la compléter par des dispositions relatives à des domaines qu'elle ne couvrirait pas auparavant et, d'autre part, à apurer le régime juridique des ressources en eau.

LES APPORTS DE LA LOI SUR L'EAU

Le développement des ressources en eau doit permettre d'assurer une disponibilité en eau suffisante en quantité et en qualité au profit de l'ensemble des usagers conformément aux aspirations d'un développement économique et social harmonieux, aux orientations des plans d'aménagement du territoire national et aux possibilités offertes par les potentialités en eau pour leur aménagement et ce, au moindre coût.

La loi sur l'eau vise à mettre en place une politique nationale de l'eau basée sur une vision prospective qui tient compte d'une part de l'évolution des ressources et d'autre part des besoins nationaux en eau. Elle prévoit des dispositions légales visant la rationalisation de l'utilisation de l'eau, la généralisation de l'accès à l'eau, la solidarité interrégionale, la réduction des disparités entre la ville et la campagne dans le cadre de programmes dont l'objectif est d'assurer la sécurité hydraulique sur l'ensemble du territoire Royaume.

Elle contribuera également de manière efficace à créer le cadre adéquat au partenariat entre l'administration et les communes rurales en vue de réduire rapidement les écarts dans l'accès à l'eau potable entre les villes et la campagne.

A cet égard, la loi sur l'eau constitue la base légale de la politique de l'eau du pays et se fixe, en conséquence, les objectifs suivants :

- . une planification cohérente et souple de l'utilisation des ressources en eau, tant à l'échelon du bassin hydraulique qu'à l'échelon national ;

CENTRE D'ETUDES DOCTORALES - SCIENCES ET TECHNOLOGIES

- . une mobilisation optimale et une gestion rationnelle de toutes les ressources en eau, en tenant compte des ordres de priorité fixés par le plan national de l'eau ;
- . une gestion des ressources en eau dans le cadre d'une unité géographique, le bassin hydraulique, qui constitue une innovation importante permettant de concevoir et de mettre en œuvre une gestion décentralisée de l'eau.

En effet, le bassin hydraulique constitue l'espace géographique naturel le mieux adapté pour appréhender et résoudre les problèmes de gestion des ressources en eau, ainsi que pour réaliser une solidarité régionale effective entre les usagers concernés par une ressource en eau commune ;

- une protection et une conservation quantitative et qualitative du domaine public hydraulique dans son ensemble ;

. Une administration adéquate de l'eau permettant d'aider à la conception de l'utilisation et au contrôle des opérations citées ci-dessus, en associant les pouvoirs publics et les usagers à toute prise de décision relative à l'eau.

Elle vise en outre la valorisation des ressources en eau et la rentabilisation des investissements y afférents tout en prenant en considération les intérêts économiques et sociaux des populations par la sauvegarde des droits d'eau acquis.

Pour atteindre ces objectifs et renforcer le cadre institutionnel existant en matière de gestion de l'eau, la loi sur l'Eau crée des agences de bassins, établissements publics, dotées de la personnalité morale et de l'autonomie financière. Elles ont pour mission d'évaluer, de planifier et de gérer les ressources en eau au niveau des bassins hydrauliques. Ces agences peuvent accorder des prêts, aides et subventions à toute personne engageant des investissements d'aménagement ou de préservation des ressources en eau. Leurs ressources sont constituées des redevances recouvrées auprès des usagers et utilisateurs de l'eau, des emprunts, des subventions, des dons... Ainsi, grâce à la souplesse dans la gestion et la prise de décision dont peuvent disposer les agences de bassins, tous les usagers de l'eau d'un même bassin peuvent bénéficier du soutien financier et de l'assistance technique nécessaire à leurs opérations relatives à l'utilisation du domaine public hydraulique.

La loi sur l'eau repose sur un certain nombre de principes de base qui découlent des objectifs cités ci-dessus :

- la domanialité publique des eaux : d'après ce principe, posé par les dahirs de 1914 et 1919, toutes les eaux font partie du domaine public à l'exception des droits acquis et reconnus. Cependant, la nécessité d'une valorisation maximale des ressources en eau imposée par leur rareté a fait que la loi a apporté une limite à ces droits de telle sorte que les propriétaires de droits sur les eaux seulement ou sur des eaux qu'ils n'utilisent qu'en partie seulement pour leurs fonds ne peuvent les céder qu'aux propriétaires de fonds agricoles,
- . la mise au point d'une planification de l'aménagement et de la répartition des ressources en eau basée sur une large concertation entre les usagers et les pouvoirs publics,
- . la protection de la santé de l'homme par la réglementation de l'exploitation, de la distribution et de la vente des eaux à usage alimentaire,
- la réglementation des activités susceptibles de polluer les ressources en eau,
- la répartition rationnelle des ressources en eau en période de sécheresse pour atténuer les effets de la pénurie,
- . une plus grande revalorisation agricole grâce à l'amélioration des conditions d'aménagement et d'utilisation des eaux à usage agricole,

La prévision de sanctions et la création d'une police des eaux pour réprimer toute exploitation illicite de l'eau ou tout acte susceptible d'altérer sa qualité.

Parmi les apports de cette loi, figure également la contribution à l'amélioration de la situation environnementale des ressources en eau nationales. Cette loi constituera en effet un moyen efficace de lutte contre la pollution des eaux étant entendu que la réalisation de cet objectif nécessite, par ailleurs, un travail législatif supplémentaire en matière de gestion du littoral et de réglementation des produits chimiques utilisés dans les activités économiques productrices.

La loi sur l'eau permettra d'établir de nouvelles règles d'utilisation de l'eau plus appropriée aux conditions économiques et sociales du Maroc moderne et jettera les bases d'une gestion

efficace de l'eau dans le futur pour relever les défis attendus pour la sécurité de l'approvisionnement du pays. Cette nouvelle loi permettra par ailleurs de valoriser encore plus les efforts considérables consentis pour la mobilisation et l'utilisation de l'eau et de les rendre compatibles avec les aspirations au développement économique et social du Maroc du XXI^e siècle.

CHAPITRE PREMIER : DOMAINE PUBLIC HYDRAULIQUE

ARTICLE 1 - L'eau est un bien public et ne peut faire l'objet d'appropriation privée sous réserve des dispositions du chapitre II ci-après. Le droit à l'usage de l'eau est accordé dans les conditions fixées par la présente loi.

ARTICLE 2 - Font partie du domaine public hydraulique au sens de la présente loi :

a - toutes les nappes d'eau, qu'elles soient superficielles ou souterraines ; les cours d'eau de toutes sortes et les sources de toutes natures ;

b - les lacs, étangs et sebkhas ainsi que les lagunes, marais salants et marais de toute espèce ne communiquant pas directement avec la mer. Sont considérées comme faisant partie de cette catégorie les parcelles qui, sans être recouvertes d'une façon permanente par les eaux, ne sont pas susceptibles en année ordinaire d'utilisation agricole, en raison de leur potentiel en eau ;

c - les puits artésiens, les puits et abreuvoirs à usage public réalisés par l'Etat ou pour son compte ainsi que leurs zones de protection délimitées par voie réglementaire. Ces zones sont constituées d'une zone immédiate, intégrée au domaine public hydraulique et, éventuellement, d'une zone rapprochée et d'une zone éloignée qui ne sont soumises qu'à des servitudes ;

d - les canaux de navigation, d'irrigation ou d'assainissement affectés à un usage public ainsi que les terrains qui sont compris dans leurs francs-bords et dont la largeur ne doit pas excéder 25 mètres pour chaque franc-bord ;

e - les digues, barrages, aqueducs, canalisations, conduites d'eau et séguias affectés à un usage public en vue de la défense des terres contre les eaux, de l'irrigation, de l'alimentation

CENTRE D'ETUDES DOCTORALES - SCIENCES ET TECHNOLOGIES

en eau des centres urbains et agglomérations rurales ou de l'utilisation des forces hydrauliques ;

f - le lit des cours d'eau permanents et non permanents ainsi que leurs sources ; celui des torrents dans lesquels l'écoulement des eaux laisse des traces apparentes ;

g - les berges jusqu'au niveau atteint par les eaux de crues dont la fréquence est fixée par voie réglementaire pour chaque cours d'eau ou section de cours d'eau et, en outre, dans les parties des cours d'eau soumises à l'influence des marées, toutes les surfaces couvertes par les marées de coefficient 120 ;

h - les francs-bords à partir des limites des berges :

1) avec une largeur de six mètres, sur les cours d'eau ou sections de cours d'eau définies : la Moulouya de son embouchure jusqu'à ses sources, le Sebou de son embouchure jusqu'à ses sources, le Loukkos de son embouchure jusqu'à ses sources, l'Oum Er-Rbia de son embouchure jusqu'à ses sources et le Bou Regreg de son embouchure jusqu'au barrage Sidi Mohamed Ben Abdellah;

2) avec une largeur de deux mètres, sur les autres cours d'eau ou sections de cours d'eau.

ARTICLE 3 - Si, pour des causes naturelles, le lit d'un cours d'eau vient à se modifier, les limites des francs-bords se déplacent suivant la largeur fixée au paragraphe h de l'article 2 ci-dessus, parallèlement au nouveau lit.

La zone comprise entre l'ancienne et la nouvelle limite des francs-bords est, en cas de recul, incorporée au domaine public hydraulique sans indemnité au riverain, qui aura seulement la faculté d'enlever les ouvrages et installations établis par lui ainsi que les récoltes sur pied ; ladite zone est, au contraire, en cas d'avance, remise gratuitement au riverain s'il justifie en avoir été propriétaire avant qu'elle ne fût couverte par les eaux, le tout à charge de respecter les servitudes résultant ou pouvant résulter soit de la coutume, soit des lois et règlements.

ARTICLE 4 - Est incorporé au domaine public hydraulique avec les francs-bords qu'il comporte, le lit nouveau qu'un cours d'eau viendrait à s'ouvrir naturellement ou sans intervention de l'homme.

CENTRE D'ETUDES DOCTORALES - SCIENCES ET TECHNOLOGIES

Si l'ancien lit n'est pas entièrement abandonné par les eaux, les propriétaires des fonds traversés par le nouveau lit n'ont droit à aucune indemnité.

Si l'ancien lit est, au contraire, entièrement délaissé par les eaux, les propriétaires ont droit aux compensations suivantes :

- lorsque le lit abandonné et le lit nouveau s'ouvrent sur toute leur largeur à travers un seul et même fonds, le premier de ces lits et ses francs-bords sont déclassés et gratuitement attribués au propriétaire de ce fonds,

- lorsque les deux lits, ancien et nouveau, traversent des fonds appartenant à des propriétaires différents, le lit et ses francs-bords sont déclassés et les propriétaires riverains peuvent en acquérir la propriété par droit de préemption, chacun en droit soit jusqu'à l'axe de l'ancien lit. Le prix de l'ancien lit est fixé par des experts nommés par le président du tribunal compétent, à la requête de l'administration.

A défaut par les propriétaires riverains de déclarer, dans les trois mois de la notification qui leur est faite par l'administration, l'intention de faire l'acquisition aux prix fixés par les experts, il est procédé à l'aliénation de l'ancien lit selon les règles qui président aux aliénations du domaine privé de l'Etat.

Le prix provenant de la vente est distribué aux propriétaires des fonds occupés par le nouveau cours, à titre d'indemnité, dans la proportion de la valeur du terrain enlevé à chacun d'eux.

ARTICLE 5 - Les limites du domaine public hydraulique sont fixées conformément aux dispositions prévues à l'article 7 du dahir du 7 chaabane 1332 (1er juillet 1914) sur le domaine public.

CHAPITRE II : DROITS ACQUIS SUR LE DOMAINE PUBLIC HYDRAULIQUE

ARTICLE 6 - Sont maintenus les droits de propriété, d'usufruit ou d'usage régulièrement acquis sur le domaine public hydraulique antérieurement à la publication du dahir du 7 chaabane 1332 (1er juillet 1914) sur le domaine public, à celle du dahir du 11 moharrem

CENTRE D'ETUDES DOCTORALES - SCIENCES ET TECHNOLOGIES

1344 (1er août 1925) sur le régime des eaux, tels qu'ils ont été modifiés et complétés ou, pour les zones où ces textes ne sont pas applicables, à la date de récupération de ces dernières par le Royaume.

Les propriétaires ou possesseurs qui, à la date de publication de la présente loi, n'ont pas encore déposé devant l'administration des revendications fondées sur l'existence de ces droits disposent d'un délai de cinq (5) ans pour faire valoir ces derniers.

Passé ce délai, nul ne peut se prévaloir d'un droit quelconque sur le domaine public hydraulique.

ARTICLE 7 - La reconnaissance des droits acquis sur le domaine public hydraulique est faite à la diligence et par les soins de l'administration ou à la demande des intéressés après enquête publique dans les conditions qui sont déterminées par voie réglementaire.

ARTICLE 8 - Les droits d'eau reconnus sont soumis aux dispositions relative à l'utilisation de l'eau édictées par le plan national de l'eau et les plans directeurs d'aménagement intégré des ressources en eau tels que prévus au chapitre IV de la présente loi.

Les propriétaires dont les droits ont été régulièrement reconnus ne peuvent en être dépossédés que par voie d'expropriation.

Cette expropriation n'intervient que dans les conditions prévues par la loi n° 7-81 relative à l'expropriation pour cause d'utilité publique et à l'occupation temporaire, promulguée par le dahir n° 1-81-254 du 11 rajeb 1402 (6 mai 1982).

ARTICLE 9 - Les eaux utilisées pour l'irrigation d'un fonds déterminé et appartenant au propriétaire dudit fonds sont cédées soit en même temps que ce dernier, et toujours au profit de celui-ci, soit séparément de ce fonds, à condition que l'acquéreur soit propriétaire d'un fonds agricole auquel seront rattachés ces droits d'eau.

En cas de morcellement du fonds, il est fait application des dispositions de l'article 11 ci-dessous.

ARTICLE 10 - Les titulaires de droits acquis sur les eaux seulement ou sur des eaux qu'ils n'utilisent qu'en partie pour leurs fonds doivent, dans un délai de cinq (5) ans, courant à

compter de la date de publication de la présente loi ou de l'acte de reconnaissance pour ce qui est des propriétaires et possesseurs visés à l'article 6 ci-dessus, céder en totalité ou en partie les droits qu'ils n'utilisent pas, à des personnes physiques ou morales propriétaires de fonds agricoles et au profit de ces fonds ou à l'Etat.

Passé ce délai, les droits d'eau dont les propriétaires n'ont engagé aucune procédure de cession conformément aux dispositions de l'alinéa précédent, font l'objet d'expropriation au profit de l'Etat dans les conditions définies par la loi n° 7- 81 précitée.

ARTICLE 11 - Toute cession ou location de fonds agricoles disposant pour leur irrigation d'eaux sur lesquelles des droits sont reconnus à des tiers, ne peut s'effectuer que si le propriétaire du fonds soumet à l'acquéreur ou au locataire un contrat de location des eaux, établi au nom de ces derniers et leur garantissant pour une durée et un prix déterminés les eaux dont ils ont besoin pour l'irrigation desdits fonds.

CHAPITRE III : CONSERVATION ET PROTECTION DU DOMAINE PUBLIC HYDRAULIQUE

ARTICLE 12 - a) Il est interdit :

- 1 - d'anticiper de quelque manière que ce soit, notamment par des constructions, sur les limites des francs-bords des cours d'eau temporaires ou permanents, des séguías, des lacs, des sources ainsi que sur les limites d'emprises des aqueducs, des conduites d'eau, des canaux de navigation, d'irrigation ou d'assainissement faisant partie du domaine public hydraulique ;
- 2 - de placer à l'intérieur des limites du domaine public hydraulique tous obstacles entravant la navigation, le libre écoulement des eaux et la libre circulation sur les francs-bords ;
- 3 - de jeter dans le lit des cours d'eau des objets susceptibles d'embarrasser ce lit ou y provoquer des atterrissements ;
- 4 - de traverser les séguías, conduites, aqueducs ou canalisations à ciel ouvert inclus dans le domaine public hydraulique, avec des véhicules ou animaux, en dehors des passages spécialement réservés à cet effet, et de laisser pénétrer les bestiaux dans les emprises des

CENTRE D'ETUDES DOCTORALES - SCIENCES ET TECHNOLOGIES

canaux d'irrigation ou d'assainissement. Les points où les troupeaux pourront exceptionnellement accéder à ces canaux pour s'y abreuver sont fixés par l'agence de bassin.

b) Il est interdit, sauf autorisation préalable délivrée suivant des modalités fixées par voie réglementaire :

- 1** - d'effectuer ou enlever tout dépôt, toute plantation ou culture dans le domaine public hydraulique,
- 2** - de curer, approfondir, élargir, redresser ou régulariser les cours d'eau temporaires ou permanents,
- 3** - de pratiquer sur les ouvrages publics, les cours d'eau et toute autre partie du domaine public hydraulique des saignées ou prises d'eau,
- 4** - d'effectuer des excavations de quelque nature que ce soit, notamment des extractions de matériaux de construction, dans les lits des cours d'eau, à une distance inférieure à 10 mètres de la limite des francs-bords des cours d'eau, ou de l'emprise des conduites, aqueducs et canaux. L'autorisation n'est pas accordée lorsque ces excavations sont de nature à porter préjudice aux ouvrages publics, à la stabilité des berges des cours d'eau ou à la faune aquatique.

CHAPITRE IV : PLANIFICATION DE L'AMENAGEMENT DES BASSINS HYDRAULIQUES ET DE L'UTILISATION DES RESSOURCES EN EAU

Section I : Le Conseil Supérieur de l'Eau et du Climat

Article 13 - Il est créé un conseil dénommé "Conseil Supérieur de l'Eau et du Climat", chargé de formuler les orientations générales de la politique nationale en matière d'eau et de climat.

Outre les attributions qui pourraient lui être dévolues par l'autorité gouvernementale, le Conseil Supérieur de l'Eau et du Climat examine et formule son avis sur :

* la stratégie nationale d'amélioration de la connaissance du climat et la maîtrise de ses impacts sur le développement des ressources en eau ;

* le plan national de l'eau ; * les plans de développement intégré des ressources en eau des bassins hydrauliques et en particulier la répartition de l'eau entre les différents secteurs usagers et les différentes régions du pays ou d'un même bassin, ainsi que les dispositions de valorisation, de protection et de conservation des ressources en eau.

Article 14 - Le conseil Supérieur de l'Eau et du Climat est composé :

1 - pour moitié, des représentants :

- de l'Etat,
- des agences de bassins,
- de l'Office National de l'Eau Potable,
- de l'Office National de l'Electricité,
- des Offices Régionaux de Mise en Valeur Agricole.

2 - pour moitié, des représentants :

- des usagers de l'eau élus par leurs pairs,
- des assemblées préfectorales ou provinciales, élus par leurs pairs,
- des établissements d'enseignement supérieur et de la recherche scientifique exerçant dans les domaines de l'ingénierie de l'utilisation des ressources en eau, de sa rationalisation, de la protection des ressources en eau,...
- des associations professionnelles et scientifiques, experts dans le domaine de l'ingénierie de l'utilisation des ressources en eau, de sa rationalisation, de la protection des ressources en eau, ...

Le Conseil peut inviter à participer à ses réunions toute personne compétente ou spécialisée dans le domaine de l'eau.

Section II: Le plan national de l'eau et le plan directeur

d'aménagement intégré Des ressources en eau

ARTICLE 15 - L'Etat planifie l'utilisation des ressources nationales en eau dans le cadre des bassins hydrauliques.

On entend par "bassin hydraulique" au sens de la présente loi :

a - la totalité de la surface topographique drainée par un cours d'eau et ses affluents de la source à la mer ou aussi loin qu'un écoulement significatif dans le cours d'eau est décelable à l'intérieur des limites territoriales,

b - ou tout ensemble régional formé de bassins ou sections de bassins hydrauliques tels que définis à l'alinéa précédent et constituant une unité hydraulique en raison de sa dépendance, pour son approvisionnement en eau, d'une unité de ressource.

Les limites de chaque bassin hydraulique sont fixées par voie réglementaire.

ARTICLE 16 - Un plan directeur d'aménagement intégré des ressources en eau est établi par l'administration pour chaque bassin ou ensemble de bassins hydrauliques. Il a pour objectif principal la gestion des ressources en eau du bassin, eaux d'estuaires comprises, en vue d'assurer quantitativement et qualitativement, les besoins en eau, présents et futurs, des divers usagers des eaux du bassin.

Le plan directeur d'aménagement intégré doit notamment définir :

- 1** - les limites territoriales du ou des bassins auxquels il est applicable ;
- 2** - l'évaluation et l'évolution quantitatives et qualitatives des ressources hydrauliques et des besoins dans le bassin ;
- 3** - le plan de partage des eaux entre les différents secteurs du bassin et les principaux usages de l'eau dans le bassin ; ce plan précisera éventuellement les quantités d'eau excédentaires pouvant faire l'objet d'un transfert vers d'autres bassins ;
- 4** - les opérations nécessaires à la mobilisation, à la répartition, à la protection, à la restauration des ressources en eau et du domaine public hydraulique, notamment des ouvrages hydrauliques ;

- 5 - les objectifs de qualité ainsi que les délais et les mesures appropriées pour les atteindre ;
- 6 - l'ordre de priorité à prendre en considération pour le partage des eaux prévu au paragraphe 3 ci-dessus, ainsi que les mesures nécessaires pour faire face aux conditions climatiques exceptionnelles ;
- 7 - l'établissement du schéma général d'aménagement hydraulique du bassin susceptible d'assurer la conservation des ressources et leur adéquation aux besoins ;
- 8 - les périmètres de sauvegarde et d'interdiction prévus respectivement par les articles 49 et 50 de la présente loi ;
- 9 - les conditions particulières d'utilisation de l'eau, notamment celles relatives à sa valorisation, à la préservation de sa qualité et à la lutte contre son gaspillage.

ARTICLE 17 - Le plan directeur d'aménagement intégré du bassin hydraulique est établi par l'administration pour une durée d'au moins 20 ans. Il peut faire l'objet de révisions tous les cinq ans, sauf circonstances exceptionnelles exigeant une modification de son contenu avant cette période. Les conditions et la procédure de son élaboration et de sa révision sont fixées par voie réglementaire.

Le plan directeur d'aménagement intégré du bassin hydraulique est approuvé par décret après avis du Conseil Supérieur de l'Eau et du Climat.

ARTICLE 18 - Lorsqu'il existe un plan directeur d'aménagement intégré du bassin hydraulique approuvé, toute autorisation ou concession prévue dans la présente loi, ayant pour objet l'utilisation ou l'exploitation du domaine public hydraulique, ne peut être accordé que si elle est compatible avec les objectifs définis dans ledit plan.

ARTICLE 19 - Un plan national de l'eau est établi par l'administration sur la base des résultats et conclusions des plans directeurs d'aménagement des bassins hydrauliques visés à l'article 16 ci-dessus. Il est approuvé par décret, après avis du Conseil Supérieur de l'Eau et du Climat. Il doit notamment définir :

- les priorités nationales en matière de mobilisation et d'utilisation des ressources en eau,

CENTRE D'ETUDES DOCTORALES - SCIENCES ET TECHNOLOGIES

- le programme et l'échéance de réalisation des aménagements hydrauliques à l'échelle nationale,
- les articulations qui doivent exister entre lui et les plans d'aménagement intégré des ressources en eau, les plans d'aménagement du territoire...
- les mesures d'accompagnement d'ordre notamment économique, financier, réglementaire, organisationnel, de sensibilisation et d'éducation des populations, nécessaires à sa mise en œuvre,
- les conditions de transfert des eaux des bassins hydrauliques excédentaires vers les bassins hydrauliques déficitaires.

Le plan national de l'eau est établi pour une période d'au-moins vingt (20) ans. Il peut faire l'objet de révisions périodiques tous les 5 ans, sauf circonstances exceptionnelles exigeant une modification de son contenu avant cette période.

Section III : Les agences de bassins

ARTICLE 20 - Il est créé, au niveau de chaque bassin hydraulique ou ensemble de bassins hydrauliques, sous la dénomination de "agence de bassin", un établissement public, doté de la personnalité morale et de l'autonomie financière.

L'agence de bassin est chargée :

- 1 - d'élaborer le plan directeur d'aménagement intégré des ressources en eau relevant de sa zone d'action ;
- 2 - de veiller à l'application du plan directeur d'aménagement intégré des ressources en eau à l'intérieur de sa zone d'action ;
- 3 - de délivrer les autorisations et concessions d'utilisation du domaine public hydraulique prévues dans le plan directeur d'aménagement intégré des ressources en eau de sa zone d'action ;
- 4 - de fournir toute aide financière et toute prestation de service, notamment d'assistance technique, aux personnes publiques ou privées qui en feraient la demande, soit pour

CENTRE D'ETUDES DOCTORALES - SCIENCES ET TECHNOLOGIES

prévenir la pollution des ressources en eau, soit en vue d'un aménagement ou d'une utilisation du domaine public hydraulique ;

5 - de réaliser toutes les mesures piézométriques et de jaugeages ainsi que les études hydrologiques, hydrogéologiques, de planification et de gestion de l'eau tant au plan quantitatif que qualitatif ;

6 - de réaliser toutes les mesures de qualité et d'appliquer les dispositions de la présente loi et des lois en vigueur relatives à la protection des ressources en eau et à la restauration de leur qualité, en collaboration avec l'autorité gouvernementale chargée de l'environnement ;

7 - de proposer et d'exécuter les mesures adéquates, d'ordre réglementaire notamment, pour assurer l'approvisionnement en eau en cas de pénurie d'eau déclarée conformément au chapitre X de la présente loi ou pour prévenir les risques d'inondation ;

8 - de gérer et contrôler l'utilisation des ressources en eau mobilisées ;

9 - de réaliser les infrastructures nécessaires à la prévention et à la lutte contre les inondations ;

10 - de tenir un registre des droits d'eau reconnus et des concessions et autorisations de prélèvement d'eau accordées.

La zone d'action de chaque agence de bassin et la date de l'entrée en vigueur des dispositions du présent article sont fixées par décret.

ARTICLE 21 - L'agence de bassin est administrée par un conseil d'administration présidé par l'autorité gouvernementale chargée des ressources en eau dont le nombre des membres ne peut être inférieur à 24 ou supérieur à 48. Dans tous les cas, il est composé :

1 - pour un tiers, des représentants de l'Etat,

2 - pour un quart, des représentants des établissements publics placés sous la tutelle de l'Etat, et chargés de la production de l'eau potable, de l'énergie hydroélectrique, et de l'irrigation.

3 - pour le reste, des représentants :

CENTRE D'ETUDES DOCTORALES - SCIENCES ET TECHNOLOGIES

- des chambres d'agriculture concernées,
- des chambres de commerce, d'industrie et de services concernés,
- des assemblées préfectorales et provinciales concernées,
- des collectivités ethniques concernées.
- des associations des usagers des eaux agricoles concernées, élus par leurs pairs.

Le conseil d'administration :

- examine le plan directeur d'aménagement intégré du bassin hydraulique avant son approbation,
- étudie les programmes de développement et de gestion des ressources en eau ainsi que les programmes généraux d'activité annuels et pluriannuels de l'agence, avant leur approbation par l'autorité gouvernementale chargée des ressources en eau,
- arrête le budget et les comptes de l'agence,
- affecte les redevances provenant de la pollution aux actions spécifiques de dépollution des eaux,
- propose à l'autorité gouvernementale chargée des ressources en eau l'assiette et les taux de redevances constituant la rémunération par les usagers des prestations de l'agence,
- élabore le statut du personnel de l'agence qui est approuvé dans les conditions prévues par la législation en vigueur pour le personnel des établissements publics,
- approuve les conventions et contrats de concessions passés par l'agence de bassin.

Le conseil d'administration peut créer tout comité auquel il peut juger utile de déléguer certains de ses pouvoirs.

ARTICLE 22 - L'agence de bassin est gérée par un directeur nommé conformément à la législation en vigueur.

Le directeur de l'agence détient tous les pouvoirs et toutes les attributions nécessaires à la gestion de l'agence de bassin. Il exécute les décisions du conseil d'administration et, le cas

CENTRE D'ETUDES DOCTORALES - SCIENCES ET TECHNOLOGIES

échéant, des comités. Il délivre les autorisations et concessions d'utilisation du domaine public hydraulique prévues dans la présente loi.

ARTICLE 23 - Le budget de l'agence comprend :

1/ En ressources :

- les produits et bénéfices d'exploitation, ainsi que ceux provenant de ses opérations et de son patrimoine ;
- le produit des redevances constituant la rémunération par les usagers de ses prestations ;
- les produits des redevances d'utilisation du domaine public hydraulique ;
- les subventions de l'Etat ;
- les dons, legs et produits divers ;
- les avances et prêts remboursables provenant de l'Etat, d'organismes publics ou privés ainsi que les emprunts autorisés conformément à la réglementation en vigueur ;
- les taxes parafiscales instituées à son profit ;
- toutes autres recettes en rapport avec son activité.

2/ En charges :

- les charges d'exploitation et d'investissement de l'agence ;
- le remboursement des avances, prêts et emprunts ;
- toutes autres dépenses en rapport avec son activité.

ARTICLE 24 - Les biens du domaine public hydraulique, nécessaires aux agences de bassins pour exercer les missions qui leur sont imparties par la présente loi, sont mis à leur disposition dans les conditions fixées par voie réglementaire.

Pour la constitution du patrimoine initial de l'agence de bassin, les biens, meubles et immeubles relevant du domaine privé de l'Etat nécessaires à la bonne marche de ladite agence, sont transférées, en pleine jouissance, à cette dernière selon les modalités fixées par voie réglementaire.

CHAPITRE V : CONDITIONS GENERALES

D'UTILISATION DE L'EAU

Section I : Droits et obligations des propriétaires

ARTICLE 25 - Les propriétaires ont le droit d'user des eaux pluviales tombées sur leurs fonds.

Les conditions d'accumulation artificielle des eaux sur les propriétés privées sont fixées par voie réglementaire.

ARTICLE 26 - Sous réserve des dispositions des articles 36 et suivants de la présente loi, tout propriétaire peut, sans autorisation, creuser sur son fonds des puits ou y réaliser des forages d'une profondeur ne dépassant pas le seuil fixé par voie réglementaire. Il a droit à l'usage des eaux, sous réserve des droits des tiers et des conditions de la présente loi.

ARTICLE 27 - Tout prélèvement d'eau existant à la date de publication de la présente loi doit, dans un délai fixé par voie réglementaire, faire l'objet d'une déclaration.

Pour les prélèvements d'eau non encore autorisés, cette déclaration vaut demande d'autorisation et est instruite comme telle, sous réserve des dispositions des articles 6 et 8 de la présente loi.

ARTICLE 28 - Tout propriétaire qui veut utiliser des eaux dont il a le droit de disposer, peut obtenir le passage de ces eaux sur les fonds intermédiaires, à charge d'une juste et préalable indemnité.

Les propriétaires doivent recevoir les eaux qui peuvent s'écouler des terrains ainsi arrosés, sauf indemnité s'il y a lieu.

Sont exemptés de cette servitude les maisons, cours, jardins, parcs et enclos attenants aux habitations.

ARTICLE 29 - Tout propriétaire qui veut procéder à l'évacuation des eaux nuisibles à son fonds peut obtenir le passage de ces eaux sur des fonds intermédiaires dans les mêmes conditions que celles fixées à l'article précédent.

CENTRE D'ETUDES DOCTORALES - SCIENCES ET TECHNOLOGIES

Toutefois, les propriétaires de fonds traversés ont la faculté de se servir des travaux réalisés à cet effet pour l'écoulement des eaux de leurs propres fonds, sous réserve d'une contribution financière aux travaux réalisés ou restant à réaliser ainsi qu'à l'entretien des installations devenues communes.

ARTICLE 30 - Les dispositions des articles 28 et 29 ci-dessus ne font pas obstacle à l'exercice de droits spéciaux de passage nés d'une coutume incontestée, qui peuvent exister dans certaines régions.

ARTICLE 31 - Les propriétés riveraines des cours d'eau, lacs, aqueducs, conduites d'eau, canaux d'irrigation ou d'assainissement affectés à un usage public, sont soumises à une servitude dans la limite d'une largeur de quatre mètres à partir des francs-bords, destinée à permettre le libre passage du personnel et des engins de l'administration ou de l'agence de bassin, ainsi que le dépôt de produits de curage ou l'exécution d'installations et de travaux d'intérêt public.

Cette servitude fait obligation aux riverains de s'abstenir de tout acte de nature à nuire au fonctionnement, à l'entretien et à la conservation des cours d'eau, lacs et ouvrages.

Dans le cas où cette servitude entraînerait en fait l'inutilisation de parcelles effectivement mises en valeur, le propriétaire aura le droit d'exiger l'expropriation.

Lorsque la zone de servitude se révèle insuffisante pour l'établissement d'un chemin, l'administration ou l'agence de bassin peut, à défaut de consentement exprès des riverains, acquérir les terrains nécessaires par voie d'expropriation.

ARTICLE 32 - L'exécution des installations ou travaux visés à l'article précédent sur les terrains grevés de servitude doit être notifiée par écrit aux propriétaires ou exploitants desdits terrains.

Les dommages résultant de cette exécution sont fixés à défaut d'accord amiable, par le tribunal compétent.

ARTICLE 33 - Tout propriétaire d'un terrain grevé d'une servitude de dépôt d'une durée dépassant un an peut, à toute époque pendant toute la durée de la servitude, exiger du bénéficiaire de cette servitude l'acquisition de ce terrain.

S'il n'est pas déféré à cette demande dans le délai d'un an, le propriétaire peut saisir les tribunaux compétents en vue de l'intervention d'un jugement prononçant le transfert de la propriété et déterminant le montant de l'indemnité. Cette indemnité est fixée comme en matière d'expropriation pour cause d'utilité publique.

ARTICLE 34 - A défaut d'une autorisation préalable, l'administration peut procéder d'office, aux frais des contrevenants, à la démolition de toute nouvelle construction ou de toute élévation de clôture fixe, ainsi qu'à l'abattage de toute plantation à l'intérieur des zones soumises à servitude si aucune suite n'est donnée par les intéressés à la mise en demeure qui leur est adressée par l'administration afin de procéder à ces opérations dans un délai qui ne peut être inférieur à 15 jours.

En cas de besoin, l'administration peut demander, moyennant indemnité, l'abattage des arbres et la démolition des constructions existant dans les limites de ces zones et peut y procéder d'office si, dans un délai de trois mois, aucune suite n'a été donnée à sa demande.

ARTICLE 35 - L'Etat, les collectivités locales et les concessionnaires dûment autorisés ont le droit de faire procéder dans les propriétés privées aux travaux de recherches d'eau, en procédant, conformément aux dispositions de la loi sur l'expropriation pour cause d'utilité publique et l'occupation temporaire.

Section II : Autorisations et concessions relatives au domaine public hydraulique

ARTICLE 36 - Les autorisations et les concessions relatives au domaine public hydraulique, visées par la présente section et dont les formes d'approbation sont fixées par voie , sont accordées après enquête publique. Elles donnent lieu à perception de frais de dossier.

L'enquête publique est effectuée par une commission spéciale chargée de recueillir les réclamations des tiers intéressés. A cet effet, le projet d'autorisation ou de concession doit être porté à la connaissance du public, par voie de presse ou de tout autre moyen de publicité approprié, quinze jours avant le commencement de l'enquête publique dont la durée ne peut excéder trente jours. L'agence de bassin est tenue de statuer sur la demande

CENTRE D'ETUDES DOCTORALES - SCIENCES ET TECHNOLOGIES

ou toute opposition d'un tiers, après avis de la commission d'enquête, dans un délai de quinze jours après la date de clôture de l'enquête.

Les modalités de déroulement de l'enquête publique et la composition de la commission sont fixées par voie réglementaire.

ARTICLE 37 - Toute personne physique ou morale utilisant les eaux du domaine public hydraulique est soumise au paiement d'une redevance pour utilisation de l'eau, dans les conditions fixées dans la présente loi.

Les modalités de fixation et de recouvrement de cette redevance sont fixées par voie réglementaire.

Le recouvrement des redevances peut être poursuivi tant auprès du propriétaire que de l'exploitant des installations de prélèvement d'eau, qui sont conjointement et solidairement responsables du paiement de celles-ci.

ARTICLE 38 - Sont soumis au régime de l'autorisation :

- 1 - les travaux de recherche, sous réserve des dispositions de l'article 26 ci-dessus, de captage d'eaux souterraines ou jaillissantes ;
- 2 - le creusement de puits et la réalisation de forages d'une profondeur dépassant le seuil visé à l'article 26 ci-dessus ;
- 3 - les travaux de captage et l'utilisation des eaux de sources naturelles situées sur les propriétés privées ;
- 4 - l'établissement, pour une période n'excédant pas une durée de cinq ans renouvelable, d'ouvrages ayant pour but l'utilisation des eaux du domaine public hydraulique, tels que moulins à eau, digues, barrages ou canaux, sous réserve que ces ouvrages n'entravent pas le libre écoulement des eaux et la libre circulation sur les francs-bords et qu'ils n'entraînent pas la pollution des eaux ;
- 5 - les prélèvements de débits d'eau dans la nappe souterraine, quelle qu'en soit la nature, supérieurs à un seuil fixé par voie réglementaire ;
- 6 - les prises d'eau établies sur les cours d'eau ou canaux dérivés des oueds ;

7 - le prélèvement d'eau de toute nature en vue de sa vente ou de son usage thérapeutique ;

8 - l'exploitation des bacs ou passages sur les cours d'eau.

ARTICLE 39 - L'autorisation est accordée sous réserve des droits des tiers. Elle peut conférer au bénéficiaire le droit d'occuper les parties du domaine public hydraulique nécessaires aux installations ou aux opérations autorisées.

L'agence de bassin fixe la durée de l'autorisation qui ne peut dépasser vingt ans renouvelable, les mesures à prendre par l'attributaire de l'autorisation pour éviter la dégradation des eaux qu'il utilise soit pour le prélèvement soit pour le déversement, le montant et les modalités de paiement de la redevance, les conditions d'exploitation, de prolongation ou de renouvellement éventuel de l'autorisation ainsi que les mesures à prendre par le titulaire de l'autorisation en

application des dispositions prévues au chapitre VI de la présente loi.

L'autorisation est révoquée par l'agence de bassin à toute époque, sans indemnité, après une mise en demeure adressée à l'intéressé par écrit :

- si les conditions qu'elle comporte ne sont pas observées ;
- si elle n'a pas reçu un commencement d'utilisation dans un délai de deux ans,
- si elle est cédée ou transférée sans l'agrément de l'agence de bassin, sauf l'exception prévue à l'article 40 ci-après,
- si les redevances à verser ne sont pas acquittées aux termes fixés,
- si les eaux reçoivent une utilisation autre que celle autorisée.

L'agence de bassin peut à tout moment modifier, réduire ou révoquer l'autorisation pour cause d'intérêt public, sous réserve d'un préavis dont le délai ne peut être inférieur à trente jours. Cette modification, réduction ou révocation ouvre droit à indemnité au profit du titulaire de l'autorisation, si celui-ci en éprouve un préjudice direct.

CENTRE D'ETUDES DOCTORALES - SCIENCES ET TECHNOLOGIES

ARTICLE 40 - L'autorisation de prise d'eau à usage d'irrigation est accordée au profit d'un fonds déterminé. Le bénéficiaire de l'autorisation ne peut, sans autorisation nouvelle, utiliser les eaux au profit d'autres fonds.

En cas de cession du fonds, l'autorisation est transférée de plein droit au nouveau propriétaire ; celui-ci doit déclarer cette cession à l'agence de bassin dans un délai de trois mois à dater de la mutation.

Tout transfert de l'autorisation, effectué indépendamment du fonds au profit duquel elle est accordée, est nul et entraîne la révocation de l'autorisation.

En cas de morcellement du fonds bénéficiaire, la répartition des eaux entre les parcelles doit faire l'objet d'autorisations nouvelles, qui se substitueront à l'autorisation primitive.

ARTICLE 41 - Sont soumis au régime de la concession :

- 1 - l'aménagement des sources minérales et thermales, ainsi que l'exploitation des eaux desdites sources ;
- 2 - l'établissement sur le domaine public hydraulique, pour une durée supérieure à cinq ans, d'ouvrages destinés à la protection contre les inondations ou à l'accumulation et à la dérivation des eaux, ainsi que l'utilisation de ces eaux ;
- 3 - l'aménagement des lacs, étangs et marais ;
- 4 - les prélèvements d'eau effectués sur la nappe ou les prises d'eau établies sur les cours d'eau, canaux dérivés des oueds ou sources naturelles, lorsque les débits prélevés dépassent le seuil fixé par l'agence de bassin ou lorsqu'ils sont destinés à un usage public ;
- 5 - les prises d'eau sur les cours d'eau ou canaux en vue de la production de l'énergie hydroélectrique.

La concession constitue des droits réels de durée limitée qui ne confèrent à son titulaire aucun droit de propriété sur le domaine public hydraulique.

Les dispositions du présent article ne s'appliquent pas aux ressources en eau et ouvrages affectés aux périmètres aménagés en partie ou en totalité par l'Etat, notamment les

CENTRE D'ETUDES DOCTORALES - SCIENCES ET TECHNOLOGIES

périmètres délimités au sens de l'article 6 du dahir n° 1-69-25 du 10 jourmada I 1389 (25 juillet 1969) formant code des investissements agricoles.

ARTICLE 42 - Le contrat de concession détermine notamment :

- le débit concédé,
- le mode d'utilisation des eaux,
- les charges et obligations particulières du concessionnaire,
- la redevance à verser par le bénéficiaire de la concession,
- la durée de la concession qui ne peut excéder 50 ans,
- la nature des ouvrages et le délai d'exécution des diverses tranches des installations et aménagements prévus,
- les mesures à prendre par le concessionnaire pour éviter la dégradation de la qualité des ressources en eau,
- s'il y a lieu, les conditions dans lesquelles le débit concédé peut être modifié ou réduit ainsi que l'indemnisation à laquelle la modification ou la réduction du débit peut donner lieu,
- s'il y a lieu, les conditions de rachat, de retrait et de déchéance de la concession, ainsi que celles du retour des ouvrages à l'Etat en fin de concession.

ARTICLE 43 - La concession de prise d'eau à usage d'irrigation est accordée à toute personne physique ou morale au profit des terrains situés dans un périmètre déterminé.

La concession peut être mise en déchéance ou révisée d'office, sans indemnité, si les eaux sont utilisées hors du périmètre fixé ou pour des usages autres que l'irrigation.

En cas de changement du propriétaire, les bénéfices et les charges de la concession sont transférés de plein droit aux nouveaux propriétaires, qui doivent déclarer le transfert à l'agence de bassin dans un délai de trois mois à dater de la mutation.

La répartition des eaux concédées entre des terrains appartenant à des propriétaires différents, est fixée par l'acte de concession ; elle ne peut être modifiée que dans les conditions prévues pour la modification de cet acte.

CENTRE D'ETUDES DOCTORALES - SCIENCES ET TECHNOLOGIES

ARTICLE 44 - Le contrat de concession peut conférer au bénéficiaire le droit :

- 1 - d'établir, après approbation des projets par l'agence de bassin, tous ouvrages destinés à utiliser le débit autorisé ;
- 2 - d'occuper les parties du domaine public nécessaires à ses installations ;
- 3 - de se substituer à l'agence de bassin pour l'expropriation ou l'occupation temporaire des terrains nécessaires aux installations du concessionnaire conformément à la loi 7-81 relative à l'expropriation pour cause d'utilité publique et à l'occupation temporaire.

ARTICLE 45 - Sans préjudice des clauses particulières figurant dans le contrat de concession, la déchéance de la concession peut être prononcée pour :

- utilisation des eaux différente de celle autorisée ou hors de la zone d'utilisation fixée,
- non-paiement des redevances aux termes fixés,
- non utilisation des eaux concédées dans les délais fixés dans le contrat de concession,
- non respect des obligations à caractère sanitaire, notamment dans le cas des sources thermales.

En cas de déchéance de la concession, l'agence de bassin peut ordonner la remise des lieux dans l'état initial et, le cas échéant, la faire effectuer d'office aux frais du concessionnaire déchu.

ARTICLE 46 - Si l'intérêt public rend nécessaire la suppression ou la modification des installations régulièrement faites, en vertu d'une autorisation ou d'une concession, le permissionnaire ou le concessionnaire a droit, sauf stipulation contraire de l'acte d'autorisation ou de concession, à une indemnité correspondant à la valeur du préjudice subi.

ARTICLE 47 - L'agence de bassin peut ordonner que les travaux effectués sans autorisation ou sans concession ou contrairement à la réglementation sur les eaux, soient démolis et que, éventuellement, tout soit rétabli dans l'état initial par les contrevenants dans un délai qui ne peut être inférieur à quinze (15) jours. Passé ce délai, l'agence de bassin peut y procéder d'office aux frais des contrevenants.

ARTICLE 48 - Par complément aux dispositions du dahir du 9 Ramadan 1331 (12 août 1913) sur l'immatriculation des immeubles et des autres textes réglementant le régime foncier de l'immatriculation, peuvent faire l'objet d'une inscription au livre foncier les autorisations et les concessions de prélèvement d'eau, ainsi que les actes portant reconnaissance des droits acquis sur les eaux.

Section III : Périmètres de sauvegarde et périmètres d'interdiction

ARTICLE 49 - Des périmètres dits de sauvegarde peuvent être délimités dans les zones où le degré d'exploitation des eaux souterraines risque de mettre en danger les ressources en eau existantes. A l'intérieur de ces périmètres, sont soumis à autorisation préalable :

- toute exécution de puits ou forages,
- tous travaux de remplacement ou de réaménagement de puits ou forages,
- et toute exploitation d'eaux souterraines, quel que soit le débit à prélever.

Les conditions de délimitation de ces périmètres et d'octroi d'autorisation sont fixées par voie réglementaire.

ARTICLE 50 - En cas de nécessité, des périmètres d'interdiction peuvent être délimités, par décret, dans les zones où le niveau des nappes ou la qualité des eaux sont déclarés en danger de surexploitation ou de dégradation.

Dans chacun de ces périmètres, les autorisations et les concessions de prélèvement d'eau ne sont délivrées que lorsque l'eau prélevée est destinée à l'alimentation humaine ou à l'abreuvement du cheptel.

CHAPITRE VI : DE LA LUTTE CONTRE LA POLLUTION DES EAUX

ARTICLE 51 - Au sens de la présente loi, est considéré :

- comme usée, une eau qui a subi une modification de sa composition ou de son état du fait de son utilisation ;

CENTRE D'ETUDES DOCTORALES - SCIENCES ET TECHNOLOGIES

- comme polluée, une eau qui a subi, du fait de l'activité humaine, directement ou indirectement ou sous l'action d'un effet biologique ou géologique, une modification de sa composition ou de son état qui a pour conséquence de la rendre impropre à l'utilisation à laquelle elle est destinée.

L'administration fixe les normes de qualité auxquelles une eau doit satisfaire selon l'utilisation qui en sera faite.

ARTICLE 52 - Aucun déversement, écoulement, rejet, dépôt direct ou indirect dans une eau superficielle ou une nappe souterraine susceptible d'en modifier les caractéristiques physiques, y compris thermiques et radioactives, chimiques, biologiques ou bactériologiques, ne peut être fait sans autorisation préalable accordée, après enquête, par l'agence de bassin.

Au cas où l'autorisation mentionnée à l'alinéa ci-dessus doit être délivrée en même temps que l'autorisation prévue à l'article 38 ou la concession prévue à l'article 41 de la présente loi, cette autorisation ou concession définit les conditions de prélèvements et de déversements. L'enquête publique est menée simultanément et ne peut excéder 30 jours.

Cette autorisation donne lieu au paiement de redevances dans les conditions fixées par voie réglementaire.

Le recouvrement des redevances peut être poursuivi, dans les conditions fixées par voie réglementaire, tant auprès du propriétaire des installations de déversement, écoulement, rejet, dépôt direct ou indirect, qu'auprès de l'exploitant desdites installations, qui sont conjointement et solidairement responsables du paiement de celles-ci.

ARTICLE 53 - Tout déversement, écoulement, rejet, dépôt direct ou indirect dans une eau superficielle ou une nappe souterraine visé à l'article 52 ci-dessus existant à la date de publication de la présente loi, doit, dans un délai fixé par l'agence de bassin, faire l'objet d'une déclaration.

Cette déclaration vaut une demande d'autorisation et est instruite comme telle, sur la base des dispositions prévues dans la présente loi.

ARTICLE 54 - Il est interdit :

CENTRE D'ETUDES DOCTORALES - SCIENCES ET TECHNOLOGIES

- 1 - de rejeter des eaux usées ou des déchets solides dans les oueds à sec, dans les puits, abreuvoirs et lavoirs publics, forages, canaux ou galeries de captage des eaux. Seule est admise l'évacuation des eaux résiduaires ou usées domestiques dans des puits filtrants précédés d'une fosse septique ;
- 2 - d'effectuer tout épandage ou enfouissement d'effluents et tout dépôt de déchets susceptibles de polluer par infiltration les eaux souterraines ou par ruissellement les eaux de surface ;
- 3 - de laver du linge et autres objets, notamment des viandes, peaux ou produits animaux dans les eaux de séguias, conduites, aqueducs, canalisations, réservoirs, puits qui alimentent les villes, agglomérations, lieux publics et à l'intérieur des zones de protection de ces mêmes séguias, conduites, aqueducs, canalisations, réservoirs, puits ;
- 4 - de se baigner et de se laver dans lesdits ouvrages, ou d'y abreuver les animaux, les y laver ou baigner ;
- 5 - de déposer des matières insalubres, d'installer des fosses d'aisance ou des puisards à l'intérieur des zones de protection desdits séguias, conduites, aqueducs, canalisations, réservoirs et puits ;
- 6 - de jeter des bêtes mortes dans les cours d'eau, lacs, étangs, marais et de les enterrer à proximité des puits, fontaines et abreuvoirs publics ;
- 7 - de jeter, à l'intérieur des périmètres urbains, des centres délimités et des agglomérations rurales dotées d'un plan de développement, toute eau usée ou toute matière nuisible à la santé publique en dehors des lieux indiqués à cet effet ou dans des formes contraires à celles fixées par la présente loi et la réglementation en vigueur.

ARTICLE 55 - Lorsqu'il résulte des nuisances constatées un péril pour la santé, la sécurité ou la salubrité publique, l'administration peut prendre toute mesure immédiatement exécutoire en vue de faire cesser ces nuisances. Dans tous les cas, les droits des tiers à l'égard des auteurs de ces nuisances sont et demeurent réservés.

CENTRE D'ETUDES DOCTORALES - SCIENCES ET TECHNOLOGIES

ARTICLE 56 - Selon une périodicité fixée par voie réglementaire dans chaque cas, l'agence de bassin effectue un inventaire du degré de pollution des eaux superficielles (cours d'eau, canaux, lacs, étangs, ...) ainsi que des eaux des nappes souterraines.

Des fiches seront établies pour chacune de ces eaux d'après des critères physiques, chimiques, biologiques et bactériologiques pour déterminer l'état de chacune d'elles. Des cartes de vulnérabilité à la pollution des nappes souterraines en fonction de la nature des terrains seront établies pour les principales nappes.

Ces documents feront l'objet d'une révision périodique générale et d'une révision immédiate chaque fois qu'un changement exceptionnel ou imprévu affectera l'état des eaux ou des milieux récepteurs.

L'administration définira la procédure d'établissement de ces documents et de l'inventaire général.

Elle définira, d'une part, les spécifications techniques et les critères physiques, chimiques, biologiques et bactériologiques auxquels les cours d'eau, sections de cours d'eau, canaux, lacs ou étangs devront répondre, notamment pour les prises d'eau assurant l'alimentation des populations et, d'autre part, le délai dans lequel la qualité de chaque milieu récepteur devra être améliorée.

ARTICLE 57 - L'administration définit les conditions d'utilisation des eaux usées.

Toute utilisation des eaux usées est soumise à autorisation de l'agence de bassin.

Tout utilisateur des eaux usées peut bénéficier du concours financier de l'Etat et de l'assistance technique de l'agence de bassin si l'utilisation qu'il fait des eaux usées est conforme aux conditions fixées par l'administration et a pour effet de réaliser des économies d'eau et de préserver les ressources en eau contre la pollution.

CHAPITRE VII : EAUX A USAGE ALIMENTAIRE

ARTICLE 58 - Les eaux à usage alimentaire comprennent :

a- les eaux destinées directement à la boisson,

CENTRE D'ETUDES DOCTORALES - SCIENCES ET TECHNOLOGIES

b- les eaux destinées à la préparation, au conditionnement ou à la conservation des denrées alimentaires destinées au public.

ARTICLE 59 - Les eaux à usage alimentaire, direct ou indirect, doivent être potables. L'eau est considérée comme potable au sens de la présente loi lorsqu'elle satisfait aux normes de qualité fixées par voie réglementaire, selon que cette eau est destinée directement à la boisson ou à la préparation, le conditionnement ou la conservation des denrées alimentaires.

ARTICLE 60 - Il est interdit de proposer, de vendre ou de distribuer, sous quelque forme que ce soit, en vue de l'alimentation humaine, une eau non potable.

Il est également interdit d'utiliser pour la préparation, le conditionnement et la conservation des denrées alimentaires, des eaux qui ne répondent pas aux normes visées à l'article 59 ci-dessus.

Toutefois, en cas de nécessité liée à la composition naturelle de l'eau, l'administration peut, sous certaines conditions, autoriser l'utilisation localement et temporairement d'une eau ne répondant pas à toutes les normes visées à l'article 59 ci-dessus.

ARTICLE 61 - Toute réalisation ou modification d'une adduction d'eau pour les besoins d'une collectivité est soumise à autorisation préalable de l'administration aux fins de procéder au contrôle de la qualité de l'eau.

Les exploitants d'adductions privées existantes à la date de publication de la présente loi sont tenus, dans le délai de deux ans qui suit cette publication, de solliciter l'autorisation administrative dans les conditions fixées pour les adductions nouvelles.

ARTICLE 62 - Le ravitaillement en eau potable par tonneaux ou citernes mobiles ne peut être effectué que dans les conditions fixées par la réglementation. Dans tous les cas, l'eau doit provenir d'une adduction publique contrôlée ou, à défaut, d'un point d'eau autorisé.

ARTICLE 63 - Des zones de protection doivent être établies autour des captages d'alimentation publique tels que sources, puits, forages, impluviums.

Ces zones comprennent :

CENTRE D'ETUDES DOCTORALES - SCIENCES ET TECHNOLOGIES

a - un périmètre de protection immédiate des ouvrages vis-à-vis de la pollution bactérienne, dont les terrains doivent être acquis et protégés par l'organisme chargé de l'exploitation des ouvrages ; ces terrains font partie intégrante de l'ouvrage au profit duquel ils ont été acquis,

b - le cas échéant, un périmètre de protection rapprochée des points de prélèvement vis-à-vis de la pollution chimique, à l'intérieur duquel est interdite toute activité ou installation susceptible de constituer une source de pollution permanente et réglementé tout dépôt ou toute installation constituant un risque de pollution accidentelle des eaux.

La procédure de délimitation des périmètres de protection rapprochée est fixée par voie réglementaire.

Des périmètres de protection semblables peuvent être délimités, dans les mêmes conditions autour des retenues de barrages, des réservoirs enterrés ainsi qu'autour des ouvrages de retenue, d'adduction et de distribution.

ARTICLE 64 - Tout système de distribution d'eau à ciel ouvert destinée à l'alimentation humaine est interdit.

ARTICLE 65 - Toute méthode de correction des eaux ou tout recours à un mode de traitement de ces eaux à l'aide d'additifs chimiques, doit être au préalable autorisé dans les conditions fixées par voie réglementaire.

Les additifs éventuels ne doivent en aucun cas nuire à la potabilité de l'eau et en altérer les propriétés organoleptiques.

ARTICLE 66 - La surveillance de la qualité de l'eau doit être assurée de manière permanente par le producteur et le distributeur.

A cette fin, l'eau doit être analysée périodiquement par des laboratoires spécialement agréés par voie réglementaire.

Le contrôle de la qualité de l'eau et des conditions de sa production et de sa distribution est assuré par l'administration selon les modalités fixées par voie réglementaire.

CHAPITRE VIII : DISPOSITIONS RELATIVES A L'EXPLOITATION ET A LA VENTE DES EAUX NATURELLES D'INTERET MEDICAL, EAUX DITES "DE SOURCE" ET EAUX DITES "DE TABLE"

ARTICLE 67 : Au sens de la présente loi, les eaux naturelles d'intérêt médical sont les eaux qui, indemnes de nocivité, peuvent être utilisées comme agents thérapeutiques en raison de leur degré de chaleur et des caractéristiques de leur teneur en calcium, en gaz et en matières radioactives.

Des produits dérivés tels que les gaz thermaux, les eaux mères, les péloïdes et des préparations pharmaceutiques et cosmétiques, peuvent être obtenus à partir des eaux naturelles d'intérêt médical.

Pour les eaux naturelles d'intérêt médical gazeuses, la teneur en gaz peut être augmentée par addition de gaz pur prélevé exclusivement au griffon de la source. Si cette addition a eu lieu, mention doit en être portée avec l'indication de la nature et de l'origine du gaz employé sur toutes les formes de conditionnement ou dans les lieux d'utilisation mis à la disposition du public.

ARTICLE 68 : Aucune eau naturelle d'intérêt médical ne peut être captée et exploitée en dehors des conditions générales fixées par la présente loi et ses textes d'application.

ARTICLE 69 : L'utilisation comme agents thérapeutiques des eaux naturelles d'intérêt médical ou de leurs dérivés ne peut avoir lieu que si leur exploitation a été officiellement autorisée et soumise au contrôle de l'administration, et que si leur mode de captage a été approuvé.

Si cette utilisation a lieu sur place, elle ne peut être admise que dans un établissement dont l'implantation, les plans, la construction, les aménagements et l'équipement ont été approuvés par l'administration.

Si cette utilisation a lieu en dehors du point d'émergence de la source, elle ne peut intervenir que si l'eau est transportée dans des conditions particulières déterminées ou approuvées par l'administration.

CENTRE D'ETUDES DOCTORALES - SCIENCES ET TECHNOLOGIES

ARTICLE 70 - L'utilisation des eaux naturelles d'intérêt médical en crénothérapie est soumise à autorisation dans les conditions fixées par voie réglementaire.

ARTICLE 71 - Toutes les eaux naturelles d'intérêt médical doivent être utilisées telles qu'elles se présentent à l'émergence. Néanmoins, elles peuvent subir des opérations et manipulations inéluctables à leur exploitation tels que transport, mélange, stockage, traitement spécifique à condition que celles-ci ne modifient pas les caractéristiques de ces eaux et qu'elles soient dûment autorisées.

Le mélange des eaux naturelles d'intérêt médical ne peut être effectué que pour les eaux originaires du même gîte hydrothermal, de même composition et de même action thérapeutique.

ARTICLE 72 - Ne peuvent porter le nom d'eau naturelle d'intérêt médical, les eaux, quelle que soit leur origine, auxquelles sont ajoutées extemporanément des principes médicamenteux.

Ne peuvent porter le nom eau naturelle d'intérêt médical les eaux dites "de source" ou "de table" auxquelles leur composition naturelle ne permet d'attribuer aucune propriété thérapeutique.

ARTICLE 73 - Au sens de la présente loi :

- les eaux dites "de source" sont des eaux naturelles potables provenant de résurgences,
- les eaux dites "de table" sont des eaux potables provenant des réseaux publics d'approvisionnement d'eau de boisson ; ces eaux peuvent subir des traitements supplémentaires agréés par l'administration.

Les eaux dites "de source" et "de table" ne peuvent être mises en vente et vendues que si elles sont officiellement autorisées et soumises au contrôle de l'administration et que si leur mode de captage et de conditionnement a été approuvé.

ARTICLE 74 - Tout produit extrait des eaux naturelles d'intérêt médical susceptible d'être conditionné comme médicament est soumis à la législation et à la réglementation sur les médicaments.

CENTRE D'ETUDES DOCTORALES - SCIENCES ET TECHNOLOGIES

ARTICLE 75 - Seules les eaux naturelles d'intérêt médical et les eaux dites de "source" peuvent être importées, sous réserve de l'autorisation de l'administration dans les conditions prévues par voie réglementaire.

ARTICLE 76 - Constitue un délit au sens de la loi n° 13 - 83 relative à la répression des fraudes sur les marchandises, promulguée par le dahir n° 1- 83 -108 du 9 moharrem 1405 (5 octobre 1984) et est puni des peines prévues par cette loi :

1/ le fait de détenir en vue de la vente, de mettre en vente ou de vendre sous le nom "d'eau naturelle d'intérêt médical", d'eau "de table" ou d'eau "de source" une eau dont l'exploitation, la mise en vente et la vente ne sont pas officiellement autorisées ;

2/ le fait de détenir en vue de la vente, de mettre en vente ou de vendre sous une dénomination applicable aux eaux naturellement gazeuses une eau gazéifiée artificiellement ou dont la teneur en gaz a été renforcée, si cette addition ou ce renforcement n'est pas autorisé et mentionné expressément sur toutes les formes de conditionnement mises à la disposition du public ;

3/ le fait de détenir en vue de la vente, de mettre en vente ou de vendre sciemment sous plusieurs dénominations une seule et même eau ;

4/ le fait de détenir en vue de la vente, de mettre en vente ou de vendre sciemment sous un nom déterminé une eau n'ayant pas l'origine indiquée ;

5/ le fait d'indiquer sur les récipients une composition différente de celle que présente l'eau qu'ils contiennent ;

6/ le fait de mettre en vente ou de vendre une eau non exempte de germes pathogènes ou impropre à la consommation ;

7/ le fait d'indiquer sur les récipients que l'eau qu'ils contiennent est stérilisée alors qu'elle contient des germes vivants ;

8/ le fait d'user, sur les papiers de commerce, factures, catalogues, prospectus, affiches, annonces et tout autre moyen de publicité, de toute indication ou signe susceptible de créer

dans l'esprit du consommateur une confusion sur la nature, le volume, les qualités ou l'origine des eaux ;

9/ le fait de détenir en vue de la vente, de mettre en vente ou de vendre de l'eau naturelle d'intérêt médical dans des récipients pouvant altérer la qualité de ces eaux ;

10/ le fait de ne pas indiquer sur le produit la date de mise en vente et de péremption.

ARTICLE 77 : Les conditions d'autorisation, d'exploitation et de contrôle des eaux naturelles d'intérêt médical, des eaux dites de "source" ou de "table" ainsi que les règles de conditionnement et d'étiquetage sont fixées par voie réglementaire.

ARTICLE 78 : En cas d'infraction aux dispositions des articles 73 et 76 ci-dessus et sans préjudice des sanctions prévues à l'article 116 ci-après, l'administration peut, après mise en demeure restée sans effet, retirer l'autorisation d'exploiter et de vendre les eaux concernées.

CHAPITRE IX : DISPOSITIONS RELATIVES A L'AMENAGEMENT ET A L'UTILISATION DES EAUX A USAGE AGRICOLE

ARTICLE 79 - Lorsqu'il existe des plans directeurs d'aménagement intégré des bassins hydrauliques approuvés conformément aux dispositions de la présente loi, l'autorisation prévue à l'article 38 n'est délivrée que lorsqu'elle est compatible avec les prescriptions desdits plans.

ARTICLE 80 - Toute personne physique ou morale qui veut obtenir une autorisation pour l'utilisation des eaux en vue de l'irrigation de propriétés agricoles est tenue de déposer, contre récépissé, son projet auprès de l'agence de bassin. En cas de silence de l'agence de bassin pendant un délai de soixante jours courant à compter de la date de ce récépissé, le projet est considéré comme approuvé et l'autorisation est réputée accordée.

Aucun projet agricole ne peut être approuvé lorsque les conditions de réalisation qu'il prévoit peuvent entraîner la dégradation des ressources en eau ou des sols cultivables. Lorsque l'avis de l'agence est défavorable, il doit être motivé.

CENTRE D'ETUDES DOCTORALES - SCIENCES ET TECHNOLOGIES

ARTICLE 81 - Les agents spécialement commissionnés à cet effet par l'administration sont chargés de constater la conformité des travaux d'équipement et des programmes de mise en valeur réalisés avec l'autorisation accordée.

En cas d'infraction, l'administration met en demeure le propriétaire ou l'exploitant du fonds de se conformer aux dispositions édictées par l'acte d'autorisation dans un délai qui ne peut être inférieur à 30 jours. Durant ce délai, l'intéressé peut fournir à l'administration toute explication relative à l'infraction.

Si l'infraction persiste, le propriétaire ou l'exploitant du fonds peut être astreint par l'administration au paiement, à titre réparatoire, d'une somme de 500 à 2.500 dirhams.

Si, malgré l'amende infligée, l'infraction persiste, l'autorisation visée à l'article 38 est révoquée sans indemnité.

ARTICLE 82 - Dans les périmètres équipés en totalité ou en partie par l'Etat, l'administration peut prescrire la modification des systèmes d'irrigation mis en place ou tout mode d'arrosage déjà pratiqué aux fins de réaliser des économies d'eau ou de mieux valoriser les ressources en eau compte tenu des cultures annuelles existantes. Les utilisateurs sont tenus de se conformer à ces modifications.

En outre, elle peut prescrire toute mesure destinée à lutter contre toute pollution de la nappe par suite d'épandage excessif de produits chimiques ou organiques et toute mesure de nature à empêcher tout excès dans l'utilisation de l'eau.

En cas d'infraction dûment constatée, l'administration met en demeure les usagers de satisfaire dans les délais impartis aux mesures prescrites, sous peine de paiement, à titre préparatoire, d'une somme de 500 à 2.000 dirhams.

ARTICLE 83 - Lorsque dans les périmètres desservis par un réseau public construit et aménagé aux frais de l'Etat, l'administration constate une remontée dangereuse de la nappe, obligation peut être faite aux usagers de procéder momentanément à l'irrigation de leurs fonds par le recours aux eaux de la nappe.

L'acte qui constate la remontée de la nappe définit les modalités de prélèvement d'eau et, éventuellement, d'octroi de l'aide financière.

ARTICLE 84 - L'utilisation d'eaux usées à des fins agricoles est interdite lorsque ces eaux ne correspondent pas aux normes fixées par voie réglementaire.

ARTICLE 85 - Dans les zones agricoles susceptibles de subir des dommages du fait des crues, l'Etat peut exécuter, soit à son initiative lorsque l'intérêt public l'exige, soit à la demande des propriétaires et à leurs frais, tous travaux nécessaires à la protection de leurs biens et à l'utilisation des eaux sur leurs propriétés.

CHAPITRE X : DISPOSITIONS RELATIVES A L'USAGE DE L'EAU EN CAS DE PENURIE

ARTICLE 86 - En cas de pénurie d'eau due à la surexploitation ou à des événements exceptionnels tels que sécheresses, calamités naturelles ou force majeure, l'administration déclare l'état de pénurie, définit la zone sinistrée et édicte les réglementations locales et temporaires ayant pour objet d'assurer en priorité l'alimentation en eau des populations et l'abreuvement des animaux.

L'état de pénurie d'eau et sa fin sont déclarés par décret. Les réglementations locales et temporaires visées ci-dessus peuvent prévoir des mesures restrictives portant notamment sur :

- l'usage de l'eau à des fins domestiques, urbaines et industrielles,
- le creusement de puits nouveaux pour des usages autres que pour l'alimentation en eau des populations,
- les prélèvements d'eau autorisés,
- l'exploitation des points d'eau publics et le ravitaillement en eau des agglomérations et des lieux publics.

En outre, il peut être délimité dans certaines régions des périmètres déclarés "zones d'alimentation domestique en eau" où tout prélèvement d'eau dans la nappe est destiné exclusivement à l'approvisionnement des populations et l'abreuvement des animaux.

ARTICLE 87 - Outre les dispositions prévues à l'article 86 ci-dessus, et à défaut d'accord amiable avec les intéressés, l'administration peut procéder, conformément à la législation et

à la réglementation en vigueur, à des réquisitions, en vue de mobiliser les ressources en eau nécessaires pour assurer l'alimentation en eau des populations.

ARTICLE 88 - Dans les zones soumises à irrigation, l'administration peut, en cas de pénurie d'eau résultant de la surexploitation ou de la sécheresse déclarée dans les formes prévues à l'article 86 ci-dessus prescrire des réglementations locales et temporaires en vue de pallier l'épuisement des réserves hydrauliques.

Ces réglementations peuvent édicter des mesures portant notamment sur :

- l'obligation pour les particuliers d'exploiter les nappes dans les périmètres habituellement desservis par un réseau public utilisant les eaux superficielles,
- l'interdiction de mettre en eau des exploitations nouvellement aménagées en vue de l'irrigation,
- la réduction des superficies à mettre en culture sous irrigation ou l'interdiction de certaines cultures d'été et de plantations d'arbres nouvelles,
- la fixation, pour l'exploitation des points d'eau sans autorisation, de conditions différentes de celles prévues au chapitre V de la présente loi.

Les frais résultant, le cas échéant, de l'obligation faite aux particuliers d'exploiter les nappes ainsi que prévu ci-dessus, peuvent être supportés, en partie, par l'Etat dans les conditions qui sont déterminées par voie réglementaire.

CHAPITRE XI : DISPOSITIONS TRANSITOIRES ET DIVERSES

Section I - Recherches d'eau. Inventaire des ressources hydrauliques

ARTICLE 89

- Quiconque entreprend la réalisation d'un forage pour recherche d'eau est tenu :

CENTRE D'ETUDES DOCTORALES - SCIENCES ET TECHNOLOGIES

- de déclarer auprès de l'agence de bassin, avant de commencer un forage, l'objet, la position et les coordonnées de ce forage, ainsi que toute autre indication y relative,
- et, à l'issue des travaux, de faire connaître à l'agence de bassin, toutes précisions sur les résultats obtenus.

ARTICLE 90 - L'administration fournit à quiconque veut entreprendre la réalisation d'un forage et à sa demande, dans la limite d'appréciation des éléments dont elle peut disposer, tous renseignements d'ordre notamment, technique, hydrologique et hydrogéologique qui lui sont demandés.

ARTICLE 91 - Les titulaires des autorisations de reconnaissances, de permis de recherches ou de concessions d'exploitation de mines ou d'hydrocarbures tels que définis respectivement par le dahir du 9 Rajeb 1370 (16 avril 1951) portant régalement minier et par la loi n° 21-90 relative à la recherche et à l'exploitation des gisements d'hydrocarbures promulguée par le dahir n° 1-91-118 du 27 Ramadan 1412 (1er avril 1992), sont tenus de déclarer à l'agence de bassin concernée, les découvertes d'eau qu'ils peuvent faire dans le cadre de leurs activités de reconnaissances, de recherches ou d'exploitation

ARTICLE 92 - En vue de lui permettre de tenir à jour l'inventaire des ressources en eau, l'exploitant ou, le cas échéant, le propriétaire d'un cours d'eau, source, puits ou forage est tenu de déclarer auprès de l'agence de bassin les installations de dérivation, captage, puisage et d'en permettre l'accès à ses agents à l'effet d'obtenir tous renseignements sur les débits prélevés et les conditions de ce prélèvement.

ARTICLE 93 - Les particuliers, services et organismes utilisateurs de l'eau, sont tenus de fournir à l'agence de bassin, et à sa demande, tous les éléments dont ils disposent et susceptibles de l'aider à la détermination des bilans relatifs aux ressources en eau.

Section II - Lutte contre les inondations

ARTICLE 94 - Il est interdit de faire, sans autorisation, dans les terrains submersibles, des digues, levées et autres aménagements susceptibles de gêner l'écoulement des eaux d'inondation, sauf pour la protection des habitations et propriétés privées attenantes.

ARTICLE 95 - Les digues, remblais, constructions ou autres ouvrages quel qu'en soit le statut juridique et qui sont reconnus faire obstacle à l'écoulement des eaux ou étendre d'une manière nuisible le champ des inondations peuvent, sur décision de l'agence de bassin, faire l'objet de modification ou suppression, moyennant le paiement d'indemnités à titre de dédommagement.

ARTICLE 96 - Si l'intérêt public l'exige, l'agence de bassin peut exiger des propriétaires riverains des cours d'eau de procéder à la construction de digues destinées à la protection de leurs biens contre les débordements des cours d'eau.

ARTICLE 97 - Il est interdit d'effectuer des plantations, constructions ou dépôts sur les terrains compris entre le cours d'eau et les digues de protection construites en bordure immédiate de ce cours d'eau.

Section III - Dispositions transitoires

ARTICLE 98 - Dans l'attente de la publication des textes d'application de la présente loi, relatifs à la création de zones de protection, à la reconnaissance de droits d'eau, à l'octroi d'autorisations et de concessions de prélèvement d'eau, à la délimitation du domaine public hydraulique, l'arrêté 11 moharrem 1344 (1er août 1925) relatif à l'application du dahir du 11 moharrem 1344 (1er août 1925) sur le régime des eaux demeure en vigueur.

ARTICLE 99 - Dans l'attente de la création des agences de bassins, l'administration est chargée d'exercer les attributions qui leur sont reconnues par la présente loi.

ARTICLE 100 - La référence au dahir du 11 moharrem 1344 (1er août 1925) sur le régime des eaux, dans les textes législatifs et réglementaires en vigueur, est remplacée par la référence à la présente loi.

CHAPITRE XII : LES COLLECTIVITES LOCALES ET L'EAU

ARTICLE 101 - Il est créé au niveau de chaque préfecture ou province une commission préfectorale ou provinciale de l'eau composée :

CENTRE D'ETUDES DOCTORALES - SCIENCES ET TECHNOLOGIES

1 - Pour moitié des représentants de l'Etat et des établissements publics placés sous sa tutelle et chargés de la production de l'eau potable, de l'énergie hydroélectrique et de l'irrigation,

2 - Pour moitié :

- du président de l'assemblée préfectorale ou provinciale,
- du président de la chambre d'agriculture,
- du président de la chambre de commerce, d'industrie et de services,
- de trois représentants des conseils communaux désignés par l'assemblée provinciale,
- d'un représentant des collectivités ethniques.

La commission préfectorale ou provinciale de l'eau :

- apporte son concours à l'établissement des plans directeurs d'aménagement intégré des eaux du bassin hydraulique,
- encourage l'action des communes en matière d'économie d'eau et de protection des ressources en eau contre la pollution,
- entreprend toute action susceptible de favoriser la sensibilisation du public à la protection et à la préservation des ressources en eau.

Les modalités de tenue des réunions de la commission, le nombre de ses sessions tenues dans l'année, les instances qui sont en droit de la convoquer et l'administration chargée de la préparation de ses réunions et du suivi de l'exécution de ses recommandations sont fixés par voie réglementaire.

ARTICLE 102 - Les collectivités locales bénéficient du concours de l'agence de bassin lorsqu'elles entreprennent, conformément aux dispositions de la présente loi, des projets en partenariat :

- d'entretien et de curage de cours d'eau ;
- de protection et de conservation quantitative et qualitative des ressources en eau;
- de réalisation des infrastructures nécessaires à la protection contre les inondations.

ARTICLE 103 - A l'intérieur des périmètres urbains, les autorisations prévues aux paragraphes 2 , 3 , 5 et 8 de l'article 38 de la présente loi, sont délivrées par l'agence de bassin après avis de la collectivité locale concernée.

CHAPITRE XIII : POLICE DES EAUX - INFRACTIONS ET SANCTIONS

Section I - Constatation des infractions

ARTICLE 104 - Sont chargés de constater les infractions aux dispositions de la présente loi et des textes pris pour son application, outre les officiers de police judiciaire, les agents commissionnés à cet effet par l'administration et l'agence de bassin, et assermentés conformément à la législation relative au serment des agents verbalisateurs.

ARTICLE 105 - Les agents et fonctionnaires visés à l'article 104 ci-dessus ont accès aux puits, aux forages et à tout autre ouvrage ou installation de captage, de prélèvement ou de déversement, dans les conditions fixées aux articles 64 et 65 du code de procédure pénale. Ils peuvent requérir du propriétaire ou de l'exploitant d'une installation de captage, de prélèvement ou de déversement, la mise en marche des installations aux fins d'en vérifier les caractéristiques.

ARTICLE 106 - Les infractions aux dispositions de la présente loi et des textes pris pour son application peuvent être constatées par tout procédé utile et notamment par des prélèvements d'échantillons. Les prélèvements d'échantillons donnent lieu, séance tenante, à la rédaction de procès-verbaux.

ARTICLE 107 : Tout échantillon prélevé est mis sous scellés. Aussitôt après avoir scellé les échantillons, l'agent verbalisateur, s'il est en présence du propriétaire ou de l'exploitant de l'installation de rejet, doit l'informer de l'objet du prélèvement et lui remettre un échantillon sous scellé. Le procès-verbal mentionne cette information.

ARTICLE 108 - Le procès-verbal de constatation doit comporter notamment les circonstances de l'infraction, les explications de l'auteur et les éléments faisant ressortir la matérialité des infractions.

CENTRE D'ETUDES DOCTORALES - SCIENCES ET TECHNOLOGIES

Les procès-verbaux sont transmis dans un délai de dix (10) jours de leur date aux juridictions compétentes. Les constatations mentionnées dans le procès-verbal font foi jusqu'à preuve contraire.

Article 109 - En cas de flagrant délit et dans les conditions prévues par la loi, les agents et fonctionnaires désignés à l'article 104 ci-dessus auront le droit d'arrêter les travaux et de confisquer les objets et choses dont l'usage constitue une infraction, conformément aux articles 89 et 106 du code pénal tel qu'il a été approuvé par le dahir n° 1-59-413 du 28 joumada II 1382 (26 novembre 1962). En cas de nécessité, ces agents et fonctionnaires peuvent requérir la force publique.

Section II - Les sanctions

ARTICLE 110 - Quiconque aura détruit, par quelque moyen que ce soit, en tout ou en partie, les ouvrages et installations mentionnés aux paragraphes c, d et e de l'article 2 de la présente loi, sera puni d'un emprisonnement de 1 à 12 mois et d'une amende de 600 à 2.500 dirhams ou de l'une de ces deux peines seulement, à moins que les moyens employés ne justifient une qualification pénale plus grave.

ARTICLE 111 - Quiconque, par quelque moyen que ce soit, met les agents désignés à l'article 104 ci-dessus, dans l'impossibilité d'exercer leurs fonctions, est puni des peines prévues par l'article 609 du code pénal précité. Ces pénalités peuvent être portées au double en cas de récidive ou si la résistance aux agents est opérée en réunion de plusieurs personnes ou avec violences.

ARTICLE 112 - Quiconque aura contrevenu aux dispositions de l'article 12-a, paragraphes 1, 2 et 3 et des articles 57 et 84, est puni d'un emprisonnement de 1 à 12 mois et d'une amende de 1.200 à 2.500 dirhams ou de l'une de ces deux peines seulement. Quiconque aura contrevenu aux dispositions de l'article 12-a, paragraphe 4, est puni d'une amende de 1.200 à 2.500 dirhams.

ARTICLE 112 bis - [loi n° 19-98 promulguée par le dahir n° 1-99-174 du 16 rabii I 1420 (30 juin 1999)] "L'extraction des matériaux visés à l'article 12-b paragraphe 4 "effectuée sans autorisation donne lieu au paiement par le contrevenant d'une "indemnité de 500 Dh par

CENTRE D'ETUDES DOCTORALES - SCIENCES ET TECHNOLOGIES

mètre cube de matériaux extraits. "Cette indemnité est prononcée par l'administration chargée de la gestion du "domaine public hydraulique, au moyen d'ordres de recettes émis au vu des procès-

"Verbaux dressés par les agents verbalisateurs commissionnés à cet effet et "assermentés conformément à la législation en vigueur."

ARTICLE 113 - Toute personne qui aura procédé à des prélèvements d'eau superficielle ou souterraine en violation des dispositions de la présente loi sur les conditions d'utilisation de l'eau sera passible des sanctions prévues par l'article 606, 2ème alinéa, du code pénal précité. Les coauteurs et complices seront punis de la même peine que l'auteur principal.

ARTICLE 114 - L'agence de bassin aura le droit de faire fermer d'office les prises d'eau qui seront reconnues sans droit ou auraient été faites sans autorisation.

Si, après mise en demeure dont les délais peuvent être réduits à vingt-quatre heures en cas d'urgence, il n'est pas satisfait aux injonctions de l'agence de bassin, celle-ci prendra d'office et aux frais du contrevenant les mesures nécessaires, sans préjudice des peines prévues par la législation en vigueur.

En cas de constatation, dans les périmètres d'irrigation aménagés et équipés par l'Etat, d'un prélèvement non autorisé tel que débit supérieur au débit autorisé, irrigation non autorisée ou, en dehors des heures fixées, vol d'eau... et sans préjudice des pénalités encourues pour infraction à la police des eaux prévues par la présente loi, le contrevenant pourra être astreint à payer à titre de redevance supplémentaire, une somme égale au double de celle correspondant à la tarification

Normale des mètres cubent d'eau indûment prélevés, le nombre de ceux-ci étant forfaitairement calculé en supposant que le débit prélevé en contravention l'a été continûment durant les dix jours qui ont précédé la constatation de l'infraction.

En cas de récidive, le contrevenant encourra une pénalité de même nature, le tarif appliqué étant porté du double au triple du tarif normal.

CENTRE D'ETUDES DOCTORALES - SCIENCES ET TECHNOLOGIES

En cas de récidive nouvelle, le contrevenant pourra être privé d'eau jusqu'à la fin de la campagne d'irrigation en cours. Dans ce cas, il restera, néanmoins, assujetti au paiement du minimum de redevance prévu par les textes en vigueur.

ARTICLE 115 –

[(modifié par la loi n° 19-98 promulguée par le dahir n° 1-99-174 du 16 rabii I 1420 (30 juin 1999)] L'exécution sans autorisation des travaux visés "à l'article 12-b, à l'exception des extractions de matériaux de construction" et aux articles 31 et 94 est punie d'une amende égale au 10ème du montant des travaux estimé par l'autorité chargée de la gestion et de l'administration du domaine public hydraulique.

Les travaux ainsi entrepris peuvent être suspendus ou définitivement arrêtés par l'agence de bassin, sans préjudice des mesures de protection des eaux qu'elle peut ordonner.

ARTICLE 116 - Les infractions aux dispositions des chapitres VII et VIII sont punies des peines prévues par la loi 13-83 relative à la répression des fraudes sur les marchandises, promulguée par le dahir n° 1-83-108 du 9 moharrem 1405 (5 octobre 1984).

ARTICLE 117 - Indépendamment des sanctions prévues ci-dessus, l'agence de bassin aura le droit de faire procéder, aux frais du contrevenant et après mise en demeure restée sans effet, à l'enlèvement des dépôts et épaves et à la destruction de tous ouvrages gênant la circulation, la navigation ou le libre écoulement des eaux.

ARTICLE 118 - Les infractions à l'article 52 sont punies d'un emprisonnement d'un mois à un an et d'une amende de 1.200 à 5.000 dirhams ou de l'une de ces deux peines seulement.

Les propriétaires, exploitants et gérants des établissements dont proviennent les déversements, écoulements, jets, dépôts directs ou indirects de matières constituant l'infraction, peuvent être déclarés solidairement responsables du paiement des amendes et frais de justice dus par les auteurs de ces infractions.

ARTICLE 119 - Quiconque aura contrevenu aux dispositions de l'article 54, paragraphes 1, 2, 5, 6 et 7 sera puni d'une amende de 1.200 à 3.000 dirhams.

CENTRE D'ETUDES DOCTORALES - SCIENCES ET TECHNOLOGIES

Quiconque aura contrevenu aux dispositions des paragraphes 3 et 4 de l'article 54, sera puni d'une amende de 240 à 500 dirhams.

ARTICLE 120 - En cas de condamnation à une peine prononcée en vertu des articles 118 et 119, le tribunal fixe le délai dans lequel les travaux et aménagements rendus nécessaires par la réglementation doivent être exécutés. Si les circonstances l'exigent, il peut, dans les cas où il n'y aurait pas lieu de procéder à des travaux ou aménagements, fixer un délai au condamné pour se soumettre aux obligations résultant de ladite réglementation.

En cas de non-exécution des travaux, aménagements ou obligations dans le délai prescrit, le contrevenant est passible d'une amende de 1.200 à 5.000 dirhams, sans préjudice, le cas échéant, de l'application de toutes autres dispositions législatives ou réglementaires en vigueur. En outre, le tribunal peut, après audition du représentant de l'administration ou de l'agence de bassin, prononcer, jusqu'à l'achèvement des travaux, des aménagements ou de l'exécution des obligations prescrites, soit une astreinte dont le taux par jour de retard ne peut dépasser un quatre millième du coût estimé des travaux ou aménagements à exécuter, soit l'interdiction d'utiliser les installations qui sont à l'origine de la pollution.

ARTICLE 121 - Sera puni d'une peine d'emprisonnement de 3 à 12 mois et d'une amende de 1.200 à 5.000 dirhams ou de l'une de ces deux peines seulement, quiconque aura fait fonctionner une installation en infraction à une interdiction prononcée en application de l'alinéa 3 de l'article 120 ci-dessus. En outre, le tribunal peut également autoriser l'administration, sur sa demande, à exécuter d'office et aux frais du contrevenant les travaux ou aménagements nécessaires pour faire cesser l'infraction.

ARTICLE 122 - Lorsque le contrevenant à une quelconque des dispositions de la présente loi ou des textes pris pour son application est en état de récidive, la peine est portée au double de celle initialement prononcée à son encontre.

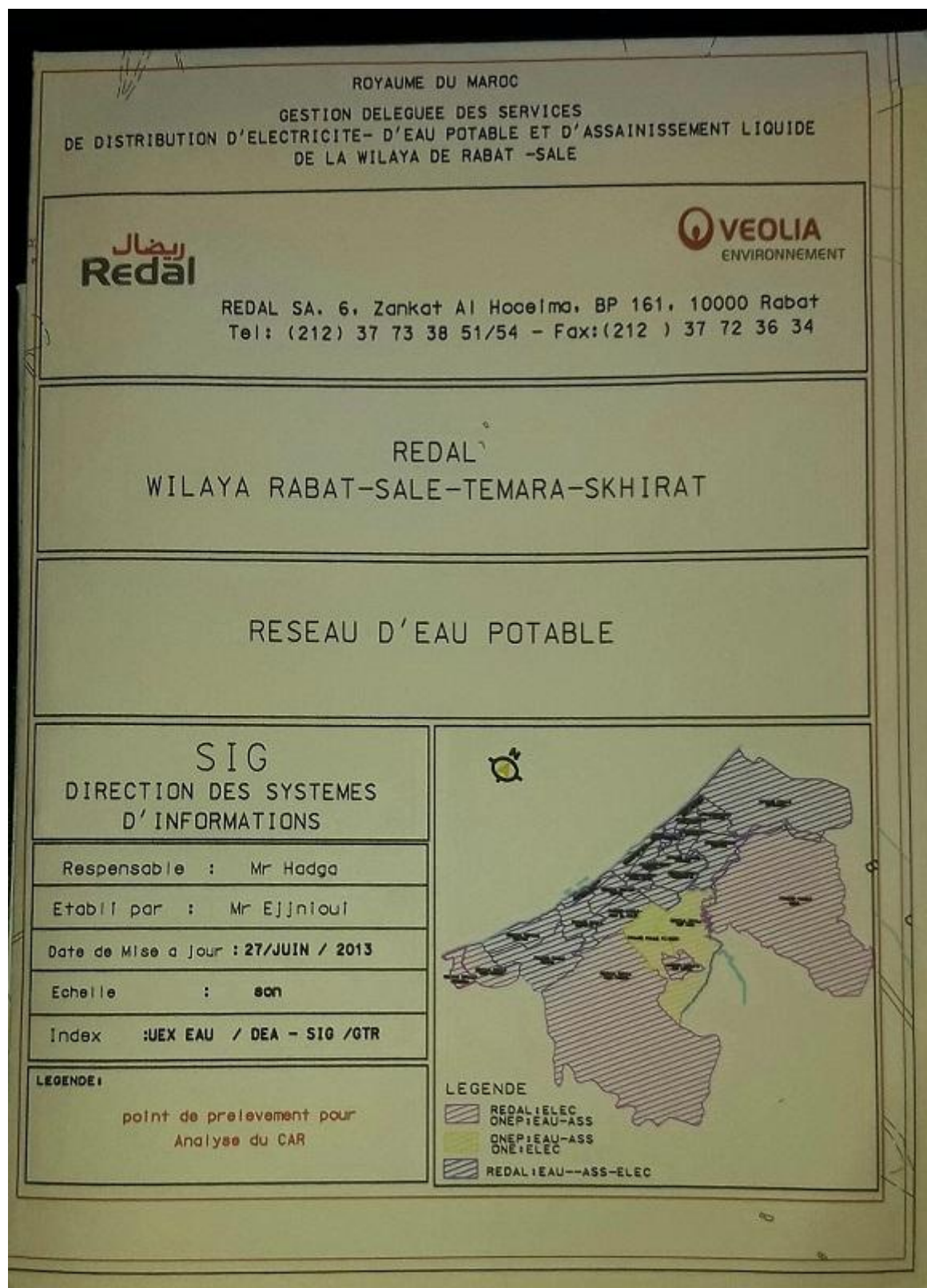
ARTICLE 123 - Sont abrogées toutes dispositions contraires à la présente loi et notamment :

- Les paragraphes d, e, f, g et h de l'article 1 du dahir du 7 chaabane 1332 (1er juillet 1914) sur le domaine public,

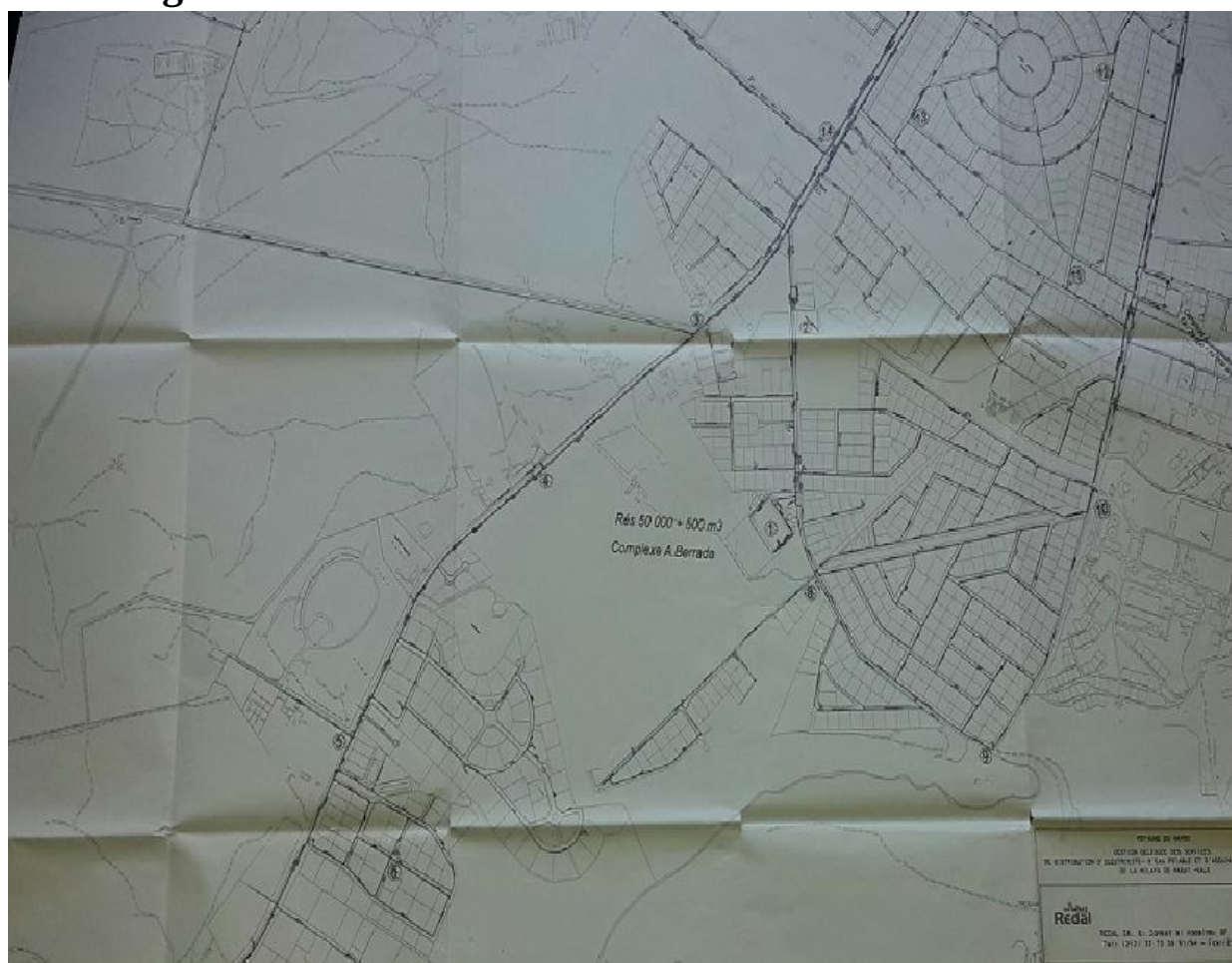
CENTRE D'ETUDES DOCTORALES - SCIENCES ET TECHNOLOGIES

- le dahir du 9 jourmada II 1334 (13 avril 1916) réglementant l'exploitation des bacs ou passages sur les cours d'eau,
- le dahir du 11 moharrem 1344 (1er août 1925) sur le régime des eaux,
- le dahir du 11 jourmada II 1345 (17 décembre 1926) relatif à la répression des vols d'eau,
- le dahir du 27 jourmada I 1352 (18 septembre 1933) relatif aux autorisations de prises d'eau sur l'oued Baht et l'oued Sebou,
- le dahir du 11 Rabia II 1354 (13 juillet 1935) relatif aux autorisations de prises d'eau dans la retenue du barrage de l'oued El Maleh et sur l'oued Oum Er- Rbia,
- le dahir du 8 jourmada II 1358 (26 juillet 1939) réglementant l'exécution de forages pour recherches d'eau,
- le dahir du 12 jourmada II 1370 (20 mars 1951) portant réglementation de l'exploitation et de la vente des eaux minérales naturelles et des eaux dites "de source" ou "de table" et de la vente des eaux minérales importées,
- le dahir du 29 choulal 1374 (20 juin 1955) relatif aux autorisations de prises d'eau sur l'oued Oum Er-Rbia et l'oued El Abid,
- le décret royal n° 594-67 du 27 Ramadan 1387 (29 décembre 1967) portant création de la commission interministérielle de coordination des problèmes concernant les eaux alimentaires.

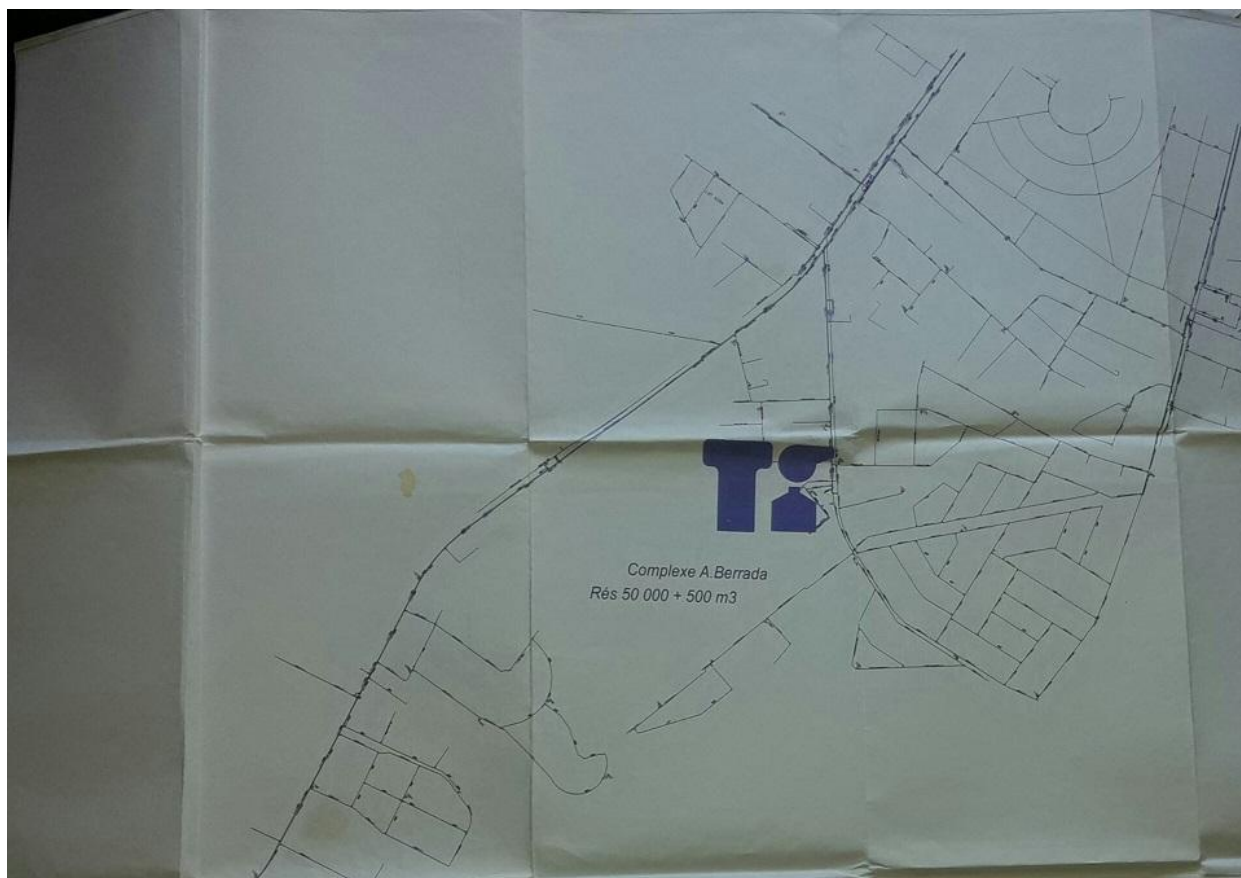
ANNEXE 3 : LES PLANS DU SITES

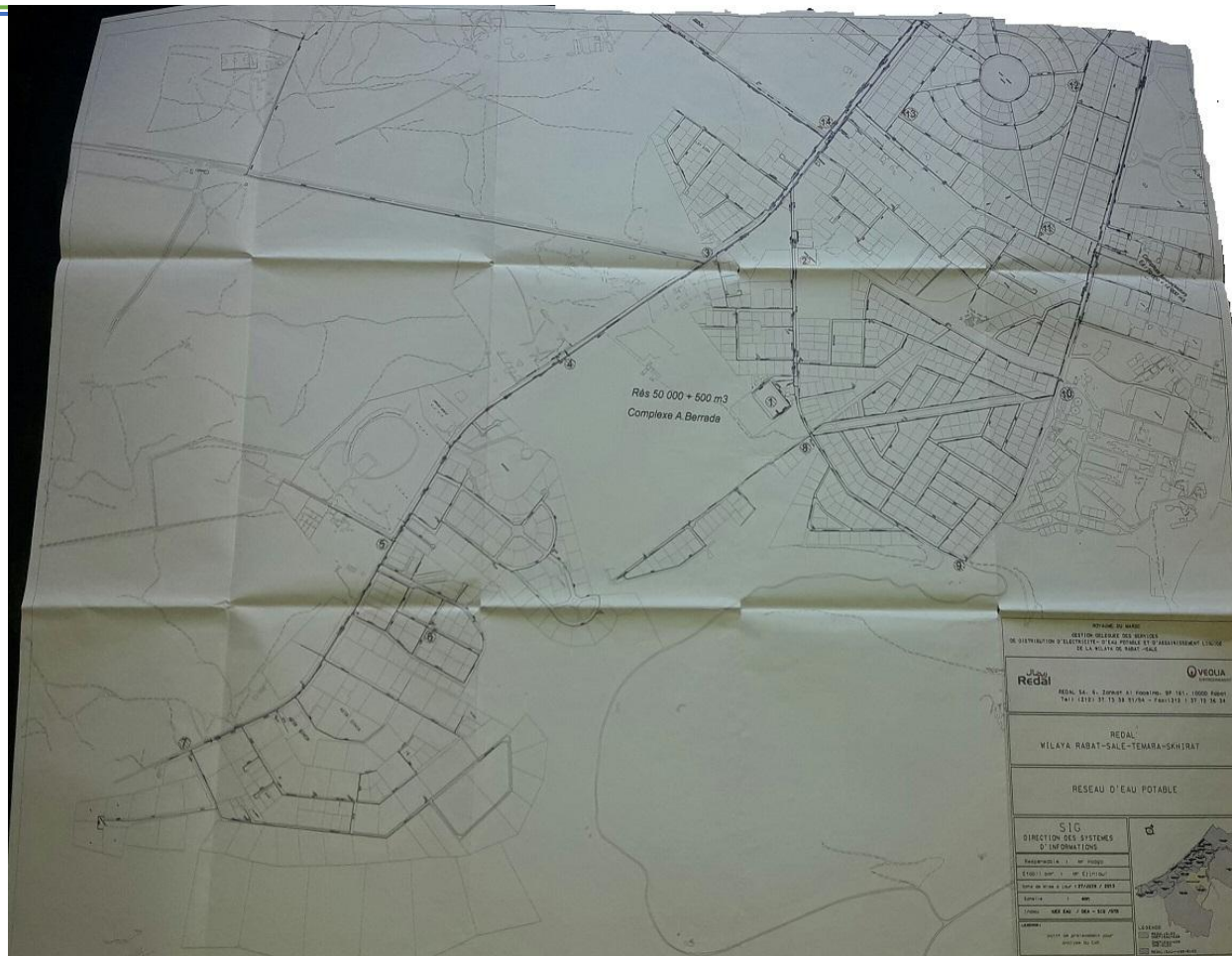


Plan Etage Réduit 86



Châteaux Berrada





ANNEXE 3 : LOI N° 10-95 SUR L'EAU

Arrêté conjoint du ministre de l'équipement et du ministre chargé de l'aménagement du territoire, de l'urbanisme, de l'habitat et de l'environnement n° 1277-01 du 10 chaabane 1423 (17 octobre 2002) portant fixation des normes de qualité des eaux superficielles utilisées pour la production de l'eau potable

Le Ministre de l'Equipement,

Vu le décret n° 2-97-787 du 6 chaoual 1418 (4 février 1998) relatif aux normes de qualité des eaux et à l'inventaire du degré de pollution des eaux ;

Après avis du ministre de la santé et du ministre de l'intérieur,

Arrêtent:

CENTRE D'ETUDES DOCTORALES - SCIENCES ET TECHNOLOGIES

Article 1: A compter de la date de publication du présent arrêté conjoint, les normes de qualité des eaux superficielles utilisées pour la production de l'eau potable visées à l'article premier du décret n° 2-97-787 susvisé sont fixées au tableau joint au présent arrêté.

Article 2 : Au sens du présent arrêté, les eaux superficielles utilisées pour la production de l'eau potable sont subdivisées en trois catégories A1, A2 et A3 selon les procédés de traitement appropriés°: - la catégorie A1 pour les eaux nécessitant pour être potables un traitement physique simple et désinfection notamment par filtration et désinfection ;

- la catégorie A2 pour les eaux nécessitant pour être potables un traitement normal physique, chimique et désinfection notamment par pré chloration, coagulation, floculation, décantation, filtration et désinfection (chloration finale) ;

- la catégorie A3 pour les eaux nécessitant pour être potables un traitement physique, chimique poussé, un affinage et désinfection notamment par chloration au " break-point ", coagulation, floculation, décantation, filtration, affinage (charbon actif), et désinfection (ozone, chloration finale).

Article 3 : Les valeurs indiquées dans les colonnes G (valeurs guides) du tableau mentionné à l'article premier ci-dessus, correspondent à des exigences que doit satisfaire toute eau superficielle utilisée pour la production de l'eau potable pour être classée dans l'une des catégories mentionnées à l'article 2 ci-dessus.

Les valeurs indiquées dans les colonnes I (valeurs impératives) du tableau mentionné à l'article premier ci-dessus, correspondent à des exigences que doit satisfaire impérativement toute eau superficielle utilisée pour la production de l'eau potable pour être classée dans l'une des catégories mentionnées à l'article 2 ci-dessus.

Article 4 : Les eaux superficielles utilisées pour la production de l'eau potable sont considérées conformes à la catégorie Ai lorsque sont respectées les règles suivantes°:

1 - les échantillons d'eau doivent être prélevés, avant traitement, à intervalles réguliers et au même endroit°;

2 - pour chaque paramètre appartenant à la colonne impérative (I), 95% des valeurs mesurées sont conformes à celles prévues par la norme et pour chaque paramètre appartenant à la colonne guide (G) 90% des valeurs mesurées sont conformes à celles prévues par la norme°;

CENTRE D'ETUDES DOCTORALES - SCIENCES ET TECHNOLOGIES

3 - et si pour les 5% et les 10% des échantillons non conformes, la valeur du paramètre ne s'écarte pas de plus de 50% de celles fixées, exception faite pour la température, le pH, l'oxygène dissous et les paramètres bactériologiques.

Article 5 : Le nombre minimal d'échantillons sur la base duquel l'eau superficielle utilisée pour la production de l'eau potable est déterminé en fonction de l'importance de la population desservie par le captage d'eau superficielle concerné, de sa vulnérabilité et en fonction de chaque paramètre.

Dans tous les cas, ce nombre minimal d'échantillons doit être d'au moins six fois par an pour un débit de production compris entre 100 et 20.000 mètres cubes par jour, à raison d'au moins une fois tous les deux mois, et au moins 12 fois par an pour un débit supérieur à 20.000 mètres cubes par jour, à raison d'au moins une fois par mois.

Article 6 : Tout échantillon sur la base duquel l'eau superficielle utilisée pour la production de l'eau potable est classée selon les catégories mentionnées à l'article 2 ci-dessus, doit être un échantillon composite de 24 heures.

Au sens du présent arrêté, on entend par échantillon composite tout mélange de façon intermittente ou continue en proportions adéquates d'au moins six échantillons ou parties d'échantillons et dont peut être obtenue la valeur moyenne du paramètre désiré.

Article 7 : Les paramètres indicateurs de la qualité de l'eau destinée à la production de l'eau potable sont mesurés selon les méthodes normalisées fixant pour chaque paramètre les propriétés de chaque méthode (limite de détection, précision de la mesure, etc.).

Article 8 : Le recours aux étapes supplémentaires pour renforcer le traitement en cas de dépassement de quelques paramètres (goût, odeur, Fe, Mn...) est nécessaire. C'est le cas de l'injection du charbon actif, du permanganate de potassium etc. Des filières intermédiaires peuvent également s'avérer nécessaires pour tenir compte de la répartition des paramètres entre 2 catégories différentes. Des notes techniques justifiant le recours à de tels procédés de traitement doivent être adressées à l'autorité de contrôle chargée de l'application du présent arrêté.

Article 9 : Les eaux superficielles ayant une prise au fil de l'eau, et présentant des dépassements de limite du niveau A3 pour le paramètre matières en suspension (MES) peuvent être utilisées s'il est employé un prétraitement approprié permettant de ramener les caractéristiques de la qualité de l'eau à un niveau conforme à A3.

Article 10 : Des dérogations sont prévues :

CENTRE D'ETUDES DOCTORALES - SCIENCES ET TECHNOLOGIES

- a) En cas d'inondations, de pollutions accidentelles ou de catastrophes naturelles ;
- b) En cas de dépassement, pour certains paramètres, des limites fixées pour les catégories A1, A2 et A3, en raison de circonstances météorologiques ou géographiques exceptionnelles pour les eaux superficielles ayant une prise au fil de l'eau (rivière, canal ...) et pour les eaux de retenues de barrage, ainsi que de lacs dont la profondeur est inférieure à 20 mètres et aux eaux quasi stagnantes dont le renouvellement prend plus d'un an ;
- c) Lorsque les eaux superficielles subissent un enrichissement naturel de certaines substances qui provoqueraient un dépassement des limites fixées pour les catégories A1, A2 et A3. On entend par enrichissement naturel, le processus par lequel une masse d'eau reçoit du sol certaines substances contenues dans celui-ci, sans intervention de l'homme ;
- d) Dans le cas de l'existence de ressource unique dont les eaux ayant des caractéristiques supérieures aux valeurs limites impératives correspondant au traitement type A3 (rareté des ressources en eau, sécheresse ...).

La procédure de dérogation doit être mise en place pour une éventuelle utilisation de ces eaux à titre exceptionnel en utilisant un traitement approprié y compris le mélange, permettant de ramener toutes les caractéristiques de la qualité de l'eau à un niveau conforme.

Ces eaux ne doivent être utilisées pour la production de l'eau potable qu'après l'avis favorable de l'autorité de contrôle chargée de l'application du présent arrêté après examen du dossier. En parallèle à la décision, un programme d'amélioration de la qualité de ces eaux doit être lancé.

Article 11 :L'Agence du bassin hydraulique est chargée de veiller au respect par les organismes de production et de distribution de l'eau potable, des prescriptions du présent arrêté conjoint qui sera publié au Bulletin officiel. Rabat, le 10 chaabane 1423 (17 octobre 2002).

Le ministre de l'équipement,

Bouamor Taghouan.

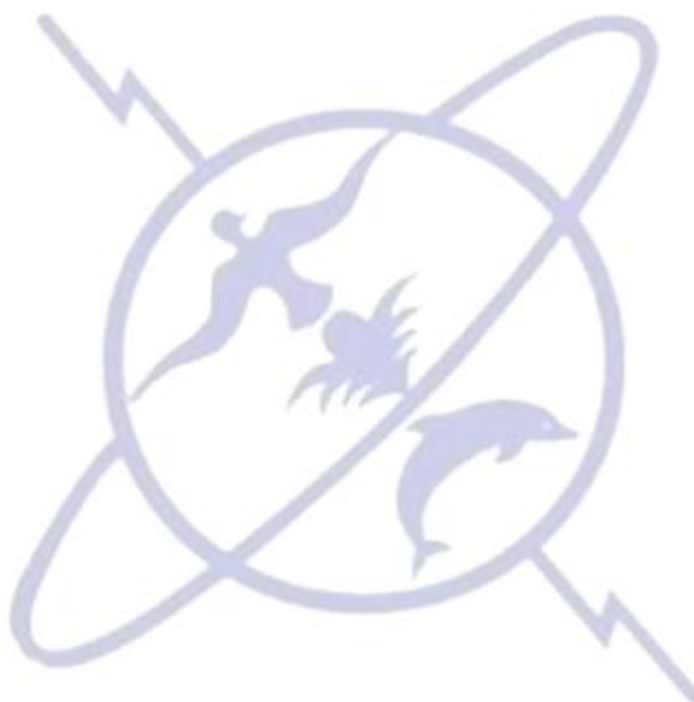
Le ministre chargé de l'aménagement du territoire, de l'urbanisme, de l'habitat et de

l'environnement, Mohamed El Yazghi. * *



ANNEXE 4 :

Table des conduites



CENTRE D'ETUDES DOCTORALES - SCIENCES ET TECHNOLOGIES

co de	mati ere	nom	longue ur	diam etre	debit	vitesse	nd_de part	nd_so rtie	lab el	pos_x1	pos_y1	pos_x2	pos_y2
1	PVC	Tuyau1	10,345 9997	100	- 4,92999 983	0,6000 0002	R190-1	R190-2	0	369352 ,311	371427 ,998	369355 ,586	371414 ,528
2	PVC	Tuyau2	14,493	200	48,1699 982	1,5	R190-1	R190-36	0	369352 ,311	371427 ,998	369374 ,763	371408 ,627
3	PVC	Tuyau3	147,02 8	200	- 63,8600 006	2	R190-1	R190-43	0	369352 ,311	371427 ,998	369218 ,202	371484 ,031
4	PVC	Tuyau4	568,09 4971	150	20,5	1,2000 0005	R190-1	R190-53	0	369352 ,311	371427 ,998	369628 ,499	371920 ,523
5	PVC	Tuyau5	5,9770 0024	100	2,60999 99	0,3000 0001	R190-2	R190-7	0	369355 ,586	371414 ,528	369357 ,381	371416 ,574
6	PVC	Tuyau6	231,36 9995	100	- 7,55000 019	1	R190-2	R190-23	0	369355 ,586	371414 ,528	369147 ,866	371521 ,394
7	PVC	Tuyau7	161,83 4	100	- 0,89999 998	0,1	R190-6	R190-93	0	369802 ,707	373284 ,174	369894 ,967	373150 ,309
8	PVC	Tuyau8	204,78 9993	100	0,40000 001	0,1	R190-6	190RP 4	0	369802 ,707	373284 ,174	369963 ,731	373401 ,79
9	PVC	Tuyau9	56,562 9997	100	0,09	0	R190-6	R190-216	0	369802 ,707	373284 ,174	369769 ,762	373329 ,187
10	PVC	Tuyau1 0	142,08 9005	150	0,40000 001	0	R190-7	R190-33	0	369357 ,381	371416 ,574	369496 ,825	371389 ,29
11	PVC	Tuyau1 1	362,59 6985	100	2,13000 011	0,3000 0001	R190-7	R190-27	0	369357 ,381	371416 ,574	369318 ,464	371060 ,257
12	PVC	Tuyau1 2	423,72 0001	100	1,17999 995	0,2	R190-9	R190-138	0	368996 ,255	371655 ,731	368680 ,424	371938 ,163
13	PVC	Tuyau1 3	121,24 1997	100	- 1,33000 004	0,2	R190-9	R190-10	0	368996 ,255	371655 ,731	369086 ,656	371575 ,197
14	PVC	Tuyau1 4	15,480 9999	100	0	0	R190-9	R190-214	0	368996 ,255	371655 ,731	368987 ,701	371645 ,679
15	PVC	Tuyau1 5	11,998 0001	100	- 2,79999 995	0,4000 0001	R190-10	R190-11	0	369086 ,656	371575 ,197	369095 ,888	371567 ,557
16	PVC	Tuyau1 6	435,47 6013	100	1,47000 003	0,2	R190-10	R190-143	0	369086 ,656	371575 ,197	368780 ,392	371546 ,106
17	PVC	Tuyau1 7	69,353 9963	100	7,55000 019	1	R190-11	R190-23	0	369095 ,888	371567 ,557	369147 ,866	371521 ,394
18	PVC	Tuyau1 8	17,639 9994	100	- 10,3400 002	1,2999 9995	R190-11	R190-41	0	369095 ,888	371567 ,557	369108 ,539	371579 ,846
19	PVC	Tuyau1 9	41,214 0007	200	- 1,16999 996	0	R190-12	R190-167	0	368470 ,799	370956 ,008	368466 ,697	370915 ,004
20	PVC	Tuyau2 0	621,85 9985	160	- 8,77000 046	0,4000 0001	R190-14	R190-124	0	366777 ,77	370988 ,904	367101 ,658	370457 ,115
21	PVC	Tuyau2 1	1665,3 9502	400	- 38,0099 983	0,3000 0001	R190-20	R190-164	0	368611 ,093	369943 ,83	368551 ,568	371577 ,744
22	PVC	Tuyau2 2	8,8000 0019	200	38,0099 983	1,2000 0005	R190-20	R190-120	0	368611 ,093	369943 ,83	368602 ,58	369941 ,589
23	PVC	Tuyau2 3	995,69 0002	400	0	0	R190-20	R190-206	0	368611 ,093	369943 ,83	368731 ,735	368994 ,613
24	PVC	Tuyau2 4	282,66 0004	100	0	0	R190-23	R190-185	0	369147 ,866	371521 ,394	369219 ,867	371358 ,47
25	PVC	Tuyau2 5	220,19 2001	160	- 1,71000 004	0,1	R190-26	R190-177	0	369252 ,499	369239 ,08	369062 ,26	369069 ,131
26	PVC	Tuyau2 6	106	110	0,04	0	R190-26	R190-402	0	369252 ,499	369239 ,08	369330	369160

CENTRE D'ETUDES DOCTORALES - SCIENCES ET TECHNOLOGIES

27	PVC	Tuyau2 7	572,98 999	110	0,46000 001	0,1	R190- 27	190P2	0	369318 ,464	371060 ,257	369280 ,758	370493 ,862
28	PVC	Tuyau2 8	643,65 3015	100	0	0	R190- 30	R190- 33	0	369874 ,974	371426 ,06	369496 ,825	371389 ,29
29	PVC	Tuyau2 9	89,958 0002	150	0	0	R190- 30	R190- 32	0	369874 ,974	371426 ,06	369962 ,44	371447 ,259
30	PVC	Tuyau3 0	388,03 1006	150	0	0	R190- 30	R190- 33	0	369874 ,974	371426 ,06	369496 ,825	371389 ,29
31	PVC	Tuyau3 1	373,71 2006	200	40,6199 989	1,2999 9995	R190- 35	R190- 80	0	369757 ,104	371411 ,513	370127 ,118	371532 ,544
32	PVC	Tuyau3 2	349,20 9991	100	1,60000 002	0,2	R190- 35	R190- 60	0	369757 ,104	371411 ,513	369671 ,7	371750 ,117
33	PVC	Tuyau3 3	398,76 1993	200	- 42,4700 012	1,3999 9998	R190- 35	R190- 36	0	369757 ,104	371411 ,513	369374 ,763	371408 ,627
34	PVC	Tuyau3 4	516,72 3022	100	5,51999 998	0,6999 9999	R190- 36	R190- 54	0	369374 ,763	371408 ,627	369637 ,35	371852 ,664
35	PVC	Tuyau3 5	22,360 0006	500	139,350 006	0,6999 9999	B500	E190D 500	0	369155 ,328	371487 ,623	369156 ,272	371509 ,965
36	PVC	Tuyau3 6	819,79 9988	500	55,7299 995	0,3000 0001	E190D 500	190P3	0	369156 ,272	371509 ,965	368550 ,563	372056 ,845
37	PVC	Tuyau3 7	260,38 0005	100	9,18000 031	1,2000 0005	R190- 41	R190- 44	0	369108 ,539	371579 ,846	369292 ,263	371764 ,344
38	PVC	Tuyau3 8	95,470 0012	200	- 19,5799 999	0,6000 0002	R190- 41	E190D 300	0	369108 ,539	371579 ,846	369180 ,463	371517 ,058
39	PVC	Tuyau3 9	50,150 0015	200	64,0299 988	2	E190D 300	R190- 43	0	369180 ,463	371517 ,058	369218 ,202	371484 ,031
40	PVC	Tuyau4 0	222,77 4002	100	0,12	0	R190- 43	R190- 187	0	369218 ,202	371484 ,031	369332 ,651	371675 ,158
41	PVC	Tuyau4 1	342,29 2999	100	8,90999 985	1,1000 0002	R190- 44	R190- 188	0	369292 ,263	371764 ,344	369065 ,601	372019 ,171
42	PVC	Tuyau4 2	268,67 8986	100	4,82999 992	0,6000 0002	R190- 53	R190- 334	0	369628 ,499	371920 ,523	369563 ,067	372176 ,002
43	PVC	Tuyau4 3	269,22 6013	150	15,29	0,8999 9998	R190- 53	R190- 96	0	369628 ,499	371920 ,523	369765 ,928	372141 ,145
44	PVC	Tuyau4 4	115,26 0002	100	5,26999 998	0,6999 9999	R190- 54	R190- 60	0	369637 ,35	371852 ,664	369671 ,7	371750 ,117
45	PVC	Tuyau4 5	401,94 2993	100	6,34999 99	0,8000 0001	R190- 60	R190- 71	0	369671 ,7	371750 ,117	370061 ,766	371847 ,105
46	PVC	Tuyau4 6	437,48 1995	300	46,3800 011	0,6999 9999	R190- 71	R190- 78	0	370061 ,766	371847 ,105	369873 ,861	372242 ,064
47	PVC	Tuyau4 7	332,28 2013	300	- 40,4000 015	0,6000 0002	R190- 71	R190- 80	0	370061 ,766	371847 ,105	370127 ,118	371532 ,544
48	PVC	Tuyau4 8	75,059 9976	300	61,5099 983	0,8999 9998	R190- 78	R190- 336	0	369873 ,861	372242 ,064	369835 ,874	372306 ,8
49	PVC	Tuyau4 9	152,47 2	150	- 15,1999 998	0,8999 9998	R190- 78	R190- 96	0	369873 ,861	372242 ,064	369765 ,928	372141 ,145
50	PVC	Tuyau5 0	6,6589 9992	200	0	0	R190- 79	R190- 80	0	370125 ,643	371536 ,97	370127 ,118	371532 ,544
51	PVC	Tuyau5 1	91,370 0027	100	0	0	R190- 92	R190- 93	0	369974 ,849	373194 ,664	369894 ,967	373150 ,309
52	PVC	Tuyau5 2	349,04 8004	100	- 1,82000 005	0,2	R190- 93	R190- 353	0	369894 ,967	373150 ,309	369597 ,641	372968 ,875
53	PVC	Tuyau5 3	311,38 1989	100	0	0	R190- 94	R190- 357	0	369668 ,165	373200 ,96	369448 ,329	372980 ,436
54	PVC	Tuyau5 4	133,17 9993	100	- 2,49000 001	0,3000 0001	R190- 110	R190- 115	0	368782 ,512	369877 ,591	368658 ,206	369829 ,789
55	PVC	Tuyau5 5	1032,8 3801	100	0,58999 997	0,1	R190- 110	R190- 114	0	368782 ,512	369877 ,591	368722 ,001	369655 ,549
56	PVC	Tuyau5	188,39	200	15,6000	0,5	R190-	R190-	0	368722	369655	368784	369477

CENTRE D'ETUDES DOCTORALES - SCIENCES ET TECHNOLOGIES

		6	9002		004		114	135		,001	,549	,708	,893
57	PVC	Tuyau5 7	185,55 2002	200	- 16,5499 992	0,5	R190- 114	R190- 115	0	368722 ,001	369655 ,549	368658 ,206	369829 ,789
58	PVC	Tuyau5 8	137,25 3998	200	- 19,5599 995	0,6000 0002	R190- 115	R190- 118	0	368658 ,206	369829 ,789	368609 ,099	369957 ,947
59	PVC	Tuyau5 9	985,66 9983	200	4,44000 006	0,1	R190- 118	R190- 153	0	368609 ,099	369957 ,947	368490 ,06	370914 ,78
60	PVC	Tuyau6 0	24,069 9997	200	- 30,5799 999	1	R190- 118	R190- 120	0	368609 ,099	369957 ,947	368602 ,58	369941 ,589
61	PVC	Tuyau6 1	1805,7 3401	160	- 17,7099 991	0,8999 9998	R190- 124	R190- 163	0	367101 ,658	370457 ,115	368516 ,179	371562 ,838
62	PVC	Tuyau6 2	133,30 0003	200	1,73000 002	0,1	190P1	R190- 128	0	368717 ,327	368919 ,789	368677 ,506	368792 ,578
63	PVC	Tuyau6 3	733,16 9983	200	1,79999 995	0,1	190P1	R190- 402	0	368717 ,327	368919 ,789	369330	369160
64	PVC	Tuyau6 4	198,14 9994	200	- 6,05999 994	0,2	190P1	R190- 132	0	368717 ,327	368919 ,789	368777 ,085	369108 ,717
65	PVC	Tuyau6 5	233,02 9999	160	2,86999 989	0,1	R190- 132	R190- 178	0	368777 ,085	369108 ,717	369007 ,795	369075 ,896
66	PVC	Tuyau6 6	381,22 0001	200	- 9,97999 954	0,3000 0001	R190- 132	R190- 135	0	368777 ,085	369108 ,717	368784 ,708	369477 ,893
67	PVC	Tuyau6 7	786,35 7971	100	2,49000 001	0,3000 0001	R190- 135	R190- 194	0	368784 ,708	369477 ,893	369448 ,593	369753 ,486
68	PVC	Tuyau6 8	54,895 0005	200	0	0	R190- 136	R190- 165	0	368724 ,197	371914 ,623	368696 ,057	371953 ,564
69	PVC	Tuyau6 9	8,3100 0042	200	0	0	R190- 137	R190- 165	0	368685 ,842	371948 ,552	368696 ,057	371953 ,564
70	PVC	Tuyau7 0	165,83 0002	100	0,81999 999	0,1	R190- 138	R190- 392	0	368680 ,424	371938 ,163	368548 ,648	372032 ,639
71	PVC	Tuyau7 1	21,950 0008	200	0	0	R190- 138	R190- 165	0	368680 ,424	371938 ,163	368696 ,057	371953 ,564
72	PVC	Tuyau7 2	33,234 0012	110	0,54000 002	0,1	R190- 143	R190- 147	0	368780 ,392	371546 ,106	368758 ,355	371521 ,229
73	PVC	Tuyau7 3	229,18 2999	110	0,14	0	R190- 147	R190- 151	0	368758 ,355	371521 ,229	368560 ,535	371636 ,952
74	PVC	Tuyau7 4	413,33 3008	200	- 0,81999 999	0	R190- 151	R190- 392	0	368560 ,535	371636 ,952	368548 ,648	372032 ,639
75	PVC	Tuyau7 5	355,23 1995	200	0,08	0	R190- 151	R190- 152	0	368560 ,535	371636 ,952	368525 ,762	371282 ,479
76	PVC	Tuyau7 6	370,36 9995	200	0,08	0	R190- 152	R190- 153	0	368525 ,762	371282 ,479	368490 ,06	370914 ,78
77	PVC	Tuyau7 7	4,2940 0015	200	0	0	R190- 152	R190- 211	0	368525 ,762	371282 ,479	368522 ,022	371282 ,767
78	PVC	Tuyau7 8	23,364 0003	200	2,18000 007	0,1	R190- 153	R190- 167	0	368490 ,06	370914 ,78	368466 ,697	370915 ,004
79	PVC	Tuyau7 9	168,57 8995	200	0	0	R190- 154	R190- 155	0	368549 ,652	371863 ,213	368534 ,744	371695 ,294
80	PVC	Tuyau8 0	245,28 9993	100	1,59000 003	0,2	R190- 154	R190- 156	0	368549 ,652	371863 ,213	368308 ,84	371816 ,558
81	PVC	Tuyau8 1	181,45 7993	200	- 1,89999 998	0,1	R190- 154	R190- 377	0	368549 ,652	371863 ,213	368534 ,519	372036 ,863
82	PVC	Tuyau8 2	38,245 9984	100	-0,22	0	R190- 157	R190- 158	0	368292 ,744	371717 ,166	368274 ,865	371755 ,527
83	PVC	Tuyau8 3	226,49 2996	100	- 0,95999 998	0,1	R190- 158	R190- 289	0	368274 ,865	371755 ,527	368227 ,307	371976 ,97

CENTRE D'ETUDES DOCTORALES - SCIENCES ET TECHNOLOGIES

84	PVC	Tuyau8 4	344,60 199	100	- 0,58999 997	0,1	R190- 158	R190- 160	0	368274 ,865	371755 ,527	368039 ,43	371937 ,311
85	PVC	Tuyau8 5	192,02 0996	150	- 1,89999 998	0,1	R190- 160	R190- 289	0	368039 ,43	371937 ,311	368227 ,307	371976 ,97
86	PVC	Tuyau8 6	52,687 9997	150	0,31999 999	0	R190- 160	R190- 162	0	368039 ,43	371937 ,311	367987 ,798	371926 ,813
87	PVC	Tuyau8 7	34,272 9988	200	- 17,7099 991	0,6000 0002	R190- 163	R190- 164	0	368516 ,179	371562 ,838	368551 ,568	371577 ,744
88	PVC	Tuyau8 8	482,33 9996	400	- 55,7299 995	0,4000 0001	R190- 164	190P3	0	368551 ,568	371577 ,744	368550 ,563	372056 ,845
89	PVC	Tuyau8 9	307,67 1997	200	1,01999 998	0	R190- 167	R190- 196	0	368466 ,697	370915 ,004	368434 ,522	370609 ,019
90	PVC	Tuyau9 0	10,149 9996	300	0	0	R190- 169	R190- 174	0	369070 ,908	373655 ,955	369062 ,589	373650 ,147
91	PVC	Tuyau9 1	22,469 9993	300	0	0	R190- 169	R190- 183	0	369070 ,908	373655 ,955	369059 ,132	373675 ,092
92	PVC	Tuyau9 2	656,77 002	100	- 1,29999 995	0,2	R190- 171	R190- 357	0	369114 ,581	373546 ,038	369448 ,329	372980 ,436
93	PVC	Tuyau9 3	122,73 9998	100	- 4,88999 987	0,6000 0002	R190- 171	R190- 173	0	369114 ,581	373546 ,038	369064 ,815	373647 ,047
94	PVC	Tuyau9 4	198,36 0001	100	4,53000 021	0,6000 0002	R190- 171	R190- 396	0	369114 ,581	373546 ,038	368928 ,312	373485 ,968
95	PVC	Tuyau9 5	3,8159 9998	300	- 4,96000 004	0,1	R190- 173	R190- 174	0	369064 ,815	373647 ,047	369062 ,589	373650 ,147
96	PVC	Tuyau9 6	167,97 0993	300	- 5,13999 987	0,1	R190- 174	R190- 220	0	369062 ,589	373650 ,147	368978 ,607	373796 ,051
97	PVC	Tuyau9 7	89,190 0024	100	0,12	0	190RP 4	R190- 176	0	369963 ,731	373401 ,79	369938 ,76	373487 ,41
98	PVC	Tuyau9 8	64,739 9979	100	0,12	0	190RP 4	R190- 215	0	369963 ,731	373401 ,79	369983 ,671	373340 ,456
99	PVC	Tuyau9 9	54,883 9989	150	- 2,20000 005	0,1	R190- 177	R190- 178	0	369062 ,26	369069 ,131	369007 ,795	369075 ,896
10 0	PVC	Tuyau1 00	524,08 3008	150	8,43999 958	0,5	R190- 188	R190- 334	0	369065 ,601	372019 ,171	369563 ,067	372176 ,002
10 1	PVC	Tuyau1 01	322	200	0	0	R190- 219	R190- 402	0	369437 ,949	369435 ,028	369330	369160
10 2	PVC	Tuyau1 02	111,51 3	300	- 5,34000 015	0,1	R190- 220	R190- 393	0	368978 ,607	373796 ,051	368865 ,723	373776 ,419
10 3	PVC	Tuyau1 03	23,205 9994	200	- 20,0100 002	0,6000 0002	R190- 224	R190- 225	0	368348 ,984	372956 ,629	368371 ,814	372960 ,787
10 4	PVC	Tuyau1 04	5,0209 9991	200	20,0100 002	0,6000 0002	R190- 224	R190- 226	0	368348 ,984	372956 ,629	368349 ,915	372951 ,695
10 5	PVC	Tuyau1 05	15,859 9997	400	12,7299 995	0,1	R190- 225	R190- 228	0	368371 ,814	372960 ,787	368368 ,06	372976 ,202
10 6	PVC	Tuyau1 06	468,79 9988	400	- 47,3100 014	0,4000 0001	R190- 225	R190- 326	0	368371 ,814	372960 ,787	368460 ,903	372498 ,899
10 7	PVC	Tuyau1 07	33,938 9992	200	14,5699 997	0,5	R190- 225	R190- 237	0	368371 ,814	372960 ,787	368406 ,249	372965 ,816
10 8	PVC	Tuyau1 08	25,731 0009	200	5,26000 023	0,2	R190- 226	R190- 227	0	368349 ,915	372951 ,695	368375 ,253	372956 ,176
10 9	PVC	Tuyau1 09	180,97 7005	200	14,75	0,5	R190- 226	R190- 308	0	368349 ,915	372951 ,695	368384 ,754	372774 ,106
11	PVC	Tuyau1	17,434	200	-	0,1	R190-	R190-	0	368375	372956	368371	372973

CENTRE D'ETUDES DOCTORALES - SCIENCES ET TECHNOLOGIES

0		10			3,11999 989		227	232		,253	,176	,777	,26
11	PVC	Tuyau1 11	8,9029 9988	200	8,38000 011	0,3000 0001	R190- 227	R190- 233	0	368375 ,253	372956 ,176	368376 ,845	372947 ,417
11	PVC	Tuyau1 12	521,65 0024	400	12,7299 995	0,1	R190- 228	R190- 316	0	368368 ,06	372976 ,202	368261 ,4	373486 ,811
11	PVC	Tuyau1 13	684,79 6021	200	0	0	R190- 231	R190- 232	0	368238 ,268	373645 ,295	368371 ,777	372973 ,26
11	PVC	Tuyau1 14	31,591 9991	150	- 3,11999 989	0,2	R190- 232	R190- 236	0	368371 ,777	372973 ,26	368405 ,11	372978 ,347
11	PVC	Tuyau1 15	31,551 0006	150	- 3,49000 001	0,2	R190- 233	R190- 312	0	368376 ,845	372947 ,417	368407 ,883	372953 ,073
11	PVC	Tuyau1 16	453,55 2002	200	11,8699 999	0,4000 0001	R190- 233	R190- 367	0	368376 ,845	372947 ,417	368464 ,959	372502 ,525
11	PVC	Tuyau1 17	135,72 0001	100	3,41000 009	0,4000 0001	R190- 234	R190- 291	0	367304 ,281	372073 ,101	367205 ,193	371980 ,447
11	PVC	Tuyau1 18	1,6940 0001	100	0	0	R190- 234	R190- 383	0	367304 ,281	372073 ,101	367299 ,09	372071 ,803
11	PVC	Tuyau1 19	1191,6 7004	100	- 3,41000 009	0,4000 0001	R190- 234	R190- 379	0	367304 ,281	372073 ,101	368473 ,039	372305 ,19
12	PVC	Tuyau1 20	12,349	150	- 7,21999 979	0,4000 0001	R190- 236	R190- 237	0	368405 ,11	372978 ,347	368406 ,249	372965 ,816
12	PVC	Tuyau1 21	127,80 0003	150	4,09000 015	0,2	R190- 236	R190- 279	0	368405 ,11	372978 ,347	368528 ,707	373001 ,165
12	PVC	Tuyau1 22	13,882	150	7,34999 99	0,4000 0001	R190- 237	R190- 312	0	368406 ,249	372965 ,816	368407 ,883	372953 ,073
12	PVC	Tuyau1 23	20,239 9998	100	- 2,83999 991	0,4000 0001	R190- 239	R190- 314	0	369575 ,796	372795 ,091	369558 ,129	372785 ,221
12	PVC	Tuyau1 24	340,16 6992	100	2,15000 01	0,3000 0001	R190- 239	R190- 353	0	369575 ,796	372795 ,091	369597 ,641	372968 ,875
12	PVC	Tuyau1 25	83,940 0024	100	6,65000 01	0,8999 9998	R190- 243	R190- 315	0	369365 ,873	372649 ,144	369288 ,204	372617 ,312
12	PVC	Tuyau1 26	237,65 4007	100	- 7,15000 01	0,8999 9998	R190- 243	R190- 245	0	369365 ,873	372649 ,144	369584 ,97	372737 ,147
12	PVC	Tuyau1 27	52,243	300	0	0	R190- 245	R190- 276	0	369584 ,97	372737 ,147	369557 ,91	372781 ,334
12	PVC	Tuyau1 28	9,3400 0015	300	- 14,3999 996	0,2	R190- 245	190RP 2	0	369584 ,97	372737 ,147	369589 ,811	372729 ,869
12	PVC	Tuyau1 29	52,432 9987	100	7,17000 008	0,8999 9998	R190- 245	R190- 314	0	369584 ,97	372737 ,147	369558 ,129	372785 ,221
13	PVC	Tuyau1 30	1165,9 5996	400	57,4500 008	0,5	190RP 2	R190- 326	0	369589 ,811	372729 ,869	368460 ,903	372498 ,899
13	PVC	Tuyau1 32	159,22 9996	400	- 9,52000 046	0,1	R190- 247	R190- 316	0	368231 ,96	373643 ,27	368261 ,4	373486 ,811
13	PVC	Tuyau1 33	647,61 9995	300	7,15999 985	0,1	R190- 247	R190- 393	0	368231 ,96	373643 ,27	368865 ,723	373776 ,419
13	PVC	Tuyau1 34	126,77 7	150	-0,25	0	R190- 248	R190- 369	0	368515 ,088	372255 ,64	368638 ,818	372282 ,837
13	PVC	Tuyau1 35	85,620 0027	200	0	0	R190- 248	R190- 391	0	368515 ,088	372255 ,64	368500 ,266	372339 ,955
13	PVC	Tuyau1 36	301,52 9999	100	- 7,03999 996	0,8999 9998	R190- 255	R190- 315	0	369353 ,391	372322 ,918	369288 ,204	372617 ,312
13	PVC	Tuyau1 37	715,73 4009	150	3,25	0,2	R190- 255	R190- 369	0	369353 ,391	372322 ,918	368638 ,818	372282 ,837
13	PVC	Tuyau1 38	151,03 1998	100	-0,12	0	R190- 260	R190- 333	0	369694 ,46	372280 ,22	369632 ,326	372417 ,879

CENTRE D'ETUDES DOCTORALES - SCIENCES ET TECHNOLOGIES

13 9	PVC	Tuyau1 39	17,125	300	- 1,88999 999	0	R190- 261	R190- 262	0	369722 ,839	372530 ,47	369708 ,074	372521 ,795
14 0	PVC	Tuyau1 40	20,747 9992	300	0	0	R190- 261	R190- 275	0	369722 ,839	372530 ,47	369733 ,602	372512 ,732
14 1	PVC	Tuyau1 41	197,88 6002	300	1,88999 999	0	R190- 261	R190- 356	0	369722 ,839	372530 ,47	369623 ,924	372703 ,802
14 2	PVC	Tuyau1 42	250,12 3001	300	- 74,3499 985	1	R190- 262	R190- 336	0	369708 ,074	372521 ,795	369835 ,874	372306 ,8
14 3	PVC	Tuyau1 43	57,995 9984	300	72,4100 037	1	R190- 262	R190- 332	0	369708 ,074	372521 ,795	369679 ,543	372572 ,287
14 4	PVC	Tuyau1 44	485,38 4003	100	-0,13	0	R190- 263	R190- 313	0	370154 ,117	372768 ,882	369725 ,877	372532 ,423
14 5	PVC	Tuyau1 45	6,0929 9994	100	0	0	R190- 269	R190- 270	0	370035 ,425	372943 ,762	370040 ,933	372936 ,877
14 6	PVC	Tuyau1 46	2,25	100	0	0	R190- 270	R190- 271	0	370040 ,933	372936 ,877	370042 ,408	372935 ,152
14 7	PVC	Tuyau1 47	259,35 1013	110	0	0	R190- 270	R190- 345	0	370040 ,933	372936 ,877	370267 ,424	373063 ,704
14 8	PVC	Tuyau1 48	139,55 9998	100	0	0	R190- 271	R190- 272	0	370042 ,408	372935 ,152	370047 ,277	372928 ,118
14 9	PVC	Tuyau1 49	475,56 7993	100	- 1,30999 994	0,2	R190- 271	R190- 340	0	370042 ,408	372935 ,152	369625 ,959	372705 ,56
15 0	PVC	Tuyau1 50	158,63 9999	100	0	0	R190- 274	R190- 313	0	369806 ,801	372395 ,984	369725 ,877	372532 ,423
15 1	PVC	Tuyau1 51	242,10 2997	150	3,27999 997	0,2	R190- 279	R190- 366	0	368528 ,707	373001 ,165	368478 ,641	373238 ,031
15 2	PVC	Tuyau1 52	178,93 1	150	3,70000 005	0,2	R190- 288	R190- 289	0	368402 ,862	372011 ,564	368227 ,307	371976 ,97
15 3	PVC	Tuyau1 53	139,38 2004	150	- 2,27999 997	0,1	R190- 288	R190- 376	0	368402 ,862	372011 ,564	368532 ,751	372046 ,451
15 4	PVC	Tuyau1 54	134,06 5994	150	- 2,25999 999	0,1	R190- 288	R190- 377	0	368402 ,862	372011 ,564	368534 ,519	372036 ,863
15 5	PVC	Tuyau1 55	77,165 0009	200	0	0	R190- 292	R190- 293	0	367373 ,972	372080 ,315	367298 ,394	372064 ,748
15 6	PVC	Tuyau1 56	1122	200	- 10,1400 003	0,3000 0001	R190- 292	R190- 380	0	367373 ,972	372080 ,315	368473 ,721	372302 ,462
15 7	PVC	Tuyau1 57	204,92 7002	150	10,1400 003	0,6000 0002	R190- 292	R190- 381	0	367373 ,972	372080 ,315	367209 ,577	372158 ,037
15 8	PVC	Tuyau1 58	93,081 0013	200	6,73000 002	0,2	R190- 299	R190- 376	0	368510 ,243	372135 ,249	368532 ,751	372046 ,451
15 9	PVC	Tuyau1 59	23,343 9999	200	0	0	R190- 299	R190- 386	0	368510 ,243	372135 ,249	368504 ,637	372157 ,95
16 0	PVC	Tuyau1 60	5	200	- 7,44000 006	0,2	R190- 299	R190- 387	0	368510 ,243	372135 ,249	368516 ,88	372136 ,64
16 1	PVC	Tuyau1 61	11,838 9997	200	2,44000 006	0,1	R190- 301	R190- 302	0	368495 ,133	372351 ,568	368482 ,553	372350 ,026
16 2	PVC	Tuyau1 62	37	200	3,41000 009	0,1	R190- 301	R190- 390	0	368495 ,133	372351 ,568	368502 ,751	372311 ,656
16 3	PVC	Tuyau1 63	84	150	- 5,84999 99	0,3000 0001	R190- 301	R190- 309	0	368495 ,133	372351 ,568	368478 ,899	372432 ,421
16 4	PVC	Tuyau1 64	12	200	2,44000 006	0,1	R190- 302	R190- 303	0	368482 ,553	372350 ,026	368471 ,653	372348 ,435
16 5	PVC	Tuyau1 65	216,63 9999	200	7,80999 994	0,3000 0001	R190- 303	R190- 387	0	368471 ,653	372348 ,435	368516 ,88	372136 ,64
16 6	PVC	Tuyau1 66	434,45 8008	200	- 10,0600 004	0,3000 0001	R190- 303	R190- 308	0	368471 ,653	372348 ,435	368384 ,754	372774 ,106

CENTRE D'ETUDES DOCTORALES - SCIENCES ET TECHNOLOGIES

167	PVC	Tuyau167	42,6010017	100	-0,44999999	0,1	R190-305	R190-306	0	368462,594	373529,819	368420,91	373521,029
168	PVC	Tuyau168	603,650024	80	-0,63	0,1	R190-305	R190-393	0	368462,594	373529,819	368865,723	373776,419
169	PVC	Tuyau169	160,457993	100	-2,4800002	0,30000001	R190-306	R190-316	0	368420,91	373521,029	368261,4	373486,811
170	PVC	Tuyau170	136,876999	100	1,71000004	0,2	R190-306	R190-397	0	368420,91	373521,029	368447,412	373386,757
171	PVC	Tuyau171	546,767029	100	4,69000006	0,60000002	R190-308	R190-385	0	368384,754	372774,106	367825	372660
172	PVC	Tuyau172	70	200	-7,90999985	0,30000001	R190-309	R190-367	0	368478,899	372432,421	368464,959	372502,525
173	PVC	Tuyau173	2,42000008	200	0	0	R190-310	R190-311	0	368505,588	372296,141	368505,855	372293,732
174	PVC	Tuyau174	15,7700005	200	0	0	R190-310	R190-390	0	368505,588	372296,141	368502,751	372311,656
175	PVC	Tuyau175	128,735992	150	3,8599999	0,2	R190-312	R190-362	0	368407,883	372953,073	368534,447	372976,607
176	PVC	Tuyau176	200	100	-0,40000001	0,1	R190-313	R190-340	0	369725,877	372532,423	369625,959	372705,56
177	PVC	Tuyau177	135,529999	100	3,6099999	0,5	R190-314	R190-354	0	369558,129	372785,221	369491,825	372903,424
178	PVC	Tuyau178	676,98999	100	-3,5	0,40000001	R190-315	R190-364	0	369288,204	372617,312	368626,239	372513,544
179	PVC	Tuyau179	155,584	400	10,1400003	0,1	R190-326	R190-389	0	368460,903	372498,899	368493,155	372342,563
180	PVC	Tuyau180	183,845993	100	0,28	0	R190-332	R190-333	0	369679,543	372572,287	369632,326	372417,879
181	PVC	Tuyau181	303,812012	150	12,9300003	0,69999999	R190-334	R190-336	0	369563,067	372176,002	369835,874	372306,8
182	PVC	Tuyau182	10	100	-1,88999999	0,2	R190-340	R190-356	0	369625,959	372705,56	369623,924	372703,802
183	PVC	Tuyau183	124,442001	100	-0,44999999	0,1	R190-353	R190-354	0	369597,641	372968,875	369491,825	372903,424
184	PVC	Tuyau184	88,4459991	100	2,94000006	0,40000001	R190-354	R190-357	0	369491,825	372903,424	369448,329	372980,436
185	PVC	Tuyau185	472,070007	100	2,60999999	0,30000001	R190-362	R190-364	0	368534,447	372976,607	368626,239	372513,544
186	PVC	Tuyau186	161,660004	100	-3,34999999	0,40000001	R190-364	R190-367	0	368626,239	372513,544	368464,959	372502,525
187	PVC	Tuyau187	151,968994	100	2,02999997	0,30000001	R190-366	R190-397	0	368478,641	373238,031	368447,412	373386,757
188	PVC	Tuyau188	209,251007	100	1,82000005	0,2	R190-369	R190-370	0	368638,818	372282,837	368756,326	372165,397
189	PVC	Tuyau189	131,048996	100	0,99000001	0,1	R190-370	R190-371	0	368756,326	372165,397	368886,551	372180,045
190	PVC	Tuyau190	9,75	200	4,30999994	0,1	R190-376	R190-377	0	368532,751	372046,451	368534,519	372036,863
191	PVC	Tuyau191	30,4099998	100	-3,41000009	0,40000001	R190-379	R190-390	0	368473,039	372305,19	368502,751	372311,656
192	PVC	Tuyau192	62,4599991	200	-10,1400003	0,30000001	R190-380	R190-389	0	368473,721	372302,462	368493,155	372342,563
193	PVC	Tuyau193	105,644997	100	0	0	R190-382	R190-383	0	367223,073	372150,984	367299,09	372071,803
194	PVC	Tuyau194	185	110	2,28999996	0,2	R190-385	R190-407	0	367825	372660	367640	372620

CENTRE D'ETUDES DOCTORALES - SCIENCES ET TECHNOLOGIES

195	PVC	Tuyau195	216,309006	200	0,37	0	R190-387	R190-388	0	368516,88	372136,64	368560,072	371924,697
196	PVC	Tuyau196	491,037994	100	-3,38000011	0,40000001	R190-396	R190-397	0	368928,312	373485,968	368447,412	373386,757
197	PVC	Tuyau197	276,380005	400	0	0	190RP1	R190-389	0	368547,205	372071,522	368493,155	372342,563
198	PVC	Tuyau198	168,059998	300	72,0599976	1	R190-332	190P4	0	369679,543	372572,287	369596,913	372718,245
199	PVC	Tuyau199	640,719971	100	-1,14999998	0,2	R190-243	190RP3	0	369365,873	372649,144	369048,17	373205,549
200	PVC	Tuyau200	308,630005	100	-1,14999998	0,2	190RP3	R190-396	0	369048,17	373205,549	368928,312	373485,968
201	PVC	Tuyau201	210	200	0	0	1901	R190-248	0	368556,024	372044,441	368515,088	372255,64
202	PVC	Tuyau202	70	200	0	0	R190-302	1902	0	368482,553	372350,026	368493,39	372293,796
203	PVC	Tuyau203	100	100	0	0	1903	R190-340	0	369578,965	372789,824	369625,959	372705,56
204	PVC	Tuyau204	220,570007	300	0	0	R190-356	1905	0	369623,924	372703,802	369515,111	372895,665
205	PVC	Tuyau205	349,899994	300	0	0	1904	AKR-39	0	369508,562	372907,671	369330,571	373208,874
206	PVC	Tuyau206	36,8100014	300	83,6200027	1,20000005	E190D500	E190D300	0	369156,272	371509,965	369180,463	371517,058
3929	PVC	Tuyau3929	440,390015	300	0	0	AKR-39	AKR-38	0	369330,571	373208,874	369108,827	373589,364
3968	PVC	Tuyau3968	76,6299973	300	0	0	AKR-38	R190-169	0	369108,827	373589,364	369070,908	373655,955

Table des nœuds

code	nom	station	label	pos_x	pos_y	TCL
0	R190-1	0	1.44 e-3	369352,311	371427,998	99
1	R190-2	0	1.44 e-3	369355,586	371414,528	99
2	R190-6	0	1.44 e-3	369802,707	373284,174	99
3	R190-7	0	1.44 e-3	369357,381	371416,574	99
4	R190-9	0	1.44 e-3	368996,255	371655,731	99
5	R190-10	0	1.44 e-3	369086,656	371575,197	99
6	R190-11	0	1.44 e-3	369095,888	371567,557	99
7	R190-12	0	1.44 e-3	368470,799	370956,008	99
8	R190-14	0	1.44 e-3	366777,77	370988,904	99
9	R190-20	0	1.44 e-3	368611,093	369943,83	99
10	R190-23	0	1.44 e-3	369147,866	371521,394	99
11	R190-26	0	1.44 e-3	369252,499	369239,08	99
12	R190-27	0	1.44 e-3	369318,464	371060,257	99

CENTRE D'ETUDES DOCTORALES - SCIENCES ET TECHNOLOGIES

13	R190-30	0	1.44 e-3	369874,974	371426,06	99
14	R190-32	0	1.44 e-3	369962,44	371447,259	99
15	R190-33	0	1.44 e-3	369496,825	371389,29	99
16	R190-35	0	1.44 e-3	369757,104	371411,513	99
17	R190-36	0	1.44 e-3	369374,763	371408,627	99
18	E190D500	0	1.44 e-3	369156,272	371509,965	99
19	R190-41	0	1.44 e-3	369108,539	371579,846	99
20	E190D300	0	1.44 e-3	369180,463	371517,058	99
21	R190-43	0	1.44 e-3	369218,202	371484,031	99
22	R190-44	0	1.44 e-3	369292,263	371764,344	99
23	R190-53	0	1.44 e-3	369628,499	371920,523	99
24	R190-54	0	1.44 e-3	369637,35	371852,664	99
25	R190-60	0	1.44 e-3	369671,7	371750,117	99
26	R190-71	0	1.44 e-3	370061,766	371847,105	99
27	R190-78	0	1.44 e-3	369873,861	372242,064	99
28	R190-79	0	1.44 e-3	370125,643	371536,97	99
29	R190-80	0	1.44 e-3	370127,118	371532,544	99
30	190P2	0	1.44 e-3	369280,758	370493,862	99
31	R190-92	0	1.44 e-3	369974,849	373194,664	99
32	R190-93	0	1.44 e-3	369894,967	373150,309	99
33	R190-94	0	1.44 e-3	369668,165	373200,96	99
34	R190-96	0	1.44 e-3	369765,928	372141,145	99
35	R190-110	0	1.44 e-3	368782,512	369877,591	99
36	R190-114	0	1.44 e-3	368722,001	369655,549	99
37	R190-115	0	1.44 e-3	368658,206	369829,789	99
38	R190-118	0	1.44 e-3	368609,099	369957,947	99
39	R190-120	0	1.44 e-3	368602,58	369941,589	99
40	R190-124	0	1.44 e-3	367101,658	370457,115	99
41	190P1	0	1.44 e-3	368717,327	368919,789	99
42	R190-128	0	1.44 e-3	368677,506	368792,578	99
43	R190-132	0	1.44 e-3	368777,085	369108,717	99
44	R190-135	0	1.44 e-3	368784,708	369477,893	99
45	R190-136	0	1.44 e-3	368724,197	371914,623	99
46	R190-137	0	1.44 e-3	368685,842	371948,552	99
47	R190-138	0	1.44 e-3	368680,424	371938,163	99
48	R190-143	0	1.44 e-3	368780,392	371546,106	99
49	R190-147	0	1.44 e-3	368758,355	371521,229	99
50	R190-151	0	1.44 e-3	368560,535	371636,952	99
51	R190-152	0	1.44 e-3	368525,762	371282,479	99
52	R190-153	0	1.44 e-3	368490,06	370914,78	99
53	R190-154	0	1.44 e-3	368549,652	371863,213	99
54	R190-155	0	1.44 e-3	368534,744	371695,294	99

CENTRE D'ETUDES DOCTORALES - SCIENCES ET TECHNOLOGIES

55	R190-156	0	1.44 e-3	368308,84	371816,558	99
56	R190-157	0	1.44 e-3	368292,744	371717,166	99
57	R190-158	0	1.44 e-3	368274,865	371755,527	99
58	R190-160	0	1.44 e-3	368039,43	371937,311	99
59	R190-162	0	1.44 e-3	367987,798	371926,813	99
60	R190-163	0	1.44 e-3	368516,179	371562,838	99
61	R190-164	0	1.44 e-3	368551,568	371577,744	99
62	R190-165	0	1.44 e-3	368696,057	371953,564	99
63	R190-167	0	1.44 e-3	368466,697	370915,004	99
64	R190-169	0	1.44 e-3	369070,908	373655,955	99
65	R190-171	0	1.44 e-3	369114,581	373546,038	99
66	R190-173	0	1.44 e-3	369064,815	373647,047	99
67	R190-174	0	1.44 e-3	369062,589	373650,147	99
68	190RP4	0	1.44 e-3	369963,731	373401,79	99
69	R190-176	0	1.44 e-3	369938,76	373487,41	99
70	R190-177	0	1.44 e-3	369062,26	369069,131	99
71	R190-178	0	1.44 e-3	369007,795	369075,896	99
72	R190-183	0	1.44 e-3	369059,132	373675,092	99
73	R190-185	0	1.44 e-3	369219,867	371358,47	99
74	R190-187	0	1.44 e-3	369332,651	371675,158	99
75	R190-188	0	1.44 e-3	369065,601	372019,171	99
76	R190-194	0	1.44 e-3	369448,593	369753,486	99
77	R190-196	0	1.44 e-3	368434,522	370609,019	99
78	R190-206	0	1.44 e-3	368731,735	368994,613	99
79	R190-211	0	1.44 e-3	368522,022	371282,767	99
80	R190-214	0	1.44 e-3	368987,701	371645,679	99
81	R190-215	0	1.44 e-3	369983,671	373340,456	99
82	R190-216	0	1.44 e-3	369769,762	373329,187	99
83	R190-219	0	1.44 e-3	369437,949	369435,028	99
84	R190-220	0	1.44 e-3	368978,607	373796,051	99
85	190P3	0	1.44 e-3	368550,563	372056,845	99
86	R190-224	0	1.44 e-3	368348,984	372956,629	99
87	R190-225	0	1.44 e-3	368371,814	372960,787	99
88	R190-226	0	1.44 e-3	368349,915	372951,695	99
89	R190-227	0	1.44 e-3	368375,253	372956,176	99
90	R190-228	0	1.44 e-3	368368,06	372976,202	99
91	R190-231	0	1.44 e-3	368238,268	373645,295	99
92	R190-232	0	1.44 e-3	368371,777	372973,26	99
93	R190-233	0	1.44 e-3	368376,845	372947,417	99
94	R190-234	0	1.44 e-3	367304,281	372073,101	99
95	R190-236	0	1.44 e-3	368405,11	372978,347	99
96	R190-237	0	1.44 e-3	368406,249	372965,816	99

CENTRE D'ETUDES DOCTORALES - SCIENCES ET TECHNOLOGIES

97	R190-239	0	1.44 e-3	369575,796	372795,091	99
98	R190-243	0	1.44 e-3	369365,873	372649,144	99
99	R190-245	0	1.44 e-3	369584,97	372737,147	99
100	190RP2	0	1.44 e-3	369589,811	372729,869	99
101	R190-247	0	1.44 e-3	368231,96	373643,27	99
102	R190-248	0	1.44 e-3	368515,088	372255,64	99
103	R190-255	0	1.44 e-3	369353,391	372322,918	99
104	R190-260	0	1.44 e-3	369694,46	372280,22	99
105	R190-261	0	1.44 e-3	369722,839	372530,47	99
106	R190-262	0	1.44 e-3	369708,074	372521,795	99
107	R190-263	0	1.44 e-3	370154,117	372768,882	99
108	R190-269	0	1.44 e-3	370035,425	372943,762	99
109	R190-270	0	1.44 e-3	370040,933	372936,877	99
110	R190-271	0	1.44 e-3	370042,408	372935,152	99
111	R190-272	0	1.44 e-3	370047,277	372928,118	99
112	R190-274	0	1.44 e-3	369806,801	372395,984	99
113	R190-275	0	1.44 e-3	369733,602	372512,732	99
114	R190-276	0	1.44 e-3	369557,91	372781,334	99
115	R190-279	0	1.44 e-3	368528,707	373001,165	99
116	R190-288	0	1.44 e-3	368402,862	372011,564	99
117	R190-289	0	1.44 e-3	368227,307	371976,97	99
118	R190-291	0	1.44 e-3	367205,193	371980,447	99
119	R190-292	0	1.44 e-3	367373,972	372080,315	99
120	R190-293	0	1.44 e-3	367298,394	372064,748	99
121	R190-299	0	1.44 e-3	368510,243	372135,249	99
122	R190-301	0	1.44 e-3	368495,133	372351,568	99
123	R190-302	0	1.44 e-3	368482,553	372350,026	99
124	R190-303	0	1.44 e-3	368471,653	372348,435	99
125	R190-305	0	1.44 e-3	368462,594	373529,819	99
126	R190-306	0	1.44 e-3	368420,91	373521,029	99
127	R190-308	0	1.44 e-3	368384,754	372774,106	99
128	R190-309	0	1.44 e-3	368478,899	372432,421	99
129	R190-310	0	1.44 e-3	368505,588	372296,141	99
130	R190-311	0	1.44 e-3	368505,855	372293,732	99
131	R190-312	0	1.44 e-3	368407,883	372953,073	99
132	R190-313	0	1.44 e-3	369725,877	372532,423	99
133	R190-314	0	1.44 e-3	369558,129	372785,221	99
134	R190-315	0	1.44 e-3	369288,204	372617,312	99
135	R190-316	0	1.44 e-3	368261,4	373486,811	99
136	R190-326	0	1.44 e-3	368460,903	372498,899	99
137	R190-332	0	1.44 e-3	369679,543	372572,287	99
138	R190-333	0	1.44 e-3	369632,326	372417,879	99

CENTRE D'ETUDES DOCTORALES - SCIENCES ET TECHNOLOGIES

139	R190-334	0	1.44 e-3	369563,067	372176,002	99
140	R190-336	0	1.44 e-3	369835,874	372306,8	99
141	R190-340	0	1.44 e-3	369625,959	372705,56	99
142	R190-345	0	1.44 e-3	370267,424	373063,704	99
143	R190-353	0	1.44 e-3	369597,641	372968,875	99
144	R190-354	0	1.44 e-3	369491,825	372903,424	99
145	R190-356	0	1.44 e-3	369623,924	372703,802	99
146	R190-357	0	1.44 e-3	369448,329	372980,436	99
147	R190-362	0	1.44 e-3	368534,447	372976,607	99
148	R190-364	0	1.44 e-3	368626,239	372513,544	99
149	R190-366	0	1.44 e-3	368478,641	373238,031	99
150	R190-367	0	1.44 e-3	368464,959	372502,525	99
151	R190-369	0	1.44 e-3	368638,818	372282,837	99
152	R190-370	0	1.44 e-3	368756,326	372165,397	99
153	R190-371	0	1.44 e-3	368886,551	372180,045	99
154	R190-376	0	1.44 e-3	368532,751	372046,451	99
155	R190-377	0	1.44 e-3	368534,519	372036,863	99
156	R190-379	0	1.44 e-3	368473,039	372305,19	99
157	R190-380	0	1.44 e-3	368473,721	372302,462	99
158	R190-381	0	1.44 e-3	367209,577	372158,037	99
159	R190-382	0	1.44 e-3	367223,073	372150,984	99
160	R190-383	0	1.44 e-3	367299,09	372071,803	99
161	R190-385	0	1.44 e-3	367825	372660	99
162	R190-386	0	1.44 e-3	368504,637	372157,95	99
163	R190-387	0	1.44 e-3	368516,88	372136,64	99
164	R190-388	0	1.44 e-3	368560,072	371924,697	99
165	R190-389	0	1.44 e-3	368493,155	372342,563	99
166	R190-390	0	1.44 e-3	368502,751	372311,656	99
167	R190-391	0	1.44 e-3	368500,266	372339,955	99
168	R190-392	0	1.44 e-3	368548,648	372032,639	99
169	R190-393	0	1.44 e-3	368865,723	373776,419	99
170	R190-396	0	1.44 e-3	368928,312	373485,968	99
171	R190-397	0	1.44 e-3	368447,412	373386,757	99
172	R190-402	0	1.44 e-3	369330	369160	99
173	R190-407	0	1.44 e-3	367640	372620	99
174	190RP1	0	1.44 e-3	368547,205	372071,522	99
175	190P4	0	1.44 e-3	369596,913	372718,245	99
176	190RP3	0	1.44 e-3	369048,17	373205,549	99
177	1901	0	1.44 e-3	368556,024	372044,441	99
178	1902	0	1.44 e-3	368493,39	372293,796	99
179	1903	0	1.44 e-3	369578,965	372789,824	99
180	1904	0	1.44 e-3	369508,562	372907,671	99

CENTRE D'ETUDES DOCTORALES - SCIENCES ET TECHNOLOGIES

181	1905	0	1.44 e-3	369515,111	372895,665	99
182	AKR-38	0	1.44 e-3	369108,827	373589,364	99
183	AKR-39	0	1.44 e-3	369330,571	373208,874	99
184	B500	0	1.44 e-3	369155,328	371487,623	99
185	R500	0	1.44 e-3	369145,666	371465,539	99
186		0				
			R190-370			
			R190-376			
			R190-379			
			R190-380			
			R190-382			
			R190-385			
			R190-387			
			R190-396			
		190RP1				
			R190-332			
			R190-243			
		190RP3				
		1901				
			R190-302			
		1903				
			R190-356			
		1904				
			E190D500			
		AKR-39				
		AKR-38				

ANNEXE 5 : Articles publiés dans scopus.

Author details

Print Email

Abdelaziz, Ammadi

Capture Plein écran

View potential author matches

Faculté des Sciences UMVA, Agdal Rabat, Morocco

 <http://orcid.org/0000-0001-8558-6351>

Subject area: Engineering

Profile actions

 [Is this you? Claim profile](#)

 [Edit author profile](#)

 [Connect to ORCID](#)

 Alerts

[Set citation alert](#)

[Set document alert](#)

Documents by author

2

Total citations

by 0 document

h-index: 

Document and
citation trends:

2 Documents

1 co-author

Author history

Topics



FRA 04/36/2019

Document and
citation trends:

2 Documents 1 co-author Author history Topics

Preview users can view an author's latest 10 documents.

Set document alert

Document title	Authors	Year	Source	Cited by
----------------	---------	------	--------	----------

Optimization of technical computing chlorine in a network of drinking water distribution	Abdelaziz, A., Mourad, E.	2017	ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences	0
--	---------------------------	------	--	---

View abstract ▾ Related documents

Optimization of chlorination stations intermediaries locations in a drinking water system	Abdelaziz, A., Mourad, E.	2016	ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences	0
---	---------------------------	------	--	---

View abstract ▾ Related documents

Preview users can view an author's latest 10 documents.

Top of page

The data displayed above is compiled exclusively from documents indexed in the Scopus database. To request corrections to any inaccuracies or provide any further feedback, please use the Author Feedback Wizard .

Scopus preview - Scopus - Auth: X ABDELAZIZ AMMADI (0000-0001-8558-6351)

https://orcid.org/0000-0001-8558-6351

Applications (78) Tirez sans som... Mutaz.net | موقع تج... (162) Install ArcGis... Journaux du Maroc... Zone Telechargeme... Adil Assil 2018 - Lal... Le meilleur téléchar... map

ORCID
 Connecting Research and Researchers

6,903,403 ORCID iDs and counting. See more...

ABDELAZIZ AMMADI
 ORCID iD
 https://orcid.org/0000-0001-8558-6351

Print view

Other IDs
 Scopus Author ID: 57189307133

EDIT YOUR RECORD ABOUT ORCID CONTACT US HELP

Works (2 of 2) Sort

Optimization of technical computing chlorine in a network of drinking water distribution
 ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences
 2017 | journal-article
 EID: 2-s2.0-85012897768
 Source: Scopus - Elsevier Preferred source

Optimization of chlorination stations intermediaries locations in a drinking water system
 ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences
 2016 | journal-article
 EID: 2-s2.0-84968903744
 Source: Scopus - Elsevier Preferred source

Record last modified Aug 28, 2017 2:35:30 PM

Aide

10:44 04/08/2019

Scopus preview - Scopus - Auth...
ABDELAZIZ AMMADI (0000-0001-8558-6351)

AMMADI

ORCID iD

<https://orcid.org/0000-0001-8558-6351>

[Print view](#)

Other IDs

Scopus Author ID: 57189307133

Optimization of technical computing chlorine in a network of drinking water distribution

ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences

2017 | journal-article

EID: 2-s2.0-85012897768

URL

<http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-85012897768&partnerID=MN8TOARS>

Citation (bibtex) [\[Switch view\]](#)

@article{Abdelaziz2017,title = {Optimization of technical computing chlorine in a network of drinking water distribution};journal = {ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences};year = {2017};volume = {12};number = {3};pages = {919-930};author = {Abdelaziz, A. and Mourad, E.}}

Contributor

Abdelaziz, A.
Mourad, E.

Added
2017-08-26

Last modified
2017-08-26

Source: Scopus - Elsevier ★ Preferred source

Optimization of chlorination stations intermediaries locations

10:47
04/08/2019

