

N° D'ordre :

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Djillali Liabes de Sidi Bel Abbès, Faculté des sciences exactes

Département de Chimie

BP 89 SBA 22000

Tel/Fax 048-54-43-44

# THESE

## DE DOCTORAT 3<sup>ème</sup> CYCLE

*Présentée par* : M<sup>elle</sup> DJEHAF kaouthar

*Spécialité*: CHIMIE

*Option*: Chimie Analytique et Environnement

*Intitulé* :

*Impacts de certains polluants issus de milieux professionnels sur l'environnement et la santé humaine*

*Soutenue le* .....

*Devant le jury composé de:*

*Président* : Pr HARRACHE Djamilia

UDL- Sidi Bel Abbès.

*Directrice de thèse*: Dr BOUYAKOUB Amel Zahira

UDL- Sidi Bel Abbès.

*Examineurs*: Pr TOUMI BENALI Fawzia  
Dr BOUKLI HACENE Fouad  
Dr DJAROUD Samira

UDL- Sidi Bel Abbès  
ESSAT- Tlemcen.  
UDL-Sidi Bel Abbès.

Année Universitaire : 2018-2019

## REMERCIEMENTS

*On remercie tout d'abord Dieu tout puissant de nous avoir donné le courage, la force et la patience d'achever ce modeste travail.*

Cette thèse de doctorat est la partie visible d'un parcours qui a été rendu possible grâce au concours de nombreuses personnes à qui je tiens à adresser toute ma reconnaissance.

Tout d'abord, je tiens à exprimer ma profonde reconnaissance et ma gratitude à l'égard de BOUYAKOUB Amel Zahira qui a été beaucoup plus que ma directrice de thèse. Je la remercie pour son engagement depuis mes débuts en thèse, pour sa disponibilité dont j'ai usé et abusé, pour nos réunions de travail riches, ainsi que pour son soutien immuable malgré les moments difficiles. Cette personne a intimement marqué par ses compétences et ses qualités humaines mon parcours universitaire et personnel, c'est pourquoi ces quelques lignes ne suffiront pas à faire le compte de ce que je lui dois.

Je remercie énormément tous les membres du jury qui ont accepté de lire et d'apporter leur regard critique sur ce travail, pour le privilège qu'ils m'ont accordé par leur présence et pour l'intérêt qu'ils ont attribué à mon mémoire de thèse.

J'adresse mes remerciements les plus profonds à Madame HARRACHE Djamila, qui m'a fait l'honneur d'être la présidente de mon Jury de thèse, et qui m'a offert la possibilité de réaliser mes projets professionnels et de concrétiser cette thèse, à ma plus grande joie. Je me rappelle bien le jour où vous avez accepté notre demande d'accès au master.

Madame TOUMI BENALI Fawzia je la remercie, de même que pour sa participation au Jury. Elle a également contribué par ses nombreuses remarques et suggestions à améliorer la qualité de ce mémoire.

---

Monsieur BOUKLI HACENE Fouad pour sa présence, il m'a fait l'honneur de participer au Jury de soutenance ; je le remercie profondément.

Madame DJAROUD Samira d'avoir été examinatrice de ma thèse, d'avoir bien voulu participer à l'évaluation de ce travail

Je tiens à exprimer ma reconnaissance envers Monsieur BENABDELI Khéloufi, il a largement contribué à améliorer ma thèse, Je le remercie également pour son accueil chaleureux à chaque fois que j'ai sollicité son aide, j'ai été extrêmement sensible à ses qualités humaines, sa gentillesse et sa disponibilité.

Je voudrais adresser un remerciement particulier au Professeur KANDOUCI Abdelkerim et docteur BELHADJ, leurs précieux conseils ont été des atouts indispensables à l'aboutissement de cette thèse. La particularité de l'étude des liens santé – environnement est certainement sa pluridisciplinarité. Ce sujet de recherche m'a donc offert l'opportunité de rencontrer un grand nombre de personnes de divers horizons qui m'ont toutes apporté de nouveaux savoirs et un grand nombre de perspectives. Je tiens donc à remercier toutes ces personnes qui ont enrichi mon travail.

Je tiens à remercier monsieur AMERI Mohammed et l'ensemble de l'équipe de recherche du Laboratoire Physico-Chimie des Matériaux Avancés (LPCMA). Travailler avec eux a été un réel plaisir que du bonheur.

Les personnes les plus importantes de ma vie, ma famille, pour l'encouragement continu, le soutien financier et moral constant et la bienveillance sensationnelle de ma tendre très chère mère Dalila et mon père Abdelkader. Merci à vous deux pour tout ce que vous avez fait pour moi durant tout le parcours de ma vie et grâce auquel je suis là présente aujourd'hui.

---

*C'est toi, Qui me supporte tout le temps, Qui me cède ce bonheur ,Qui me fait sourire*

*C'est moi ,A présent, Qui te rend cet honneur, Un peu, pour te séduire*

*À toi, maman...*

## **I. ABSTRACT**

Exposures to environmental pollution remain a major source of health risk throughout the world. The purpose of this paper is to estimate the impact of occupational activities on health and environment. To establish the relationship between health and environment factors, two types of professional activities were studied, environmental and health hazard associated with exposure to pollution inside two workplace environments (textiles industry, desalination plants) were identified. Textile effluents containing reactive dyes are often very complex and require intensive treatments. The results obtained confirm the effectiveness of the combined Bentonite adsorption (B) process followed by electroflotation (EF). The results obtained indicate that the effluent treated by this method contains approximately no turbidity, color or COD. This treated wastewater may be used for recycling or reuse. The desalination of seawater makes it possible in particular to increase the available freshwater resource, to provide a solution in case of drought and to cope with the situations shortages and crises. There are several negative environmental consequences, significant energy needs and therefore a climate impact related to the water sector. The impacts of this climate change (CC) on human health are numerous, linked to periods of extreme temperatures, infectious diseases and climate disasters. Some factors, such as heat waves, will have a direct impact on people's health. Researchers are continually looking for ways to further reduce energy consumption. There is growing interest in reducing water consumption by reusing the treated wastewater and eliminating greenhouse gas emissions by fueling desalination with renewable energies, directly or indirectly. This can allay some concerns about the massive energy requirements of these systems. But it must be viewed in a broader context and requires in-depth studies, ecologically and economically. But it must be viewed in a broader context and requires in-depth studies, ecologically and economically.

## **II. KEYWORDS**

Pollution-wastewater - Impact - Environment- Human Health - Desalination.

### **III. RÉSUMÉ**

L'examen des liens entre environnement et santé conduit généralement à considérer les effets de l'environnement sur la santé. Le nombre de façons dont les humains affectent l'environnement est en train de proliférer et exercent une influence croissante sur le climat et la température de la terre. On sait aussi que des conditions environnementales, et un mode de vie défavorables, coexistent dans plusieurs secteurs. Ces facteurs constituent un risque majeur pour la santé de l'homme et la durabilité de l'écosystème à l'échelle régionale et globale. En conséquence, l'équilibre naturel est modifié. Le pays est très vulnérable aux effets multiformes des changements climatiques ce qui contribue à l'aggravation des menaces déjà existantes. Notre travail s'intéresse à l'impact de l'industrie textile et le dessalement de l'eau de mer sur l'environnement et la santé, en mettant l'accent sur la pénurie d'eau aggravée par de sérieux problèmes de pollution. Les effluents textiles contenant des colorants réactifs sont souvent très complexes et nécessitent des traitements intensifs, Les résultats obtenus confirment l'efficacité du procédé combiné Adsorption sur Bentonite (B) suivie d'une électro flottation (EF) et indiquent que l'effluent traité par cette méthode ne contient pratiquement aucune turbidité, couleur ou DCO. Ces eaux usées traitées peuvent être utilisées à des fins de recyclage ou de réutilisation pour pallier le manque d'eau. Le dessalement de l'eau de mer est aussi un moyen d'augmenter les ressources en eau, fournir une solution en cas de sécheresse et de faire face aux situations de pénuries et de crises. Mais ils soulèvent des préoccupations au sujet des émissions de gaz à effet de serre, les rejets saumures, l'eau chaude et les produits chimiques. Les concepteurs et les chercheurs de dessalement cherchent continuellement des moyens de réduire davantage la consommation d'énergie. Il y a un intérêt croissant pour la réduction ou l'élimination des émissions de gaz à effet de serre responsables des changements climatiques en alimentant le dessalement avec des énergies renouvelables, directement ou indirectement. Mais il doit être envisagé dans un contexte plus vaste et nécessite des études approfondies, écologiquement et économiquement.

### **IV. MOTS-CLÉS**

Pollution- polluants- Impact - Environnement- Santé humaine – Développement durable.

## V. ملخص

تؤثر الأنشطة البشرية والتحديات المستمرة بشكل سلبي على البيئة، سواء كانت صناعية أو كيميائية أو زراعية أو صناعية، بشكل مباشر أو غير مباشر عن تدهور البيئة، وهذه التهديدات البيئية تمثل دورها تهديدا كبيرا على الصحة. تهدف دراستنا الى تسليط الضوء على تأثير صناعة الغزل والنسيج وتحتوية مياه البحر على البيئة والصحة عبر دراسة شاملة تقييم مفصل لما يمكن ان يترتب عن هذه المحالات من نتائج. فالنفايات السائلة التي تحتوي على أصباغ النسيج غالبا ما تكون معقدة جدا وتتطلب علاجا مكثفا، وتؤكد النتائج فعالية الجمع بين عملية امتصاص البنونيت (B)، يليه الطفو الكهربائي. تشير النتائج إلى أن مياه الصرف المعالجة بواسطة هذا الأسلوب لا تحتوي تقريبا على أي تعكر اللون أو المواد العضوية المنحللة. كما تبين إمكانية وسبل إعادة استخدام هذه المياه المعالجة. من جانب آخر تحلية مياه البحر تجعل من الممكن على وجه الخصوص زيادة موارد المياه العذبة المتاحة، وتوفير حل لحالة الجفاف في المنطقة كما تساعد التصدي للأوضاع العاجلة والأزمات المتعلقة بندرة المياه في المنطقة غير ان لها عواقب وخيمة على البيئة تشمل الاحتياجات الضخمة من الطاقة، وتؤثر سلبا على تقاوم ظاهرة الاحتباس الحراري التي تؤدي بدورها الى الاضرار بالبيئه و الصحة من خلال المساهمة في ظاهرة التغيرات المناخية. يعمل المتخصصون والباحثون في مجال التحلية باستمرار عن طرق لخفض استهلاك الطاقة كما ان هناك اهتمام متزايد بخفض انبعاثات غازات الاحتباس الحراري أو القضاء عليها عن طريق تزويد مصانع تحلية المياه بالطاقة المتجددة، بصورة مباشرة أو غير مباشرة. هذا ما يمكن من تقليص المخاوف المتعلقة بشأن متطلبات المياه و الطاقة الهائلة لهذه النظم. ولكن يجب أن ينظر إلى الموضوع في سياق أوسع ويتطلب دراسات معمقة، إيكولوجيا واقتصاديا.

## VI. الكلمات المفتاحية

التلوث - الملوثات - الأثر - البيئة - الصحة البشرية - التنمية المستدامة.

---

# SOMMAIRE

REMERCIEMENTS .....	I
I. ABSTRACT .....	V
II. KEYWORDS .....	V
III. RESUME .....	VII
IV. MOTS-CLES .....	VII
V. ملخص .....	VIII
VI. الكلمات المفتاحية .....	VIII
LISTE DES FIGURES.....	XI
LISTE DES TABLEAUX.....	XIII
LISTE DES ABBREVIATIONS.....	XIV
INTRODUCTION GÉNÉRALE .....	2
I. CHAPITRE 1 : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE .....	9
1.1. Environnement et sante.....	9
1.2. Pollution de L'environnement.....	12
1.3. Environnement De Travail Et Santé .....	25
II. CHAPITRE 2 : LES EFFETS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LA SANTE HUMAINE, ANIMALE ET VEGETALE.....	34
2.1. introduction .....	34
2.2. Climat de l'Algérie : tendances et projections .....	35
2.3. Projections de changements climatiques.....	40
2.4. impacts du changement climatique sur la santé humaine, animale et végétale.....	44
III. CHAPITRE 3 : IMPACT ET VALORISATION DES EAUX USEES TEXTILES EPUREES.....	53
3.1. Introduction .....	53
3.2. L'industrie du textile et de l'habillement en Algérie.....	54
3.3. Identification et description des courants résiduaire et impacts environnementaux associés .....	55
3.4. Impact de l'industrie textile sur l'environnement .....	61
3.5. Valorisation des eaux usées textiles .....	66



---

3.6.	Impact sur la santé humaine et l'environnement .....	76
3.7.	Conclusion .....	79
<b>IV.</b>	<b>CHAPITRE 4 : DESSALEMENT DE L'EAU DE MER ENTRE IMPACT ENVIRONNEMENTAL ET TRANSITION ENERGETIQUE</b> .....	<b>83</b>
4.1.	introduction .....	83
4.2.	ressources hydriques, dessalement de l'eau de mer et changements climatiques	84
4.3.	Impacts du dessalement sur le milieu récepteur .....	91
4.4.	Le Dessalement Durable .....	95
4.5.	Conclusion .....	98
<b>V.</b>	<b>CHAPITRE 5 : PARTIE EXPERIMENTALE</b> .....	<b>103</b>
5.1.	Introduction .....	103
5.2.	Zone d'étude.....	104
5.3.	Matériel.....	104
5.4.	Méthodologie des expériences d'Adsorption.....	106
5.5.	Electroflottation .....	108
5.6.	Méthode de caractérisation du surnageant .....	114
5.7.	RESULTATS ET DISCUSSION .....	116
5.8.	Conclusion .....	122
<b>VI.</b>	<b>CHAPITRE 6 :ÉVALUATION DES IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX ET SANITAIRES : DISCUSSION DES RESULTATS</b>	<b>127</b>
6.1.	Introduction .....	127
6.2.	Etat des connaissances sur le SMI.....	127
6.3.	Impacts de l'activité textile et gestion des risques.....	137
6.4.	Le dessalement eau de mer .....	142
6.5.	Les changements climatiques .....	151
6.6.	Impacts sanitaires etRisques professionnels .....	157
6.7.	Recommandations d'atténuation des impacts .....	163
	<b>CONCLUSION GENERALE</b> .....	<b>165</b>
	<b>REFERENCES</b> .....	<b>168</b>
	<b>REFERENCES</b> .....	<b>169</b>

## Liste Des Figures

<b>Figure 1</b> : Décès prématurés imputables à l'exposition à l'ozone dans les zones urbaines en 2000 et 2030.....	21
<b>Figure 2</b> :Illustration des effets cumulatifs et synergiques du changement climatique à l'aide d'un exemple montrant comment les impacts sur le secteur de l'énergie peuvent amplifier les effets directs des changements climatiques sur la santé humaine.....	35
<b>Figure 3</b> : Évolution des températures moyennes annuelles de l'Algérie (1901-2000).....	36
<b>Figure 4</b> : Pourcentage d'écarts à la normale (1961-1990) des précipitations observées au niveau de chaque station durant la saison Juin-Juillet-Aout (été 2017). ....	38
<b>Figure 5</b> : les précipitations de l'Algérie (1901-2000).....	39
<b>Figure 6</b> : Évolutions des températures et des précipitations en Afrique d'après les simulations MMD-A1B.....	42
<b>Figure 7</b> : Mortalités liées à la chaleur dans la population de 65 ans et plus, Algérie (décès / 100 000 habitants de 65 ans et plus) (organisation mondiale de la santé, 2016) . ....	49
<b>Figure 8</b> : schéma teinture fibres en coton et mélanges .....	57
<b>Figure 9</b> : schémas teinture des fibres et fils en laine et mélanges .....	59
<b>Figure 10</b> : L'augmentation de l'impact négatif de l'industrie textile d'ici 2050 .....	65
<b>Figure 11</b> : Pénurie physique d'eau en 2010 (figure du haut) et variations prévisionnelles de la pénurie d'eau* en 2050 figure du bas) basées sur le scénario middle-of-the-road (intermédiaire) (WWAP,2017). ....	68
<b>Figure 12</b> : Estimation des concentrations de bactéries coliformes fécales (CF) dans les cours d'eau, Afrique,Amérique latine et Asie (février 2008-2010).....	70
<b>Figure 13</b> : Tendence des concentrations de la demande biologique d'oxygène (DBO) dans les fleuves entre 1990 et 1992 puis entre 2008 et 2010.....	70
<b>Figure 14</b> : Réutilisation mondiale de l'eau après un traitement avancé (tertiaire) : Part de marché par domaine d'utilisation.....	72
<b>Figure 15</b> : Programmes municipaux de réutilisation de l'eau, par domaine d'application.....	74
<b>Figure 16</b> : Diminution de la disponibilité de l'eau par habitant : Une menace croissante dans la région MENA ((a : Stress hydrique moyen par pays, 2000-09, b : Stress hydrique moyen par pays, 2020-30).....	86
<b>Figure 17</b> : Changements prévus dans la disponibilité de l'eau dans la région MENA, 2010-50(a : Précipitations, b : Ruissellement, ressources internes renouvelables) .....	87
<b>Figure 18</b> : répartition des stations de dessalement.....	88
<b>Figure 19</b> : Empreinte carbone du dessalement .....	95
<b>Figure 20</b> : carte de l'irradiation goobale directe annuelle moyenne période 2002-2011 .....	97

---

<b>Figure 21</b> : Carte des vitesses de vent à 10 m de hauteur (moyennes annuelles) .....	97
<b>Figure 22</b> .Mécanisme de l'électrolyse .....	110
<b>Figure 23</b> : Arrangement alternatif d'électrode pour électroflottation.....	112
<b>Figure 24</b> :Cellule d'électroflottation. ....	113
<b>Figure 25</b> :Elimination de la couleur en fonction de la masse de la bentonite B. ....	116
<b>Figure 26</b> :l'effet du pH sur l'élimination de la couleur .....	117
<b>Figure 27</b> :Elimination de couleur en fonction du temps de contact.....	118
<b>Figure 28</b> :Représentation linéaire des l'isothermes d'adsorption des colorants par la bentonite naturelle. ....	119
<b>Figure 29</b> :Représentation linéaire des l'isothermes d'adsorption des colorants par la bentonite naturelle. ....	120
<b>Figure 30</b> :l'efficacité d'élimination de couleur (●), DCO (■) et turbidité résiduelle (▲) en fonction de la densité de courant .....	121
<b>Figure 31</b> :l'efficacité d'élimination de couleur (●), DCO (■) et turbidité résiduelle (▲) en fonction du temps de contact. ....	122
<b>Figure 32</b> :Schéma de la STEP .....	139
<b>Figure 33</b> : Diminution des précipitations par saison.....	152
<b>Figure 34</b> : démarche générale de l'étude de dangers .....	158

## Liste des Tableaux

<b>Tableau I</b> : exemples de maladies d'origine chimique et substances en cause. ....	22
<b>Tableau II</b> .Données requises pour suivre les incidences du climat sur la santé.....	47
<b>Tableau III</b> . Origine des courants résiduaire (Processus teinture et finissage des tissus en coton).....	56
<b>Tableau V</b> . Encadrement de la gestion des eaux usées du point de vue des ressources.....	72
<b>Tableau VI</b> . Le programme de dessalement de l'eau de mer en Algérie.....	89
<b>Tableau VII</b> . Propriétés physiques de la bentonite (B). ....	105
<b>Tableau VIII</b> . Caractéristiques de l'eau résiduaire textile. ....	106
<b>Tableau IX</b> : Coefficients de Freundlich et Langmuir pour l'adsorption du Couleur à 25 °C.	119
<b>Tableau X</b> . Les composantes de la méthode des 5M .....	129
<b>Tableau XI</b> .Corrélation Environnement-Santé.....	133
<b>Tableau XII</b> . Modèle de matrice d'évaluation des impacts environnementaux et sanitaires	133
<b>Tableau XIII</b> . Normes de rejets des installations classées .....	139
<b>Tableau XIV</b> . Impacts environnementaux et sanitaires .....	140
<b>Tableau XV</b> . Matrice de synthèse des impacts.....	141
<b>Tableau XVI</b> . Impacts jugés dangereux.....	141
<b>Tableau XVII</b> . Produits utilisés et buts et devenirs.....	143
<b>Tableau XVIII</b> . Résultats analyses eau brute et eau de rejet .....	146
<b>Tableau XIX</b> . Impact atmosphérique .....	146
<b>Tableau XX</b> . Résumé des phases de pré-(a) et post-(b) traitement au cours de la production d'eau potable par dessalement.....	148
<b>Tableau XXI</b> . Matrice des impacts (Grille d'impacts néfastes sur l'environnement associés aux procédés de dessalement.....	149
<b>Tableau XXII</b> . Matrice des impacts .....	150
<b>Tableau XXIII</b> . Diminution des précipitations en Oranie entre 1931 et 2010.....	152
<b>Tableau XXIV</b> . Evaluation des impacts sur les domaines environnementaux .....	157
<b>Tableau XXV</b> . Matrice d'inventaire et de présence du risque .....	162
<b>Tableau XXVI</b> . Evaluation Globale Des Risques .....	163

---

## Liste Des Abréviations

<b>OMS (WHO)</b>	L'Organisation Mondiale De La Santé
<b>CIRC</b>	Centre International De Recherche Sur Le Cancer
<b>UNEP</b>	Programme Des Nations Unies Pour L'environnement
<b>UN-WATER</b>	Organisation des Nations Unies pour l'eau (United Nations Water)
<b>OMM</b>	Organisation Météorologique Mondiale
<b>COP</b>	La Conférence Annuelle Des Parties Au Protocole De Kyoto
<b>OCDE</b>	L'Organisation de Coopération et de Développement Économiques
<b>EPA</b>	L'Agence Américaine De Protection De L'environnement
<b>INRS</b>	Institut National De Recherche Et De Sécurité
<b>COV</b>	Composés Organiques Volatils
<b>EF</b>	Electrolocation
<b>MATE</b>	Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement
<b>DCO</b>	La demande chimique en oxygène,
<b>DBO</b>	La Demande Biochimique En Oxygène
<b>AOX</b>	Halogène organique adsorbable
<b>EUT</b>	Eaux usées traitées
<b>MRE</b>	Ministère des Ressources en Eau
<b>GIEC</b>	Groupe D'experts Intergouvernemental Sur L'évolution Du Climat
<b>ONM</b>	L'Office National de Météorologie
<b>MGCTI</b>	La méthode graphique chronologique de traitement de l'information
<b>CCNUCC</b>	La Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques
<b>CC</b>	Changement Climatique
<b>GES</b>	Gaz à Effet de Serre

---

<b>BM</b>	Bassin méditerranéen
<b>UKHI</b>	Le Met Office du Royaume-Uni, (United Kingdom Meteorological Office High Resolution)
<b>ENSO</b>	L'océan Pacifique El Niño/oscillation australe

# INTRODUCTION GENERALE

---

## INTRODUCTION GÉNÉRALE

Bien qu'il existe une interdépendance claire entre la santé publique et l'environnement, Chacun de ces concepts a vécu bon nombre de transformations et d'évolution. L'interaction entre l'environnement et la santé humaine a été reconnue depuis longtemps. Hippocrate (v. 460 - 377 av. J.-C.) écrivait dans son traité « Airs, eaux, lieux De l'art médical » : « *Pour approfondir la médecine, il faut considérer d'abord les saisons, connaître la qualité des eaux, des vents, étudier les divers états du sol et le genre de vie des habitants* ». Aujourd'hui, on sait qu'un lien étroit existe entre l'état de l'environnement et l'état de la santé humaine. Pour désigner ce lien, on parle de « santé environnementale ». C'est seulement, depuis les années 1990 que les scientifiques sont en mesure de démontrer clairement l'existence de ce lien grâce à des études épidémiologiques et aux nouveaux moyens techniques qui permettent de mesurer les effets dans le temps de l'accumulation de petites quantités toxiques. Plus récemment, la notion de santé environnementale a été développée par l'OMS. Le préambule de la Constitution de l'Organisation mondiale de la santé (O.M.S.), adoptée le 22 juillet 1946, définit la santé non plus comme l'absence de maladies mais comme un « *état de bien-être total physique, social et mental de la personne* ». Cet énoncé a été complété en 1986 par la charte d'Ottawa qui prévoit la mise en place par les États de politiques de soins et qui introduit le rôle de l'environnement dans la santé humaine. "*L'environnement est la clé d'une meilleure santé*", déclare l'OMS (L'Organisation mondiale de la santé, à la Conférence ministérielle "santé et environnement", Londres, juin 1999). Bien que la notion d'environnement soit imprécise, le lien entre l'environnement et la santé, ou plutôt entre l'environnement et les risques pour la santé, est ainsi nettement affirmé. La santé environnementale, telle qu'elle est définie dans le premier PNSE (premier Plan National Santé Environnement, France 2004) constitue « *l'ensemble des interactions entre l'Homme et son environnement et les effets sur la santé liés aux conditions de vie (expositions liées à la vie privée et/ou professionnelle...) et à la contamination des différents milieux (eau, air, sol...)* ». La notion d'environnement renvoie alors aux différents milieux de vie des populations et écarte ce qui relève de l'exposition volontaire et du comportement individuel comme le tabagisme, la consommation d'alcool ou les habitudes alimentaires. Le domaine de la santé environnementale a évolué au cours des dernières années, L'interaction entre la santé humaine et l'environnement a été largement étudiée et il a été prouvé que les risques environnementaux ont un impact significatif sur la santé humaine, soit



---

directement en exposant les gens à des agents nocifs, soit indirectement en perturbant les écosystèmes vitaux.

Le milieu de vie peut être constitué de l'environnement domestique, extérieur, mais aussi professionnel. Dans le cadre de ce travail, nous nous intéressons à l'exposition professionnelle. L'identification des dangers pour la santé environnementale découle souvent de l'observation des effets néfastes sur la santé chez les travailleurs et c'est incontestablement sur le lieu de travail que l'impact des expositions industrielles est le mieux compris.

L'examen des liens entre environnement et santé conduit généralement à considérer les effets de l'environnement sur la santé. Le nombre de façons dont les humains affectent l'environnement est en train de proliférer. Ce sont ces changements récents, en raison de l'incertitude qui les entoure et du peu d'expérience que nous avons de leurs effets potentiels, qui ont suscité le plus de préoccupations. Ce travail de thèse cherche à mettre en évidence les interactions entre l'individu et l'environnement de travail soit directement en exposant les gens à des agents nocifs, ou indirectement en perturbant les écosystèmes vitaux.

L'objectif de cette étude est de mieux comprendre comment nous interagissons avec notre environnement naturel et quelles seront les conséquences pour la durabilité des biens environnementaux et de la santé humaine. Ainsi, Ces travaux s'attachent à décrire la nature des risques liés aux activités professionnelles et les raisons pour lesquelles on fait le lien entre la santé en relation avec l'environnement et la santé au travail. Celui-ci influence notre santé de diverses façons à travers des expositions à des facteurs de risques ainsi qu'à travers nos changements de comportement face à ces risques. Quelle est la charge de pollution qui pourrait être évitée grâce à une gestion durable des milieux de travail ? Ainsi, nous chercherons à évaluer si les individus ayant un état de santé dégradé vivent dans un environnement de travail dégradé, tout en intégrant les paramètres chimiques. Ce questionnaire sera étudié à travers trois axes de recherche.

Dans le premier axe (le chapitre 1), une introduction bibliographique de ce manuscrit, Cette partie introductive fait le point sur l'état des connaissances existantes sur ce sujet et situe le contexte de la thèse. Elle propose une réflexion sur les concepts de santé et d'environnement et leur évolution, passe brièvement en revue la corrélation entre la santé et le milieu de travail, les problèmes dans le domaine de l'environnement en général et le concept de « santé

---

environnementale ». La seconde partie de ce chapitre met en lumière certaines des principales données probantes concernant l'impact sur la santé des environnements urbains, y compris l'exposition aux polluants atmosphériques, aux déchets, à l'eau et aux phénomènes météorologiques extrêmes. Nous nous intéresserons également à l'identification des risques éventuels pour la santé liés au milieu de travail ; et leurs interactions avec d'autres facteurs susceptibles d'influer sur la santé et les écosystèmes.

Du point de vue méthodologique, et en raison de la pluridisciplinarité et de la diversité des aspects de la problématique étudiée. Au vu de la diversité des polluants connus et de leurs nombreux effets sur la santé et suite à l'ampleur des données, il semble difficile et illusoire de vouloir faire le tour de la question dans le cadre d'un seul et unique travail. La problématique de cette thèse, telle qu'elle a été exposée dans le contexte, recouvre un champ d'investigation extrêmement vaste qu'il s'est avéré nécessaire de restreindre notre domaine d'étude en nous intéressant aux changements climatiques comme impact à l'échelle globale de et à de deux milieux professionnels (l'industrie textile et la filière du dessalement de l'eau de mer) à l'échelle régionale .

Le chapitre 2 vise à donner un aperçu des principaux problèmes de santé humaine, animale et végétale liés au changement climatique. La présente évaluation se fonde sur une approche principalement régionale pour examiner les possibilités et les risques actuels et futurs du changement climatique pour l'Algérie. En mettant l'accent sur les répercussions sur la santé humaine et les différents écosystèmes, il repose sur une analyse des données et les indications du changement et la variabilité passés du climat ainsi que des prévisions de changement à venir.

Le chapitre 3 présente les principaux enjeux et défis liés à la gestion des flux d'eaux usées dans un contexte plus large de la gestion des ressources en eau, soulignant l'importance des eaux usées en tant que ressource précieuse mais inexploitée, en particulier dans une situation de stress hydrique. Entraînée par l'accroissement démographique et l'urbanisation, l'industrialisation, l'expansion et l'intensification, l'agriculture et les impacts des changements climatiques, les preuves de l'ampleur de la dégradation de la qualité de l'eau douce sont innombrables.

Face à une demande accrue, les eaux usées prennent de l'ampleur en tant que source d'eau alternative à coût abordable visant à la protection des ressources hydriques, la minimisation des

---

risques pour la santé et le maintien de la qualité de l'environnement. Au cours des dernières années, les déversements des rejets provenant de sources urbaines et industrielles ont fortement augmenté dans les oueds, ce qui constitue une menace majeure pour la qualité des eaux des barrages.

Toutefois, lorsqu'elles sont traitées de façon adéquate, les eaux usées traitées constituent une précieuse ressource qui, si elle est gérée de façon durable, offre un éventail d'opportunités. Mais malheureusement, les pratiques de récupération des ressources restent limitées, le déversement de la plupart des effluents directement dans les masses d'eau à un impact évident sur la santé des individus et des écosystèmes. L'utilisation des eaux usées épurées pour répondre aux problèmes de la disponibilité en eau dans l'agriculture revêt également une grande importance, étant donné que les eaux usées constituent potentiellement une source abordable et durable d'eau, d'énergie, de nutriments, de matières organiques et d'autres sous-produits utiles, permettent aux sols d'améliorer la gestion des nutriments et donc d'abaisser la demande d'engrais. Dans l'optique de réaliser ces objectifs, la maximisation de son potentiel en tant que ressource durable nécessitera la mise en place de technologies innovantes permettant de récupérer et de réutiliser les eaux usées de façon très efficace, tout en minimisant les besoins en eau douce. Les déterminants externes des tendances futures en matière de qualité et réutilisation des eaux usées sont décrits, avec un accent particulier sur l'amélioration de la gestion des eaux usées.

L'objectif du chapitre 4 est d'évaluer l'impact du dessalement de l'eau de mer sur l'environnement et la santé. L'Algérie est très vulnérable au changement climatique en raison de sa position géographique et de ses caractéristiques climatiques. En tant que région à dominante aride et semi-aride, l'Algérie doit gérer avec soin ses ressources en eau limitées. De plus, la croissance démographique et les impacts prévus du changement climatique vont probablement augmenter la fréquence et la gravité des épisodes de sécheresse. Avec un littoral de 1200 km sur le versant sud de la Méditerranée, le pays a adopté une stratégie nationale de l'eau comprenant un vaste programme de dessalement de l'eau de mer pour répondre aux besoins en eau, treize méga-usines de 100 000 à 500 000 m<sup>3</sup> par jour ont été installées au cours des dernières années. Cependant, comme ils sont exploités avec des combustibles fossiles, le dessalement est une option d'approvisionnement en eau coûteuse. Les besoins élevés en énergie du dessalement de l'eau de mer soulèvent également des préoccupations au sujet des émissions

---

de gaz à effet de serre. L'Algérie travaille pour améliorer l'efficacité de l'utilisation de l'eau. La stratégie énergétique du pays est résolument tournée vers le développement durable en lançant un programme ambitieux de développement des énergies renouvelables et de promotion de l'efficacité énergétique. Ce chapitre analyse les technologies actuelles de dessalement et examine à la fois la consommation d'énergie et la durabilité environnementale.

Le chapitre 5 est consacré à la partie expérimentale. Un effluent textile a été traité par un procédé combiné. Le traitement comporte deux étapes : la première est une adsorption sur bentonite (B) suivie d'une électro flottation (EF) pour améliorer l'efficacité du traitement. Les effets de la concentration en B, du pH, du temps de contact et la densité de courant ont été étudiés.

Le chapitre 6 présente la méthode d'évaluation des impacts liés aux milieux professionnels étudiés. L'évaluation de l'importance des impacts sur les composantes du milieu biologique et du milieu humain s'appuie sur l'appréciation de l'intensité, la nature, la durée de la perturbation, l'étendue de l'impact envisagé. A cela s'ajoute les potentielles additions et interactions des différents effets identifiés entre eux sur une ou plusieurs composantes environnementales. La corrélation entre les descripteurs utilisés permet d'établir une appréciation globale des divers impacts. Celle-ci constitue un indicateur synthèse qui permet de porter un jugement global sur l'impact que causerait les projets aux éléments environnementaux.

Une discussion et une conclusion générale analysent et critiquent finalement les résultats obtenus dans le cadre de cette thèse, puis offre une vue des perspectives de recherche.

CHAPITRE 1 :  
SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

# I. CHAPITRE 1 : Synthèse Bibliographique

Selon 2 nouveaux rapports de l'Organisation mondiale de la Santé (OMS), plus d'un quart des décès d'enfants de moins de 5 ans est attribuable à la pollution de l'environnement. L'air intérieur et extérieur pollué, l'eau contaminée, le manque d'assainissement adéquat, les risques toxiques, les vecteurs de maladies, le rayonnement ultraviolet et les écosystèmes dégradés sont tous des facteurs de risque environnementaux importants. Dans les pays en développement en particulier, les risques environnementaux et la pollution contribuent largement aux décès, aux maladies et aux handicaps liés aux maladies respiratoires aiguës, aux maladies diarrhéiques, aux blessures physiques, aux empoisonnements, aux maladies transmises par les insectes et aux infections périnatales. La mort et la maladie infantiles dues à des causes telles que la pauvreté et la malnutrition sont également associées à des modes de développement non viables et à des environnements urbains ou ruraux dégradés (WHO, World Health Organization, 2018).

## 1.1. ENVIRONNEMENT ET SANTE

La définition de l'environnement aujourd'hui utilisée en santé environnementale ne se réduit pas à la pollution des milieux, elle englobe tous les agents physiques, chimiques et biologiques externes à l'individu auxquels il est « exposé (WHO, Organization World Health, 2000) (WHO, World Health Organization, 2018). La salubrité de l'environnement concerne tous les facteurs physiques, chimiques et biologiques exogènes et tous les facteurs connexes influant sur les comportements. Cette notion recouvre l'étude des facteurs environnementaux susceptibles d'avoir une incidence sur la santé, ainsi que la lutte contre ceux-ci. L'hygiène du milieu vise à prévenir les maladies d'origine environnementale et à créer un environnement favorable à la santé. Cette définition exclut les comportements qui ne sont pas en rapport avec l'environnement, les comportements liés au milieu social et culturel et les facteurs génétiques (OMS) Selon l'OMS « La santé est un état de complet bien-être physique, mental et social, et ne consiste pas seulement en une absence de maladie ou d'infirmité ». La citation bibliographique de cette définition est la suivante : « Préambule à la Constitution de l'Organisation mondiale de la Santé, tel qu'adopté par la Conférence internationale sur la Santé, New York, 19 juin -22 juillet 1946 ; signé le 22 juillet 1946 par les représentants de 61 États.

(Actes officiels de l'Organisation mondiale de la Santé, n°. 2, p. 100) est entrée en vigueur le 7 avril 1948 ». Cette définition n'a pas été modifiée depuis 1946. Cette définition considère un environnement qui peut être modifié ou manipulé en vue d'éliminer un risque dominant, sans porter atteinte aux autres fonctions de l'écosystème.

Le terme santé environnementale s'est développé au fil du temps. Il a ses origines dans la santé publique, l'assainissement et l'hygiène : termes souvent considérés comme interchangeables. L'Organisation mondiale de la santé (OMS) a défini la santé environnementale comme comprenant les aspects de la santé humaine et de la maladie qui sont déterminés par des facteurs environnementaux. Cependant, cette définition n'était pas universellement acceptée et, à la suite d'une consultation de l'OMS en Bulgarie en octobre 1993, la définition ci-dessous a été adoptée.

Il convient de noter que la conférence d'Helsinki, organisée par l'OMS aussi, a été à l'origine de l'introduction de la notion de santé environnementale. Cette notion comprend, dit l'OMS, « les aspects de la santé humaine, y compris la qualité de la vie, qui sont déterminés par les facteurs physiques, chimiques, biologiques, sociaux, psychosociaux et esthétiques de notre environnement » (WHO, World Health Organization, February 2018). Donc « la santé environnementale – dis l'OMS toujours – concerne également la politique et les pratiques de gestion, de résorption, de contrôle et de prévention des facteurs environnementaux qui sont susceptibles d'affecter la santé des générations actuelles et futures » (Sauvant-Rochat, et al., 2017).

Les risques environnementaux peuvent avoir un large éventail d'effets de nature, d'intensité et d'ampleur variables, selon le type de danger auquel les personnes sont exposées, le niveau d'exposition et le nombre de personnes touchées. Les maladies les plus importantes sont associées à plus d'un type d'exposition, et les risques environnementaux interagissent avec les facteurs génétiques, la nutrition et le style de vie en provoquant la maladie. Les risques environnementaux incluent de nouveaux dangers, ainsi que l'épilation et le déclin de dangers plus familiers. Ces différentes menaces pour la santé environnementale peuvent être divisées en risques traditionnels, associés à un manque de développement, et aux risques modernes associés à un développement non durable (Martens, et al., 2002).

En 2012, environ 12,6 millions de décès dans le monde étaient attribuables à l'environnement. L'air que nous respirons, la nourriture que nous mangeons, l'eau que nous

buvons et les écosystèmes qui nous soutiennent sont responsables de 23% des décès dans le monde (UNEP, 2016). Il y avait de grandes différences régionales dans la contribution de l'environnement à diverses maladies - en raison des différences dans les expositions environnementales et l'accès aux services de santé dans les différentes régions (Pruss-Ustun, et al., 2011).

En outre, Le pourcentage de la maladie, imputable à l'environnement, est donné pour 85 catégories de maladies et de traumatismes, et est indiqué pour les 14 régions de l'OMS. Les résultats montrent que des facteurs de risques environnementaux jouent un rôle dans plus de 80% des maladies régulièrement recensées par l'Organisation mondiale de la Santé. Globalement, on estime que 24% de la charge mondiale de morbidité et 23% de tous les décès peuvent être attribués à des facteurs environnementaux. Parmi les enfants (0-14 ans), ces chiffres s'élèvent à plus d'un tiers de la charge de morbidité (Prüss-Üstün, et al., 2006).

Alan Greene, MD déclare dans son livre Raising Baby Green que «si un produit chimique est « là-bas », il peut également être « là-dedans », ce qui signifie que tout produit chimique nocif trouvé dans notre environnement peut également entrer dans le corps de nos enfants (Greene, et al., 2007) Il cite les résultats préliminaires d'une étude menée en 2005 par le Groupe de santé environnementale dans laquelle le sang du cordon ombilical de dix bébés nés entre août et septembre 2004 a été examiné pour les toxines. Les résultats ont été spectaculaires : le sang de cordon de chaque bébé présentait en moyenne 200 produits chimiques, dont des produits ignifuges, du mercure et des pesticides. Au total, 287 produits chimiques différents ont été détectés, dont 180 sont connus pour causer le cancer, dont 217 sont connus pour être des neurotoxines (Environmental Working Group, 2005) (Genuis, 2006).

Selon la source des données et les facteurs pris en considération, les fourchettes d'estimation des cancers attribuables aux expositions environnementales sont très variables allant de 5 % pour le CIRC (Hill, et al., 2008) à 19 % pour l'OMS. Pour l'Institut National de Veille Sanitaire (INVS), 5 à 10 % des cancers seraient liés à des facteurs environnementaux, soit 15 000 à 30 000, 4 et 8,5 % des cancers seraient liés aux expositions professionnelles (MBERNON, 2002) et 25 à 30 % des cancers seraient imputables aux comportements individuels (tabagisme, alcool, obésité). Selon la source des données et la pathologie, la part attribuable aux facteurs de risque environnementaux (risque attribuable) varie de façon considérable, on estime par exemple à 4



% la part des expositions environnementales et professionnelles dans les leucémies, tandis qu'elle est de 83 % pour les mésothéliomes (Chasles, et al., 2011).

Cette augmentation constatée de l'incidence de plusieurs cancers a amené les chercheurs à développer des études sur les liens entre l'exposition à des facteurs physiques, chimiques ou biologiques présents dans l'atmosphère, l'eau, les sols ou l'alimentation et certains cancers.

## 1.2.POLLUTION DE L'ENVIRONNEMENT

L'activité humaine engendre des rejets gazeux, liquides et solides dans le milieu (atmosphère, eaux de surface, sol, nappes) qui, directement (rejets) ou indirectement, vont affecter les eaux souterraines. L'infiltration verticale (recharge) ou latérale (limites à flux entrant : berges de cours d'eau), la lixiviation de l'atmosphère et des sols va contribuer à la dégradation qualitative des ressources. Selon l'origine de la pollution, on distingue :

### 1.2.1. LA POLLUTION DES EAUX

La plupart des problèmes majeurs auxquels l'humanité est confrontée au XXI<sup>e</sup> siècle sont liés aux problèmes de quantité d'eau et / ou de qualité de l'eau (Schwarzenbach, et al., 2010). Ces problèmes vont être aggravés à l'avenir par les changements climatiques, entraînant des températures de l'eau plus élevées, la fonte des glaciers et une intensification du cycle de l'eau, avec potentiellement plus d'inondations et de sécheresses. La contamination de l'approvisionnement en eau et le manque d'installations de traitement des eaux usées compliquent la question de la disponibilité de l'eau. Cela affecte la santé humaine. Le manque d'accès à l'eau potable et à l'assainissement est à l'origine de 58% des cas de maladies diarrhéiques dans les pays à revenu faible ou intermédiaire. Une eau insalubre, des installations sanitaires inadéquates ou des conditions d'hygiène insuffisantes entraînent 3,5 millions de décès dans le monde, soit 25% des décès d'enfants de moins de 14 ans. Les 50 sites les plus importants touchent la vie quotidienne de 64 millions de personnes. Quelque 107 000 personnes meurent chaque année de l'exposition à l'amiante et 654 000 sont mortes de l'exposition au plomb en 2010 (UNEP, 2016).

La pollution de l'eau peut être définie de plusieurs façons. Habituellement, cela signifie qu'une ou plusieurs substances se sont accumulées dans l'eau à tel point qu'elles causent des problèmes aux animaux ou aux humains (Laboy-Nieves, et al., 2008). Une petite quantité de

produits chimiques toxiques peut avoir peu d'impact si elle est déversée dans l'océan d'un navire. Mais la même quantité du même produit chimique peut avoir un impact beaucoup plus important pompé dans un lac ou une rivière, où il y a moins d'eau propre pour le disperser. Elle est donc d'une importance considérable pour plusieurs raisons. La plus évidente est la possibilité que les xénobiotiques pénètrent dans l'eau potable et constituent une menace directe pour la santé humaine. La contamination des poissons et des mollusques provenant à la fois de la mer (organismes marins) et des lacs et rivières d'eau douce (organismes aquatiques) peut également menacer la santé humaine lorsque ces aliments sont consommés. Beaucoup de micropolluants peuvent exercer des effets toxiques même à de si faibles concentrations, en particulier lorsqu'ils sont présents sous forme de mélanges. Le grand nombre et la grande variété structurale des micropolluants rendent cependant généralement très difficile l'évaluation de tels effets indésirables, qui souvent ne sont pas aigus mais qui sont des effets subtils et chroniques. Cela contraste avec les effets aigus et communs sur la santé du petit nombre de pathogènes bien connus qui peuvent être présents dans les eaux polluées. Par conséquent, compte tenu de la difficulté d'évaluer les effets des micropolluants sur la vie aquatique et la santé humaine et que des méthodes de traitement de l'eau appropriées et abordables pour leur élimination efficace ne sont pas disponibles dans de nombreuses régions du monde (Schwarzenbach, et al., 2010).

La pollution de l'eau revêt une importance considérable pour plusieurs raisons. La plus évidente est la possibilité que les xénobiotiques pénètrent dans l'eau potable et constituent une menace directe pour la santé humaine. La contamination des poissons et des mollusques et crustacés provenant de la mer (organismes marins) et des lacs et rivières d'eau douce (organismes aquatiques) peut menacer davantage la santé humaine lorsque ces aliments sont consommés. Les poissons plus gros (et plus âgés) ont souvent des niveaux plus élevés de substances toxiques liposolubles, mais les plus jeunes ont des taux métaboliques plus élevés et peuvent les concentrer plus rapidement

La cause immédiate de l'augmentation de la pollution de l'eau est la croissance des charges d'eaux usées dans les rivières et les lacs. Les causes ultimes sont la croissance de la population, l'augmentation de l'activité économique, l'intensification et l'expansion de l'agriculture et l'augmentation des raccordements à l'égout sans traitement ou avec un faible niveau de traitement. Outre sa pertinence pour la santé publique et la sécurité alimentaire, une bonne qualité de l'eau est également nécessaire pour assurer la santé des écosystèmes d'eau douce,

l'approvisionnement en eau de l'industrie et la disponibilité des eaux de surface pour les loisirs (UN-WATER, 2016).

Le traitement avancé de l'eau dans de nombreux pays développés a permis de réduire les concentrations d'agents pathogènes à des niveaux qui ne menacent guère la santé publique. Cependant, la contamination des sources d'eau par les pathogènes n'a pas été éliminée dans les pays développés, y compris ceux qui utilisent des technologies sophistiquées de traitement de l'eau. Dans certains pays, la contamination par les agents pathogènes est une menace réémergente résultant (a) de pathogènes relativement nouveaux et nouvellement découverts, tels que *Cryptosporidium*, qui résistent au traitement conventionnel ; et (b) les sources potentielles de contamination de l'eau nouvellement identifiées, telles que le bioterrorisme. La santé humaine a également souffert de la contamination chimique de l'approvisionnement en eau dans les pays développés et en développement. Les contaminants chimiques dans les eaux de surface et souterraines peuvent provenir naturellement ou de l'industrie, de l'agriculture et d'autres activités humaines. La nature et les sources de la contamination chimique peuvent être similaires ou différer considérablement entre pays développés et pays en développement (Levy, et al., 1983).

Les impacts de la pollution de l'environnement sur la qualité des eaux douces sont donc nombreux et existent depuis longtemps. Le développement industriel, l'avènement de l'agriculture intensive, le développement exponentiel des populations humaines et la production et l'utilisation de dizaines de milliers de produits chimiques synthétiques sont parmi les principales causes de la détérioration de la qualité de l'eau aux niveaux locaux, national et mondial. Le principal problème de la pollution de l'eau est l'interférence avec les utilisations réelles ou prévues de l'eau. L'une des causes les plus graves et omniprésentes de la dégradation de l'environnement est le déversement de déchets organiques dans les cours d'eau. Cette pollution est principalement préoccupante dans l'environnement aquatique où de nombreux organismes, par exemple les poissons, ont besoin de niveaux d'oxygène élevés. Un effet secondaire grave de l'anoxie hydrique est le rejet de substances toxiques provenant des particules et des sédiments de fond dans les rivières et les lacs. D'autres effets de la pollution des eaux usées domestiques rejetées dans les cours d'eau et les aquifères comprennent l'accumulation de nitrates dans les rivières et les eaux souterraines, ainsi que l'eutrophisation des lacs et des réservoirs. Dans les deux cas, la pollution est un effet synergique des effluents d'eaux usées et du ruissellement ou de l'infiltration agricole. Le suivi et l'évaluation de la qualité

de l'eau sont essentiels pour comprendre l'intensité et portée du défi mondial de la qualité de l'eau. Une bonne qualité de l'eau, associée à une quantité suffisante d'eau, est nécessaire pour atteindre les objectifs de développement durable en matière de santé, de sécurité alimentaire et de sécurité de l'eau. Faire face au défi mondial de la qualité de l'eau est étroitement lié à de nombreuses autres priorités de la société telles que la sécurité alimentaire et la santé. Par conséquent, les mesures visant à protéger la qualité de l'eau devraient être intégrées dans le concept plus large de durabilité et faire partie des efforts visant à atteindre les nouveaux objectifs de développement durable (UN-WATER, 2016).

Les problèmes de santé associés aux substances chimiques dissoutes dans l'eau découlent principalement de leur capacité à causer des effets nocifs après de longues périodes d'exposition; les contaminants qui ont des propriétés toxiques cumulatives, comme les métaux lourds et certains micropolluants organiques, les substances cancérigènes et les substances qui peuvent causer des effets sur la reproduction et le développement, sont particulièrement préoccupants (El-Harouny, et al., 2009). D'autres substances dissoutes dans l'eau sont des ingrédients essentiels de l'apport alimentaire et d'autres encore sont neutres par rapport aux besoins humains. Les substances chimiques présentes dans l'eau, en particulier dans l'eau potable, peuvent être classées en trois catégories types aux fins de l'impact sur la santé (Galal-Gorchev, 1986).

Substances présentant une toxicité aiguë ou chronique à la consommation. La gravité de l'atteinte à la santé augmente avec l'augmentation de leur concentration dans l'eau potable. En revanche, en deçà d'un certain seuil de concentration, aucun effet sur la santé ne peut être observé c'est-à-dire que le métabolisme humain peut gérer cette exposition sans effets mesurables à long terme. Divers métaux, nitrates, cyanures, etc. entrent dans cette catégorie.

Les substances génotoxiques, qui provoquent des effets sur la santé tels que la cancérogénicité, la mutagénicité et les anomalies congénitales. Selon la pensée scientifique actuelle, il n'existe pas de seuil qui pourrait être considéré comme sûr, puisque toute quantité de la substance ingérée contribue à l'augmentation du cancer et des risques similaires. Des modèles mathématiques complexes d'extrapolation mathématique sont utilisés pour déterminer ces risques, étant donné qu'il existe très peu de preuves épidémiologiques. Les matières organiques synthétiques, de nombreux micropolluants organiques chlorés, certains pesticides et l'arsenic entrent dans cette catégorie (Yassi, et al., 2001).

Pour certains éléments, tels que le fluorure, l'iode et le sélénium, la contribution de l'eau potable est cruciale et, en cas de carence, entraîne des effets plus ou moins graves sur la santé. Toutefois, à des concentrations élevées, ces mêmes substances causent des effets tout aussi graves sur la santé, mais de nature différente.

### 1.2.2. LA POLLUTION DES SOLS

La pollution des sols provient du déversement direct de déchets solides domestiques et industriels, mais ce n'est pas la seule cause. Elle peut provenir d'une application excessive de produits agrochimiques et d'une contamination indirecte résultant de fuites ou de la lixiviation de composants dangereux des sites d'élimination des déchets liquides ou des retombées atmosphériques. Les terres peuvent également être contaminées par des produits chimiques transformés, stockés ou déversés sur le site, peut-être dans un passé lointain. Une telle contamination peut présenter un risque pour la santé des travailleurs sur le site (Carson, et al., 1994).

Les principales causes de contamination sont les activités industrielles et commerciales passées et présentes ainsi que l'élimination et le traitement des déchets. Deux types de contamination des sols sont la contamination locale des sols (résultant d'activités industrielles intensives ou d'élimination des déchets) et la contamination diffuse des sols. La pollution par les métaux lourds et les contaminants organiques est probablement le problème le plus sérieux car la contamination est pratiquement irréversible. La contamination peut affecter la santé humaine soit par contact direct, soit par ingestion à travers la chaîne alimentaire. La contamination locale des sols se produit lorsque des activités industrielles intensives, une élimination inadéquate des déchets, des activités minières, des activités militaires ou des accidents ont introduit des quantités excessives de contaminants. Les sols n'ont qu'une capacité limitée à traiter ces contaminants, par filtrage ou par transformation. Contamination des sols : impacts sur la santé humaine.

La contamination du fond d'un sol est liée à la fois à la composition de base du sol et à la pollution supplémentaire due à l'homme. Cette dernière est liée à la pollution générale de l'air (précipitations, poussière) par les émissions industrielles et due aux usines qui utilisent énergie des combustibles fossiles ou des ordures ainsi qu'au aux usines métallurgiques ou de transformation du charbon. Cette pollution est aggravée localement et ponctuellement par la circulation automobile, et les industries diverses, les terrils, les décharges et l'agriculture (boues

d'épuration, utilisation de pesticides) et pourquoi, au niveau local on observe de grandes disparités dans les concentrations de polluants.

Tout risque de dépôt de terre nécessite une évaluation du risque de blessure ou de détérioration de la santé des personnes ou des animaux, des dommages à la végétation, de la pollution des eaux contrôlées, y compris des aquifères - directement ou à cause des eaux de ruissellement. Et accumulation à long terme, par exemple de métaux lourds ou de produits chimiques persistants (Mumford, et al., 2002).

### 1.2.3. LA POLLUTION ATMOSPHERIQUE

Au cours des 25 dernières années, dans les pays développés, les indicateurs généralement mesurés de la qualité de l'air urbain ont eu tendance à s'améliorer. En revanche, dans de nombreux pays en développement, des niveaux plus élevés de pollution de l'air ambiant résultent de la croissance rapide de la population urbaine, du développement de l'industrie, de l'intensification du trafic, de la disponibilité limitée du carburant propre et du manque des mesures de lutte efficaces (Levy, et al., 1983).

La pollution de l'air est le plus grand risque environnemental au monde : quelque 7 millions de personnes<sup>3</sup> meurent chaque année à cause de l'exposition quotidienne à la mauvaise qualité de l'air causée par la pollution de l'air et par les émissions de production d'électricité, transport, fours industriels, briqueteries, feux de forêt, brûlis de tourbières et tempêtes de poussière et de sable (UNEP, 2016).

La révolution industrielle a augmenté les concentrations de CO<sub>2</sub> et d'autres gaz polluants comme le protoxyde d'azote, le méthane, l'ozone (O<sub>3</sub>) et les chlorofluorocarbones (CFC) qui absorbent les radiations infrarouges. Comme le verre sur une serre, ces gaz empêchent la radiation de s'échapper. Plusieurs études ont proposé qu'à la fin du XXI<sup>e</sup> siècle, la concentration de CO<sub>2</sub> doublera dans l'atmosphère et que la température moyenne mondiale augmentera d'environ 2 °C. Cependant, une augmentation de seulement 1,3 °C rendrait le monde plus chaud qu'à n'importe quel moment au cours des 100 000 dernières années. De tels changements conduiront probablement à la fonte des glaces polaires et, par conséquent, à une élévation du niveau de la mer d'environ 100 m, inondant progressivement les zones intérieures à environ 150 km ou plus de la côte. Le réchauffement planétaire en tant que problème aux conséquences

incertaines est maintenant, apparemment, en cours en raison de l'ajout continu de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère et, malheureusement, pas de solution simple (Fuad, et al., 2008).

Les répercussions de ces changements sur la santé dépendent grandement des conditions locales. La pollution de l'air, à l'intérieur comme à l'extérieur des habitations, résulte à la fois des pratiques de développement planétaire et d'un contrôle insuffisant des sources d'énergie polluantes à l'échelon national et local; c'est aujourd'hui l'un des paramètres qui contribue le plus à la morbidité dans le monde. Les sources communes sont souvent responsables des émissions de gaz à effet de serre qui influencent le réchauffement climatique et les polluants atmosphériques qui ont des effets directs sur la santé. Les températures élevées peuvent augmenter la pollution de l'air. Par exemple, les températures élevées augmentent également les niveaux d'ozone et d'autres polluants atmosphériques, tels que les particules, qui exacerbent les maladies cardiovasculaires et respiratoires. Les procédés de combustion sont la source la plus importante de polluants atmosphériques. Produits normaux de combustion complète de combustible fossile, p. charbon, pétrole ou gaz naturel, sont le dioxyde de carbone, la vapeur d'eau et l'azote. Cependant, des traces de soufre et une combustion incomplète entraînent des émissions de monoxyde de carbone, d'oxydes de soufre, d'oxydes d'azote, d'hydrocarbures imbrûlés et de particules. Ce sont des « polluants primaires ». Certains peuvent prendre part à des réactions dans l'atmosphère produisant des « polluants secondaires ». Les effets de la pollution atmosphérique sont chimiques, et la concentration, spécifique. Cependant, les effets additifs, et parfois synergiques, résultant des mélanges sont importants. Les dommages aux animaux, à la végétation et aux cultures qui peuvent se produire à des niveaux extrêmement bas avec certains polluants et dans les bâtiments, etc. doivent également être pris en compte (Mumford, et al., 2002) (Carson, et al., 1994).

Ces polluants atmosphériques ont, eux aussi, des effets directs et parfois graves sur la santé. En 2008, des pics de pollution de l'air extérieur sous forme de particules fines (MP10) ont provoqué 1,3 million de décès prématurés en milieu urbain. Ce constat est d'autant plus inquiétant que le nombre de citadins augmente – les villes devraient abriter 70 % de la population mondiale en 2050, par rapport à 50 % actuellement (OMS-OMM – World Health Organization & World Meteorological Organization, 2012).

L'année 2015 a aussi été marquée par la tenue de la COP21 à Paris. L'accord conclu fait référence à la santé ce qui constitue un réel tournant en reconnaissant l'impact du changement

climatique sur la santé. Ceci fait écho à l'appel lancé en octobre par l'Organisation mondiale de la santé (OMS) en faveur d'une intervention d'urgence pour protéger la santé face au changement climatique. Dans le domaine de la qualité de l'air, il y a un réel co-bénéfice attendu : la réduction de certains polluants à courte durée de vie impliqués dans le réchauffement climatique permettrait également de réduire le nombre de décès par cancers, affections respiratoires et maladies cardiovasculaires imputables à la pollution atmosphérique et qui s'élèvent aujourd'hui à plus de 7 millions de décès anticipés à l'échelle mondiale (OMS).

#### 1.2.4. CHANGEMENT CLIMATIQUE

Les effets du changement climatique sur la santé sont ressentis à l'échelle du globe, mais leur ampleur n'est pas la même partout. Ce sont généralement les populations les plus pauvres et vulnérables qui sont les plus durement touchées. En outre, ces effets sont accentués par une urbanisation rapide et anarchique, par la pollution de l'air et de l'eau et par d'autres pratiques contraires à un développement durable (OMS-OMM – World Health Organization & World Meteorological Organization, 2012).

Les changements climatiques sont reconnus comme un multiplicateur majeur des risques pour la santé humaine, notamment les changements négatifs sur les terres, les océans, la biodiversité et l'accès à l'eau douce, et la fréquence et l'impact accrus des catastrophes naturelles. Les estimations prudentes de l'Organisation mondiale de la santé (OMS) dans un scénario d'émissions moyennement élevées indiquent que 250 000 décès supplémentaires pourraient survenir chaque année entre 2030 et 2050 en raison des changements climatiques attribuables aux augmentations liées au climat de la malnutrition, du paludisme, de la diarrhée et du stress thermique. Ils peuvent également réduire la qualité nationale des apports alimentaires et aggraver l'obésité (UNEP, 2016).

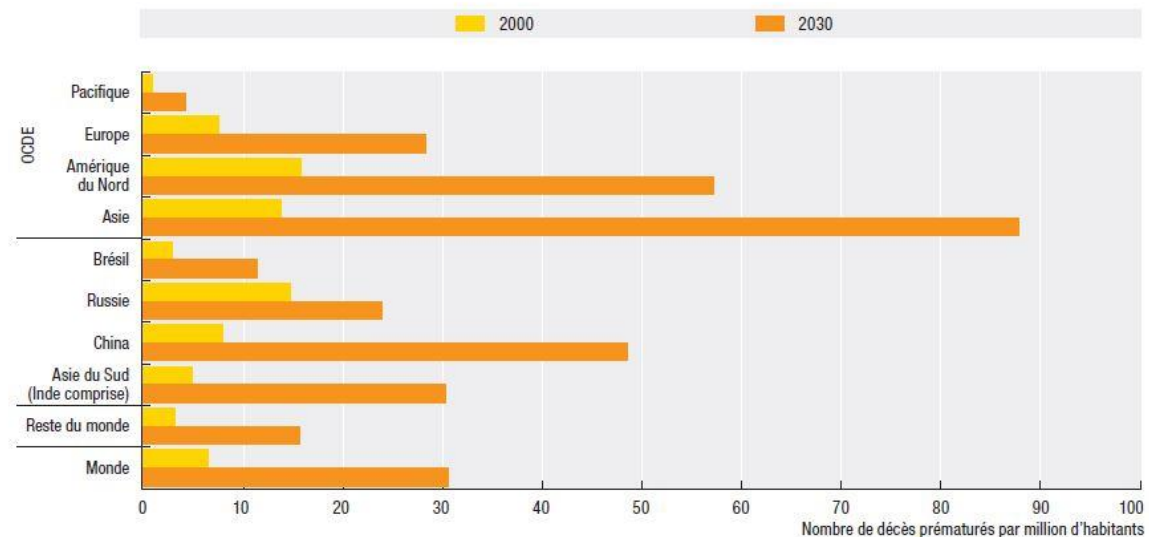
On estime que le coût des dommages directs pour la santé (à l'exclusion des coûts dans des secteurs déterminants pour la santé tels que l'agriculture et l'eau et l'assainissement) se situe entre 2 et 4 milliards de dollars (US\$) par an d'ici 2030 (WHO, World Health Organization, February 2018) (WHO, World Health Organization, 2018). Les zones n'ayant pas de bonnes infrastructures de santé, pour la plupart dans les pays en développement, seront les moins en mesure de se préparer et de faire face à la situation sans assistance. La réduction des émissions de gaz à effet de serre, en élargissant le choix des transports, de l'alimentation et des énergies, peut entraîner une amélioration de la santé.



À ce jour, la plupart des recherches sur les changements climatiques ont porté sur la santé de la population générale plutôt que sur les résultats en matière de santé et de sécurité au travail. En raison du manque de pertinence la santé, le climat et d'autres données pertinentes, il a été difficile d'évaluer comment les changements climatiques ont affecté les travailleurs (Schulte, et al., 2009 ).

Des études montrent qu'une série d'impacts sur la santé liée au climat et au changement climatique ont été identifiés par certaines études. Elles comprennent l'épuisement par la chaleur, les coups de chaleur, les maladies rénales, les effets de la pollution atmosphérique supplémentaire, les blessures et le stress mental causés par des phénomènes météorologiques extrêmes, les maladies vectorielles, la diarrhée et la malnutrition. Et le coup de chaleur est d'une importance particulière pour eux. Les travailleurs qui effectuent une activité physique importante produisent de la chaleur interne qui, associée à une exposition excessive à la chaleur externe, peut entraîner des risques importants pour la santé. L'acclimatation réduit partiellement ce risque. Les travaux extérieurs au soleil pendant la saison la plus chaude peuvent tuer les travailleurs si des mesures préventives adéquates ne sont pas mises en œuvre. Par exemple, le taux annuel de mortalité liée à la chaleur chez les travailleurs agricoles aux États-Unis a été rapporté à 3,9 décès par million de travailleurs. Au cours de la canicule de 2003, plus de 500 décès supplémentaires sont survenus chez le groupe d'âge 35 à 54 ans, avec une augmentation beaucoup plus marquée chez les hommes que chez les femmes. C'était le seul groupe d'âge dans lequel plus d'hommes que de femmes sont morts à la suite de la canicule (Kjellstrom, et al., 2016).

Selon Les Perspectives de l'environnement de l'OCDE à l'horizon 2030, Les émissions mondiales de gaz à effet de serre devraient augmenter encore de 37 %, et de 52 % d'ici à 2050). Cela pourrait se traduire, à l'horizon 2050, par une hausse de la température mondiale de 1.7 à 2.4° Celsius par rapport aux niveaux préindustriels, d'où une augmentation des vagues de chaleur, des sécheresses, des tempêtes et des inondations, portant gravement atteinte aux infrastructures essentielles et aux cultures. D'après les projections, Un nombre considérable des espèces animales et végétales actuellement connues vont probablement disparaître, en grande partie sous l'effet du développement des infrastructures et de l'agriculture, ainsi que du changement climatique .La pollution de l'air aura également des effets croissants sur la santé au niveau mondial : le nombre de décès prématurés liés à l'ozone troposphérique quadruplera (figure 1) et celui des décès prématurés liés aux particules fera plus que doubler (OECD, 2008).



**Figure 1** : Décès prématurés imputables à l'exposition à l'ozone dans les zones urbaines en 2000 et 2030 (OECD, 2008)

### 1.2.5. PRODUITS CHIMIQUES

Les produits chimiques contribuent de multiples façons à la vie moderne. Bien que beaucoup servent notre bien-être général, certains produits chimiques sont toxiques et peuvent nuire à notre santé. Ces dernières années, une augmentation inquiétante de certains problèmes de santé a été partiellement expliquée par l'utilisation de ces produits chimiques. Des inquiétudes grandissent au sujet de la menace pour la santé que représentent les produits chimiques toxiques aéroportés extrêmement nocifs produits par les automobiles et divers procédés industriels. L'Environmental Protection Agency (EPA) des États-Unis a annoncé que 1,2 milliard de kilogrammes de polluants dangereux ont été rejetés dans l'air par les industries en 1987, dont 107 millions de kilogrammes de cancérigènes pouvant causer des cancers et des malformations génétiques. Cependant, selon des rapports ultérieurs, ce nombre est sous-estimé, il omet des sources telles que les décharges, les nettoyeurs à sec, les voitures et les rejets de produits chimiques dans le sol ou l'eau et finit dans l'air par évaporation et le nombre réel peut dépasser 2,2 milliards de kilogrammes par an (French, et al., 1990).

Les produits chimiques sont omniprésents comme l'air, les glucides, les enzymes, les lipides, les minéraux, les protéines, les vitamines, l'eau et le bois. Les produits chimiques d'origine naturelle sont complétés par des substances artificielles. Environ 70 000 produits chimiques

sont utilisés et 500 à 1 000 autres sont ajoutés chaque année (Mumford, et al., 2002). Leurs propriétés ont été exploitées pour améliorer la qualité de vie, par ex. cosmétiques, détergents, combustibles énergétiques, explosifs, engrais, aliments et boissons, verre, métaux, peintures, papier, pesticides, produits pharmaceutiques, plastiques, caoutchouc, solvants, textiles ; on trouve donc des produits chimiques dans pratiquement tous les lieux de travail. Outre les avantages, les produits chimiques présentent également des dangers pour l'homme et l'environnement. Certaines études suggèrent que différents produits chimiques combinés peuvent avoir des effets néfastes sur notre santé, même s'ils sont inférieurs au « niveau de sécurité » pour les produits chimiques individuels.

Le nombre de produits chimiques affectant la santé humaine est élevé et va croissant .Dans le monde, 1,3 million de vies et 43 millions d'années de vie ajustées sur l'incapacité ont été perdues en 2012 en raison de l'exposition à certains produits chimiques, dont les effets sur la santé (Tableau i) sont bien connus (WHO, World Health Organization, February 2018) (WHO, World Health Organization, 2018).

**Tableau I** : exemples de maladies d'origine chimique et substances en cause (INRS,2018).

ORGANES TOUCHÉS	PATHOLOGIES	SUBSTANCES OU FAMILLES DE PRODUITS EN CAUSE
-----------------	-------------	---

Peau et muqueuses	Irritations, ulcérations, eczémas...	Solvants, acides et bases, ciment, résines époxydiques, huiles, Graisses, goudrons...
	Cancers	Arsenic, goudrons, huiles minérales, brais
Appareil respiratoire	Asthme, pneumopathie d'hypersensibilité, Hyperréactivité bronchique non spécifique, Pneumoconioses...	Silice, amiante, bois, farine, isocyanates organiques, métaux, Bagasse, coton, acides, bases, certains solvants, brouillards d'huile...
	Cancers	Amiante, fibres minérales (fibres céramiques réfractaires), Poussières de bois, silice, nickel, chrome, arsenic, goudrons...
Système nerveux	Polynévrites, tremblements, troubles Psychiatriques, syndrome parkinsonien...	Solvants organiques, plomb, mercure, bromure de méthyle, oxyde
	Tumeurs cérébrales (glioblastome)	de carbone, oxyde de manganèse...
Reins, vessie, foie	Néphropathies, hépatites...	Tétrachlorure de carbone, plomb, mercure, cadmium, hydrogène
	Cancers	Arsénié, chlorure de vinyle, amines aromatiques...
Sang	Anémies, leucopénies	Plomb, benzène
	Leucémies	Benzène, oxyde d'éthylène, pesticides
Cœur et appareil	Angines de poitrine, infarctus	Dérivés nitrés du phénol, plomb, oxyde de carbone, pesticides,
	Troubles du rythme cardiaque	Organophosphorés...

La charge de morbidité connue dans le monde entier due uniquement aux produits chimiques est considérable. Les estimations les plus récentes font état de 4,9 millions de décès (8,3% du total) imputables à l'exposition environnementale et à la gestion de certains produits chimiques. Ces chiffres ne présentent qu'un certain nombre de produits chimiques pour lesquels des données sont disponibles ; par conséquent, ils sont plus susceptibles de sous-estimer le fardeau réel. En raison de données et d'informations incomplètes, les produits chimiques ayant des effets nocifs connus sur la santé, tels que les dioxines, le cadmium, le mercure et les pesticides, n'ont pas été inclus (Pruss-Ustun, et al., 2011). Les effets des activités industrielles sont complexes,

car les polluants sont devenus omniprésents dans l'environnement. Les polluants se retrouvent dans les eaux souterraines, l'eau du robinet, les eaux usées, le sol, l'air et les aliments, et les substances polluantes peuvent être transférées d'une matrice environnementale à une autre. En outre, le raffinage du pétrole produit également de grandes quantités de boues d'hydrocarbures constituées de substances hydrophobes et de substances résistantes à la biodégradation (Vasudevan, et al., 2001). Les échelles des effets des différentes activités industrielles diffèrent et impliquent des écosystèmes fragiles, les aspects culturels des groupes autochtones, la santé des communautés et des travailleurs, le climat mondial et les conflits militaires (O'Rourke, et al., 2003) (Mudu, et al., 2014).

#### 1.2.6. LES DÉCHETS DANGEREUX

Selon la US Environmental Protection Agency (2009), les déchets sont dangereux s'ils représentent une menace importante pour la santé humaine ou l'environnement. Ces déchets dangereux prennent diverses formes, comme le mercure dans les vieux écrans d'ordinateur CRT, ou la peinture au plomb dans les vieux bâtiments démolis, ou comme du chlorure de vinyle provenant de processus industriels. Ils peuvent provenir de nombreux processus et installations, y compris les chantiers de construction, les hôpitaux, les usines, les bases militaires et les équipements électroniques mis au rebut. En théorie, si une substance a été rejetée et qu'elle peut causer des dommages importants aux humains ou à l'environnement, elle peut être considérée comme un déchet dangereux (Rosenfeld, et al., 2011).

La production de déchets est un résultat inévitable des activités de développement. Un matériau devient un déchet lorsqu'il est jeté sans s'attendre à être compensé pour sa valeur nulle. Ces déchets peuvent constituer un danger potentiel pour la santé humaine ou l'environnement (sol, air, eau) lorsqu'ils sont mal traités, stockés, transportés ou éliminés ou gérés. Les déchets sont de plus en plus reconnus pour leurs impacts sur la santé publique, l'environnement et l'utilisation des terres. Au vingtième siècle, les progrès de la technologie chimique, en particulier la synthèse de produits chimiques organiques, ont augmenté de façon exponentielle le volume de matières toxiques produites et les déchets qui en résultent. Et la production d'énergie nucléaire a conduit à beaucoup de déchets radioactifs et hautement toxiques qui persisteront pendant de nombreuses années et sont difficiles à gérer.

Des sites fortement contaminés par une variété d'agents dangereux existent dans de nombreux endroits. Dans de nombreux cas, les contaminants sont rejetés par des industries en

activité - régulièrement ou accidentellement - ou bien sont présents dans les déchets toxiques accumulés provenant d'activités industrielles passées. Souvent, plusieurs agents existent simultanément, ce qui pose un mélange de risques certains ou soupçonnés (Mudu, et al., 2014).

La main-d'œuvre employée pour la collecte, le tri et l'élimination des déchets est importante. Les travailleurs peuvent être exposés aux mêmes dangers potentiels que la population générale, bien que la quantité d'expositions et le risque puissent différer. Le type de travail varie selon les options de gestion des déchets, certaines étant plus automatisées que d'autres, comme la mise en décharge et l'incinération, comme la collecte, le tri et le recyclage des déchets. L'incidence des accidents du travail chez les travailleurs de la collecte des déchets a été jugée plus élevée que la main-d'œuvre générale. Le travail des ramasseurs de déchets implique des charges lourdes considérables ainsi que d'autres manipulations manuelles des conteneurs, augmentant le risque de problèmes musculosquelettiques. Il a été suggéré qu'une augmentation de l'exposition aux bioaérosols et aux composés volatils peut entraîner une incidence élevée de problèmes gastro-intestinaux et cutanés respiratoires liés au travail dans les collections de déchets par rapport à la main-d'œuvre générale. Des études transversales sur les travailleurs des industries du tri et du recyclage des déchets et des sites d'enfouissement ont relevé des problèmes professionnels similaires à ceux des collecteurs de déchets (Rushton, 2003).

L'élimination des déchets dans les sites d'enfouissement suscite de plus en plus d'inquiétudes quant aux éventuels effets néfastes sur la santé des populations vivant à proximité, en particulier par rapport aux sites où des déchets dangereux sont déversés. La contamination peut polluer les sols, l'air, les aliments et l'eau potable ; les personnes peuvent y être exposées directement par voie d'ingestion, d'inhalation, de contact et d'absorption cutanés d'une série d'agents chimiques nocifs (WHO, World Health Organization, February 2018) (WHO, World Health Organization, 2018) (WHO, World Health Organization, Division of Environmental Health, 1993).

### 1.3. ENVIRONNEMENT DE TRAVAIL ET SANTE

La santé professionnelle et environnementale est l'approche multidisciplinaire de la reconnaissance, du diagnostic, du traitement et de la prévention des maladies, des blessures et d'autres problèmes de santé résultant d'expositions environnementales dangereuses au travail, à la maison et dans la communauté. La pollution de l'air extérieur demeure un problème

environnemental et de santé publiques généralisées, causant une altération chronique des systèmes respiratoires et cardiovasculaires, le cancer et la mort prématurée. La qualité de l'eau continue d'être un problème de sources ponctuelles, comme les sites industriels, et de sources non ponctuelles, comme le ruissellement agricole. Les substances toxiques et dangereuses, en plus de poser des problèmes de santé pour les travailleurs exposés, peuvent également causer des problèmes de santé aux personnes exposées là où elles vivent et jouent. Les enfants courent un risque accru d'être aux prises avec de nombreux problèmes de santé environnementale, y compris l'empoisonnement par les pesticides, en raison

L'état en développement de leur système neurologique et d'autres systèmes organiques,

Rapport plus élevé entre la surface de la peau et la masse corporelle,

Du fait que les pesticides et autres substances toxiques peuvent être mal entreposés ou appliqués dans des endroits facilement accessibles aux enfants (Levy, et al., 1983).

L'intérêt pour la santé au travail a été changé de nombreuses façons selon la proportion croissante de la main-d'œuvre employée dans les bureaux et d'autres types d'institutions publiques, fusionnant à bien des égards avec les préoccupations en matière de santé environnementale. Autrefois considéré comme sûr par comparaison grossière avec des paramètres industriels tels que la construction, l'exploitation minière et l'agriculture, l'expérience a prouvé que ces environnements intérieurs ne sont pas exempts de risques sanitaires importants. De nombreuses expositions dangereuses se produisent sur les lieux de travail et dans l'environnement en général, par exemple :

Contamination de l'air ambiant et de l'eau près d'une usine de produits chimiques, où ses travailleurs sont également exposés à des substances dangereuses.

Application par les travailleurs agricoles de pesticides susceptibles de contaminer les eaux de surface et souterrains.

Transport involontaire de plomb, d'amiante et d'autres substances dangereuses à la maison sur les vêtements, les chaussures, la peau et les cheveux des travailleurs.

Exposition des travailleurs et des résidents de la communauté aux déchets dangereux provenant d'une installation industrielle.

Si l'air ambiant, les aliments ou l'eau potable sont des composants de l'environnement susceptibles d'affecter notre santé, notre lieu de travail doit également être considéré comme une composante majeure de notre environnement, étant donné l'étendue de la population concernée, du fait des durées d'exposition à certaines substances et aux risques associés à cette exposition.

### 1.3.1. LE SECTEUR DES TRANSPORTS

La circulation des véhicules automobiles est la principale source de concentrations urbaines de polluants atmosphériques au niveau du sol ayant des propriétés dangereuses reconnues. Dans le nord de l'Europe, elle contribue pratiquement à presque tout le CO, 75% des oxydes d'azote (NOx) et environ 40% des concentrations de PM10. Le trafic contribue de manière disproportionnée à l'exposition humaine aux polluants atmosphériques, car ces polluants sont émis près de la hauteur du nez et à proximité des personnes. Un quart des émissions de CO<sub>2</sub> dans les pays de l'UE provient du trafic (WHO, Organization World Health, 2000). La contribution des fumées de la circulation à la formation d'ozone troposphérique est importante et devrait augmenter. Les conséquences sanitaires prévisibles des changements climatiques peuvent donc être directement liées au trafic routier en Europe, même si elles seront expérimentées dans le monde entier. En outre, les effets des stratégies de transport et d'aménagement du territoire sur la santé humaine sont de plus en plus largement reconnus. Alors que les blessures et les nuisances dues au bruit de la circulation routière sont depuis longtemps considérées comme des conséquences importantes de certains schémas d'activités de transport, les effets directs des polluants atmosphériques sur la mortalité et les maladies respiratoires et cardiovasculaires n'ont été mis en évidence que ces dernières années. La vaste gamme et la gravité des effets prévus du changement climatique sur la santé sont de plus en plus évidents. En outre, la sédentarité, l'un des deux facteurs de risque les plus importants pour les maladies non transmissibles et la mortalité précoce dans les populations des pays occidentaux, est associée à l'utilisation des véhicules à moteur. Il est maintenant reconnu que les stratégies pour y faire face exigent de l'activité physique pour accomplir les tâches quotidiennes, notamment la marche à pied et le vélo pour le transport.

Une multitude de contaminants atmosphériques de toxicité variable provient du transport routier. Ces contaminants proviennent des tuyaux d'échappement des véhicules à combustion interne et des autres composants du véhicule (tels que les garnitures de frein et d'embrayage, et



les tampons, les pneus et les réservoirs de carburant) ainsi que les matériaux d'usure et de traitement de la surface de la route. Le trafic routier peut être considéré comme la source la plus importante de certains polluants de grande ampleur. Comme les oxydes d'azote, le benzène et le monoxyde de carbone. Encore ces dernières années, L'essence au plomb a largement contribué à la contamination de la population par le plomb. Récemment, les émissions de particules (PM) ont attiré beaucoup d'attention, en raison principalement de découvertes épidémiologiques qui suggèrent qu'il s'agit d'un risque majeur pour la santé humaine. Outre les sources de pollution déjà mentionnées, il se forme également des particules. Dans l'atmosphère, comme polluant secondaire à partir de gaz tels que les oxydes d'azote, dioxyde de soufre et composés organiques volatils (COV). Les Réactions atmosphériques qui impliquent des oxydes d'azote et des COV conduisent à la formation de l'ozone troposphériques, un polluant atmosphérique bien connu (Krzyzanowski, et al., 2005).

La manipulation de substances dangereuses est plus courante dans le secteur des transports que ce qui est généralement perçu. De toute évidence, dans le trafic de marchandises, les matières dangereuses sont fréquemment manipulées lors du chargement et du déchargement. Les matières dangereuses emballées ne constituent généralement pas un risque, mais en cas d'accident ou de fuite, elles peuvent entraîner des risques considérables et sont à l'origine d'accidents graves et de flammes dans tous les sous-secteurs de transport. Il existe de nombreuses autres situations dans lesquelles les travailleurs des transports peuvent être exposés, en utilisant des produits chimiques intentionnellement ou en exposition latérale, par exemple à cause des gaz d'échappement et des solvants. La plupart des tâches d'entretien et de maintenance entreprises par les travailleurs du secteur des transports, de la restauration, du nettoyage et de l'entretien impliquent également l'utilisation de substances dangereuses. Selon la documentation examinée et les mesures, les concentrations de pesticides gazeux et d'autres gaz toxiques dans les conteneurs non déclarés représentaient un risque accru pour la santé pendant le transport, l'inspection et le déchargement.

### 1.3.2. L'AGRICULTURE

Dans le monde actuel, le secteur agricole emploie la moitié de la main-d'œuvre mondiale avec environ 1,3 milliard de travailleurs actifs dans la production agricole mondiale. La majorité des travailleurs agricoles se trouvent dans les pays en développement. Une grande majorité sont des petits agriculteurs. Ils ont été plus souvent victimes que bénéficiaires de la

révolution verte, du développement technologique et des tendances de la mondialisation qui ont caractérisé le XXe siècle. L'agriculture est l'un des trois secteurs d'activité les plus dangereux, tant dans les pays industrialisés que dans les pays en développement.

Les humains modifient les sols de plusieurs façons. Parmi les changements les plus importants, on peut citer ceux qui impliquent une accélération de la salinisation, latéralisation, podzolisation et acidification. L'homme influe également sur les sols par des processus tels que le drainage des terres et l'ajout d'engrais. Pour assurer une production végétale maximale, les agriculteurs modernes doivent utiliser un large éventail de produits chimiques, notamment des engrais, des carburants, des désinfectants et des agents de protection, des réfrigérants et une vaste gamme de pesticides pour lutter contre les mauvaises herbes, les champignons et autres organismes nuisibles.

L'agriculture peut être l'une des principales causes de pollution, sinon la plus importante, soit par la production de sédiments, soit par la production de déchets chimiques. En ce qui concerne ces derniers, il a été suggéré que les processus de dénitrification dans l'environnement sont incapables de suivre le rythme auquel l'azote atmosphérique est mobilisé par les procédés de fixation industriels et introduits dans la biosphère sous forme d'engrais commerciaux. Azote, avec le phosphore a tendance à réguler la croissance des plantes aquatiques et donc l'eutrophisation des eaux intérieures. L'excès de nitrates peut également présenter des risques pour la santé humaine et animale.

Les applicateurs de pesticides sont principalement exposés au risque d'inhalation et de contact cutané avec les pesticides. Les vêtements et l'équipement de protection sont des moyens importants pour réduire les risques. Les empoisonnements non professionnels résultent en grande partie de l'ingestion orale d'aliments contaminés, bien que l'exposition cutanée ait entraîné des empoisonnements chez les nourrissons (traitement au pentachlorophénol du linge d'hôpital) et que l'exposition par inhalation par dérive de pulvérisation puisse se produire. Les pesticides domestiques peuvent causer des empoisonnements par les trois voies

### 1.3.3. ÉNERGIE

Depuis l'époque de la révolution industrielle, il est largement reconnu que l'énergie est un secteur important des économies modernes. Bien qu'elles améliorent et soutiennent la santé de nombreuses façons, toutes les formes d'utilisation de l'énergie ont également des conséquences

négatives. Les impacts les plus importants des systèmes énergétiques actuels proviennent de l'extraction et de la combustion des combustibles solides : biomasse et charbon.

Le Groupe d'experts sur l'énergie de la Commission de la santé et de l'environnement de l'OMS (1992) a estimé que quatre questions liées à l'énergie constituaient la plus grande préoccupation immédiate et/ou future pour la santé environnementale :

L'exposition à des agents nocifs lors de l'utilisation domestique de la biomasse et du charbon

L'exposition résultant de la pollution atmosphérique urbaine dans de nombreuses grandes villes du monde

Les effets possibles du changement climatique sur la santé

Les accidents graves ayant des incidences sur la santé du grand public.

En fonction de leurs risques pour la santé, les technologies énergétiques peuvent être classées en trois groupes :

Le groupe des combustibles se caractérise par l'utilisation de grandes quantités de combustibles fossiles ou de biomasse (charbon, pétrole, gaz naturel, bois, etc.), dont la collecte, le traitement et le transport ont des taux d'accidents élevés qui dominent les risques professionnels et dont l'incinération produit de grandes quantités de pollution atmosphérique et de déchets solides qui dominent les risques pour la population.

Le groupe des énergies renouvelables se caractérise par l'utilisation de ressources renouvelables diffuses à faible densité d'énergie - soleil, vent, eau - qui sont disponibles en quantités énormes et gratuitement, mais dont la capture nécessite de grandes surfaces et la construction d'installations coûteuses capables de les "concentrer" sous des formes utiles. Les risques professionnels sont élevés et dominés par la construction des installations. Les risques pour le public sont faibles, surtout en raison d'accidents peu probabilistes, comme les bris de barrages, les défaillances d'équipement et les incendies.

Le groupe nucléaire comprend les technologies de fission nucléaire, caractérisées par des densités d'énergie extrêmement élevées dans le combustible traité, avec des faibles quantités correspondantes de combustible et de déchets à traiter, mais avec de faibles concentrations dans la croûte terrestre, ce qui nécessite un effort important d'extraction ou de collecte. Les risques

professionnels sont donc relativement élevés et dominés par les accidents d'exploitation et de transformation. Les risques pour le public sont faibles et sont dominés par les opérations courantes des réacteurs. Une attention particulière doit être accordée aux craintes du public à l'égard des risques liés à l'exposition aux rayonnements provenant des technologies nucléaires, craintes qui sont relativement élevées par unité de risque pour la santé.

Les impacts sur la santé des combustibles fossiles surviennent tout au long d'un cycle de vie, de l'extraction minière au transport, en passant par la combustion et la gestion des déchets. Les impacts se manifestent sur des échelles spatiales allant du local au global. Tous les combustibles fossiles contribuent au changement climatique mondial parce que leur combustion libère des polluants qui altèrent le climat, principalement le CO<sub>2</sub>, le méthane, le carbone noir et les précurseurs de l'ozone (Smith, et al., 2013).

Toutefois, il est possible de prévenir la formation et la propagation d'agents nocifs en milieu de travail, grâce à des mesures de maîtrise des risques destinées non seulement à protéger la santé des travailleurs, mais également à limiter les dommages causés à l'environnement qui vont souvent de pair avec l'industrialisation. Si un produit chimique nocif est éliminé d'un processus de production, il ne touchera pas les travailleurs et ne polluera pas non plus l'environnement. Le rôle de l'hygiène du travail est précisément de prévenir et de maîtriser les risques liés aux activités professionnelles. L'hygiène du travail a notamment pour objectif de protéger et de promouvoir la santé des travailleurs, de protéger l'environnement et de favoriser un développement sûr et durable.

#### 1.3.4. INDUSTRIES

L'activité industrielle est source de nombreux rejets dans les différents milieux de l'environnement (eau, air, sols), elle produit des déchets et peut être à l'origine d'accidents technologiques. L'impact sanitaire de l'activité industrielle sur la santé des populations va dépendre essentiellement des milieux contaminés (eau, air, sols), de la nature des risques (liés aux déchets, technologiques, etc.), des types de polluants, de leurs concentrations et des voies d'exposition (respiratoire, digestive, cutanée). Les effets sont divers, allant de la simple gêne olfactive à la survenue de cancers.

Les activités industrielles passées, voire actuelles, peuvent être la cause d'une contamination locale ou diffuse, la concentration des activités industrielles - en particulier celles de la

pétrochimie à grande échelle, de la production d'électricité, de l'industrie lourde et de l'exploitation minière - implique des pressions environnementales, avec des effets potentiellement préjudiciables sur la santé des communautés locales, en particulier celle des sous-groupes de population vulnérables par leur rôle professionnel et résidentiel. Les dangers sont hétérogènes (WHO, World Health Organization, 2009) (Mudu, et al., 2014).

Les effets des activités industrielles sont complexes, étant donné que la présence de polluants est devenue omniprésente dans l'environnement. Les polluants se trouvent dans les nappes phréatiques, l'eau du robinet, les eaux usées, le sol, l'air et la nourriture, avec la possibilité de passer d'une matrice environnementale à une autre. Les impacts des différentes activités industrielles ont des dimensions variables et concernent les écosystèmes fragiles, les aspects culturels des populations locales, la santé des communautés et des travailleurs, le climat mondial et les conflits militaires (O'Rourke, et al., 2003) (Mudu, et al., 2014).

# CHAPITRE 2 :

LES EFFETS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LA SANTÉ HUMAINE, ANIMALE ET VÉGÉTALE

## II. CHAPITRE 2 : les effets du changement climatique sur la santé humaine, animale et végétale

### 2.1.INTRODUCTION

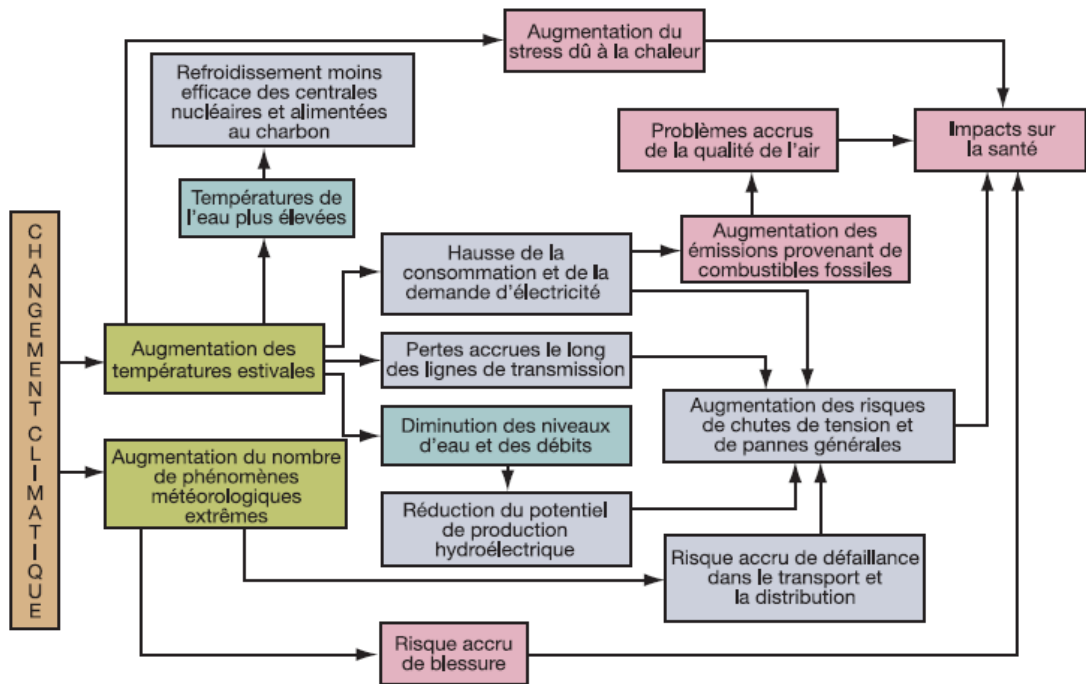
"Le Réchauffement du système climatique est sans équivoque " : Principaux résultats du quatrième rapport d'évaluation du GIEC (Le troisième rapport du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), publié en 2007).

D'après les modèles de GIEC, la température moyenne annuelle du globe s'élèvera de 0.2°C par décennie au cours des deux prochaines décennies, pour atteindre 1,1°C à 6,4°C d'ici 2100. Pour le scénario le plus optimiste, la fourchette de réchauffement va de 1,1 à 2,9 °C et pour le scénario le plus pessimiste, elle s'étale de 2,4 à 6,4 °C. Le reste de l'écart est dû aux incertitudes dans la modélisation du système climatique, et du cycle du carbone (Nations unies, 2007).

A l'échelle des continents, des régions et des bassins océaniques, de nombreux changements à long terme du climat ont été observés. Ils incluent des changements des températures et de la glace arctiques, des changements largement répandus dans la quantité de précipitations, la salinité de l'océan, les structures des vents et des aspects de situations météorologiques extrêmes, comme les sécheresses, les fortes précipitations, les vagues de chaleur et l'intensité des cyclones tropicaux, comme les ouragans et les cyclones ( Nations unies, 2007).

En outre, L'augmentation de la fréquence et de l'intensité des vagues de chaleur, des feux de forêt, des crues causées par les ondes de tempête, de l'érosion côtière et d'autres aléas climatiques s'accorde avec les tendances climatiques constatées (Lemmen, et al., 2008).

Les données attestent que les changements climatiques contribuent à créer d'autres problèmes environnementaux, les variations graduelles des températures moyennes des précipitations et des nouveaux marins ont également une incidence sur la durabilité des collectivités et des écosystèmes (Lemmen, et al., 2008) les impacts seront cumulatifs et fréquemment synergiques (figure 2).



**Figure 2:** Illustration des effets cumulatifs et synergiques du changement climatique à l'aide d'un exemple montrant comment les impacts sur le secteur de l'énergie peuvent amplifier les effets directs des changements climatiques sur la santé humaine (L)

## 2.2. CLIMAT DE L'ALGERIE : TENDANCES ET PROJECTIONS

### 2.2.1. VULNERABILITE

Dans les ouvrages consacrés au changement climatique la vulnérabilité se définit comme étant le degré selon lequel le système risque de subir ou de tolérer les effets néfastes du changement climatique.

L'Algérie, qui fait partie des zones chaudes de la Méditerranée, est très vulnérable au changement climatique. Les experts prévoient à moyen terme une augmentation de la température de 2 °C, une diminution des précipitations de 10 à 15 % et des sécheresses plus fréquentes et plus intensives. La vulnérabilité majeure du pays est observée dans les domaines de l'eau et de l'agriculture. C'est un pays semi-aride à aride du nord au sud. La disponibilité en eau par habitant est de 600 m<sup>3</sup>/hab./an, plaçant l'Algérie dans la catégorie des pays pauvres en



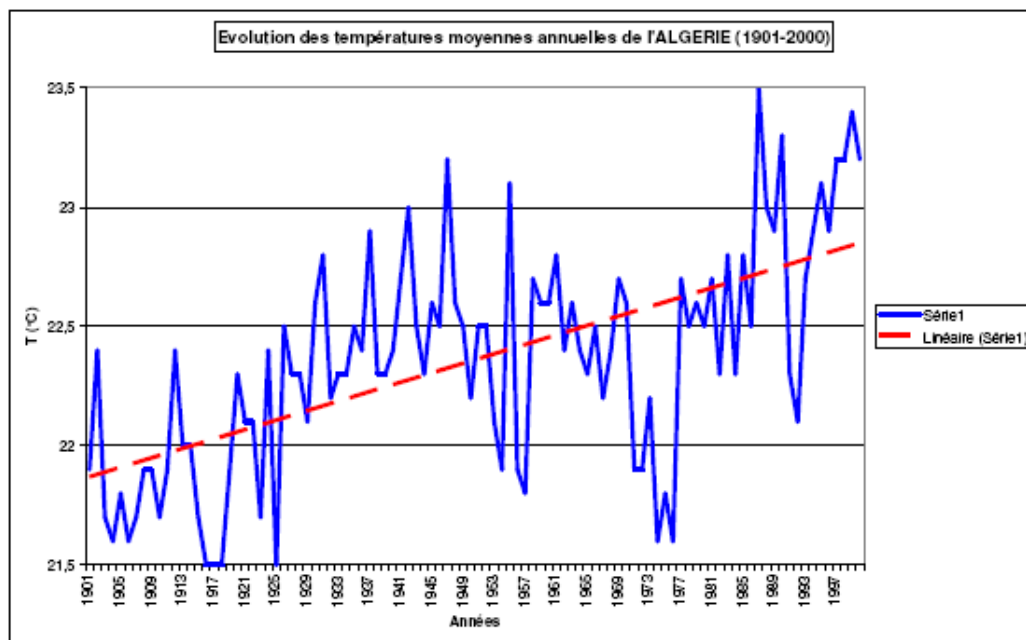
ressources en eau sous le seuil de pénurie fixé par le PNUD ou la rareté fixée par la Banque mondiale à 1000 m<sup>3</sup>/hab./an (Sahnoune, et al., 2013)

Certains des impacts les plus importants et les plus susceptibles de se faire sentir seront liés aux ressources hydriques.

### 2.2.2. TENDANCES CONSTATEES : TEMPERATURES ET PRECIPITATIONS

L'altitude, la position, l'exposition introduisent d'importantes nuances régionales. Cette vaste étendue territoriale correspond à une diversité de zones climatiques. Les données recueillies fournissent un aperçu des changements constatés. La variation des deux paramètres fondamentaux que sont la température et les précipitations au cours du siècle dernier constitue un bon indicateur de l'aspect évolutif du climat en Algérie. On observe une tendance à la hausse des températures à travers tout le pays (Figure 3).

L'évolution récente du climat sur les 30 dernières années montre que les températures moyennes annuelles ont subi une augmentation moyenne de 0.5 °C, avec un maximum durant les saisons chaudes de 0.7 °C (BELAID, 2015).



**Figure 3 :** Évolution des températures moyennes annuelles de l'Algérie (1901-2000) (BELAID, 2015).

Ces tendances sont confirmées par le rapport final de la biodiversité et changement climatiques (Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement (MATE), 2015), Une étude de (Nouaceur, et al., 2013) basée sur six stations du réseau d'observation de l'Office National de Météorologie (ONM), relative à la période 1970-2012 et utilisant la méthode graphique chronologique de traitement de l'information (MGCTI), a permis de déceler les tendances climatiques suivantes :

- ✓ Une tendance nette à la hausse des températures dès le début des années quatre-vingt : L'amorçage de ces changements s'est fait dès l'année 1984 pour les températures minimales et à partir de 1987 pour les températures maximales.
- ✓ Un retour à une pluviométrie normale sur la dernière décennie à la suite d'une forte sécheresse durant la période 1987-2002, Ce retour à une pluviométrie normale sur la dernière décennie s'est accompagné d'une fréquence plus accrue d'épisodes pluvieux.

La 2ème Communication Nationale de l'Algérie au titre de la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC) (Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement (MATE), 2015) a mentionné :

- ✓ Une hausse de la température moyenne minimale et maximale enregistrée sur l'ensemble des stations de l'Algérie du Nord depuis les années soixante-dix et qui continue jusqu'à nos jours.
- ✓ Les impacts des CCs ont provoqué une sécheresse endémique depuis 1975, engendrant une désertification avec une dégradation de plus de 8 % de la forêt et une érosion éolienne et hydrique des sols.
- ✓ Une tendance à la sécheresse observée durant les 30 dernières années.

La tendance générale des précipitations, quant à elle, est en baisse. En Algérie, la pluviométrie annuelle moyenne a diminué de plus de 30% au cours des dernières décennies (The People's Democratic Republic of Algeria, September 2015) D'après le Bilan climatique de l'année 2017 ( (Office nationale de météorologie, 2017)). La pluviométrie durant la saison d'été 2017 était très variable, marquée notamment par des déficits (par rapport aux normes

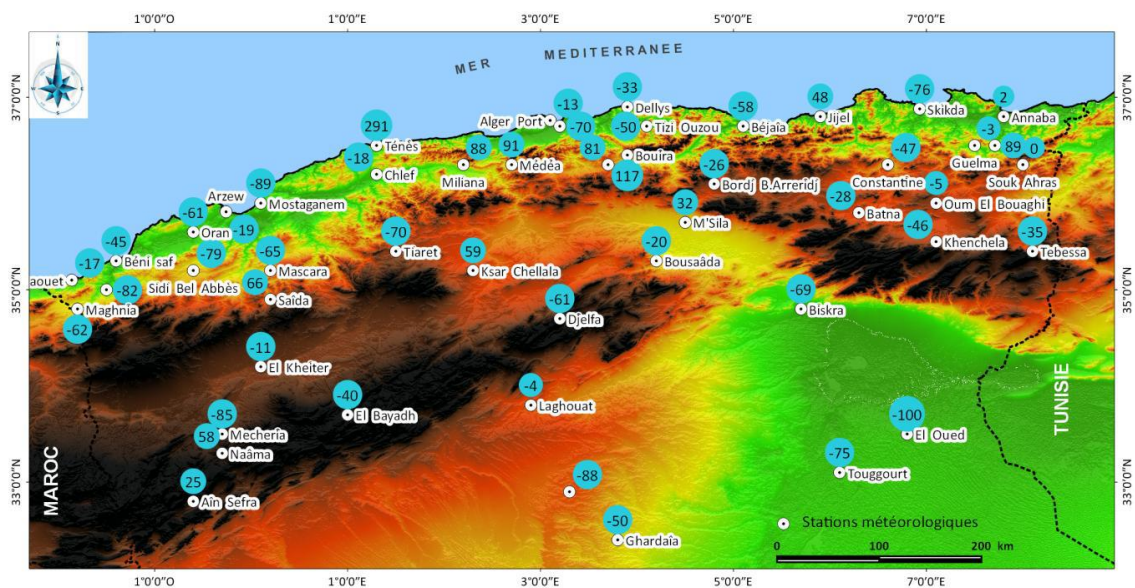
climatologiques saisonnières) sur l'ensemble de la partie nord du pays, avec quelques exceptions.

L'année 2017, année des extrêmes climatiques, parmi les plus chaudes de l'histoire selon l'ONU /COP23). De plus, le mois de juillet 2017 est le mois le plus chaud depuis 137ans (NASA).

Des écarts négatifs de l'ordre de -15 à -60% par rapport à la normale 1961-1990 ont été enregistrés sur les stations du littoral Ouest (figure 4).

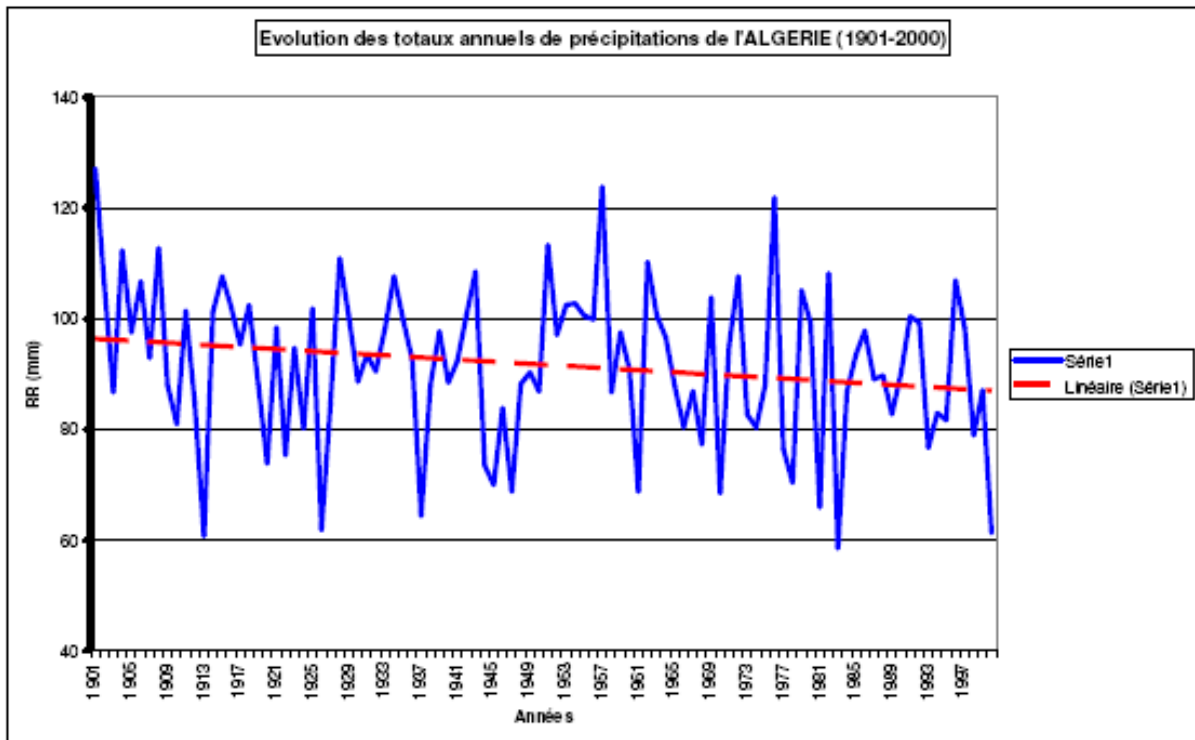
Des anomalies négatives de l'ordre de -10 à -30% par rapport à la normale climatologique 1961-1990 ont été enregistrées sur les stations littorales.

Sur la région Est, les pluies étaient très variables. Des écarts négatifs de l'ordre de -50% à -70% par rapport à la normale climatologique sont enregistrés au niveau des stations littorales.



**Figure 4 :** Pourcentage d'écarts à la normale (1961-1990) des précipitations observées au niveau de chaque station durant la saison Juin-Juillet-Aout (été 2017) (Office nationale de météorologie, 2017) .

Depuis les années 40 et les années 80 jusqu'à nos jours, L'Algérie (Plus particulièrement la région de l'Ouest), a connu plusieurs grandes périodes de sécheresses durant ce siècle. La plus récente a été caractérisée par la diminution de la pluviométrie (figure 5) associée à l'accroissement considérable de la température durant les deux dernières décennies. Cet accroissement est marqué par son ampleur spatiale, son intensité et par son impact majeur sur la diminution des ressources en eau (KHALDI, 2005).



*Figure 5 : les précipitations de l'Algérie (1901-2000) (BELAID, 2015).*

Une tendance évolutive vers l'aridification du climat confirmé par les résultats des tests de persistance, s'y est manifestée, notamment par des déficits d'écoulement entraînant l'insuffisance générale de l'alimentation des écoulements de surface et des nappes souterraines. La comparaison des différentes cartes pluviométriques à travers des différentes périodes à savoir : 1913 à 1963, 1922 à 1989 et 1975 à 2000 à montrer une nette progression des isohyètes (100 à 150 mm) et la disparition de l'isohyète 400 mm (KHALDI, 2005)

Dans des études récentes, (FACI, et al., 2017) ont constaté que les séquences de forte chaleur sont devenues plus longues et fréquentes durant les trois dernières décennies. Si on considère les séquences supérieures ou égales à 3 jours, le nombre de cas est passé de 26 entre 1951 et 1980 à 43 entre 1981 et 2010 à Oran, Béchar, la longueur maximale de la séquence de forte chaleur a aussi doublé, passant de 7 jours à 14 jours et le nombre de cas de jours caniculaires a également doublé. Si on considère l'évolution chronologique du nombre de journées de forte chaleur, il apparait nettement une tendance à la hausse sur ces deux régions (FACI, et al., 2017).

## 2.3.PROJECTIONS DE CHANGEMENTS CLIMATIQUES

### 2.3.1. LE CHANGEMENT CLIMATIQUE PROJETE A L'ECHELLE GLOBALE

En se référant au rapport du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, 2007), les conséquences observés des changements climatiques sur l'environnement naturel et humain sont :

- Les changements des neiges, de la glace et des sols gelés, ainsi que du pergélisol, montrent que les systèmes naturels sont touchés. Un élargissement et une augmentation du nombre de lacs glaciaires, ainsi qu'une augmentation de l'instabilité des sols dans les régions de pergélisol et des avalanches de roches dans les régions montagneuses ont été constatés.

- Débit accru et crue de printemps plus précoce de nombreuses rivières alimentées par la fonte des glaciers et des neiges.

- Réchauffement des lacs et des rivières dans beaucoup de régions, avec des effets sur leur structure thermique et la qualité de l'eau.

- Le réchauffement récent affecte fortement les systèmes biologiques terrestres et provoque des changements, des événements printaniers précoces comme le débourrement, la migration des oiseaux et la ponte ; des déplacements de l'aire de répartition d'espèces animales et végétales vers les pôles et vers des altitudes plus élevées.

- Les changements observés dans les systèmes biologiques marins et d'eau douce sont associés au réchauffement des eaux, ainsi qu'aux changements associés au niveau de la couverture de glace, de la salinité, des taux d'oxygène et de la circulation.

Selon le GIEC (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat), on s'entend largement sur le fait qu'avec les politiques actuelles d'atténuation des changements climatiques et les pratiques de développement durable connexes, les émissions mondiales de gaz à effet de serre (GES) continueront d'augmenter au cours des prochaines décennies. Le GIEC utilise quatre familles de scénarios (A1, A2, B1 et B2). Cette étude utilise le scénario d'émissions de GES A1B. Ce scénario est choisi parce qu'il est largement utilisé et recommandé par le GIEC. Selon le GIEC, le scénario A1B est le scénario le plus probable (Droogers , et al., April 2011)

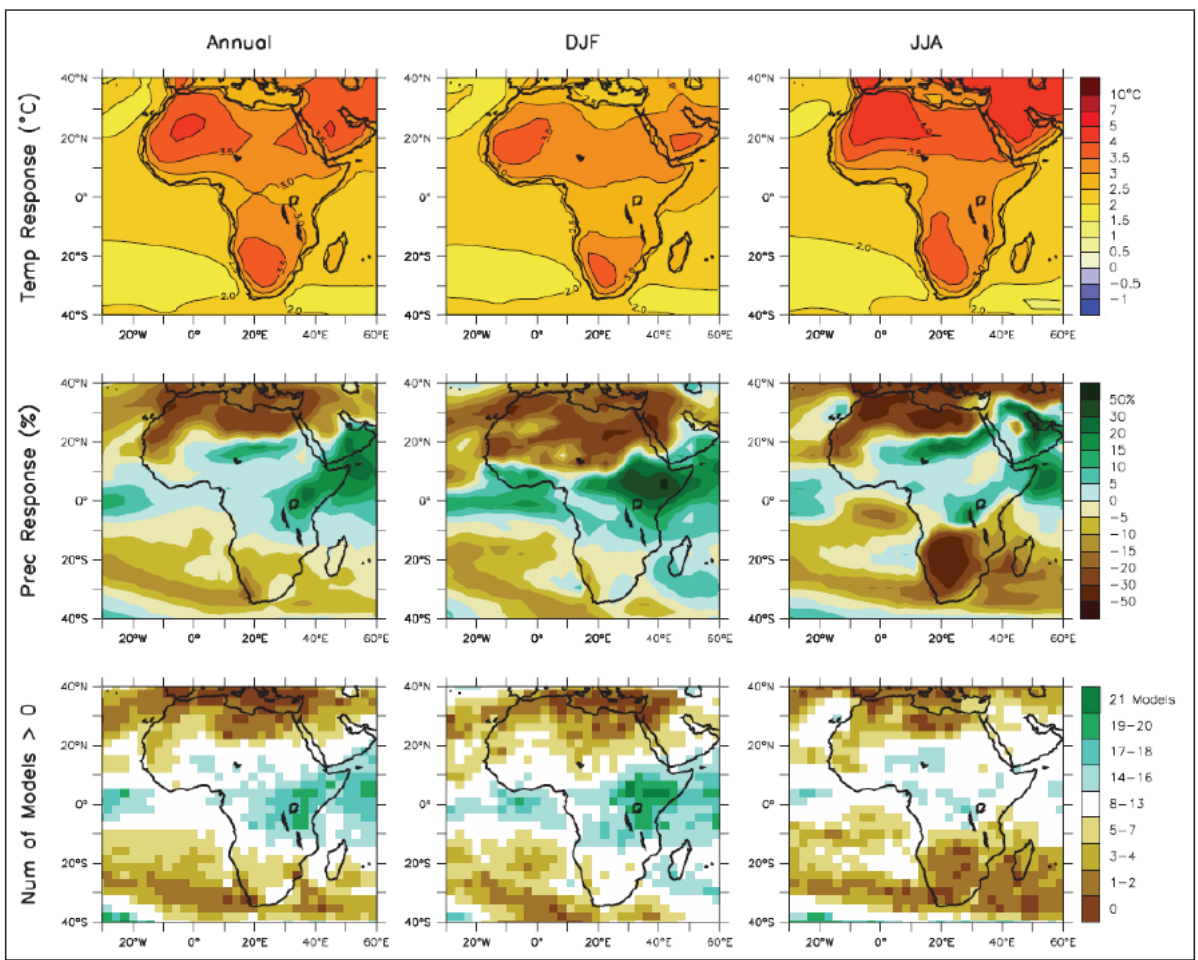
Les projections régionales en Afrique peuvent être résumées comme suit (Christensen et al., 2007) :

Toute l'Afrique est susceptible de se réchauffer au cours du XXI<sup>e</sup> siècle (figure 6).

Le réchauffement est très probablement plus important que le réchauffement planétaire, le réchauffement annuel moyen sur l'ensemble du continent et en toutes saisons, les régions subtropicales les plus sèches se réchauffant davantage que les tropiques plus humides.

Les précipitations annuelles devraient diminuer dans une grande partie de l'Afrique méditerranéenne et du Sahara septentrional.

La structure géographique du réchauffement projeté pour le scénario A1B est illustrée dans la Figure 6. On constate que des valeurs plus faibles du réchauffement projeté, proches de 3 °C, se trouvent dans les zones équatoriales et côtières tandis que les valeurs plus élevées, supérieures à 3 °C, se trouvent au Sahara occidental. Les plus fortes amplitudes de température en Afrique du Nord devraient se produire en juin-juillet-août (JJA) (Droogers , et al., April 2011).



Ces changements prévus dans les extrêmes continueront à contribuer aux évolutions qui sont

**Figure 6 :** Évolutions des températures et des précipitations en Afrique d'après les simulations MMD-A1B (Droogers, et al., April 2011).

déjà observées.

### 2.3.2. LE CHANGEMENT CLIMATIQUE PROJETÉ DANS LE BASSIN MÉDITERRANÉEN

Selon (Antipolis, 2008) pour la région Méditerranée, les spécialistes du climat anticipent au cours du 21<sup>ème</sup> siècle :

Une augmentation de la température de l'air de 2,2 C° à 5,1 C° pour les pays de l'Europe du Sud et de la région méditerranéenne sur la période 2080 – 2099 par rapport à la période 1980 – 1999 (GIEC 2007, scénario A1B).

Une baisse de la pluviométrie, comprise entre -4 et -27 % (GIEC 2007, scénario A1B).

Une augmentation des périodes de sécheresse se traduisant par une fréquence élevée des jours au cours desquels la température dépasserait 30 °C ( (Giannakopoulos, et al., 2009)et al. 2005). Les évènements extrêmes de type vagues de chaleur, sécheresses ou inondations pourraient être plus fréquents et violents.

Une hausse du niveau de la mer qui, selon quelques études, pourrait être de l'ordre de 35 cm d'ici la fin du siècle.

Les résultats de simulations montrent que le réchauffement attendu avec un doublement de la concentration globale de CO<sub>2</sub> est de l'ordre de 2,5 °C +/- 0,5 °C sur le bassin méditerranéen. Ainsi qu'une diminution générale des précipitations moyennes sur l'ensemble du bassin méditerranéen est attendue.

- les zones méditerranéennes les plus vulnérables sont celles de l'Afrique du Nord voisine des zones désertiques, les grands deltas (ceux du Nil, du Pô et du Rhône par exemple), les zones côtières (rive Nord comme rive Sud du bassin) ainsi que les zones à forte croissance démographique et vulnérables socialement (rive Sud et Est, villes denses et banlieues) (Antipolis, 2008)

- Les conséquences du changement climatique sur l'environnement et sur les activités humaines sont déjà perceptibles en Méditerranée, eux-mêmes ayant déjà des effets observés sur les activités humaines.

### 2.3.3. SCENARIO DE CHANGEMENTS CLIMATIQUES POUR L'ALGERIE

Selon (organisation mondiale de la santé, 2016)

En Algérie, dans le cadre d'un scénario d'émissions élevées des émissions de CO, la température devrait augmenter d'environ 6,2 °C en moyenne entre 1990 et 2100 et le nombre de jours de période chaude devrait passer d'environ 10 jours en 1990 à environ 215 jours en moyenne en 2100.

Si les émissions mondiales diminuent rapidement, l'augmentation de la température est limitée à environ 1,7°C et les jours de chaleur sont limités à environ 55 jours en moyenne.



Dans un scénario d'émissions élevées, le nombre de jours où il y a très peu d'émissions de gaz à effet de serre. De fortes précipitations (20 mm ou plus) pourraient augmenter d'environ 2 % en moyenne de 1990 à 2100, ce qui implique une légère augmentation de risque d'inondation. Le nombre de ces jours reste toutefois faible. Si les émissions diminuent rapidement, il y a peu d'augmentation globale, bien que la variabilité d'une année à l'autre demeure élevée.

Dans un scénario d'émissions élevées, la plus longue période de sécheresse pourrait augmenter d'environ 12 jours en moyenne, par rapport à environ 85 jours en 1990, ce qui suggère une persistance légèrement plus grande des sécheresses, avec une grande variabilité d'une année à l'autre. L'augmentation est limitée à environ 5 jours en moyenne dans le cas d'une réduction des émissions.

L'impact du CC sur les ressources en eau a été évalué à l'aide du modèle UKHI (United Kingdom Meteorological Office High Resolution). Les résultats obtenus selon les prévisions climatiques saisonnières sur l'Algérie pour 2020 et 2050 montrent une diminution dans la zone la plus pluvieuse et une augmentation des zones les plus sèches. Actuellement, l'ONM collabore avec Météo-France pour développer des prévisions CC pour l'Algérie avec une résolution relativement élevée en utilisant le modèle Arpege-Climat. Un renforcement ciblé des capacités permettrait à ce département de produire des scénarios de référence pour l'Algérie et de les partager avec les partenaires nationaux (CLIMA-SOUTH, ENPI, May 2013).

Par ailleurs, une augmentation est prévue dans la fréquence des sécheresses et un déficit de la contribution à la surface de l'eau de 15%, entraînant une baisse des nappes phréatiques de 4,4% en 2020 et 6,6% en 2050 ( (MATE, GEF/PNUD, 2010)) (Yamina, 2016).

## 2.4.IMPACTS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LA SANTE HUMAINE, ANIMALE ET VEGETALE

### 2.4.1. CLIMATS

Les projections des modèles climatiques prévoient une augmentation de la fréquence et de l'ampleur de plusieurs types de conditions extrêmes. D'après les prédictions du GIEC, Selon la région, l'évolution de la fourchette des températures et la modification du régime des précipitations pourraient déboucher sur un allongement de la durée et/ou une augmentation de

la fréquence des sécheresses ou des inondations (COMMISSION DES COMMUNAUTÉS EUROPÉENNES, 2009)

Au demeurant, les analyses faites à propos des crues et des inondations du pays mettent en évidence leur violence et leur spontanéité ainsi que leur survenance brutale après une période de sécheresse (Laid, 2010). Il y a lieu de noter, ici, quelques cas significatifs des inondations survenues à:

- Azazga (Tizi Ouzou), le 12 octobre 1971 et qui ont occasionné 40 morts et des centaines d'habitations détruites,
- Tizi Ouzou, du 28 au 31 mars 1974 et qui ont provoqué 52 décès dans la Wilaya, 18000 sinistrés et des dégâts évalués à l'époque à 27 millions de DA.
- El Eulma(Sétif), le 1er septembre 1980 qui ont fait 44 décès,
- Annaba, le 11 novembre1982, au niveau du centre-ville et qui ont fait 26 morts et 9500 sinistrés.
- Jijel, le 29 décembre 1984 et qui ont occasionné 29 morts et 11000 sinistrés.
- Bordj Bou Arréridj, le 23 septembre 1994 et qui ont provoqué 16 décès et des dégâts évalués à 10.000.000 DA.
- Oued Rhiou, 22 décès
- Alger (Bab-El-Oued ), le 10 novembre 2001, et qui ont fait 710 décès, 115 disparus et 30 milliards de DA de pertes.
- Ghardaïa, octobre 2008 ont fait 43 décès, 86 blessés et 4 disparus.

#### 2.4.2. ÉCOSYSTEMES

Les impacts des changements climatiques sur la biodiversité sont en effet assez complexes : ils peuvent être directs ou indirects, Un grand nombre de l'impact se répercute sur les systèmes de culture, la sélection végétale et la végétation naturelle car le climat est le principal déterminant de leur répartition géographique. (COMMISSION DES COMMUNAUTÉS EUROPÉENNES, 2009). Approximativement 20 à 30 % des espèces végétales et animales

étudiées jusqu'ici connaîtront probablement un risque d'extinction si l'augmentation de température moyenne mondiale dépasse 1,5-2,5°C (GIEC ; le Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat, 2014).

Les prédictions suggèrent que les CC pourraient également modifier la probabilité d'une augmentation de l'ampleur et de la fréquence des feux incontrôlés, tout en créant des facteurs de stress pour les arbres, ce qui aggrave indirectement les effets de ces perturbations. De nombreux écosystèmes forestiers sous les tropiques, les latitudes élevées et les hautes altitudes deviennent de plus en plus sensibles à la sécheresse et donc aux incendies, aux maladies et aux parasites consécutifs ( The Intergovernmental Panel on Climate Change IPCC).

Certains écosystèmes pourraient être réduits en taille ou cesser d'exister, tandis que d'autres espèces pourraient disparaître, déclenchant ainsi des extinctions en chaîne. Des événements météorologiques extrêmes et soudains et/ou des événements progressifs tels que l'élévation du niveau de la mer, qui a des conséquences sur les habitats côtiers. (Antipolis, 2008) Les changements observés dans les systèmes biologiques marins et d'eau douce sont associés au réchauffement des eaux, ainsi qu'aux changements associés au niveau de la couverture de glace, de la salinité, des taux d'oxygène et de la circulation (Nations Unies, 2007).

Au cours du 21ème siècle, la richesse actuelle en espèces végétales de la région méditerranéenne pourrait être réduite en raison des projections concernant des baisses de précipitations, des feux de forêt plus fréquents, l'érosion accrue des sols, et un manque de nouvelles espèces (Antipolis, 2008).

Root et al. (2003) ont examiné 143 études publiées et indiquent que les plantes et les animaux démontrent déjà des changements visibles en accord avec les tendances climatiques du XXe siècle. Environ 80 % des changements correspondaient au changement de température observé ( The Intergovernmental Panel on Climate Change IPCC).

### 2.4.3. SANTE

Les changements climatiques de ces dernières décennies ont probablement déjà influé sur certains effets sur la santé. En effet, d'après le Rapport sur la santé dans le monde 2002 de l'Organisation mondiale de la Santé, « on estime qu'en l'an 2000, le changement climatique

était déjà responsable de 2,4% environ des cas de diarrhée dans le monde et de 6% des cas de paludisme dans certains pays à revenu intermédiaire (WHO, World Health Organization, February 2018).

Les impacts des changements climatiques (CC) sur la santé humaine sont nombreux, liés aux périodes de températures extrêmes, aux maladies infectieuses et aux catastrophes climatiques (Stoll-Keller, 2009). Certains facteurs, comme les vagues de chaleur, auront un impact direct sur la santé des individus. D'autres, telle la modification des distributions des pathogènes qui sont responsables des maladies infectieuses, influenceront plutôt indirectement la santé humaine (Adam-Poupart, et al., 2012)

On s'attend à ce que le réchauffement climatique ait des répercussions directes sur le système humain. Les phénomènes météorologiques extrêmes touchent la santé et le bien-être dans la mesure où ils entraînent des pertes d'emploi et de biens, des déplacements des blessures physiques et des maladies, des troubles psychologiques et des pertes de vie (Tableau II) (Lemmen, et al., 2008) Le CC affecterait la santé humaine par des voies de complexité, d'échelle et de caractère direct et avec des calendriers différents. De même, les impacts varieraient géographiquement en fonction à la fois de l'environnement et de la topographie et de la vulnérabilité de la population locale (McMichael , et al., 2003).

**Tableau III** .Données requises pour suivre les incidences du climat sur la santé.

	<b>Effets principaux</b>	<b>Populations/lieux à suivre</b>
<b>Extrêmes Thermiques</b>	Mortalité journalière ; hospitalisations ; fréquentation des dispensaires/services d'urgence	Populations urbaines, notamment dans les pays en développement
<b>Événements climatiques extrêmes (inondations, vents violents, sécheresses)</b>	Décès attribués ; hospitalisations ; données de surveillance des Maladies infectieuses ; (santé mentale) ; état nutritionnel	Toutes les régions
<b>Maladies d'origine hydrique et alimentaire</b>	Morbidité et mortalité attribuables à ces maladies	Toutes les régions

<p align="center"><b>Maladies à transmission vectorielle</b></p>	<p align="center">Populations de vecteurs ; notifications des maladies ; distribution temporelle et géographique</p>	<p align="center">Marges de distribution géographique (p.ex., changements de latitude, altitude) et temporalité dans les zones d'endémie</p>
--	--	--

Parmi d'autres effets possibles sur la santé (COMMISSION DES COMMUNAUTÉS EUROPÉENNES, 2009) qui ne sont pas actuellement quantifiables, il y a ceux qui sont dus :

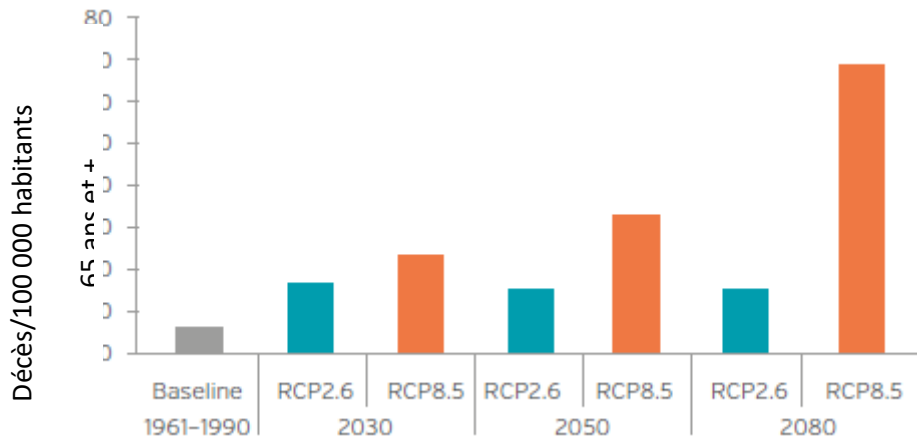
- aux changements des niveaux d'aéroallergènes et de pollution de l'air
- à la modification de la transmission d'autres maladies infectieuses
- aux effets sur la production vivrière au travers des influences climatiques sur les maladies des plantes et ennemis des cultures
- aux sécheresses et à la famine
- au déplacement des populations à cause des catastrophes naturelles, des mauvaises récoltes, du manque d'eau
- à la destruction des infrastructures sanitaires lors de catastrophes naturelles
- aux conflits concernant les ressources naturelles
- à l'impact direct de la chaleur et du froid (morbidity).

#### 2.4.4. LES MALADIES ET DECES LIENT AUX VAGUES DE CHALEUR

Les températures extrêmes peuvent causer la mort. Dans un grand nombre de pays tempérés

Une évaluation de l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique urbaine par les poussières (PM10)<sup>12</sup> au niveau d'Alger, a montré que 4,5 % des consultations extrahospitalières sont attribuables à la pollution par les PM10 (Laid, 2010) (PNUD Le Programme des Nations unies pour le développement, 2009) ; L'estimation des impacts des changements climatiques à l'horizon 2020 sur la santé réalisée à cette occasion montrait que le réchauffement climatique global peut accélérer la propagation des maladies vectorielles. En Algérie, selon un scénario d'émissions élevées, les décès liés à la chaleur chez les personnes âgées (65 ans et plus)

devraient passer à environ 69 décès pour 100 000 personnes d'ici 2080 (figure 7), alors que le scénario de référence est estimé à environ 6 décès pour 100 000 personnes par an entre 1961 et 1990. Une réduction rapide des émissions mondiales pourrait limiter le nombre de décès liés à la chaleur chez les personnes âgées à environ 16 décès pour 100 000 habitants en 2080 (organisation mondiale de la santé, 2016).



**Figure 7 :** Mortalités liées à la chaleur dans la population de 65 ans et plus, Algérie (décès / 100 000 habitants de 65 ans et plus) (organisation mondiale de la santé, 2016) .

#### ▪ Maladies à transmission vectorielle

Les maladies à transmission vectorielle sont responsables de plus de 17% des maladies infectieuses, et provoquent plus d'un million de décès chaque année.

Les maladies infectieuses, notamment celles à transmission vectorielle ou hydrique, sont sensibles aux conditions climatiques (COMMISSION DES COMMUNAUTÉS EUROPÉENNES, 2009). Le climat tropical de l'Afrique est favorable à la plupart des grandes maladies à transmission vectorielle comme le paludisme, la schistosomiase, l'onchocercose, la trypanosomiase, la filariose, la leishmaniose, la peste, la fièvre de la Vallée du Rift, la fièvre jaune et les fièvres hémorragiques transmises par les tiques (Andrew K. Githeko, 2000).

Pour les infections à transmission vectorielle, la distribution et l'abondance des organismes vecteurs et des hôtes intermédiaires sont affectées par divers facteurs physiques (température, précipitations, humidité, eau de surface et vent) et biotiques (végétation, espèces hôtes, concurrents, parasites et interventions humaines). Diverses études de modélisation intégrée ont prévu qu'une augmentation de la température ambiante entraînerait, à l'échelle mondiale, une

augmentation nette de la distribution géographique d'organismes vecteurs particuliers (par exemple, les moustiques porteurs du paludisme) (McMichael , et al., 2003).

- **Phénomènes climatiques extrêmes**

Le changement climatique mondial devrait s'accompagner d'une augmentation de la fréquence et de l'intensité des vagues de chaleur, ainsi que des étés plus chauds et des hivers plus doux. L'impact de la chaleur estivale extrême sur la santé humaine peut être exacerbé par l'augmentation de l'humidité.

Le phénomène de l'océan Pacifique El Niño/oscillation australe (ENSO), dont le cycle est d'environ cinq ans, a des effets climatiques sur de nombreuses régions du monde. La fréquence et/ou l'amplitude du phénomène El Niño augmenteront probablement à la suite du changement climatique. Ce phénomène illustre bien la manière dont les événements climatiques extrêmes affectent la santé humaine (OMS, 2004).

En effet, El Niño a un impact sur le nombre total de personnes touchées par les catastrophes naturelles. Dans le monde entier, les catastrophes provoquées par les sécheresses sont deux fois plus fréquentes au cours de l'année suivant le déclenchement d'El Niño que les autres années. Ce risque est concentré en Afrique australe et en Asie du Sud-Est. L'effet El Niño sur les catastrophes est suffisamment fort pour être apparent au niveau mondial. Au cours d'une année El Niño moyenne, environ 35 personnes sur 1000 sont touchées par une catastrophe naturelle. Ce taux est 4 fois supérieur à celui des années sans El Niño, d'après l'analyse des données de 1963 à 1992. Cette différence de risque est beaucoup plus accentuée dans le cas de la famine. L'empreinte d'El Niño dans le monde est en grande partie due aux sécheresses (McMichael , et al., 2003).

- **Les maladies transmises par l'eau et les aliments**

En Algérie, au cours de l'année 2008, on a estimé qu'il y avait 3 700 décès par diarrhée chez les enfants de moins de 15 ans. Bien que les décès dus à la diarrhée dans ce groupe d'âge devraient diminuer les décennies à venir, le pourcentage de décès dus à des maladies diarrhéiques imputables au changement climatique chez les enfants de moins de 15 ans devrait augmenter. Ainsi, dans le cadre d'un scénario d'émissions élevées, environ 10,6 % parmi les 1800 décès dus à la diarrhée projetée en 2030, devraient être attribués au changement

climatique, ce pourcentage devrait atteindre environ 14,8 % des 1 000 décès prévus en 2050 (organisation mondiale de la santé, 2016).



**CHAPITRE 3 :**  
**IMPACT ET VALORISATION**  
**DES EAUX USEES**  
**TEXTILES EPUREE**

### III. CHAPITRE 3 : impact et valorisation des eaux usées textiles épurées

#### 3.1. INTRODUCTION

La région méditerranéenne est l'une des régions du monde les plus touchées par la pénurie d'eau. En effet, la demande d'eau augmente en raison de l'accroissement démographique, l'urbanisation, la hausse du niveau de vie, le développement des activités économiques et l'expansion de l'agriculture irriguée. La disponibilité des ressources hydriques est étroitement liée à la qualité de l'eau (Post, et al., 2008). Son altération par multiples sources contribue à la raréfaction des ressources naturelles et constitue une sérieuse menace pour les écosystèmes, et la santé humaine. Par conséquent, la réutilisation des eaux usées est devenue une nécessité et même une priorité en raison du rôle qu'elle joue dans la réduction de la consommation d'eau douce et la production d'eaux usées, mais une pratique très limitée en raison des coûts, des obligations légales et questions d'hygiène. L'eau recyclée est donc une source d'eau fiable et durable qui doit être prise en compte dans la formulation d'une politique de l'eau durable (Kamizoulis, et al., 2005). La gestion de l'eau est également devenue une préoccupation majeure en raison de l'impact des activités industrielles sur l'environnement et des graves problèmes hydrologiques, y compris la rareté et la pollution.

Afin de garantir un développement durable et soutenable, La gestion de l'eau dans cette région est orientée vers l'économisation et la rationalisation de l'utilisation des ressources en eau disponibles. Dans ce contexte vient l'idée de recycler l'eau dans l'industrie textile, réduisant ainsi la consommation d'eau, améliorant l'efficacité de la ressource et minimisant la génération d'eaux usées mais reste une pratique très limitée en raison des obligations légales, des coûts et de l'hygiène (Badania, et al., 2005).

L'industrie textile est une filière très diversifiée et hétérogène, c'est aussi l'une des activités industrielles les plus polluantes. Les impacts négatifs du secteur sur l'environnement sont principalement liés à la consommation d'eau et aux rejets d'effluents caractérisés par des quantités importantes de produits chimiques organiques et d'agents colorants ayant une faible biodégradabilité et une salinité élevée (Bouyakoub, et al., 2011); (Vajnhandl, et al., 2014).

À cet égard, il est impératif d'adopter des technologies plus propres, cela pourrait inclure l'implantation de systèmes de conservation de l'eau et le recours à des techniques de pointe pour le traitement des rejets, ainsi que l'investissement dans des projets innovants du recyclage et la réutilisation des eaux usées épurées. L'objectif de ce travail était l'étude de l'applicabilité des différentes stratégies durables dans ce domaine, d'examiner notamment le potentiel de réutilisation des eaux usées et cerner les problèmes liés à ces applications.

### 3.2.L'INDUSTRIE DU TEXTILE ET DE L'HABILLEMENT EN ALGERIE

D'après les données fournies par le MATE, la quantité la plus importante d'eau consommée par les entreprises du secteur textile provient du réseau public d'approvisionnement en eau, avec un total de 16 029 m<sup>3</sup>/jour (4 808 700 m<sup>3</sup>/an). On utilise également 2 543 m<sup>3</sup>/jour (763 000 m<sup>3</sup>/an) d'eau issue des puits selon (MATE Ministère de l'Aménagement du Territoire, de l'Environnement et du Tourisme, 2010).

Voici la distribution du volume utilisé des divers produits chimiques selon (MATE Ministère de l'Aménagement du Territoire, de l'Environnement et du Tourisme, 2010).

- 632,15 t/an de déchets de produits chimiques auxiliaires liquides sont évacués avec les eaux résiduaires
- 11 700 t/an d'huiles et 430,5 t/an de reste de textiles sont récupérées
- 208 t/an de déchets de récipients sont valorisés et une partie des 68,3 t/an de déchets d'emballage est recyclée (l'autre partie est déposée dans des dépotoirs), tout comme 13 t/an d'autres produits.

Selon les mêmes sources, 30% des industries correspondant aux sous-secteurs textiles de la teinture, du finissage et de l'impression possèdent des stations d'épuration des eaux résiduaires et 70% réalisent le rejet sans épuration préalable selon (Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement (MATE), 2015).

D'après les données issues de (MATE), une estimation de la quantité et le devenir des divers types de déchets générés annuellement dans les sous-secteurs de la teinture, du finissage et de l'impression :

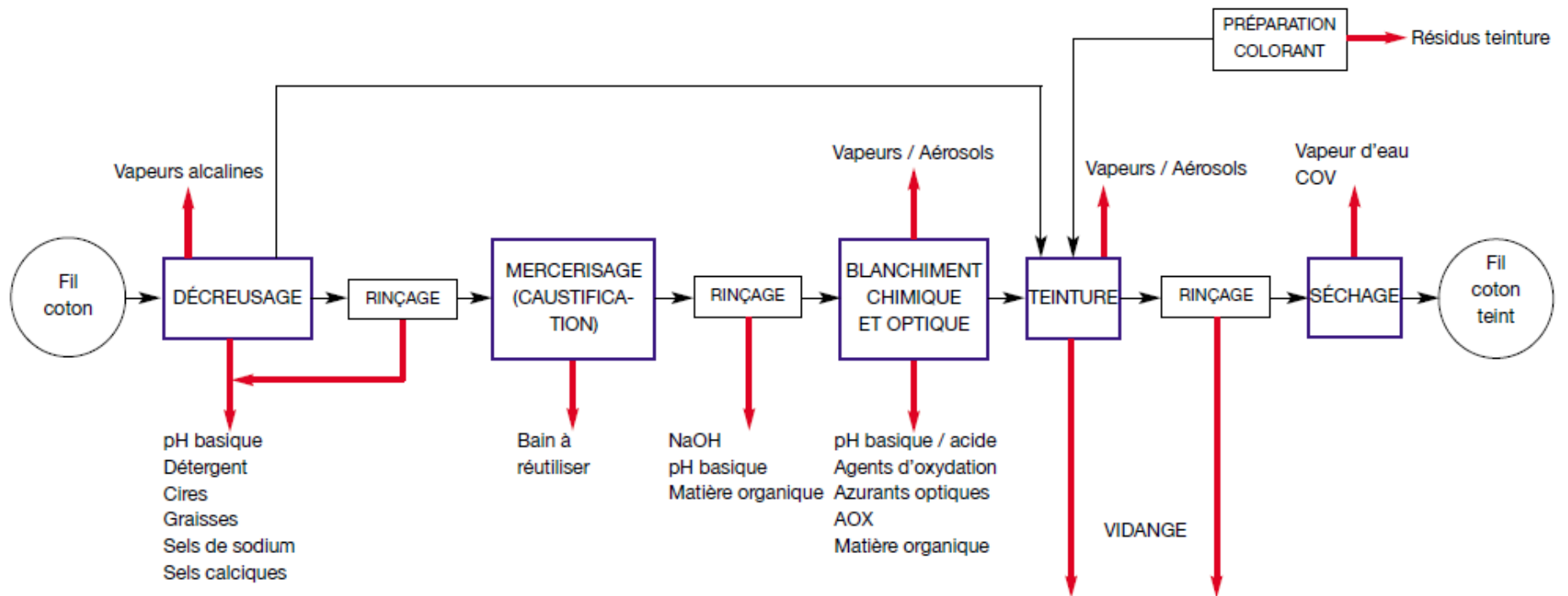
- 632,15 t de déchets de produits chimiques auxiliaires liquides, évacués avec les eaux résiduaires
- 11 000 t d'huiles usées, récupérées par NAFTEL
- 208 t de déchets de récipients, valorisés via leur vente
- 430,5 t de déchets textiles, qui sont récupérés
- 68,3 t de déchets d'emballages, partiellement réutilisés ou déposés dans des dépotoirs
- 74,9 t de boues d'épuration
- 13 t d'autres produits, qui sont recyclés (MATE Ministère de l'Aménagement du Territoire, de l'Environnement et du Tourisme, 2010).

### 3.3. IDENTIFICATION ET DESCRIPTION DES COURANTS RESIDUAIRES ET IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX ASSOCIES

L'industrie textile utilise une large gamme de produits chimiques, et produit d'énormes quantités d'effluents. La composition des eaux usées varie en fonction du processus de production, notamment la nature du tissu traité et le type des colorants appliqués. Ils sont souvent riches en couleur, des produits chimiques, et une demande chimique et biologique en oxygène (DCO, DBO) élevé, et faiblement biodégradable (tableaux III, IV) (Ranade, et al., 2014). En effet, les courants provenant des différents procédés sont mélangés et aboutissent à un effluent final dont les caractéristiques sont issues d'une combinaison complexe de facteurs (figure 8,9).

**Tableau IV.** Origine des courants résiduaire (Processus teinture et finissage des tissus en coton) ( (CAR/PP), 2002)

OPERATION	EAUX RÉSIDUAIRES	DÉCHETS	ÉMISSIONS ATMOS- PHÈRE
Flambage	—	—	Gaz de combustion
Désencollage et vapo- risation	DCO DBO Alcalinité	—	Vapeurs
Décreusage et rinçage	DCO Alcalinité Saleté fibres	—	Vapeurs alcalines
Mercerisage et rin- çage	Alcalinité DCO	—	Vapeur d'eau COV
Blanchiment chi- mique et optique	Agents d'oxydation DCO	—	Vapeurs Aérosols
Séchage	—	—	Vapeur d'eau COV
Thermofixage	—	—	Vapeur d'eau COV
Préparation colorant	—	Restes de tein- tures	—
Teinture et rinçage	Couleur DCO Alcalinité	—	Vapeurs Aérosols
Séchage	—	—	Vapeur d'eau COV
Finissage	DCO élevée	Fibres Bourres	Particules et Poudre de fibre



*Figure 8 : schéma teinture fibres en coton et mélanges (CAR/PP), 2002).*

**Tableau V.** Origine des courants résiduaire (Processus teinture fils en laine) ((CAR/PP), 2002).

<b>OPERATION</b>	<b>EAUX RÉSI-DUAIRES</b>	<b>DÉCHETS</b>	<b>ÉMISSIONS AT-MOSPHERE</b>
Carbonisation	Alcalinité / acidité DCO	Particules végétales carbonisées	Vapeurs acides Gaz de combustion
Lavage chimique	Alcalinité DCO Conductivité	—	—
Lavage aux solvants	Émulsions grasses AOX Toxicité	Épuisés Colles distillation TRI, PER	Vapeurs
Thermofixage	—	—	Vapeur d'eau COV
Fouillage et lavage	Acidité DCO	—	—
Fixation	—	—	Vapeur d'eau
Blanchiment chimique et optique	Agents d'oxydation/ Réducteurs DCO	—	Vapeurs Aérosols SO <sub>2</sub>
Préparation colorant	—	Restes de teintures	—
Teinture et rinçage	—	—	Vapeurs Aérosols
Séchage	—	—	Vapeur d'eau COV (Halogénés)
Finissage	—	Fibres Bourres	Particules et poudre de fibre

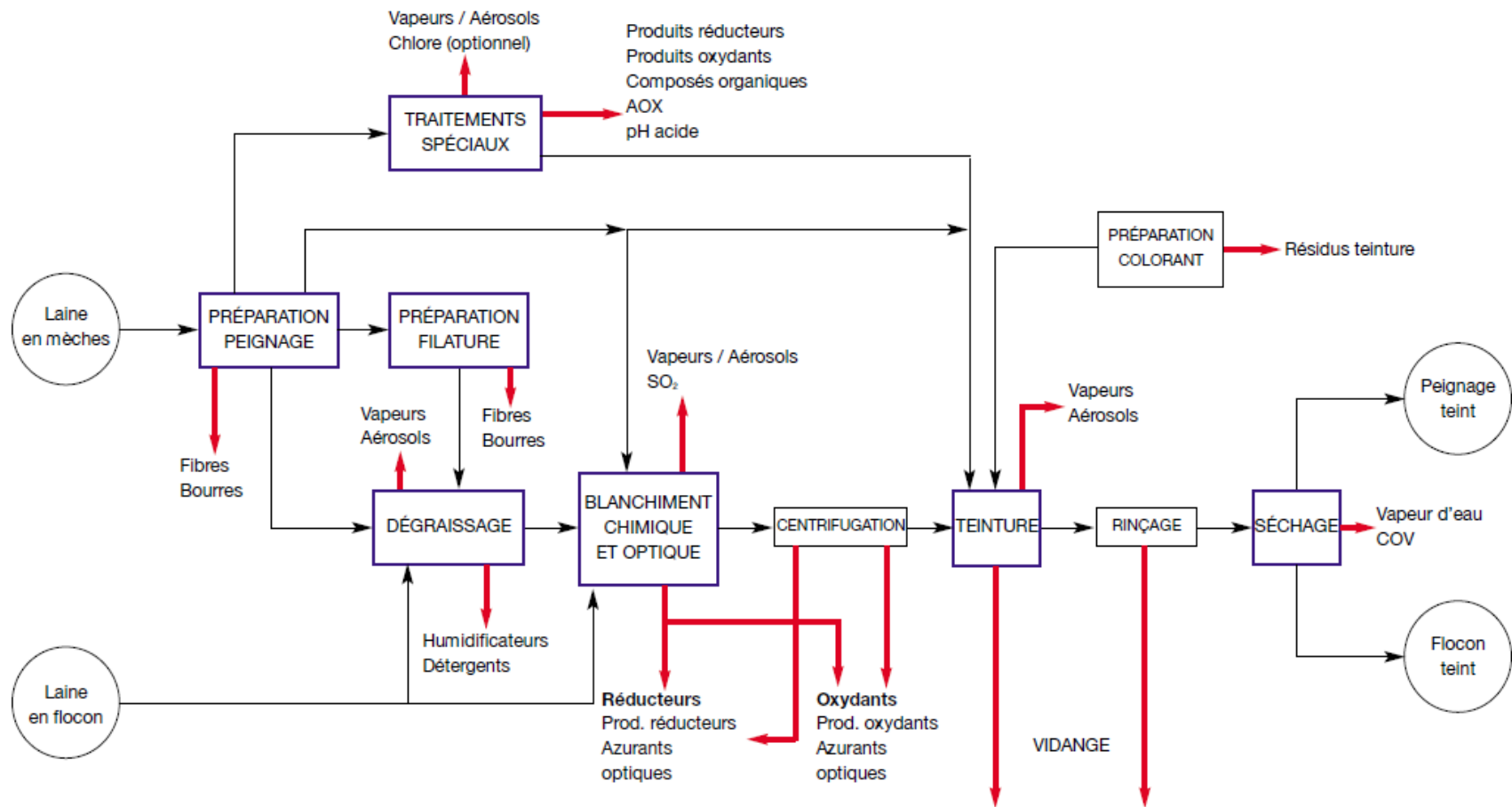


Figure 9 : schémas teinture des fibres et fils en laine et mélanges (CAR/PP), 2002)



### 3.4. IMPACT DE L'INDUSTRIE TEXTILE SUR L'ENVIRONNEMENT

Le développement industriel rapide et la forte accélération de l'urbanisation, en particulier dans les pays en développement, ont permis de reconnaître et de mieux comprendre la relation entre la pollution, la santé publique et l'environnement en général (Ogunlajal, et al., 2009). L'importance du contrôle et du traitement de la pollution est sans aucun doute le facteur clé de l'avenir humain. Si une usine de textile rejette les eaux usées dans l'environnement local sans aucun traitement, cela aura de graves répercussions sur les cours d'eau naturels et les terres avoisinantes, ce qui a un effet néfaste sur l'écosystème aquatique (Patel, et al., 2013).

Aujourd'hui, le textile est le deuxième secteur industriel le plus polluant au monde après l'industrie pétrolière, en raison de ses émissions massives de gaz à effet de serre, la contamination de l'air et de l'eau. Le cycle de vie des vêtements est associé à des impacts environnementaux et sociaux majeurs. Les industries de la mode et du textile sont parmi les principaux utilisateurs d'énergie dans le monde. La production de 60 millions de tonnes de textile nécessite 132 millions de tonnes métriques de charbon (Ecotextiles , Oct 2014). Un kg de production de fibres consomme 125 Mégajoules (MJ) d'énergie (Balch, 2016). Par ailleurs, 1 billion de kilowattheures (KW/h) sont utilisés chaque année par l'industrie textile mondiale, ce qui équivaut à 10 % de l'impact du carbone total (Textile Exchange, 2010).

#### 3.4.1. EAU ET ENERGIE

La consommation de carburant dans les usines textiles est presque directement proportionnelle à la quantité d'eau utilisée par les usines (Sriksrihnan, et al., June 2012). Pendant le processus de traitement par voie humide, une énorme quantité de combustibles fossiles est consommée, ayant une forte teneur en carbone qui réagisse avec l'oxygène pour former du dioxyde de carbone (JAIN, 2017)

L'industrie textile consomme 4 milliards de tonnes d'eau par an pour teindre 30 milliards de kilos de tissus. La culture du coton également dépend d'une forte consommation d'eau douce ;

il faut environ 2 700 litres d'eau pour fabriquer le coton nécessaire à la production d'un seul T-shirt, or c'est l'une des plantes les plus gourmandes en eau (BENDELL, et al., 2013). En outre, Le processus de teinture des textiles est très gaspilleur de ressources ; entre 70 et 150 litres d'eau peuvent être nécessaires pour teindre 1 kg de textiles (Chakraborty, et al., 2005) ; (Ogunlajal, et al., 2009). Selon l'Union internationale pour la conservation de la nature (2016), la teinture et le traitement des textiles sont responsables d'environ 17 à 20% de toutes les pollutions industrielles de l'eau (Aiama, et al., 2016). De plus, 22,5 % du total des insecticides dans le monde sont consommés par l'industrie de la mode et du textile (Balch, 2016) (Karaosman, et al., 2017)

### 3.4.2. PRODUITS CHIMIQUES

Il faut traiter des polluants de toutes sortes dans l'effluent textile, y compris les matières organiques hautement persistantes, non biodégradables et les pesticides utilisés dans les textiles spéciaux tels que les tissus résistants aux insectes. Au-delà des colorants réactifs, les industries textiles sont dominées par l'utilisation de colorants directs, les colorants acides/basique et les colorants dispersés, en fonction de la matière à traiter. Si ces substances se répandent dans l'environnement, elles peuvent altérer les propriétés physiques, chimiques et biologiques du milieu aquatique par des changements continus de température, d'odeur, de bruit, de turbidité, etc. Affectant ainsi la flore, la faune et la santé (Islam, et al., December 2011). Les effluents des usines de textile contiennent également du chrome, qui a un effet cumulatif et risque de pénétrer dans la chaîne alimentaire.

Les colorants et les produits chimiques de couleurs sombres augmentent la turbidité de l'eau et cela perturbe à son tour le processus de photosynthèse, entraînant ainsi une altération de l'habitat (Wang, et al., 2011). En effet, l'industrie textile utilise environ 10000 teintures et pigments différents, et la production annuelle mondiale de ces teintures est supérieure à  $7.10^5$  tonnes (Alinsafi, et al., 2005), 10-25% des colorants textiles sont perdus au cours des processus de teinture, et 2-20% sont directement rejetés sous forme d'effluents aqueux dans les différentes composantes de l'environnement (Cooper, 1995). La plupart d'entre eux sont des substances toxiques pour la santé humaine et la faune et la flore aquatiques, et notamment les colorants, provoquent de nombreux problèmes dans l'environnement, ils peuvent persister dans l'environnement pendant une très longue période de temps, en raison de leur haute stabilité thermique et photographique. La plupart des colorants et de leurs dérivés sont cancérigènes,

mutagènes et/ou toxiques (Mathur, et al., 2005). Selon sa concentration et le temps d'exposition, le colorant peut provoquer des effets aigus et/ou chroniques sur l'organisme exposé. La plus grande préoccupation environnementale liée aux colorants dissous est l'absorption et la réflexion de la lumière solaire dans les cours d'eau (rivières, lacs, etc.) ce qui diminue l'activité photosynthétique des algues et altère sérieusement la chaîne alimentaire.

### 3.4.3. TOXICITE AQUATIQUE DE L'EFFLUENT

Un certain nombre d'études ont été entreprises par (Environnement Canada, 2001) afin de compléter la base de données limitée sur les effets des EUT sur l'environnement. Les résultats combinés d'une batterie d'essais de toxicité sur l'effluent entier ont démontré que la toxicité des effluents diminue à mesure qu'augmente leur niveau de traitement. Parmi les essais utilisés à cette fin, il convient de mentionner :

Les études réalisées par (Costan, et al., 1993), Un EUT non traité s'est révélé le deuxième effluent le plus toxique (après les effluents des usines de pâtes et papiers), parmi les effluents de huit secteurs industriels examinés (pâtes et papiers, raffinage du pétrole, produits chimiques inorganiques, produits chimiques organiques, métallurgie, mines, revêtement métallique et production de textiles). Ces chercheurs ont utilisé pour ce faire un indice calculé à partir des résultats d'une série d'essais biologiques évaluant la toxicité aiguë, sub létale et chronique, à différents niveaux trophiques (Environnement Canada, 2001):

D'après une étude sur la toxicité des EUT non traités provenant de cinq différents types d'usines. Tous les échantillons d'EUT non traités ont démontré des effets létaux aigus ou des effets sublétaux sur l'ensemble des organismes testés, quel que soit le type d'usines. Les données indiquent que, malgré la complexité chimique des EUT dont les constituants peuvent varier d'une usine à une autre et même dans le temps à l'intérieur d'une même usine, la grande toxicité des EUT non traités ressort de manière constante (Environnement Canada, 2001).

Des études ont été faites afin de mesurer les effets des EUT sur les communautés d'invertébrés benthiques ; ces études ont été menées à trois endroits recevant respectivement des EUT non traités et des EUT ayant subi un traitement secondaire et tertiaire. Dans le premier cas, des Changements dans la structure des communautés ont été observés à une distance de 120 m en aval de l'exutoire des effluents non traités ; aucun effet n'a été observé aux deux

autres endroits où étaient déversés des EUT ayant subi au préalable un traitement secondaire ou tertiaire dans les Installations municipales.

Selon une étude canadienne comportant des essais de toxicité sur place d'un EUT non traité rejeté dans l'environnement a été relevée ; il convient de préciser que l'objectif de cette étude était de mesurer l'absorption de contaminants par les organismes exposés. En octobre 1990, un taux de mortalité de 100 % a été observé chez les anodontes du gasparot *Anodonta implicata* durant une période d'exposition d'un mois, sur une distance atteignant jusqu'à 120 m en aval de Stanfield's, sur la rivière Salmon, en Nouvelle-Écosse. À trois postes d'échantillonnage (situés à 30, 50 et 100 m), la totalité des mollusques est morte et un taux de mortalité de 60 % a été observé à 120 m en aval de l'exutoire, en juin 1991 (Environnement Canada, 2001).

Selon une étude de l'USEPA (1980), La toxicité des effluents secondaires des usines de textile a été déterminée avec des espèces d'eau douce (*Selenastrum capricornutum*, *Daphnia pulex*, *Pimephales promelus*) et estuaire (*Skeletonema costatum*, *Palaemonetes pugio*, *Cyprinodon variegatus*). *Daphnia pulex* était généralement l'espèce la plus sensible, mais aucune espèce ne résiste à tous les effluents. La croissance des algues *S. capricornutum* et *S. costatum* a été affecté par tous les effluents, soit par inhibition, soit par stimulation. Certains résidus étaient stimulants pour *S. costatum* à de faibles concentrations (<1%) mais inhibiteurs à des concentrations élevées (>50%).

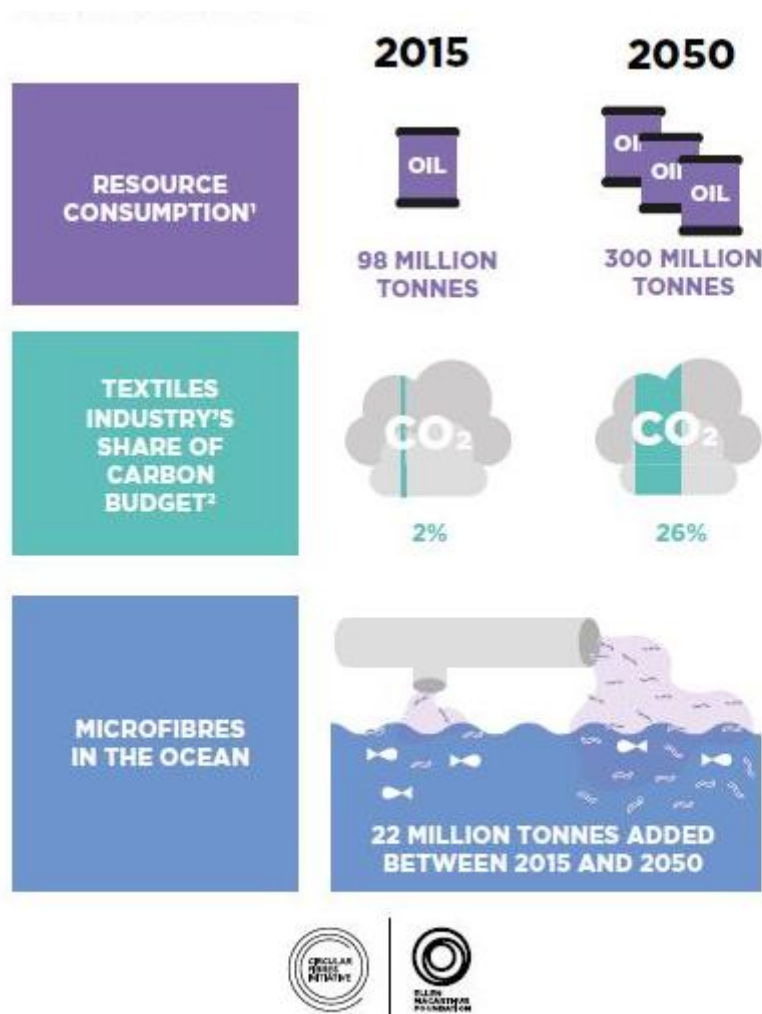
#### 3.4.4. L'EMPREINTE CARBONE

L'empreinte carbone d'un T-shirt est estimée à environ 15 kg, cela signifie que l'empreinte carbone d'un T-shirt est d'environ 20 fois son propre poids (Carbon Trust, Working with Conventional Clothing : Product Carbon Footprinting in Practice, 2011). Il est cependant difficile de trouver un chiffre fiable et unique. Selon les études, cela varie fortement entre 3 et 10% des émissions de CO<sub>2</sub> mondiales. Le rapport de la fondation Ellen MacArthur ( Ellen MacArthur Foundation, 2017) indique ainsi le chiffre de 1.2 milliard de tonnes équivalentes CO<sub>2</sub>, soit plus que l'ensemble des émissions du transport maritime et aérien internationaux combinés.

Plus d'un million de tonnes de textiles sont jetées chaque année, dont 50 % sont recyclables. Ces déchets ont besoin de sites d'enfouissement et ne sont pas rapidement biodégradables. Les

vêtements en laine en se décomposant génèrent des gaz comme le méthane, ce qui favorise le réchauffement de la planète (JAIN, 2017).

La demande de textile-habillement continue d'augmenter rapidement, sous l'impulsion notamment des marchés émergents, comme l'Asie et l'Afrique. Si la croissance se poursuit comme prévu, le total des ventes de vêtements atteindrait 160 millions de tonnes en 2050 - plus de trois millions de tonnes fois le montant d'aujourd'hui. Cela résulterait une augmentation significative de l'impact négatif du secteur (figure 10).



**Figure 10** : L'augmentation de l'impact négatif de l'industrie textile d'ici 2050

Au rythme actuel, les conséquences négatives du secteur seront potentiellement catastrophiques. Si l'industrie continue sur sa voie actuelle, d'ici 2050, elle pourrait utiliser plus

de 26 % du budget de carbone associé à la voie des 2°C, la limitation du réchauffement global. Il est donc crucial de s'éloigner de l'actuel système linéaire et gaspilleur de textiles afin que la limite des 2°C soit respectée. Dans un scénario de "maintien du statu quo", la croissance du volume de matières textiles impliquerait une quantité croissante d'intrants non renouvelables, jusqu'à 300 millions de tonnes par an d'ici 2050. Selon la tendance actuelle, la quantité de microfibres de plastique entrant dans l'océan entre 2015 et 2050 pourrait s'accumuler jusqu'à un excédent de 22 millions de tonnes, soit environ les deux tiers des fibres à base de plastique actuellement utilisées pour produire des vêtements chaque année ( Ellen MacArthur Foundation, 2017).

### 3.5. VALORISATION DES EAUX USEES TEXTILES

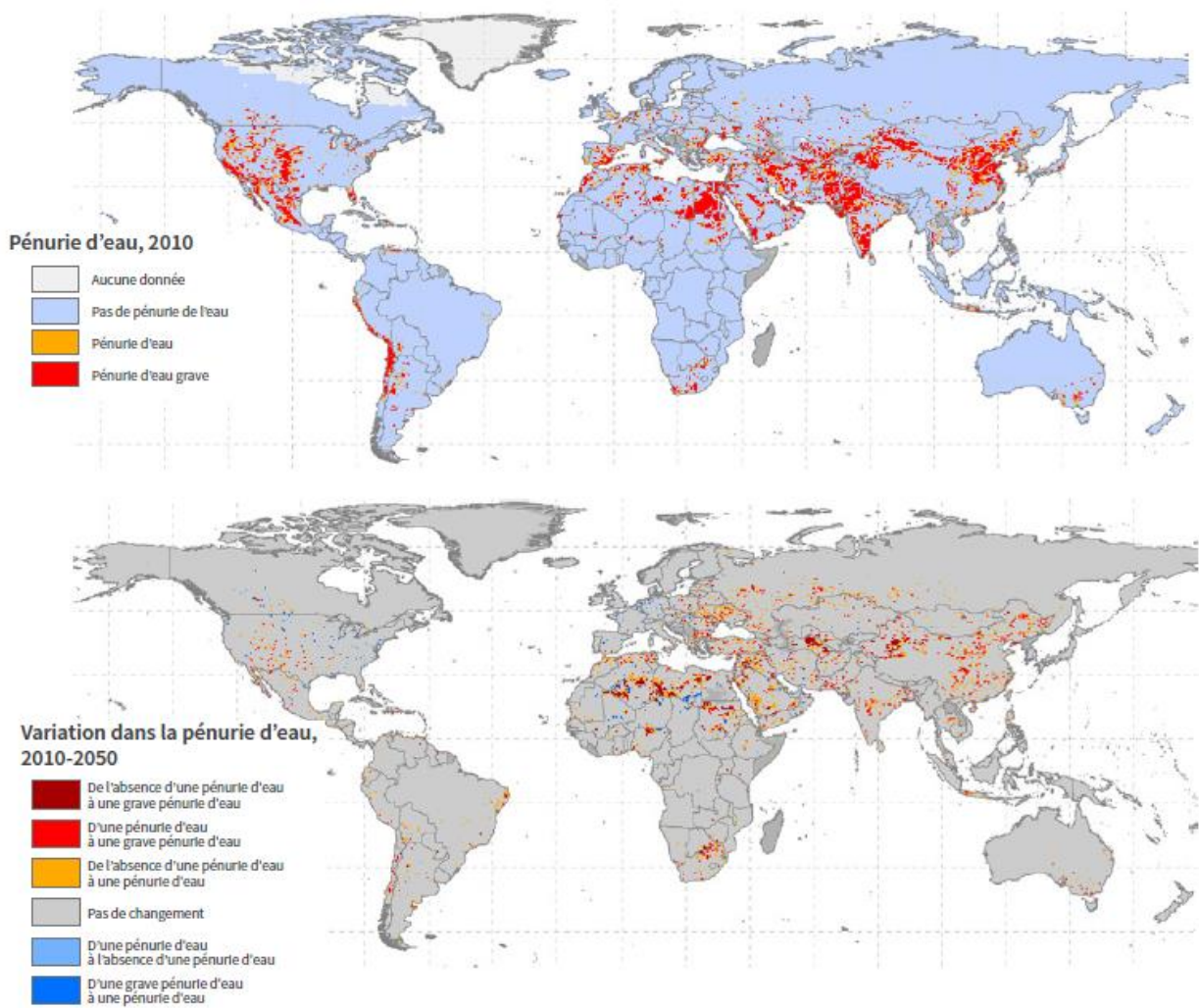
Le futur du traitement des eaux usées ne dépend pas seulement de l'amélioration de la qualité de l'eau rejetée dans l'environnement, mais aussi de son recyclage, de la réutilisation efficace et de la récupération de matières valorisables, de la bioénergie et des biomatériaux (Ranade, et al., 2014). Le deuxième axe de cette étude vise à examiner le potentiel de la réutilisation des eaux usées et l'identification des problèmes liés à ses applications.

#### 3.5.1. LES ENJEUX DE L'EAU EN ALGERIE

La croissance démographique, la densification des zones urbaines et le recours plus intensif à l'eau pour améliorer la qualité de vie ainsi que les changements climatiques exercent une pression croissante sur l'approvisionnement en eau à un rythme tel que, selon (Leverenz, et al., 2011), il serait indispensable de réutiliser l'eau pour alimenter les villes à l'avenir (Cisneros, 2014).

D'ici 2025, les pressions accrues sur les ressources hydriques, mesurées par l'indice d'exploitation des ressources en eau renouvelables, révèlent des contrastes forts et parfois alarmants en ce qui concerne "l'avenir de l'eau ». Les scénarios actuels et futurs sont encore plus alarmants lorsque l'indice est calculé à l'échelle des bassins versants méditerranéens. De nombreuses régions du monde sont confrontées à des changements dans les conditions climatiques, tels que les régimes pluviométriques, les cycles d'inondation et les sécheresses, ces derniers affectent le cycle de l'eau (PNUE ;, 2016). Les réserves hydriques des pays en développement des régions arides et semi-arides du monde, dont la population est en rapide

croissance et les ressources économiques sont limitées, nécessitent une attention particulière (Asano, 2002). De nombreux pays connaissent déjà des conditions de pénurie d'eau généralisée et devront probablement faire face à une disponibilité réduite des ressources en eau de surface les années 2050 (figure 11). En effet, L'extraction incessante de ces réserves a engendré l'épuisement des sources d'eau dans et autour des zones industrielles.



\*Les régions sont considérées en pénurie d'eau lorsque l'ensemble des prélèvements annuels pour l'usage humain se situe entre 20 % et 40 % de l'ensemble des ressources en eau de surface renouvelables, et en pénurie d'eau grave lorsque les prélèvements dépassent 40 %.

\*\*Les scénarios utilisés pour cet exercice de modélisation sont basés sur « water extended shared socio-economic pathways ». Le scénario *middle-of-the-road* (intermédiaire) part du principe que le développement mondial suit des tendances et des paradigmes du passé, de sorte que les tendances sociales, économiques et technologiques ne diffèrent pas nettement des modèles historiques (c'est-à-dire du statu quo).

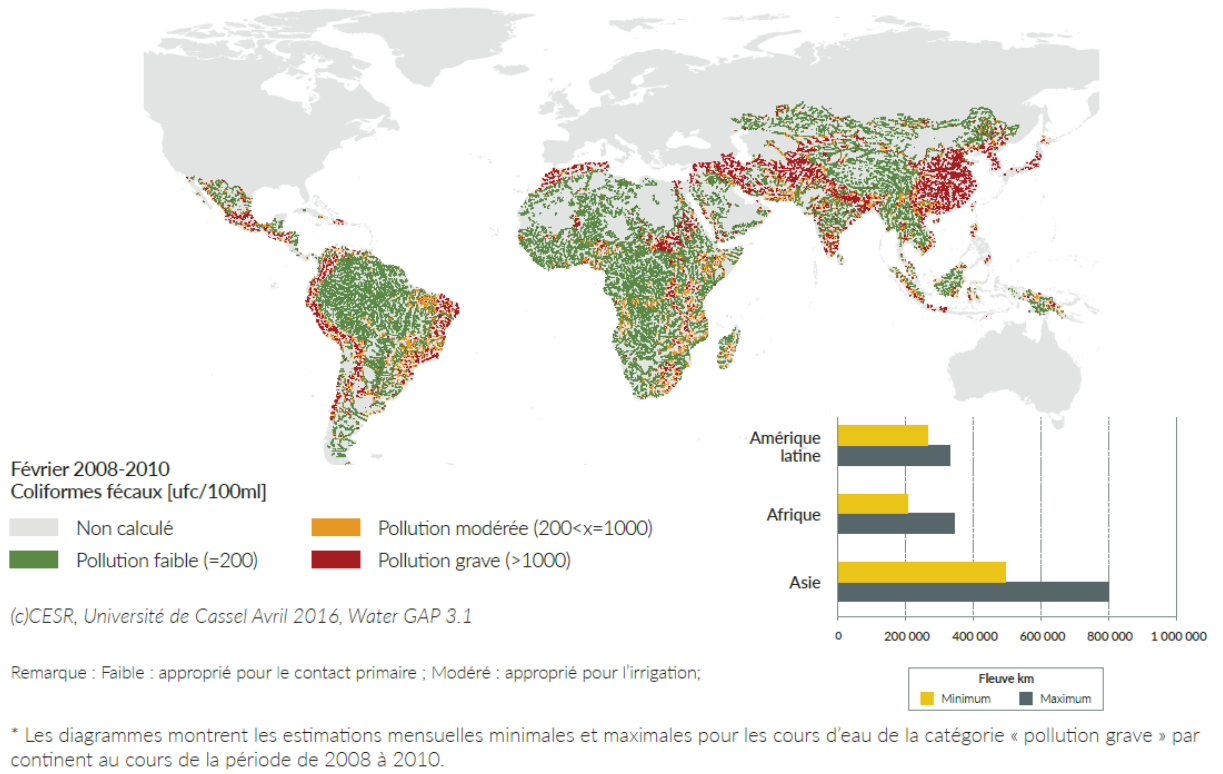
**Figure 11 :** Pénurie physique d'eau en 2010 (figure du haut) et variations prévisionnelles de la pénurie d'eau\* en 2050 figure du bas) basées sur le scénario *middle-of-the-road* (intermédiaire) (WWAP,2017).

L'utilisation de l'eau par l'industrie, qui représente environ 20 % des prélèvements à l'échelle mondiale, est dominée par la production d'énergie, qui représente environ 75 % des prélèvements, les 25 % restants étant utilisés pour la fabrication (WWAP (Programme mondial pour l'évaluation des ressources en eau), 2014). D'ici 2025, l'industrie devrait multiplier ses besoins en eau par 1,5 fois (PNUE / MED, 2001). Des projections de (Burek, et al., 2016) suggèrent que la demande globale en eau de l'industrie augmentera dans toutes les régions du monde, à l'exception de l'Amérique du Nord et de l'Europe occidentale méridionale. La demande industrielle pourrait être multipliée par huit (de façon relative) dans des régions telles

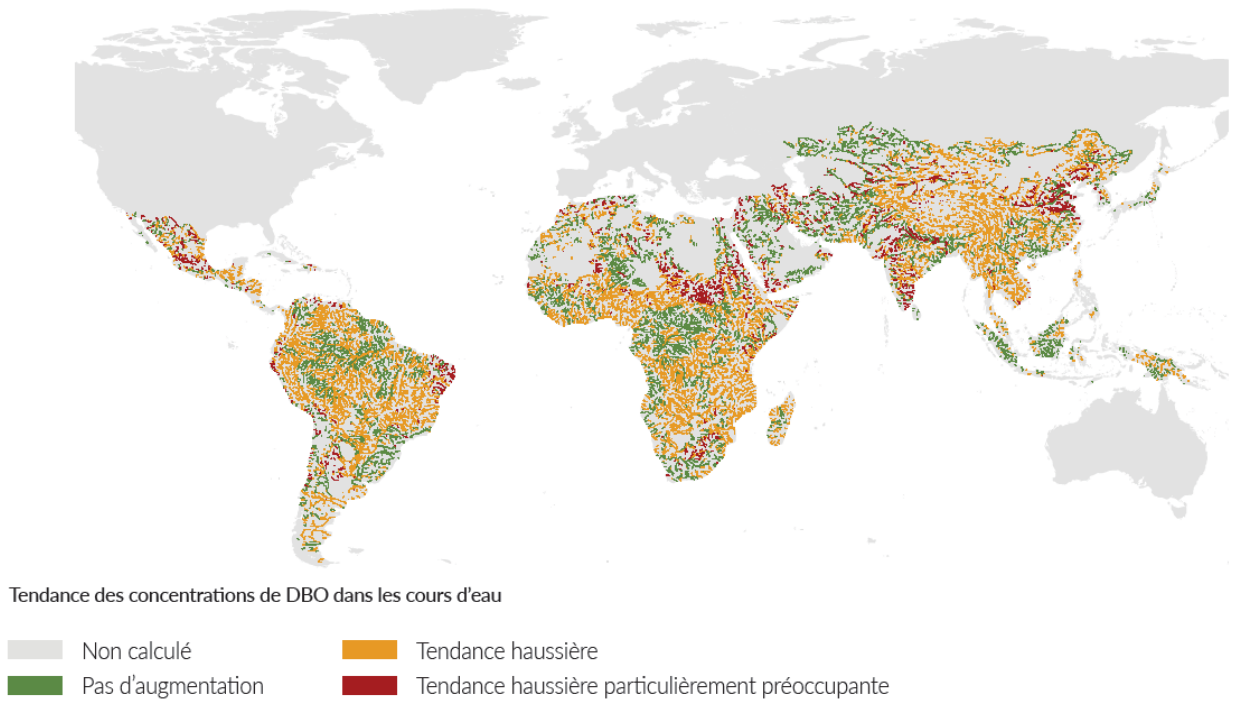


que l’Afrique de l’Ouest, l’Afrique centrale, l’Afrique de l’Est et l’Afrique australe, où les industries représentent actuellement une très faible proportion de l’utilisation totale d’eau. La demande industrielle devrait également augmenter de manière significative (jusqu’à deux fois et demie) en Asie du Sud, centrale et orientale (Burek, et al., 2016). Selon (OCDE (Organisation de coopération et de développement économique), 2012), la demande en eau pour l’industrie manufacturière devrait augmenter de 400 % pendant la période 2000–2050.

En outre, le déversement des eaux usées dans les cours d'eau naturels a entraîné la pollution des eaux superficielles et souterraines (figures 12,13). La présence de coliformes fécaux est considérée comme indicatrice de la présence de tous les agents pathogènes potentiels dans les eaux de surface ce qui met en péril la santé de millions de personnes (PNUE ;, 2016). La réutilisation ou la valorisation des eaux usées est considérée comme une solution efficace et indispensable pour faire face à la rareté des ressources en eau et à la gravité de la pollution de l'eau (Chu, et al., 2004). À l’échelle mondiale, il a été estimé que 20 millions d’hectares (OMS, 2006) de terres sont irrigués avec des eaux usées non traitées (Drechsel, et al., 2010) (WWAP, 2016).



**Figure 12 :** Estimation des concentrations de bactéries coliformes fécales (CF) dans les cours d'eau, Afrique, Amérique latine et Asie (février 2008-2010)



**Figure 13 :** Tendance des concentrations de la demande biologique d'oxygène (DBO) dans les fleuves entre 1990 et 1992 puis entre 2008 et 2010 (PNUE, 2016).

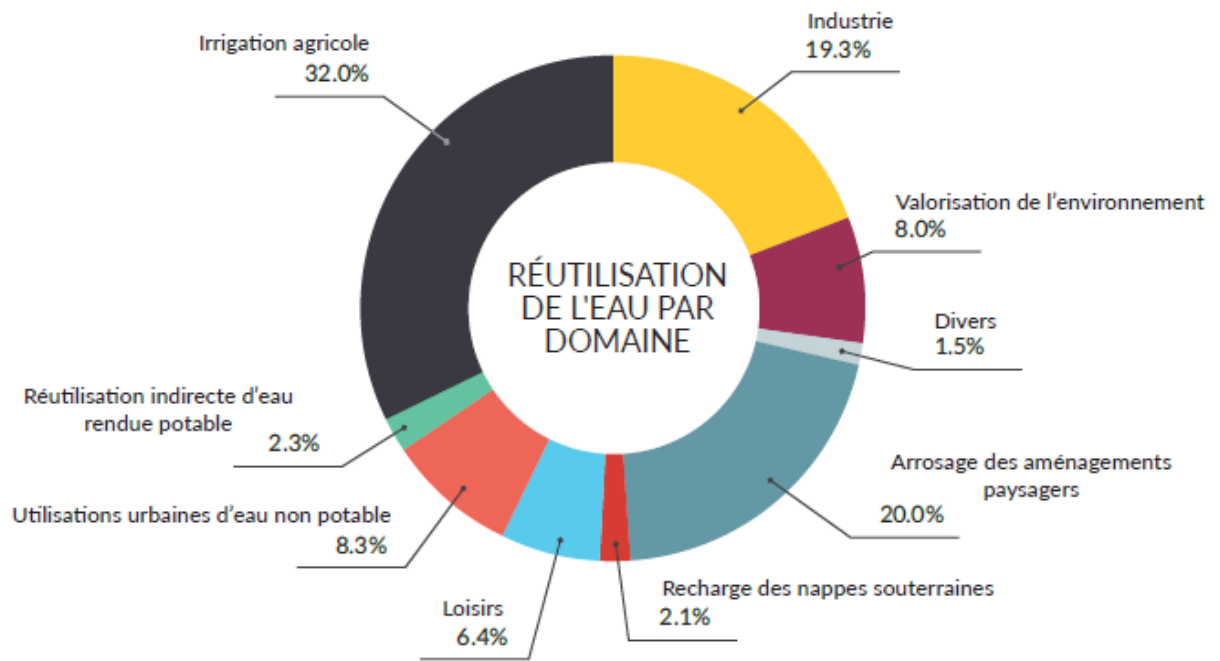
Les tronçons fluviaux marqués en orange ou rouge ont des concentrations croissantes entre ces deux périodes. Les tronçons fluviaux marqués en rouge ont une « tendance croissante particulièrement préoccupante », ce qui signifie que dans ces tronçons, le niveau de pollution est passé à la catégorie de pollution grave entre 2008 et 2010, ou qu'ils se trouvaient déjà dans la catégorie de pollution grave entre 1990 et 1992 et que leur concentration a encore augmenté entre 2008 et 2010.

### 3.5.2. REUTILISATIONS DES EAUX USEES

Le traitement, le recyclage et la réutilisation des eaux usées industrielles sont applicables à toutes les industries chimiques et industries connexes. Elle est encore plus cruciale pour certains des secteurs où de grandes quantités des eaux usées sont générées. Plusieurs études de référence ont fourni une base technique solide qui assure l'utilisation sans risque des eaux usées traitées pour différents usages. Le cycle de l'eau a été considéré comme l'un des principaux sujets de recherche concernant son utilisation durable dans différents secteurs industriels (Ranade, et al., 2014). Cela est dû essentiellement à la demande croissante en eau, sa rareté et la sécheresse, aux besoins en matière de protection de l'environnement et de gestion des eaux usées, et aux facteurs socio-économiques ainsi qu'à la protection de la santé publique (Vajnhandl, et al., 2014). La récupération des eaux usées, y compris la récupération, la réutilisation et le recyclage, est aujourd'hui l'un des outils qui contribue à une meilleure gestion des ressources en eau passeront du cycle naturel de l'eau vers un cycle anthropique (Rao, et al., 2012).

#### a) APPLICATIONS D'EAU REUTILISEE

Il existe actuellement plus de 3 300 installations de recyclage de l'eau dans le monde, avec des degrés de traitement variables selon les applications. La réutilisation des eaux usées peut être appliquée à l'agriculture, à l'industrie, à la recharge des eaux souterraines et à l'usage urbain (figure 14) (tableau v), y compris l'irrigation des paysages et la protection contre les incendies (PNUE / MED, 2001).



**Figure 14 :** Réutilisation mondiale de l'eau après un traitement avancé (tertiaire) : Part de marché par domaine d'utilisation (Lautze et al. 2014 ; WWAP,2017).

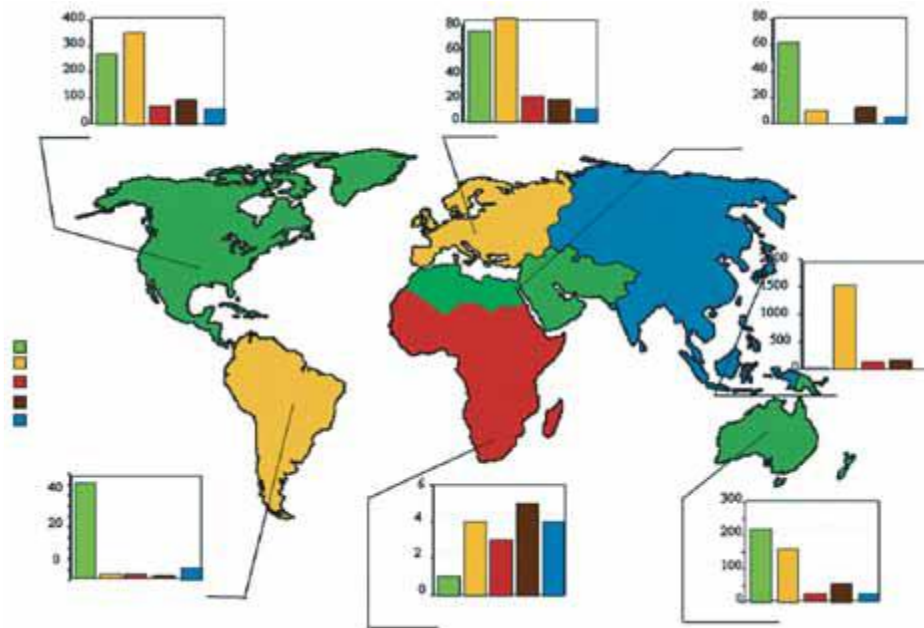
Elle peut être utilisée à des fins agricoles du fait que l'eau récupérée est largement utilisée comme source d'eau d'irrigation depuis des siècles, tout en fournissant une eau à faible coût, d'autres avantages secondaires comprennent de meilleurs rendements agricoles, une diminution du recours aux engrais chimiques et une protection contre les dégâts de gels.

**Tableau VI.** Encadrement de la gestion des eaux usées du point de vue des ressources (Andersson et al,2016 ; WWAP, 2017).

Ressources dans les excréments et les eaux usées	Options de gestion des ressources	Options techniques du système	Bénéfices potentiels multiples

<b>Eau</b>	Réutilisation et recyclage de l'eau Eau potable et non potable / usage industriel / recharge des plans d'eau	Centralisé ou décentralisé	
<b>Nutriments</b>	Réutilisation combinée de l'eau et des nutriments Irrigation agricole/irrigation forestière/aquaculture	Gestion des excréments hydriques ou non hydriques	Protection de la santé
<b>Contenu Énergétique</b>	Réutilisation des nutriments ou réutilisation combinée des matières organiques/nutriments Engrais solides et liquides et conditionneur de sol pour l'agriculture et la foresterie	Gestion séparée des eaux grises	Moyens de subsistance
<b>Matières Organiques</b>	Production d'énergie Production de biogaz/incinération/production de biomasse	Gestion des boues	Sécurité hydrique
<b>Autres</b>	Services écosystémiques c.-à-d. lagunage	Traitement hors site ou traitement sur place	Sécurité alimentaire
	Autres extrants Par exemple aliments protéiques pour le bétail/matériaux de construction	Traitement des eaux usées	Sécurité énergétique
		Traitement des excréments et des boues	Atténuation et adaptation aux effets des changements climatiques

La figure 15 montre le nombre de systèmes municipaux de réutilisation de l'eau dans différentes régions du monde selon le domaine d'application de la réutilisation. Les applications sont regroupées en quatre grandes catégories : agriculture, urbaine, industrielle et mixte (multifonctionnel).



**Figure 15 :** Programmes municipaux de réutilisation de l'eau, par domaine d'application (Lautze et al. 2014 ; WWAP,2017).

. Il apparaît que la réutilisation pour l'irrigation est essentiellement présente dans les pays réputés agricoles mais dont les ressources hydriques sont faibles, comme le bassin méditerranéen, le Sud des États-Unis. Les plus grands projets de réutilisation ont été développés dans les régions de l'Ouest et de l'Est des États-Unis, l'espace méditerranéen, l'Australie, l'Afrique du Sud et dans les zones semi-arides de l'Amérique du Sud et de l'Asie du Sud (Lazarova, mai 1998). Dans les régions arides, la réutilisation de l'eau constitue une source essentielle pour la production agricole (Sharma, et al., 2013). Comme l'eau douce des réseaux municipaux est plus coûteuse que l'eau recyclée, les effluents sont réutilisés pour l'irrigation dans de nombreux pays du monde, dans les régions peuplées (Gamito, et al., 1999).

## b) LA REUTILISATION DANS L'INDUSTRIE

La réutilisation et le recyclage de l'eau pour des usages industriels ont de nombreuses applications potentielles, allant de simples options d'entretien ménager à la mise en œuvre de technologies avancées (Atimtay, et al., 2011).

Le recyclage des eaux usées pour l'industrie peut être mis en œuvre par la réutilisation des eaux usées municipales dans les processus industriels, le recyclage interne et l'utilisation en cascade de, et la réutilisation non industrielle des effluents des usines (PNUE / MED, 2001) (PNUE ;, 2016). Deux ressources sont disponibles pour la réutilisation et le recyclage de l'eau industrielle. Le premier est constitué d'effluents secondaires municipaux et le second d'effluents provenant de procédés industriels. Le choix de ces deux options dépend de plusieurs facteurs tels que la politique et la législation en matière de gestion de l'eau, la tarification, la situation hydrologique (degré de stress hydrique), la disposition de récipients appropriés, les concentrations de polluants dans l'entrée de l'usine de recyclage et les méthodes de réutilisation/recyclage (Lahnsteiner, et al., 2013) (Lazarova, et al., 2013).

Les exigences de qualité de l'eau pour la réutilisation industrielle diffèrent selon le type d'application. Les eaux usées traitées peuvent être utilisées comme eau de refroidissement ou de complément, avec ou sans mélange avec l'eau du robinet. Les systèmes de refroidissement à passage unique offrent également des possibilités supplémentaires de réutilisation de cette eau, L'eau de refroidissement et de chauffage, ainsi que les eaux de pluie peuvent être appropriées pour le lavage, l'ajustement du pH et la protection contre les incendies , Cependant, l'eau de procédé qui est suffisamment traitée de manière à ce que la qualité qui en résulte corresponde à l'usage envisagé est plus susceptible d'être recyclée, par exemple dans le transport du matériel, comme eau de rinçage, dans les tours de refroidissement d'eau, dans l'alimentation de chaudières, la ligne de production, l'élimination des poussières, et le lavage. Ce processus permet non seulement de réduire le coût lié à l'achat d'eau douce mais également de et réduire les rejets dans l'ensemble (WWAP (Programme mondial pour l'évaluation des ressources en eau), 2017).

### c) REUTILISATION EN AGRICULTURE :

La réutilisation des eaux usées épurées est une action volontaire et planifiée qui vise la production de quantités complémentaires en eau pour différents usages. Aujourd'hui la stratégie nationale du développement durable en Algérie se matérialise particulièrement à travers un plan stratégique qui réunit trois dimensions à savoir : Sociale, Economique et Environnementale (MRE Ministère des Ressources en eau, 2012). L'irrigation constitue l'essentiel de l'utilisation des eaux usées traitées, non traitées ou partiellement traitées à travers le monde. Les eaux usées contiennent souvent des concentrations importantes d'éléments nutritifs organiques et inorganiques, comme l'azote et le phosphate. Ces éléments fertilisants présents dans l'eau recyclée peuvent être utilisés comme source d'engrais lorsque l'eau est recyclée aux fins d'irrigation. Il a été observé que les microorganismes du sol avaient une activité métabolique accrue lorsque l'effluent d'eaux usées est utilisé pour l'irrigation (Ramirez-Fuentes, et al., 2002) (Meli, et al., 2002). Si les eaux usées sont utilisées dans l'agriculture sans précautions de sécurité nécessaires, les polluants microbiologiques et chimiques peuvent s'accumuler dans les cultures, les produits de l'élevage, le sol ou les ressources en eau, et avoir de graves répercussions sur la santé des consommateurs d'aliments et travailleurs agricoles exposés (WWAP (Programme mondial pour l'évaluation des ressources en eau), 2017). Lorsque l'eau recyclée est d'origine industrielle ou si elle est moins traitée que la norme, il faudrait alors tenir compte de l'influence des métaux lourds (Toze, 2004).

## 3.6.IMPACT SUR LA SANTE HUMAINE ET L'ENVIRONNEMENT

### 3.6.1. IMPACT SUR LE SOL ET LES CULTURES

Les avantages de l'utilisation des eaux usées pour l'irrigation sont nombreux. Le recours à ces eaux pour l'irrigation peut servir de source supplémentaire d'eau ayant des propriétés fertilisantes après dilution appropriée mais des mesures de sécurité doivent être prises pour éviter les risques environnementaux à court et à long terme (Gufran Khan, et al., 2011). Les effluents industriels, dont les eaux usées provenant de procédés de fabrication ou chimiques contribuent à la pollution de l'eau, ce qui affecte considérablement toute la chaîne alimentaire.

L'utilisation à long terme des eaux usées pourrait provoquer une salinité des sols, leur engorgement, l'effondrement de leur structure, la réduction globale de leur capacité productive et une baisse des rendements agricoles. Les répercussions sont fonction de facteurs tels que la



source, l'intensité d'utilisation et la composition des eaux usées, ainsi que les propriétés du sol et les caractéristiques biophysiques propres aux cultures (WWAP, 2016) (WWAP (Programme mondial pour l'évaluation des ressources en eau), 2017).

Un effluent d'une usine textile, dilués avec de l'eau douce et utilisés pour irriguer du riz, des haricots rouges et de l'okra ont permis d'accroître la productivité grâce à leur teneur en matières organiques pour une valeur de la proportion d'effluents dans l'eau d'irrigation allant jusqu'à 75 % ; au-delà, les effluents inhibaient la croissance des végétaux (OMS(Organisation mondiale de la Santé), 2006).

L'effluent de l'usine textile peut être utilisé comme source d'irrigation pour la germination et la croissance des graines de *Sorghum vulgare* et *Vigna aconitifolia* après une dilution appropriée, il a également été prouvé que les effluents directs des usines de textile ne pouvaient pas être utilisés pour la germination des graines de *Vigna Unguiculata* et de *Pisum sativum*, mais ils peuvent être utilisés avec une dilution de 20% de la concentration de l'effluent. La meilleure croissance de toutes les graines a été obtenue à une concentration d'effluent de 20% - des observations similaires ont été faites avec des espèces d'arbres comme *Eucalyptus tereticornis*, *leucaena leucocephala* et *populus*. Ces arbres ont montré une excellente croissance dans les eaux usées en raison de leur richesse en npk (Gogate, et al., 1995) (Kadar, et al., 2003). (Ogunlajal, et al., 2009) ont également rapporté une similaire tendance au *colza et amaranthus*, respectivement. Cela peut être dû à la présence d'éléments nutritifs essentiels comme le N.P.K Ca et le Mg dans les rejets textiles (Kanan, et al., 2005) (Gufran Khan, et al., 2011) (Saravanamoorthy, et al., 2005). Par ailleurs, il a été conclu que l'effet de l'effluent textile est spécifique au cultivar et que des mesures de précaution doivent être prises avant d'utiliser les eaux usées de l'usine textile à des fins d'irrigation.

Des analyses de  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  et  $\text{Mg}^{2+}$  ont été effectués pour les plantes cultivées à différentes concentrations de l'effluent. Le  $\text{Na}^+$  a montré une augmentation constante et graduelle avec l'augmentation de la concentration de l'effluent, tandis que les concentrations de  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  et  $\text{Mg}^{2+}$  étaient les plus élevées dans les plantes cultivées dans 50 % de l'effluent, suivies de 25, 75 et 100 % de l'effluent. La germination a été inhibée et retardée de 100 et 75 % de l'effluent, alors qu'elle était normale avec d'autres concentrations de l'effluent par rapport au témoin de l'eau. L'effluent non dilué et l'effluent dont le taux de dilution était de 75 % ont retardé la croissance des plantes, tandis que l'effluent à 50 % a favorisé la (Ajmal, et al., 1985).

Bien que le sol soit généralement composé d'environ 45 % de sels minéraux, 25 % d'air, 25 % d'eau et 5 % de matière organique, certains métaux tels que Cu, Zn, Mn et Fe sont essentiels à la croissance des plantes, mais un grand nombre d'entre eux n'ont pas un rôle significatif dans la physiologie végétale. L'absorption de ces métaux lourds par les plantes constitue une voie de leur pénétration dans la chaîne alimentaire ce qui peut entraîner un préjudice ou un effet nocif pour la santé. Les dommages structuraux du sol limitent le rendement des plantes en raison de mauvaises relations sol-eau et sol-air indiqués par une diminution du rendement agricole, une mauvaise perméabilité de l'eau, des ruissellements plus abondants et une érosion du sol (RPDC (Resource Planning and Development Commission), 2003). Les métaux lourds, résultant principalement du processus de teinture, représentent un autre polluant possible de l'industrie textile. Le plus grand problème associé aux composés utilisés pour la coloration réside dans leur caractère souvent très toxique et cancérigène (Slater, 2003). L'afflux continu des rejets dans les régions avoisinantes provoque l'accumulation des produits chimiques dans le sol, ce qui entraîne une altération de la nature. La dégradation du sol peut avoir un impact profond sur le corps produit sur ce dernier et peut ultimement affecter sa population humaine et animale. La toxicité introduite dans le sol par ces effluents peut persister plusieurs années (Jain, et al., 1997).

### 3.6.2. IMPACTS SUR LA SANTE

L'utilisation des eaux usées constitue un risque pour la santé des agriculteurs, des travailleurs et des consommateurs de la chaîne alimentaire, en raison de la possibilité de contamination microbienne et chimique (WWAP (Programme mondial pour l'évaluation des ressources en eau), 2017).

Les microbes pathogènes pour l'homme les plus répandus dans l'eau recyclée sont d'origine entérique. Les agents pathogènes entériques pénètrent dans l'environnement dans les matières fécales des hôtes infectés et peuvent atteindre l'eau soit directement par défécation dans l'eau, soit par contamination par les eaux usées, ou par ruissellement du sol et d'autres surfaces terrestres (Feachem, et al., 1983).

Les types de pathogènes entériques présents dans l'eau comprennent les virus, les bactéries, les protozoaires et les helminthes. Le risque d'infection par l'un ou l'autre de ces pathogènes

peut dépendre d'une série de facteurs, notamment le taux de pathogènes et leur dispersion dans l'eau, la dose infectieuse et la sensibilité de la population exposée, le risque de contamination fécale de l'eau et la quantité de traitement avant une éventuelle exposition à l'eau (Haas, et al., 1996) (Toze, 2004).

### 3.7. CONCLUSION

À la lumière des données disponibles, on conclut que les effluents des usines de textiles pénètrent dans l'environnement en provoquant immédiatement ou à long terme des effets nocifs sur l'environnement ou sa diversité biologique.

En effet, l'amélioration de la gestion des eaux usées est un facteur déterminant pour la réalisation d'un développement durable pour tous. L'utilisation planifiée des eaux usées traitées et partiellement traitées pour les services d'écosystèmes peut améliorer l'efficacité de la ressource et fournir des avantages aux écosystèmes en réduisant les prélèvements d'eau douce, en recyclant et réutilisant des nutriments, en préservant les différentes composantes du milieu récepteur.

Par ailleurs, dans la situation actuelle où les eaux usées sont très peu traitées et encore moins utilisées, les opportunités potentielles de l'exploitation des eaux usées convenablement traitées en tant que ressource sont énormes. Il est en outre recommandé que l'examen des options se fasse en tenant compte des politiques favorables qui permettent de réduire la charge de pollution à l'avance, des technologies adaptées qui permettent d'assurer un traitement adapté à l'usage prévu afin d'optimiser l'utilisation des ressources en portant une attention particulière au contrôle et réglementation des différents flux d'effluents.

CHAPITRE 4 :

DESSALEMENT DE L'EAU DE MER  
ENTRE IMPACT ENVIRONNEMENTAL  
ET TRANSITION ÉNERGETIQUE

## **IV. CHAPITRE 4 : Dessalement de l'eau de mer entre impact environnemental et transition énergétique**

### **4.1.INTRODUCTION**

L'Algérie est très vulnérable au changement climatique en raison de sa position géographique et de ses caractéristiques climatiques. En tant que région à dominance aride et semi-aride, l'Algérie doit gérer avec soin ses ressources en eau limitées. De plus, la croissance démographique et les impacts prévus du changement climatique vont probablement augmenter la fréquence et la gravité des épisodes de sécheresse. Avec un littoral de 1200 km sur le versant sud de la Méditerranée, l'Algérie a adopté une stratégie nationale de l'eau comprenant un vaste programme de dessalement de l'eau de mer pour répondre aux besoins en eau, treize mégas-usines de 100 000 à 500 000 m<sup>3</sup> par jour ont été installés au cours des dernières années. Cependant, comme ils sont exploités avec des combustibles fossiles, le dessalement est une option d'approvisionnement en eau coûteuse. Les besoins élevés en énergie du dessalement de l'eau de mer soulèvent également des préoccupations au sujet des émissions de gaz à effet de serre, les rejets saumûres, l'eau chaude produits chimiques. L'Algérie travaille pour améliorer l'efficacité de l'utilisation de l'eau. La stratégie énergétique du pays est résolument tournée vers le développement durable en lançant un programme ambitieux de développement des énergies renouvelables (REn) et de promotion de l'efficacité énergétique. L'énergie avec son potentiel d'énergie solaire abondant, l'hydroélectricité, le vent, la biomasse et les ressources géothermiques. Ce chapitre évalue l'impact du dessalement de l'eau de mer sur l'environnement et la santé, analyse les technologies actuelles du dessalement en examinant à la fois la consommation d'énergie et la durabilité environnementale.

## 4.2.RESSOURCES HYDRIQUES, DESSALEMENT DE L'EAU DE MER ET CHANGEMENTS CLIMATIQUES

L'eau et l'énergie sont deux biens inséparables qui régissent notre vie et favorisent la civilisation. Pour tout pays, l'accès à l'eau est essentiel pour le développement économique et social global, au-delà des besoins humains immédiats. Ceci est particulièrement pertinent en Algérie où les ressources en eau sont limitées, vulnérables et inégalement réparties car la majeure partie de son territoire est soit aride soit semi-aride. La disponibilité moyenne d'eau par habitant est déjà faible, même de légères variations créent des conditions catastrophiques. Selon l'analyse future, si le climat suit la tendance moyenne prévue, la pénurie d'eau en Algérie augmentera considérablement dans tous les scénarios de changement climatique en raison de l'augmentation de la demande et de la réduction de l'offre (International Bank for Reconstruction and Development (IBRD), 2012).

Le pays compte déjà beaucoup sur le dessalement pour couvrir une partie importante de son approvisionnement en eau et faire face à la hausse des besoins en eau. Pourtant, la grande dépendance au dessalement exigera également une plus grande attention à ses impacts environnementaux négatifs. La consommation d'énergie élevée pour le dessalement d'eau de mer soulève des inquiétudes sur les émissions de gaz à effet de serre contribuant davantage aux changements climatiques et donc une attention accrue est accordée à la réduction ou l'élimination des émissions de gaz à effet de serre en alimentant le dessalement avec des énergies renouvelables, directement ou indirectement (Cooley, et al., May 2013).

Compte tenu des préoccupations financières et environnementales, l'Algérie s'est engagée sur la voie des énergies renouvelables pour apporter des solutions globales et durables aux défis environnementaux et à l'ensemble des problématiques liées à la conservation des ressources énergétiques fossiles (MEM, 2016)

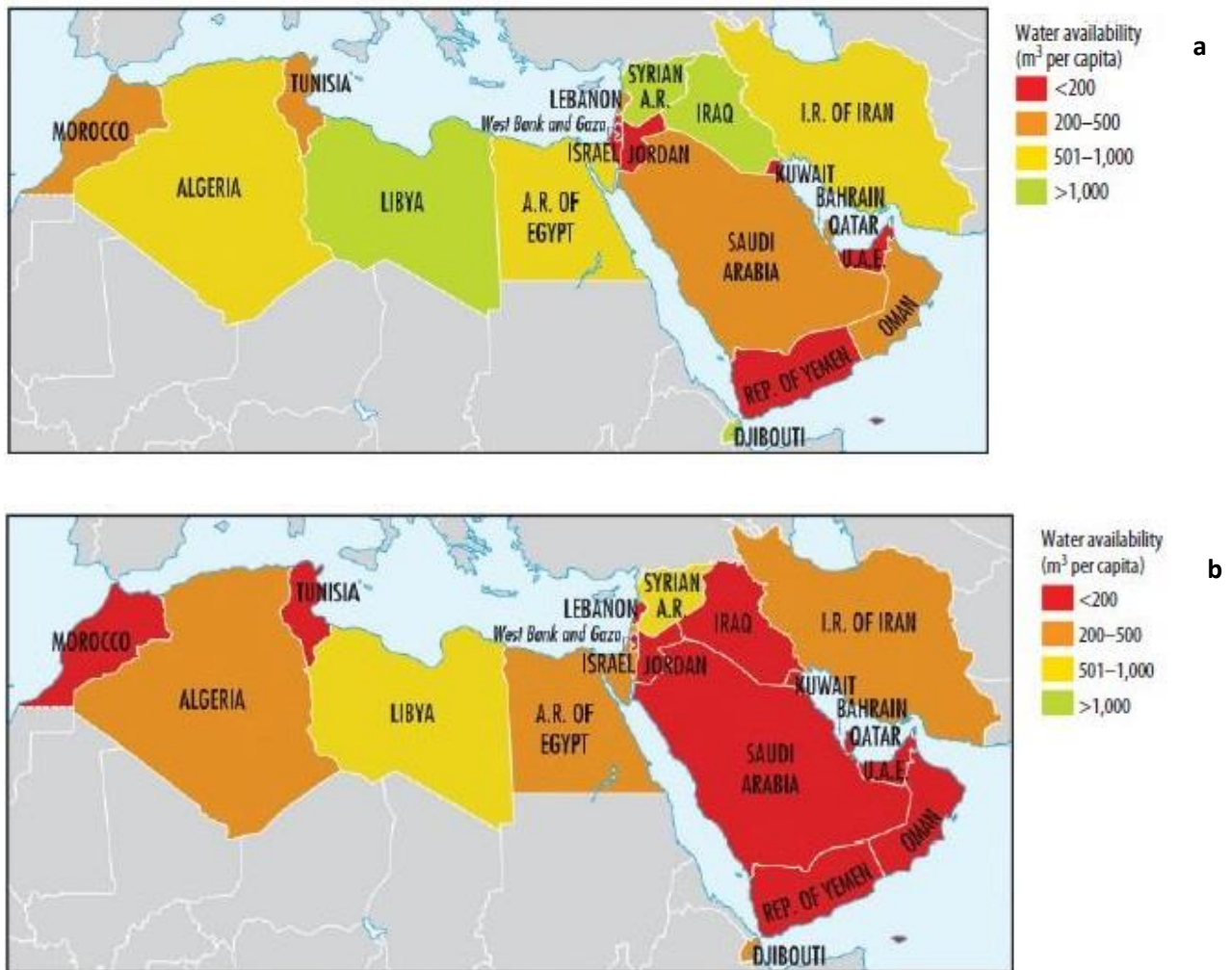
### 4.2.1. ÉMISSIONS DE GAZ A EFFET DE SERRE EN ALGERIE

En 1994, l'Algérie a réalisé le premier inventaire national des émissions de gaz à effet de serre (GES). Un deuxième inventaire national de GES a été réalisé courant l'année 2000 (MATE Ministère de l'Aménagement du Territoire, de l'Environnement et du Tourisme, 2010). L'inventaire couvre les gaz à effet de serre direct (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, ...) et les gaz précurseurs à effet indirect : NO<sub>x</sub>, CO, COVNM et SO<sub>2</sub>. Les émissions de GES à effet direct ont été au

préalable converti en Eq.CO<sub>2</sub> sur la base du pouvoir de réchauffement global retenu par le GIEC pour chacun de ces gaz. Les émissions globales de GES à effet direct par secteur représentent au total 117310 Gg soit 117,310 millions de tonnes Equivalent CO<sub>2</sub> pour l'année 2000. Pour une population estimée en 2000 à 29.726.500 habitants, les émissions brutes exprimées en (Eq.CO<sub>2</sub>) sont de 3,95 tonnes par habitant et pour la même année les émissions de CO<sub>2</sub> sont de 2,61 tonnes par habitant. L'Algérie figure parmi les principaux pays en développement émetteurs de gaz à effet de serre, L'Algérie contribue avec 0,36% au réchauffement climatique de la planète, un chiffre qui doit être mis en perspective avec les 4% que représente l'Afrique dans les émissions globales de dioxyde de carbone (Taabni, et al., 2012).

#### 4.2.2. STRESS HYDRIQUE

L'Algérie se situe, à l'instar des 17 pays Africains touchés par le stress hydrique, dans la catégorie des pays les plus pauvres en matière de potentialités hydriques, soit en dessous du seuil théorique de rareté fixé par la Banque Mondiale à 1000 m<sup>3</sup> par habitant et par an (PNUD Le Programme des Nations unies pour le développement, 2009), cette équation montre que bientôt la demande sera supérieure aux ressources. La figure 16 donne une prévision de la diminution des potentialités en eau potable dans la région. Dans son rapport de 2007, le GIEC a combiné 25 modèles climatiques mondiaux pour évaluer les impacts du changement climatique en 2050 et 2100. Dans la région méditerranéenne, il y aura une élévation de température de 2 à 3°C d'ici 2050 et de 3 à 5°C en 2100. Les événements de pluie seront moins fréquents mais plus intenses, tandis que les périodes de sécheresse seront plus fréquentes et plus longues. La répartition spatiale et temporelle des précipitations changera, ce qui affectera directement l'agriculture et les ressources en eau. Les modèles régionaux avec les scénarios du GIEC appliqués à l'Algérie pour la période 1990-2020 prévoient une croissance de la température moyenne de 0,8°C à 1,1°C, et une réduction de 10% des précipitations avec une augmentation du niveau marin de 5 à 10 cm (Sahnoune, et al., 2013).

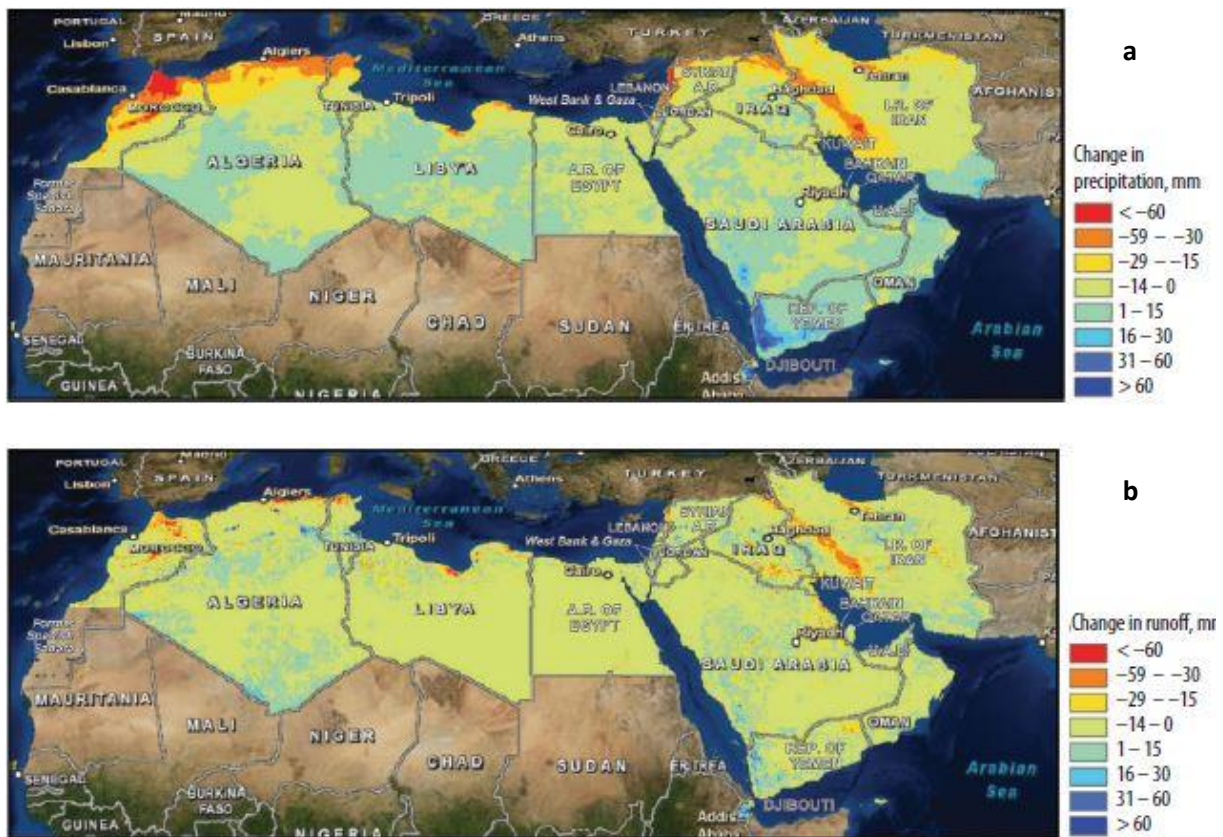


**Figure 16 :** Diminution de la disponibilité de l'eau par habitant : Une menace croissante dans la région MENA ((a : Stress hydrique moyen par pays, 2000-09, b : Stress hydrique moyen par pays, 2020-30)

L'augmentation de l'évaporation et la diminution des précipitations accentueront la diminution de l'eau mobilisée dans les barrages et les eaux souterraines. Le pays présente une grande sensibilité au climat, notamment dans les hauts plateaux et la steppe qui couvrent environ 60% des terres viables du Nord. Une modification du climat est donc inéluctable et il en résultera des impacts significatifs, liés entre autres à l'augmentation des températures et des précipitations, à la raréfaction des ressources en eau et à la hausse de la fréquence des tempêtes (figure 17) (PNUD Le Programme des Nations unies pour le développement, 2009). Le seuil de rareté fixé par la Banque Mondiale à 1000 m<sup>3</sup>/hab/an est équivalent à 600m<sup>3</sup>/ha/an.

Avec 71 barrages d'une capacité de 7,1 milliards de m<sup>3</sup>, l'Algérie a presque atteint le potentiel hydrique mobilisable. Le taux d'exploitation des eaux souterraines dans le nord du pays a atteint environ 90%, soit près de 2 milliards de m<sup>3</sup>/an, certains aquifères sont déjà surexploités.





**Figure 17 :** Changements prévus dans la disponibilité de l'eau dans la région MENA, 2010-50(a : Précipitations, b : Ruissellement, ressources internes renouvelables) (Droogers , et al., April 2011)

#### 4.2.3. LE DESSALEMENT DE L'EAU DE MER EN ALGERIE

Pour pallier le manque d'eau potable dans le pays et ne plus dépendre des aléas climatiques, l'Algérie a décidé de miser sur des usines de dessalement ,43 unités seront opérationnelles d'ici 2019 pour approvisionner les grands centres urbains (Figure 18), en réservant les eaux traitées et les eaux de barrage à l'agriculture et l'usage industriel (1 000 000 m<sup>3</sup>/j installés, 2 000 000 m<sup>3</sup>/j programmés).



*Figure 18 : répartition des stations de dessalement ( AEC algerian energy company).*

Un important programme de dessalement d'eau de mer a été engagé et recouvrira à la fin de l'année 2009, un total de 13 stations avec une production de près de 2,26 millions de m<sup>3</sup>/jour, soit 825 millions de m<sup>3</sup>/an. Cette quantité représentera près du 1/3 des capacités des retenues des barrages qui existaient jusqu'à l'an 2000 (tableau vi). Ce programme stratégique est destiné à libérer le pays de la dépendance de la pluviométrie pour l'alimentation en eau potable des populations des régions côtières, et notamment dans l'ouest du pays qui souffre d'un grave déficit chronique en pluviométrie. Quarante-trois (43) unités seront opérationnelles d'ici 2019 pour alimenter les grands centres urbains comme l'indique le tableau, tout en gardant les eaux usées traitées et les eaux de barrage pour usage agricole et industriel) (Boyé, 2008).

**Tableau VII.** Le programme de dessalement de l'eau de mer en Algérie (Boyé, 2008).

<i>Région</i>	<i>Nombre d'unités à réaliser</i>	<i>2005-2010</i>	<i>2010-2015</i>	<i>2015-2020</i>	<i>2020-2025</i>	<i>2025-2030</i>
<i>Oranie</i>	<i>7 unités</i>	<i>1 090 000</i>	<i>1 090 000</i>	<i>1 090 000</i>	<i>1 090 000</i>	<i>1 090 000</i>
<i>Cheliff</i>	<i>1 unité</i>	<i>200 000</i>	<i>200 000</i>	<i>200 000</i>	<i>200 000</i>	<i>200 000</i>
<i>Algérois</i>	<i>4 unités</i>	<i>450 000</i>	<i>450 000</i>	<i>450 000</i>	<i>450 000</i>	<i>450 000</i>
<i>Constantinois</i>	<i>5 unités</i>	<i>150 000</i>	<i>150 000</i>	<i>150 000</i>	<i>150 000</i>	<i>150 000</i>
<i>Total programme Algérie en m3/j</i>		<i>1 890 000</i>	<i>2 060 000</i>	<i>2 130 000</i>	<i>2 210 000</i>	<i>2 210 000</i>
<i>Total programme Algérie en Mm3/an</i>		<i>690</i>	<i>752</i>	<i>778</i>	<i>807</i>	<i>807</i>

Le dessalement est ainsi appelé à répondre aux besoins de plus d'un cinquième de la population. « L'eau dessalée, du fait de son coût relativement élevé, ne peut être utilisée que pour la consommation domestique. L'idée est d'approvisionner les grands centres urbains, comme Alger, Oran ou Skikda, en eau dessalée et de réserver les eaux traitées et les eaux de barrage à l'irrigation, l'agriculture et l'usage industriel » (le Ministre de l'Eau, Journal El Watan). Les agriculteurs sont appelés à utiliser le goutte-à-goutte pour l'irrigation, plusieurs unités d'épuration des eaux usées sont en cours de réalisation pour couvrir les besoins de l'agriculture. Les citoyens sont sensibilisés à rationaliser la consommation de l'eau et à mettre un terme aux déperditions d'eau qui avoisinent à Alger le taux de 40%. Cependant, le gouvernement a annoncé que malgré le développement des usines de dessalement, le prix de l'eau restera inchangé pour les consommateurs algériens (grâce aux subventions).

Plusieurs usines sont déjà en service dans le pays (Tableau vi), et 33 nouvelles sont prévues d'ici 2019, les 12 principales étant réalisées suivant la formule BOO (Build, Own, Operate), où conception, réalisation et exploitation de l'usine sont à la charge de l'investisseur privé étranger pendant le temps de la concession accordée par l'État. C'est le cas d'El Hamma, 200 000 m<sup>3</sup>/j soit le tiers de l'eau potable d'Alger, inaugurée le 24 février 2008 par le Président Bouteflika.

Ce projet de 245 millions de dollars a pour partenaires l'AEC et l'ADE (30%) et le groupe américain IONICS (70%). A la fin de 2009, 13 nouvelles unités de dessalement fourniront 2,3 millions m<sup>3</sup>/j à Tipasa, Skikda, Mostaganem, Beni-Saf (Tlemcen), Arzew. L'usine d'Oran (à Magtaa, commune de Mers El Hadjadj) a produit en 2011 500 000 m<sup>3</sup>/j d'eau potable. C'est le groupe Hyflux de Singapour qui a remporté ce projet, en BOO après appel d'offres, pour un prix de cession du m<sup>3</sup> d'eau de 0,5577 dollar/m<sup>3</sup> devant cinq compagnies et consortiums concurrents, pour un coût total d'investissement d'environ 468 millions de dollars. Hyflux a devancé deux consortiums espagnols Befesa-Sadyt Somague (0,62 dollar/m<sup>3</sup> et 587 millions de dollars), Inima-Aqualia (0,64 dollar/m<sup>3</sup> et 498 millions de dollars), un consortium anglo-algéro-japonais 17 Biwater-Toray-Arcofina (0,797 dollar/m<sup>3</sup> et 619 millions de dollars), un autre groupe espagnol Acciona-Agua (0,798 dollar/m<sup>3</sup> et 709 millions de dollars) ainsi qu'un groupement américano-égyptien GE Water-Orascom (0,85 dollar/m<sup>3</sup> et 870 millions de dollars). Le délai de réalisation est de 36 mois. Hyflux a déjà remporté en consortium avec le groupe Malakoff de Malaisie le projet de dessalement de l'eau de mer de Souk Tlata, situé à Tlemcen, avec une capacité de 200 000 m<sup>3</sup>/j) (Boyé, 2008). D'autres unités seront localisées à Mostaganem, Zéralda (Alger-Ouest), à Cap Djinet à l'Est d'Alger), à Sidna Ouchaa, Honaine et Aïn Tourk dans la wilaya d'Oran, Jijel et El Kala. Et 20 autres petites stations ont été réalisées en 2016, sur le budget de l'État et étaient confiées à la charge de l'ADE (Algérienne des Eaux). Par ailleurs, un accord de coopération avec la France pour le dessalement nucléaire a été signé en décembre 2007.

#### 4.2.4. L'ENERGIE POUR L'EAU

La consommation d'énergie électrique doublerait, au moins, à l'horizon 2030 par rapport à la consommation actuelle. Cette hausse serait, en partie, due au dessalement de l'eau de mer. Si l'on raisonne en termes de puissance électrique, un volume d'eau dessalée de 30 millions de m<sup>3</sup>/j en Méditerranée à l'horizon 2030, avec un ratio de 3,3 kWh/m<sup>3</sup>, équivaut à une puissance électrique dédiée au dessalement de 5000 MWe, soit 8 à 10 centrales à cycle combiné gaz, ou 4 à 5 tranches nucléaires (Boyé, 2008), (Les Notes du Plan Bleu N° 16, 2010). L'Observatoire Méditerranéen de l'Énergie (OME), avançait en 2007 que l'Algérie produisait 1 million de m<sup>3</sup> /j par le dessalement d'eau de mer et que pour se faire elle consommait 4KWh/m<sup>3</sup> (ROUYER, et al., 2007). Il y aurait 48 km<sup>3</sup> d'eau supplémentaire à gérer, soit au total 200 km<sup>3</sup>. La consommation électrique pourrait atteindre (en prenant un ratio de 1 kWh/m<sup>3</sup>) 250 TWh pour

la gestion de l'eau, soit environ 20% de la consommation d'électricité (BOUBOU-BOUZIANI, 2015).

#### 4.3. IMPACTS DU DESSALEMENT SUR LE MILIEU RECEPTEUR

Les dangers et les inconvénients d'une usine de dessalement comprennent ceux qui sont limités à la phase de construction mais aussi les impacts liés à la phase d'exploitation. Les conséquences commencent par des Nuisances sonores et visuelles pour s'étendre aux émissions dans l'atmosphère et aux rejets dans l'eau, ainsi qu'aux dommages potentiels affectant en particulier la qualité de l'air, l'eau, la flore et la faune marine et des perturbations significatives de l'écosystème.

La Méditerranée couvre une superficie d'environ 2,5 millions de km<sup>2</sup> et son littoral s'étend sur 46 000 km. Cependant, il s'agit en réalité d'un bassin fermé relié à l'océan Atlantique par le détroit de Gibraltar, qui ne mesure que 14 km de large. Les risques de pollution de la mer Méditerranée sont réglementés. La Convention de Barcelone en 1976 "vise à réduire la pollution de la mer Méditerranée et a protégé et amélioré l'environnement marin dans la région, contribuant ainsi à son développement durable" (UE, 1977). Néanmoins, la Méditerranée est très polluée. Étant donné que cette mer a un volume d'eau aussi important, les résidus de saumure provenant du dessalement ne devraient avoir qu'un impact modeste sur celle-ci. Cependant, de nombreuses espèces marines ont déjà été presque anéanties à cause de la pollution de la mer. Les courants marins de la mer Méditerranée sont en général faibles et ne permettent pas une dilution immédiate des saumures rejetées, ce qui peut perturber les écosystèmes marins. En outre, la pollution des côtes par l'élimination de la saumure est un risque probable (International Bank for Reconstruction and Development (IBRD), 2012). En effet selon (Khordagui, 2015):

Le volume total d'eau d'alimentation entrant dans les usines de dessalement MED, en supposant une récupération de 20%, est de  $790\,711\text{ m}^3$  d'eau dessalée / jour  $\times 5 = 3\,953\,555\text{ m}^3$  / jour.

Le volume de saumure rejeté est de  $4,0$  millions de  $\text{m}^3$  d'eau d'alimentation / jour  $\times 0,8 = 3,2$  millions de  $\text{m}^3$  de saumure par jour.

La masse de chlore résiduel total rejeté dans la saumure est = 0,250 mg / l de chlore résiduel x 3,2 millions de m<sup>3</sup> de saumure par jour = 800 kg / jour.

La masse de chlore résiduel total rejetée annuellement par les usines de dessalement en Méditerranée est de 292 tonnes / an.

Selon (Les Notes du Plan Bleu N° 16, 2010), le marché du dessalement de l'eau de mer dans la région méditerranéenne devrait atteindre de 30 à 40 millions de m<sup>3</sup> / jour d'ici 2030. En supposant le meilleur scénario, que toutes les futures usines de dessalement utiliseront la technologie RO, la masse journalière prévue du chlore résiduel à rejeter dans les rives proches de la mer Méditerranée atteindra pas moins de 3,9 tonnes / jour ou 1 420 tonnes / an.

Le chlore est un oxydant très puissant et un biocide hautement efficace. Cependant, il conduit également à des sous-produits d'oxydation tels que les composés organiques halogénés et s'accumule dans les sédiments. Par conséquent, les niveaux résiduels du chlore provenant des effluents peuvent être toxiques pour la vie marine au site de rejet. L'agence américaine de protection de l'environnement (EPA) des États-Unis place la limite d'exposition au chlore à 13,0 et 7,5 microgrammes par litre pour une exposition à court et à long terme, respectivement. Au Koweït, des concentrations allant jusqu'à 100 microgrammes soit 10 fois les niveaux toxiques pour les humains ont été trouvées à 1 km des émissaires de cogénération (Lattemann, et al., 2008). On pense que ces niveaux présentent des risques élevés pour certains phytoplanctons marins, invertébrés et vertébrés. Les composés Halogéné généralement persistent dans l'environnement marin et certains sont cancérigènes ou toxiques pour les organismes aquatiques (International Bank for Reconstruction and Development (IBRD), 2012).

Le rejet des saumures dans la mer aboutit à la formation d'un système stratifié avec un courant de concentré à la couche du fond puisqu'il contient des concentrations en sel supérieures à celles de l'eau de mer ambiante. Le courant de fond à plus forte salinité peut affecter sérieusement le milieu marin et en particulier les biotes benthiques (Argyrou, 2000) (PNUE / MED, 2001).

La salinité accrue affecte les organismes marins par le processus d'osmose qui consiste en la diffusion d'eau pure à travers une membrane qui est perméable à l'eau mais non aux ions qui sont dissous. Par conséquent, le contenu en sels diffère de part et d'autre de la membrane. L'eau

pure diffusera à travers la membrane à partir du compartiment ayant une faible concentration d'ions dissous vers le compartiment ayant une concentration supérieure d'ions dissous. Quand des organismes marins sont exposés à une variation de la salinité (contenu en sels plus élevé dans le milieu externe que dans les fluides de l'organisme) ils sont soumis à un choc osmotique qui est préjudiciable pour la plupart d'entre eux en fonction de leur tolérance à la salinité (Levinton, 1996). Des études in situ ont détecté des changements dans les communautés microbiennes et dans le fonctionnement microbien en Méditerranée et en Mer rouge (Drami, et al., 2011) (van der Merwe, et al., 2014) (Belkin, et al., 2017) (PNUE (DEPI), 2017). Dans le cas de l'usine de dessalement de Dhekelia (Chypre), une étude sur trois années de l'impact du concentré sur la macro benthos marin a révélé que les salinités élevées causaient des dommages importants aux communautés de l'algue macroscopique *Cystoseira barbata* à proximité de l'émissaire du concentré, alors que d'autres espèces d'algues microscopiques disparaissaient de la zone environnante (à une distance de 100 mètres du point de rejet). En outre, il en est résulté une diminution importante de la diversité et de l'abondance du macrofaune benthique au site de rejet du concentré, par comparaison avec celles relevées avant la mise en service de l'usine de dessalement. Surtout, les modifications de la salinité de l'eau ont induit des changements dans la composition des formations macro faunistiques à proximité du point de rejet. Alors que la communauté benthique avant la mise en place de l'émissaire se composait pour 27% de polychètes, pour 27% d'échinodermes, pour 26% de scaphopodes et pour 20% de gastropodes, au bout de trois années d'exploitation de l'usine, les seuls taxons observés étaient les polychètes et les crustacés représentant respectivement 80 et 20% de l'ensemble de la macrofaune (Argyrou, 2000) (PNUE / MED, 2001).

#### 4.3.1. CONSOMMATIONS D'ENERGIE ET EMISSIONS DE GAZ A EFFET DE SERRE

Le dessalement a des impacts environnementaux importants qui affectent à la fois l'atmosphère et les sources d'eau. La forte demande en énergie thermique et électrique du procédé produit des impacts atmosphériques secondaires sous la forme d'émissions de CO<sub>2</sub>. Les systèmes hydriques sont de grands utilisateurs d'énergie et par conséquent contribuent à la production de gaz à effet de serre. L'énergie est consommée dans chaque étape de la production d'eau. Elle est nécessaire pour transporter l'eau des sources situées à distance, pour pomper l'eau stockée dans aquifères souterrains, et de le traiter pour répondre aux niveaux réglementaires rigoureux. L'utilisation de l'énergie contribue à l'empreinte carbone dans le secteur de l'eau.

Actuellement, l'énergie utilisée dans les procédés thermiques et RO est fournie par les combustibles fossiles. Quelle que soit la source d'énergie, qu'elle soit électrique ou thermique, d'importants volumes de CO<sub>2</sub> et d'autres gaz sont produits et émis dans l'atmosphère. Les préoccupations environnementales associées à la demande d'énergie sont donc indirectement associées au processus de dessalement ou les émissions de polluants atmosphériques et les eaux de refroidissement provenant de la production d'énergie électrique, de la source de combustible et du transport de carburant (Lattemann, et al., 2008).

La production d'un mètre cube d'eau de mer dessalée, utilisant la technologie basse énergie RO, dégage en moyenne 2,0 kg de CO<sub>2</sub> / m<sup>3</sup>. La technologie de dessalement thermique telle que MSF générera en moyenne 10 kg de CO<sub>2</sub> / m<sup>3</sup>. En moyenne, on estime que la production de chaque m<sup>3</sup> d'eau dessalée dans la région méditerranéenne a émis environ 3,45 kg de CO<sub>2</sub>. En se basant de ces estimations, l'étude, calcule que les émissions totales de CO<sub>2</sub> de toutes les usines de dessalement d'eau de mer en exploitation dans la région méditerranéenne au cours de 2013 étaient équivalentes à 15 millions de tonnes de CO<sub>2</sub> / an. En utilisant la même combinaison de technologies de dessalement d'eau de mer, l'étude prévoit une émission totale de CO<sub>2</sub> allant de 38 à 50 tonnes / an au cours de l'année 2030. (Selon Plan Bleu (2009), le marché du dessalement de l'eau de mer dans la région méditerranéenne devrait atteindre d'ici 2030 entre 30 et 40 millions de m<sup>3</sup> / jour. La capacité installée pourrait être multipliée par cinq ou six d'ici 2030, même si en se basant sur le meilleur scénario et s'assurant que tous les futurs dessalements utiliseront uniquement la technologie OI. Les émissions totales de CO<sub>2</sub> estimées au cours de l'année 2030 varieront entre 22,75 à 29,0 millions de tonnes / an (Khordagui, 2015).

#### 4.3.2. EMPREINTE CARBONE DU DESSALEMENT

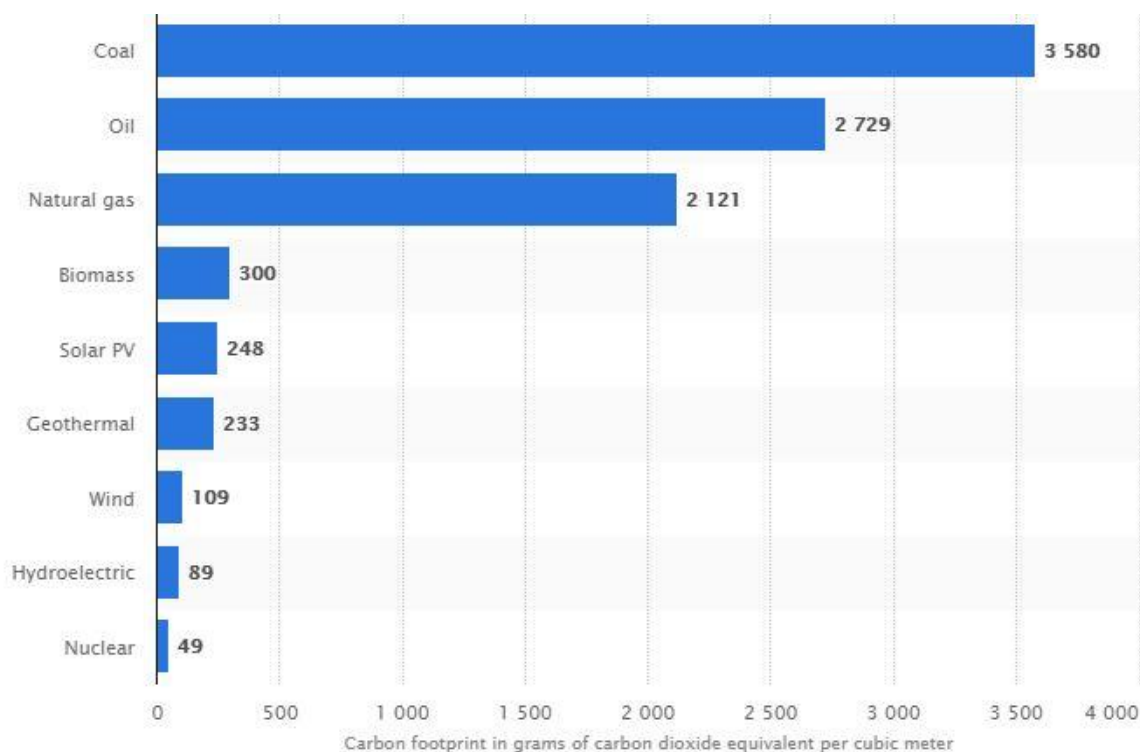
L'empreinte carbone est définie comme la somme des émissions individuelles de GES, dans lesquelles le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), le méthane (CH<sub>4</sub>) et l'oxyde nitreux (N<sub>2</sub>O) sont exprimés en équivalents dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>eq) en convertissant les émissions de CH<sub>4</sub> et de N<sub>2</sub>O en fonction de leur potentiel de réchauffement global (PRG) (Cornejo, et al., 2014).

Le dessalement est une méthode à forte consommation énergétique par rapport au projet de détournement d'eau. Cependant, avec le développement d'une nouvelle technologie, l'efficacité énergétique, peut être effectivement améliorée. Avec différents carburants et modes de production, l'empreinte carbone a une large gamme de fluctuation. (Liu, et al., 2015), ont étudié la gamme de fluctuation des émissions de carbone dans les trois différentes techniques de



desalement. Pour la méthode MSF, l'empreinte carbone de la production d'eau varie de 1,98 kg à 34,68 kg de CO<sub>2</sub> pour la méthode MED et de 1,19 kg à 26,94 kg de CO<sub>2</sub> pour la méthode OI (Raluy, et al., 2004).

Basant sur les émissions de gaz à effet de serre associées à l'énergie de production, l'utilisation de l'énergie solaire photovoltaïque pour alimenter une installation d'osmose inverse permettra d'obtenir une empreinte carbone de 248 grammes d'équivalent dioxyde de carbone par mètre cube (figure 23).



**Figure 19 : Empreinte carbone du desalement**

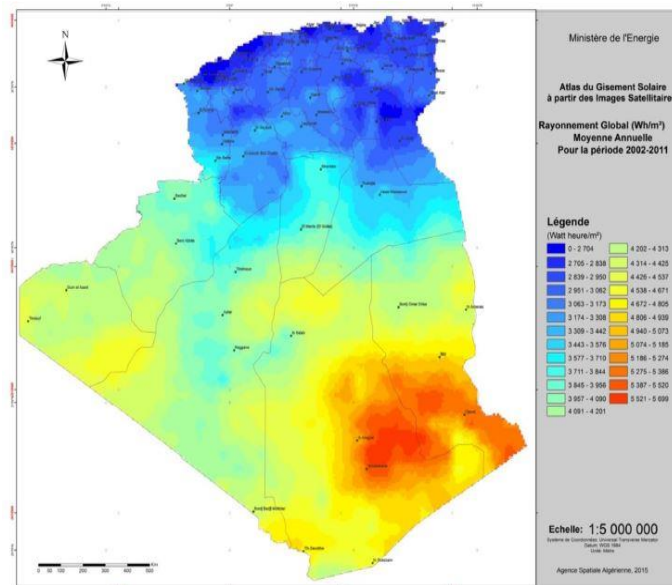
#### 4.4. LE DESSALEMENT DURABLE

Vue de sa localisation géographique dans la Ceinture du Soleil (fig.5). L'Algérie dispose d'un des gisements solaires les plus élevés au monde. La durée d'insolation sur la quasi-totalité du territoire national dépasse les 2000 heures annuellement et peut atteindre les 3900 heures (hauts plateaux et Sahara) (Rezzak, et al., 2016).

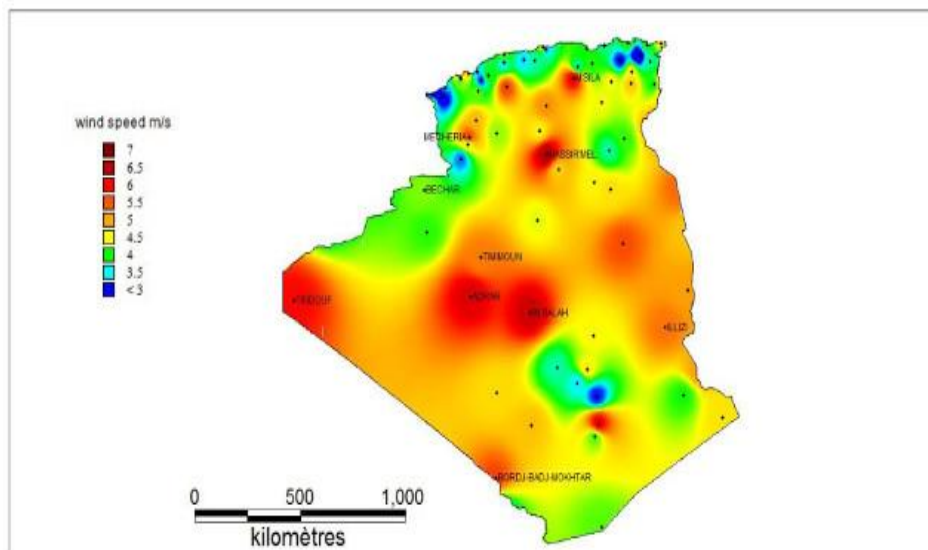
L'énergie reçue quotidiennement sur une surface horizontale de 1 m<sup>2</sup> est de l'ordre de 5 kWh sur la majeure partie du territoire national, soit près de 1700 kWh/m<sup>2</sup>/an au Nord et 2263

kWh/m<sup>2</sup>/an au Sud du pays (Direction des Énergies Nouvelles et Renouvelables, 2007) (Boudghene Stambouli, et al., 2012), (Yettou, et al., 2014)(figure 20). La stratégie énergétique de l'Algérie repose sur l'accélération du développement de l'énergie solaire. Le gouvernement prévoit le lancement de plusieurs projets solaires photovoltaïques d'une capacité totale d'environ 800 MWc d'ici 2020. D'autres projets d'une capacité de 200 MWc par an devraient être réalisés sur la période 2021-2030. (AIT-MEKIDECHE, 2011). En mai 2015, le Conseil des Ministres a adopté un nouveau programme national de développement des énergies renouvelables qui est une actualisation de celui de 2011, qui visait à produire 12 000 méga watts à l'horizon de 2030 montrant la volonté de l'Algérie à investir dans les énergies propres. Le programme consiste à installer jusqu'à 22 000 MW de capacités de production d'électricité à partir de sources renouvelables entre 2011 et 2030. Dans ce programme, les énergies renouvelables sont au cœur des politiques énergétiques et économiques de l'Algérie : on estime qu'environ 40% d'électricité produite pour la consommation domestique proviendra des sources d'énergie renouvelable à l'horizon de 2030. L'Algérie vise en effet à être un acteur majeur dans la production d'électricité à partir de l'énergie solaire et photovoltaïque (CDER , 2011).

En outre, le ministère de l'Énergie et des Mines a projeté, dans son nouveau programme des Énergies Renouvelables, d'installer des parcs éoliens d'une puissance totale de 1000 MW à moyen terme (2015-2020) (figure 21) pour atteindre 5010 MW à l'horizon 2030 (CDER , 2011).



**Figure 20** : carte de l'irradiation globale directe annuelle moyenne période 2002-2011 (CDER, 2011)



**Figure 21** : Carte des vitesses de vent à 10 m de hauteur (moyennes annuelles) (CDER, 2011)

Le couplage des sources d'énergie renouvelable (ER) avec le dessalement a le potentiel de fournir une source durable d'eau potable. De plus, le couplage de ces deux technologies réduira l'empreinte carbone du dessalement en raison de sa forte dépendance à l'égard des combustibles fossiles. Les différentes applications à travers le monde ont montré que les unités de dessalement

solaire et éolien de petite capacité, bien conçues et exploitées, peuvent permettre d'alimenter en eau de bonne qualité des sites isolés, à des coûts intéressants. (Une multitude d'options sont envisageables pour associer le procédé de dessalement aux énergies renouvelables. Cependant, l'utilisation des énergies renouvelables pour le dessalement conventionnel souffre de deux contraintes : leur coût élevé et la discontinuité de la production (alternance jour/nuit pour le solaire et aléas climatiques pour l'éolien) (Boyé, 2008).

#### 4.5. CONCLUSION

Bien que Le procédé de dessalement adopté a évolué avec le temps au cours des dernières années, on ne dispose que d'une pauvre recherche bibliographique sur les impacts que cette activité exerce sur le milieu récepteur. Les principaux enjeux concernent les rejets sur le milieu marin, les émissions de polluants atmosphériques et la demande énergétique des procédés.

Le dessalement n'est pas en soi une option compatible avec des objectifs de développement durable ; c'est une alternative d'adaptation à la raréfaction des ressources en eau ,Les usines de dessalement doivent être construites seulement lorsqu'elles sont avérées être la solution la plus efficace et la moins préjudiciable pour compléter l'approvisionnement en eau douce, à la suite d'un processus d'évaluation approfondi et transparent de toutes les solutions de recharge et leurs impacts environnementaux, économiques et sociaux.

Pour tout projet de dessalement des eaux, il est nécessaire de réaliser un LCA afin de minimiser les coûts, les dépenses d'énergie et les impacts environnementaux et climatiques. Les nombreuses technologies et procédés disponibles présentent différentes caractéristiques, avantages et inconvénients qui les rendent chacune adaptée à des marchés particulières ou des créneaux spécifiques.

Les concepteurs et les chercheurs de dessalement cherchent continuellement des moyens de réduire davantage la consommation d'énergie. Il y a un intérêt croissant pour la réduction ou l'élimination des émissions de gaz à effet de serre en alimentant le dessalement avec des énergies renouvelables, directement ou indirectement et la valorisation des énergies sans empreinte carbone. Cela peut apaiser certaines inquiétudes sur les besoins énergétiques massifs

de ces systèmes et peut aider à obtenir un soutien local, voire réglementaire. Mais il doit être envisagé dans un contexte plus vaste.

# CHAPITRE 5

## PARTIE EXPERIMENTALE

## V. CHAPITRE 5 : PARTIE EXPÉRIMENTALE

### 5.1. INTRODUCTION

L'industrie textile figure parmi les industries les plus polluantes (Bitton, 1994). Elle consomme de grandes quantités d'eau et produit de grandes quantités d'eaux usées à raison de 8 à 75 m<sup>3</sup> d'eaux usées par tonne de produit, et les colorants réactifs sont prédominants avec des colorants et des pigments pour produire de grandes quantités d'effluents liquides. La quantité et la composition des eaux usées varient et dépendent de différents facteurs, notamment la nature du tissu traité, le colorant appliqué ou les finitions spéciales ; le type du processus ; l'équipement utilisé ; et la philosophie de gestion dominante concernant l'utilisation de l'eau. Les eaux usées des unités d'impression et de teinture sont souvent riches en couleurs, contenant des résidus de colorants réactifs et de produits chimiques, tels que des composants complexes, de nombreux aérosols, et une demande chimique en oxygène et une DBO en oxygène à forte concentration. Matériaux (Ranade, et al., 2014).

La méthodologie de traitement des eaux usées de l'industrie des colorants est complexe et variée en fonction des caractéristiques spécifiques de l'effluent ; en général, aucune solution générale n'est disponible (Ranade, et al., 2014). Un certain nombre de méthodes physico-chimiques et biologiques sont généralement utilisées en combinaison. Les procédés de traitement combinés ont été développés pour trouver un moyen économique et efficace de traiter les eaux usées de teinture des textiles (Wang, et al., 2011). Ces technologies sont généralement très efficaces pour les eaux usées de teinture des textiles.

Ce chapitre présente les procédures expérimentales mises en œuvre dans cette thèse pour la décoloration des eaux textiles réelles, La méthode adoptée consiste en une adsorption sur la bentonite suivie d'une électro flottation.

## 5.2.ZONE D'ETUDE

La société algérienne de textiles industriels DENITEX, située au nord-est de la ville de Sebdou, à 38kms de la wilaya de Tlemcen au sud de Tlemcen, a émergé comme une industrie textile de premier plan dans l'ouest algérien, le plus grand complexe de la région. Le complexe de -Sebdou est alimenté par le forage DERMAM. L'eau transférée est de l'ordre de près de 50% du débit ; le reste sert à l'approvisionnement en eau potable de la ville. Les besoins en eau de la station sont estimés à 20 L / S, utilisés dans les chaudières de refroidissement, de climatisation et diverses utilisations domestiques avec une capacité de stockage d'eau de 1300 m<sup>3</sup>. L'unité rejette chaque mois près de 10 000 m<sup>3</sup> à 12 000 m<sup>3</sup> d'eaux usées à Oued Tafna (documents de l'industrie).

## 5.3.MATERIEL

### 5.3.1. BENTONITE NATURELLE

#### Généralités sur les argiles

Le terme d'argiles" désigne non seulement une formation rocheuse et la matière première qui en résulte, mais il définit aussi un domaine granulométrique comprenant des particules minérales, dont le diamètre des grains est inférieur à deux micromètres ( $< 2 \mu\text{m}$ ). En tant que matière première brute, l'argile est donc un mélange de minéraux argileux et d'impuretés cristallines sous forme de débris rocheux de composition infiniment diverse. Les minéraux argileux naturels sont bien connus depuis le début de la civilisation (Errais, et al., 2011). En raison de leur faible coût, de leur grande surface, de leur porosité élevée et de leur abondance dans la plupart des continents, les argiles sont de bons candidats en tant qu'adsorbants.

L'intérêt accordé, ces dernières années, à l'étude des argiles par de nombreux laboratoires se justifie par leur abondance dans la nature, l'importance des surfaces qu'elles développent, la présence des charges électriques sur cette surface et surtout l'échangeabilité des cations interfoliaires. Ces derniers, appelés aussi cations compensateurs, sont les principaux éléments responsables de l'hydratation, du gonflement, et de la plasticité, et ils confèrent à ces argiles des propriétés hydrophiles (Bouyakoub, 2009).

#### Préparation de la suspension de bentonite



La Bentonite utilisée provient des gisements de Maghnia, en Algérie, produite par la compagnie nationale ENOF. Elle a été utilisée telle qu'elle a été fournie à l'état de poudre fine brute (Tableau VII).

**Tableau VIII .** Propriétés physiques de la bentonite (B).

$S_{\text{BET}}$ ( $\text{m}^2/\text{g}$ )	$V_m$ ( $\text{m}^2/\text{g}$ )	$S_{\text{micropore}}$ ( $\text{m}^2/\text{g}$ )	$S_{\text{mesopore}}$ ( $\text{m}^2/\text{g}$ )	$S_{\text{totale}}$ ( $\text{m}^2/\text{g}$ )
<b>69,35</b>	15,87	27,74	47,54	75,28

Les quantités d'argile ajoutées aux différents échantillons, ont été prises à partir d'une suspension mère de 1 g/L, fraîchement préparée et maintenue dispersée dans l'eau distillée, sous agitation continue (300 tr / min), dans une fiole en verre à 20 °C.

### 5.3.2. EFFLUENTS COLORES

#### Nature des colorants

Les colorants utilisés par l'unité de production de jeans de Sebdou, Tlemcen, Algérie appartiennent à la famille des colorants azo réactifs. Du point de vue chimique, la molécule renferme une ou plusieurs fonctions acides. Ils sont très solubles dans l'eau et se comportent comme des colorants anioniques (Epolito, et al., 2005). Ils conviennent à la teinture des matières de type cellulosiques (coton, lin, chanvre, et la viscose), ainsi que dans certains cas à la soie. Comme tous les produits commerciaux, sont des mélanges de corps chimiques. Ils présentent un degré de pureté compris entre 50 et 70% (KARCHER, et al., 2001).

#### L'Effluent coloré

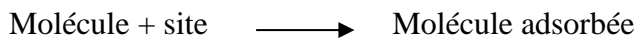
Les échantillons d'effluents colorés utilisés dans cette étude ont été collectés à la sortie de l'unité de teinture de coton, Denitex, Tlemcen (Algérie). Cette unité utilise une grande variété de colorants pour la teinture de ses différents tissus. Les caractéristiques particulières de ces eaux sont indiquées dans le Tableau VIII.

**Tableau IX.** Caractéristiques de l'eau résiduaire textile.

Paramètres	Valeurs
Turbidité (NTU)	138
pH	10
Conductivité (mS/m)	26
COD (mg/L)	196
$\lambda_{\max}$ (nm)	274

#### 5.4.METHODOLOGIE DES EXPERIENCES D' ADSORPTION

L'adsorption c'est la fixation de molécule sur une surface solide, elle s'effectue en des points particuliers de la surface appelés sites d'adsorption.



La séparation par adsorption est basée sur une adsorption sélective (soit thermodynamique, soit cinétique) des différents constituants gazeux ou liquides par des adsorbants grâce à des interactions spécifiques entre les surfaces des adsorbants et les molécules adsorbées. Cette technique est largement utilisée dans l'industrie pour la séparation et la purification des gaz et des liquides dans une variété de domaines, y compris la pétrochimie, l'agroalimentaire, le traitement de l'eau, la pollution atmosphérique (Lian-Ming, et al., 2003).

Des expériences des différents types ont été menées afin de comprendre l'influence de la nature de l'argile et de la nature de la solution sur le processus d'absorption. Nous avons étudié l'influence de différents paramètres physico-chimiques sur les interactions colorant argile pH, masse de l'adsorbant

Les études d'adsorption ont été réalisées en utilisant de la bentonite (B). Des quantités croissantes de B ont été ajoutées à 500 ml d'eau usée textile réelle dans un flacon agité (300 tr / min), placé dans des bains thermostatés pendant 1 heure, à 25 ° C. La séparation solide-liquide a été réalisée par filtration sous vide. La concentration de colorant dans le filtrat a ensuite été mesurée.

Longueurs d'ondes d'absorption maximale ( $\lambda_{\max}$ )

La détermination de la longueur d'onde d'absorption maximale des échantillons, est obtenue à partir d'un balayage du spectre des colorants dans le domaine visible (entre 200 et 800 nm).

### Les isothermes d'adsorption

L'adsorption d'une substance par un solide est la fixation des molécules du soluté en contact avec la surface du corps sans qu'il y ait réaction chimique entre eux. C'est un phénomène qui se fait assez rapidement et on aboutit à un équilibre entre la substance adsorbée et celle restant en solution. L'équilibre dépend de la concentration du soluté et de la surface du corps adsorbant. Tous les systèmes adsorbant/adsorbât ne se comportent pas de la même manière. Les phénomènes d'adsorption sont souvent abordés par leur comportement isotherme. Les courbes isothermes décrivent la relation existante à l'équilibre d'adsorption entre la quantité adsorbée et la concentration en soluté dans un solvant donné à une température constante.

Plusieurs auteurs ont proposé des modèles théoriques ou empiriques pour décrire la relation entre la masse d'adsorbât fixée à l'équilibre et la concentration sous laquelle elle a lieu. Il s'agit de relations non cinétiques, que l'on nomme « isothermes » (PAPIN, 2000). Plusieurs lois ont été décrites dans ce cadre dont les plus rencontrées sont celles de Langmuir (Langmuir, 1918) et de Freundlich (Freundlich, 1907). L'isotherme de Langmuir est basée sur l'hypothèse d'une sorption monocouche sur une surface avec un nombre fixe de sites bien définis ; l'équation est donnée ci-dessous :

$$\frac{m}{x} = \frac{1}{q_m} + \frac{1}{q_m b} \times \frac{1}{C_e} \quad (1)$$

Avec :  $x = (C_0 - C_e)$  est la quantité de soluté adsorbée à l'équilibre (mg/l),

Avec :  $q_m$  : la capacité ultime d'adsorption (mg/g).

$b$ : la constante d'équilibre d'adsorption (parfois nommé  $k_L$ ).

$C_e$  : la concentration du soluté à l'équilibre (mg/l).

L'équation est celle d'une droite de pente  $(1/q_m \cdot b)$  et d'ordonnée à l'origine  $(1/q_m)$ , ce qui permet de déterminer deux paramètres d'équilibre de la relation :  $q_m$  et  $b$ .

Quand  $q_e$  et  $q_m$  sont exprimées en mg/g et  $C_e$  en mg/l, la constante  $b$  est exprimé en l/mg.

La valeur de K est liée à la force d'interaction entre la molécule adsorbée et la surface du solide ; la valeur de Qm exprime la quantité de soluté fixée par gramme de solide dont la surface est considérée comme totalement recouverte par une couche mono moléculaire.

Cette simplicité est une conséquence des hypothèses restrictives qui permettent d'établir ce modèle: l'équivalence de tous les sites d'adsorption et la non-dépendance de l'énergie d'adsorption avec le taux de couverture de la surface. Ceci se traduit par l'absence des interactions entre des espèces adsorbées et adjacents sur la surface.

L'isotherme d'adsorption de Freundlich est une équation empirique utilisée pour décrire un système hétérogène. Les coefficients de Freundlich peuvent être déterminés par régression linéaire à partir de la représentation graphique de la courbe en fonction du log Ce sur la base de l'équation linéarisée donnée par :

$$\log \frac{m}{x} = \log k_f + \frac{1}{n} \log C_e \quad (2)$$

Avec x : la quantité d'adsorbat, et m : est la masse d'adsorbant.

Qe : quantité de soluté adsorbée par unité de masse de l'adsorbant à l'équilibre.

Kf, n : constantes caractéristiques de l'adsorbant.

Ce : concentration d'adsorbat dans la phase liquide à l'équilibre.

n : est une constante indiquant si l'adsorption est d'autant plus favorable lorsque ( $0 \leq n \leq 10$ ) (Yadav, et al., 2015)

## 5.5.ELECTROFLOTTATION

### 5.5.1. INTRODUCTION

La présence de diverses substances solides dans l'eau usées, appelées matière en suspension (MES), constitue la partie la plus importante et la plus apparente de la pollution. Cette partie

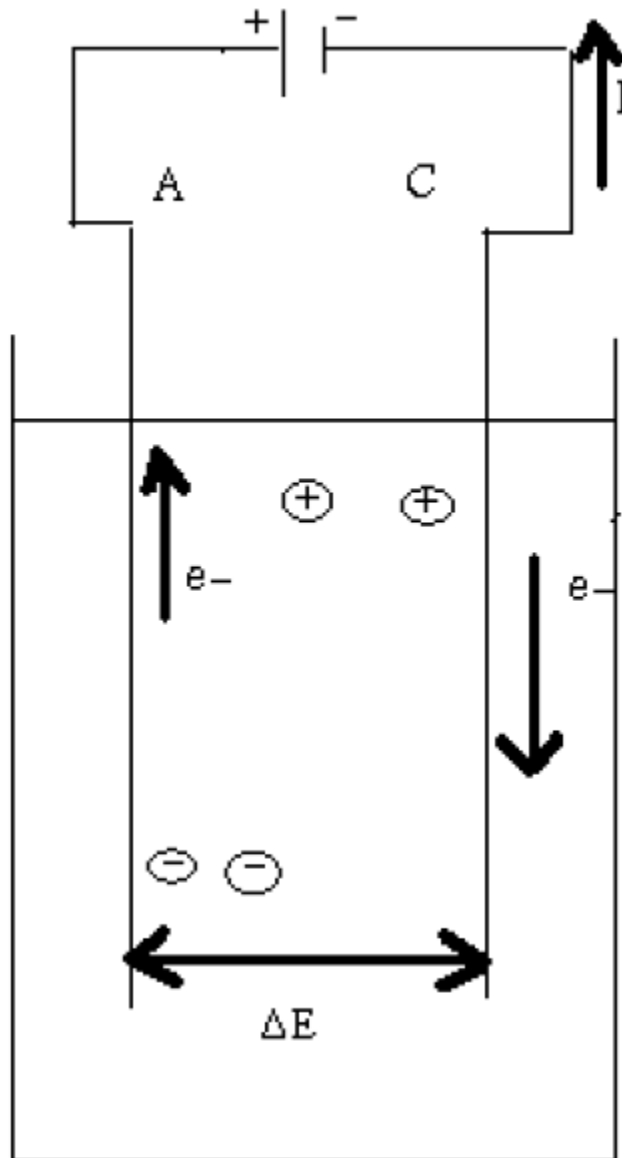
solide doit être éliminée pour satisfaire aux exigences des réglementations. L'intensification des processus de séparation est liée aux caractéristiques de la suspension et des particules qu'elle contient, notamment leur taille et leur poids spécifique. Un des processus pour éliminer ces matières solides est l'Electroflottation.

Les travaux de (Bouyakoub, 2009) présente un aperçu de la méthode :

### 5.5.2. PRINCIPE

Lorsqu'on applique une différence de potentiel entre deux électrodes reliées à une source de courant continu et plongées dans une solution aqueuse, un champ électrique est créé, dans lequel les ions se mettent en mouvement. Les ions assurent le passage du courant électrique dans la solution par suite de migration des cations (vers la cathode) alors que les anions se déplacent en sens inverse (vers l'anode).

Un transfert de matière dans la masse de l'électrolyte est constaté, créant ainsi une dissymétrie de la répartition des ions bien que l'électro neutralité de l'ensemble soit respectée (figure 22).



A: anode       $\Delta E$ : champ électrique       $e^-$ : électron

C: cathode      I: intensité du courant

**Figure 22** .Mécanisme de l'électrolyse (BOUYAKOUB, 2009)

### 5.5.3. ARRANGEMENT DES ELECTRODES

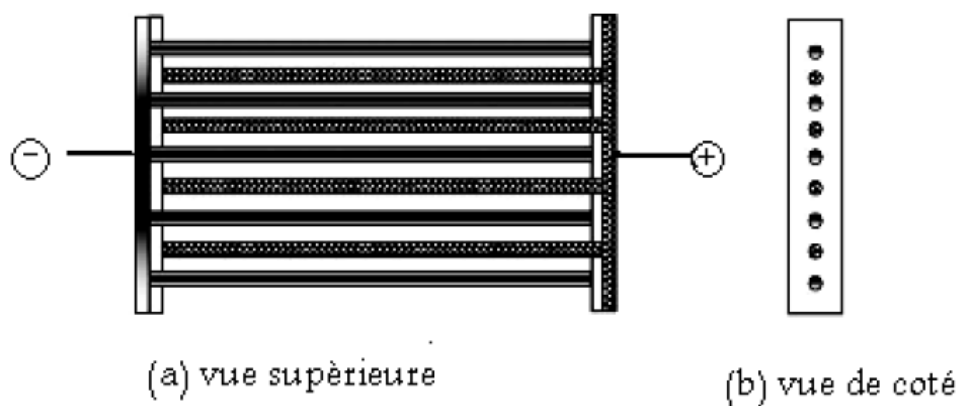
Les électrodes utilisées en électroflotation sont inattaquables en titane, en acier inoxydable 18/ 10, ou recouvert de  $PbO_2$  de dimension variable. Habituellement, l'anode est installée au fond, et la cathode d'acier inoxydable est fixe à 10-50mm au-dessus (Hosny, 1996) , (Poon, 1997)). Un tel arrangement d'électrode peut affecter l'efficacité de la flottation, car il ne peut pas assurer la dispersion rapide des bulles de l'oxygène produites à l'anode inférieure dans

l'écoulement d'eau usée, et par la suite la consommation d'énergie sera inadmissiblement haute due au grand espacement d'inter électrode (Bouyakoub, 2009).

(Chen, et al., 2002), ont proposé et testé un nouvel arrangement d'électrodes, l'anode et la cathode placées sur le même plan. Ils ont obtenu une bonne séparation en raison de la dispersion rapide des petites bulles produites dans l'écoulement d'eau usée. La dispersion rapide de bulles est aussi importante que la génération des bulles minuscules. Pour le système conventionnel d'électrode, seulement la cathode placée en haut fait face à l'écoulement d'eau, par conséquent, les bulles d'oxygène produites à l'anode inférieure ne peuvent pas être dispersées immédiatement dans l'eau à traiter, et peuvent se fusionner pour former de grandes bulles inutiles. Ceci diminue non seulement la disponibilité des petites bulles efficaces, mais augmente également la possibilité de casser les floes formés précédemment, affectant l'efficacité de flottation. Quand l'anode et la cathode sont nivelées (sur le même plan), une configuration si ouverte permet à la cathode et à l'anode d'entrer en contact direct avec l'écoulement de l'effluent. Par conséquent, les bulles produites aux deux électrodes peuvent être dispersées rapidement et s'attachent sur les floes, assurant une meilleure séparation.

Un autre arrangement des électrodes (figure 23) très efficace (Chen, et al., 2002) car il a l'avantage de la surface uniforme d'électrode, et une économie significative de l'énergie d'électrolyse due au petit espace inter- électrode (2mm). Puisque la chute de tension ohmique est proportionnelle à la distance d'inter- électrode, la réduction de cette distance est de grande importance pour réduire la consommation d'énergie d'électrolyse.

Pour un système conventionnel d'électrode, en raison du court-circuit facile entre les électrodes superposées, l'utilisation d'un espacement très petit est techniquement difficile.

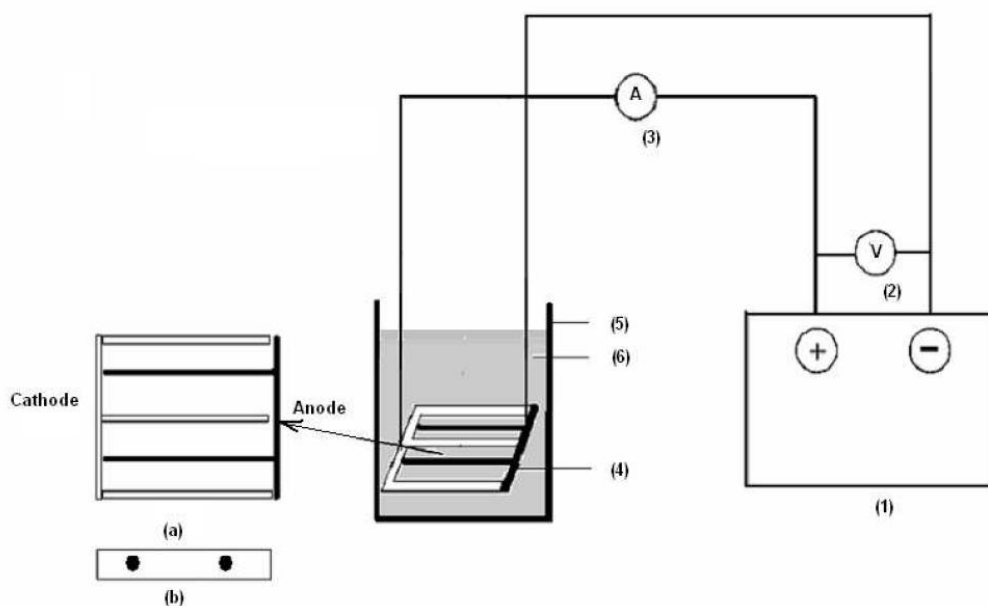


**Figure 23:** Arrangement alternatif d'électrode pour électroflottation. (BOUYAKOUB, 2009)

#### 5.5.4. LA CELLULE D'ELECTROFLOTTATION

Nous avons construit un prototype d'une cellule d'électroflottation en Plexiglas (7 cm × 9cm) et 30 cm de hauteur (figure 24). L'électrode arrangée alternativement (fournis par le Dr Chen. G, Hong Kong University of Science and Technology Clear Water Bay, Hong Kong), constitue un bloc indépendant qui peut être retiré de la cellule pour faciliter le nettoyage. Elle est constituée d'une cathode en acier inoxydable, et une anode durable et rentable, fabriquée avec du Ti/IrO<sub>x</sub>-Sb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-SnO<sub>2</sub>, elle présente une stabilité électrochimique extrêmement élevée et une bonne activité electrocatalytique pour l'évolution de l'oxygène ((Chen, et al., 2001)Chen (Chen, et al., 2002)). La surface de l'électrode est égale à 34,24 cm<sup>2</sup>. Le circuit électrique est composé d'un générateur de puissance (Modèle Leybold Didactic CMBH, 2(30 V et 2,5 A), un ampèremètre relié en série et un voltmètre en parallèle. La température dans la cellule a été maintenue constante à 20 ± 1C° avec un pH égal à 6 ± 0.05.





- |                                     |                      |
|-------------------------------------|----------------------|
| (1) Générateur de puissance continu | (2) Voltmètre        |
| (3) Ampèremètre                     | (4) Electrode        |
| (5) Cellule d'EF                    | (6) Solution colorée |

**Figure 24:** Cellule d'éctroflottation. (BOUYAKOUB, 2009)

Les essais d'EF ont été réalisés dans une cellule, à base rectangulaire de 7 cm × 9 cm et de 30 cm de hauteur, fabriquée en optimums conditions. L'électrode utilisée est fournie par Dr. G. Chen, Université des Sciences et Technologies, Clear Water Bay, Hong Kong, Chine ( (Chen, et al., 2001), (Chen, et al., 2002), (Chen, 2004) ).Le circuit électrique est composé d'un générateur de puissance Leybold Didactic CMBH, 2 (30 V et 2,5 A), un ampèremètre relié en série et un voltmètre relié en parallèle. La température dans la cellule a été maintenue constante à  $20 \pm 1C^{\circ}$  avec un pH égal à  $6 \pm 0.05$ . Pour rentabiliser la technique d'électroflottation, le suivi de l'évolution de l'élimination de la couleur, de la turbidité et de la DCO d'une part, et le calcul de la consommation d'énergie, d'autre part, a été réalisé pour chaque essai, sur un volume siphonné à l'aide d'une seringue, à partir de l'eau séparée.

## 5.6.METHODE DE CARACTERISATION DU SURNAGEANT

### 5.6.1. TURBIDITE

La turbidité peut être définie comme étant une mesure du trouble d'une suspension. Elle reflète la présence ou l'absence de particule en suspension. Du point de vue physique la turbidité est la mesure de la diminution d'intensité d'un faisceau lumineux, provoquée par la diffusion de ce faisceau par les matières en suspension.

La turbidité du surnageant a été mesurée à l'aide d'un turbidimètre HACH 2100N. L'appareil a été préalablement étalonné avec des solutions standard fournies par le constructeur. La quantité du surnageant nécessaire pour faire les mesures est prélevée par siphonage à l'aide d'une seringue à bout recourbé à 3 cm en dessous de la surface libre de la suspension. Les valeurs indiquées pour la turbidité représentent une moyenne de 3 analyses.

### 5.6.2. PH

Le pH a été mesuré à l'aide d'un pH mètre (Meter Lab PHM 210 Tacussel, France). L'étalonnage du pH mètre a été réalisé quotidiennement avec des tampons 4,7 et 10. Ces tampons ont été préparés à partir des ampoules concentrées normadose (Prolabo, France). La limite d'acceptabilité de la pente est fixée à 98 %.

### 5.6.3. SPECTROSCOPIE UV-VISIBLE

Les mesures d'absorbance UV-Visible ont été réalisées sur un spectrophotomètre à double faisceau (Spectrophotomètre UV-2501 PC, Shimadzu, Japon) piloté par un micro-ordinateur. Les longueurs d'ondes maximales sont obtenues directement par un balayage automatique entre 190 et 800 nm. Les mesures ont été réalisées dans les conditions préalablement décrites. La mesure des concentrations est réalisée à la longueur d'onde correspondant au maximum d'absorbance à partir d'une courbe d'étalonnage, d'après la loi de Beer-Lambert.

L'analyse par spectroscopie UV-Visible, fondée sur l'étude du changement d'absorption de la lumière par un milieu, permet d'évaluer la concentration résiduelle en colorant dans les

suspensions coagulées lors du jar test, et par la suite calculer le pourcentage de décoloration (équation II. 19).

$$\% \text{décoloration} = \frac{C_0 - C}{C_0} \times 100$$

Où :  $C_0$  et  $C$  représentent les concentrations initiales et à l'équilibre.

#### 5.6.4. DEMANDE CHIMIQUE EN OXYGENE

La DCO correspond à la quantité de dioxygène nécessaire pour oxyder les matières oxydables dans certaines conditions (fixées par la norme). Ces matières oxydables sont en très grande majorité des matières organiques. De plus, du fait de l'oxydation puissante dans les conditions respectant la norme, celles-ci sont toutes oxydées. Ainsi, on pourra considérer la DCO comme la mesure de la totalité des matières organiques contenues dans une eau.

La demande chimique en oxygène (DCO) a été mesurée suivant "l'Analyse de l'eau" (RODIER, 1996).

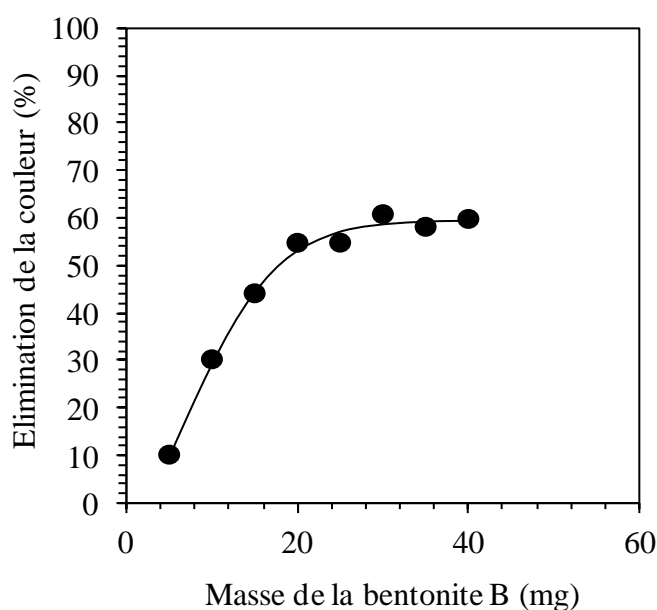
Les essais, d'adsorption et d'électroflottation, ont été réalisés, à l'échelle de laboratoire, Dans ces conditions, le plus important était d'arriver à trouver des rapports entre la teneur en pollution (couleur, DCO, MES, ...), les réactifs mis en jeu et l'énergie électrique consommée.

## 5.7.RESULTATS ET DISCUSSION

### 5.7.1. ADSORPTION

#### Influence de la quantité initiale d'argile

L'effet de la masse d'adsorbant sur l'élimination de la couleur à différentes quantités de B a été montré sur la figure 25. Les résultats montrent que la cinétique d'adsorption devient plus rapide en augmentant la masse d'argile à une valeur de 20 mg et l'efficacité d'élimination a été déterminée à 54,97%. Au-delà, le taux de transfert est pratiquement nul. De plus, le taux de transfert de masse est proportionnel au gradient de concentration et à la surface d'échange. Dans notre cas, la concentration initiale en colorant est constante ; une augmentation de la masse d'argile en solution augmente la surface de transfert et la vitesse d'adsorption.



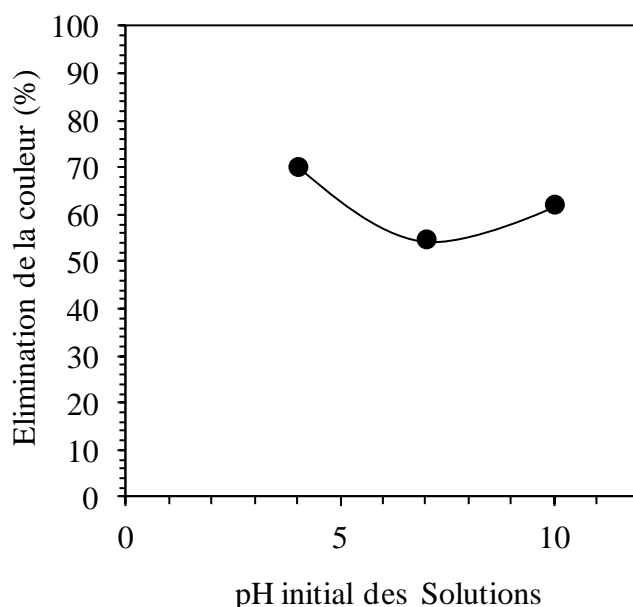
**Figure 25:** Élimination de la couleur en fonction de la masse de la bentonite B.

(L'échantillon est de 500 mL; Température =  $25 \pm 1$  ° C; pH =  $7 \pm 0,05$ ; Temps de contact = 1 heure)

#### Influence du pH

Le pH des solutions joue un rôle important dans le processus d'adsorption (figure 26), car la surface de l'adsorbant acquiert une charge positive ou négative en réponse au changement de

pH ( (Abollino, et al., 2003), (Bhattacharya, et al., 2006)). La courbe indique que l'absorption maximale de colorant a été enregistrée à pH = 4. (Özcan, et al., 2007) ont montré que le pH optimal pour l'adsorption des colorants réactifs par la bentonite modifiée est acide. (Akar, et al., 2010)) Ont utilisé de l'argile sans traitement (traitement) et ont remarqué qu'un pH acide augmentait les capacités d'adsorption du colorant. Ceci s'explique par le fait qu'à l'état acide, la charge positive domine la surface d'adsorption. Ainsi, une forte attraction électrostatique entre les charges positives de la surface de l'adsorbant et le colorant des charges négatives (Isa, et al., 2007). En pH basique malgré la présence des ions OH<sup>-</sup>, on remarque que la capacité d'adsorption est supérieure par rapport au pH neutre, donc on peut dire qu'il y a toujours une attraction entre les colorants et B, il n'y aurait qu'une faible compétition entre les ions OH<sup>-</sup> et l'anion des colorants à pH basique (Errais, et al., 2011)..



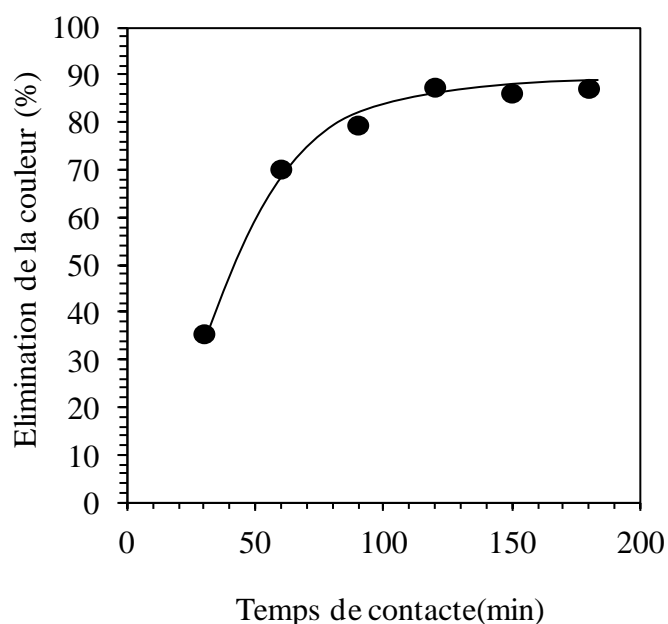
**Figure 26:** l'effet du pH sur l'élimination de la couleur

( $V_{\text{échantillon}} = 500 \text{ mL}$ ;  $T = 25 \pm 1^\circ\text{C}$ ;  $m_B = 20 \text{ mg}$ ,  $\text{Agit} = 300 \text{ rpm}$ ,  $\text{Temps de contact} = 1 \text{ hr}$ )

Ces résultats sont en concordance avec d'autres études montrant que le pH joue un rôle important dans l'amélioration de l'adsorption des colorants.

## Détermination du temps de contact optimal

Le temps de contact est un facteur très important qui influence la fixation du colorant. Une série d'expériences de temps de contact ont été réalisées dans la plage de temps de 30 à 180 min à 25 ° C. La figure 27 montre que le temps de contact court apparaît insuffisant, car il ne permet pas la formation des liaisons physico-chimiques entre le colorant aqueux et les sites d'adsorption de la phase solide. La quantité adsorbée augmente avec l'augmentation du temps de contact, mais avec l'occupation progressive de ces sites, l'adsorption est devenue moins efficace. À un moment donné, elle atteint une valeur constante au-delà de laquelle plus rien n'est adsorbé. A ce moment, la quantité de colorant adsorbé sur l'adsorbant était dans un état d'équilibre dynamique. Le temps nécessaire pour atteindre cet état d'équilibre est appelé temps d'équilibre.



**Figure 27:** Élimination de couleur en fonction du temps de contact.

( $V$  échantillon = 500 mL;  $pHi = 4 \pm 0,05$ ;  $m_B = 20$  mg;  $T = 25 \pm 1$  °C; Agit. 300 tr/min.)

## Modèles d'isothermes d'équilibre

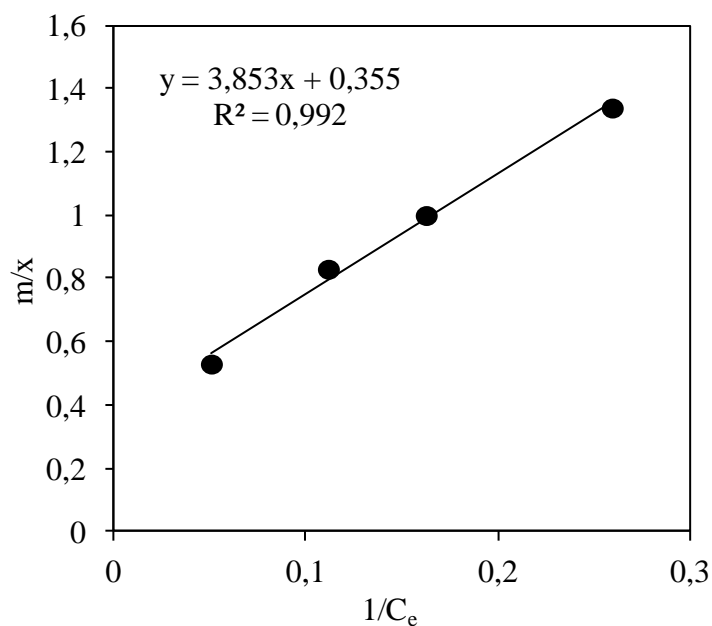
Les isothermes d'adsorption sont importantes pour examiner la relation entre l'adsorbant et l'adsorbat lorsque le processus d'adsorption atteint un état d'équilibre, et rechercher l'efficacité de sorption maximale. Plusieurs modèles mathématiques peuvent être utilisés pour décrire les données expérimentales des isothermes d'adsorption. Dans cette étude, les isothermes de

Langmuir et Freundlich ont été appliquées pour les eaux usées textiles réelles et représentées sur les figures 28-29 respectivement.

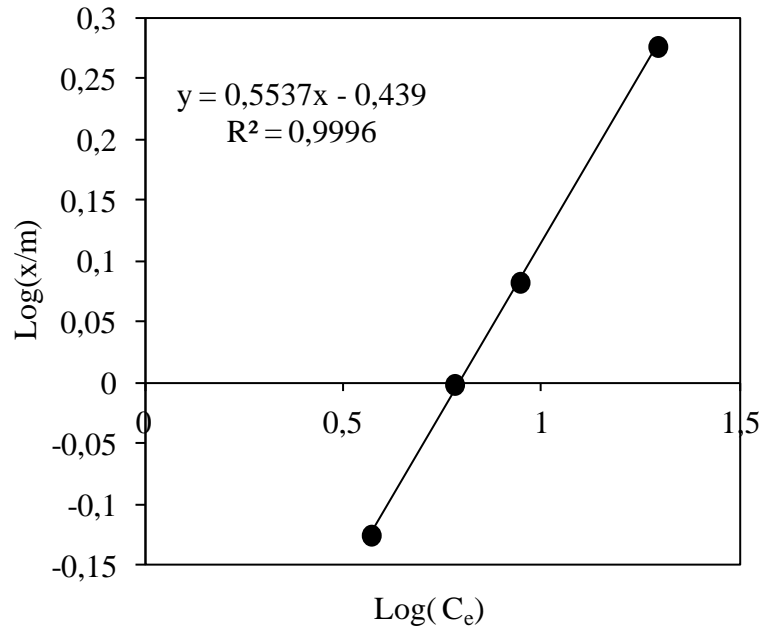
Les valeurs des paramètres de Langmuir  $q_m$ ,  $b$  et des paramètres de Freundlich  $K_f$ ,  $n$  et les coefficients de corrélation de régression calculés ont été rapportés dans le Tableau IX. Les coefficients de régression  $R^2 = 0,992$  et  $0,999$  suggèrent respectivement que la couleur d'adsorption peut être modélisée par le modèle de Langmuir ainsi que par le modèle de Freundlich.

**Tableau X:** Coefficients de Freundlich et Langmuir pour l'adsorption du Couleur à 25 °C.

Modèle de Langmuir			Modèle de Freundlich		
$q_m$ (mg/g)	$b$ (l/mg)	$R^2$	$n$	$k_f$	$R^2$
2.81	0.09	0.992	1.80	0.36	0.999



**Figure 28:** Représentation linéaire des isothermes d'adsorption des colorants par la bentonite naturelle.



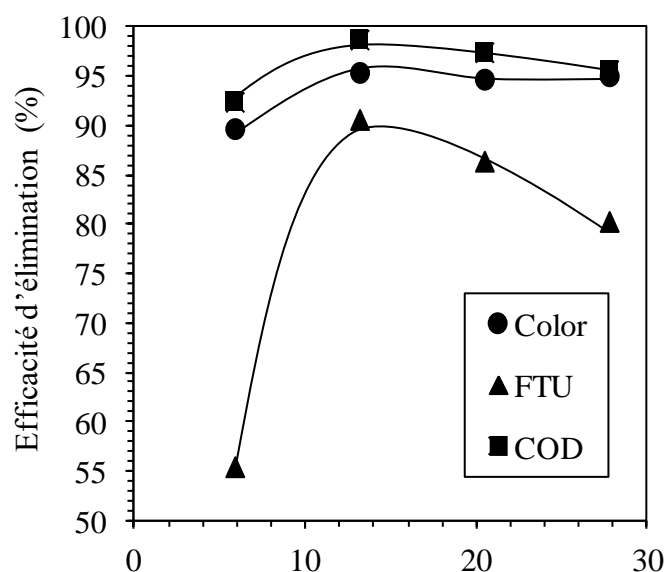
**Figure 29:** Représentation linéaire des l'isothermes d'adsorption des colorants par la bentonite naturelle.

### 5.7.2. ÉLECTROFLOTTATION

#### Influence de la densité de courant sur le processus d'électroflottation

La densité a un grand effet sur le processus EF. Il accélère la formation de bulles de gaz. Cependant, Il apparaît évidemment que des densités de courant plus élevées ne conviennent pas à la flottation, car elles favorisent la formation de bulles de gaz plus importantes, donnant lieu à un phénomène de turbulence. La figure 30 révèle l'efficacité de l'élimination de la turbidité, du DCO et de la couleur en fonction de la valeur de la densité de courant. Le taux maximal d'élimination de la turbidité, de la DCO et de la couleur a été observé à 13,14 mA / cm<sup>2</sup> (90, 57%, 98, 67% et 95, 34% respectivement).

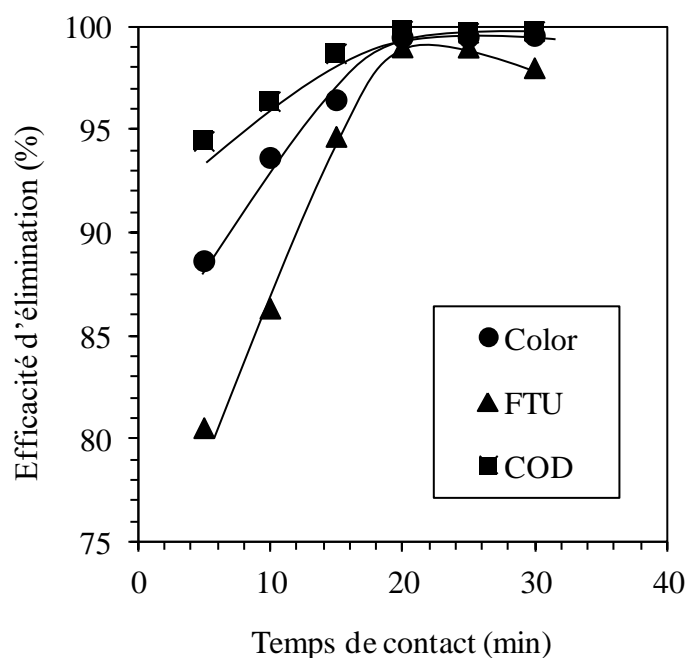




**Figure 30:** l'efficacité d'élimination de couleur (●), DCO (■) et turbidité résiduelle (▲) en fonction de la densité de courant

#### Influence du temps de l'EF

Les résultats du traitement de l'effluent textile par électroflottation montrent que le temps joue un rôle important (figure 31). Le taux d'élimination augmente avec le temps de contact appliqué jusqu'à 20 minutes, le processus semble atteindre sa meilleure performance ; l'efficacité de la réduction est de : 99,01%, 99,8% et 99,49% pour la turbidité, la DCO et la couleur, respectivement. Au-delà du temps optimal, le processus de séparation solide-liquide se trouve ralenti et stabilisé. Cela peut s'expliquer par le fait que les particules en suspension qui pourraient être attachées aux bulles sont de tailles différentes ; les plus grosses sont facilement éliminées, tandis que les particules de faible dimension restent en suspension car elles adhèrent difficilement aux bulles (Bouyakoub, et al., 2010). Le processus a atteint sa limite dans ces conditions (Hosny, 1996).



**Figure 31:** l'efficacité d'élimination de couleur (●), DCO (■) et turbidité résiduelle (▲) en fonction du temps de contact.

## 5.8. CONCLUSION

Une grande quantité de colorants sont utilisés pour diverses applications industrielles, en particulier dans les industries textiles les colorants réactifs appartiennent au groupe des colorants anioniques solubles dans l'eau, tels que les colorants acides et directs. Ils sont les plus utilisés dans l'industrie textile pour la teinture du coton. Ils ont des structures aromatiques compliquées qui résistent à la dégradation dans les procédés conventionnels de traitement des eaux usées en raison de leur stabilité vis-à-vis des agents oxydants et des micro-organismes. il existe une exigence permanente de développer des technologies de traitement efficaces pour l'élimination de ces colorants qui constituent un défi environnemental majeur. Dans l'industrie textile, le choix d'un procédé particulier de traitement repose sur deux critères importants : le coût et l'efficacité. Pour assurer ce dernier critère, il est nécessaire de combiner deux ou plusieurs méthodes en fonction de la nature des colorants utilisés et des méthodes de coloration utilisées dans les chaînes de production ( (Vera, et al., 2005) (Bouyakoub, et al., 2009) (Bouyakoub, et al., 2010). L'effluent de haute qualité obtenu confirme l'efficacité du procédé combiné. Les eaux usées traitées peuvent être utilisées à des fins de recyclage ou de réutilisation.

# Chapitre 6 :

## EVALUATION DES IMPACTS ENVI- RONNEMENTAUX ET SANITAIRES (DISCUSSION DES RESULTATS)

## **VI. CHAPITRE 6 :Évaluation des impacts environnementaux et sanitaires : discussion des résultats**

### **6.1.INTRODUCTION**

L'évaluation environnementale et sanitaire de l'impact de certains polluants issus de quelques activités nécessite une approche stratégique ; cette dernière repose sur le concept intégré du Système de Management Intégré (SMI). Ce choix repose sur l'intégration des différents paramètres tant environnementaux que sanitaires et permet une évaluation des impacts des activités visées.

### **6.2.ETAT DES CONNAISSANCES SUR LE SMI**

(Benabdeli, 2015) note à propos du SMI : « Le concept et la pratique du management tendent progressivement et sûrement à remplacer ceux qui ont toujours caractérisés la notion de gestion. De jour en jour, la notion de management s'oriente de plus en plus vers le concept de management global intégré. Plusieurs facteurs militent pour une approche globale, parmi eux, les contraintes économiques et les performances recherchées ne laissent plus de place à une multitude de systèmes qui se croisent et se complexent ». Le système de management intégré traite en même temps de la Qualité, de la Sécurité, de l'Environnement et de la Responsabilité sociétale. Ce qui est intéressant pour atteindre l'objectif fixé a trait à deux volets : l'environnement et la responsabilité sociétale soit la santé.

Qualité, sécurité, santé et protection de l'environnement sont devenus des aspects stratégiques pour toute organisation, qu'elle soit publique ou privée, industrielle ou de services. Tous ces aspects ont été depuis les années 1990 pris en compte individuellement et spécifiquement, hélas, aujourd'hui on assiste à un phénomène nouveau axé sur leur rapprochement en un concept unique de management intégré. Le développement de cette démarche dans l'entreprise contribue à l'amélioration de l'image qu'elle véhicule auprès de ses

partenaires et surtout pour accroître sa performance vis-à-vis de la concurrence. Des démarches, revêtant un caractère obligatoire ou volontaire, sont aujourd'hui suivies par les entreprises pour le développement de leurs systèmes de management.

Dans ce contexte (FUMEY, 2001) note : « Traditionnellement, l'entreprise est considérée comme une organisation ayant pour unique objectif de réaliser des profits. Opposée à la notion de profit et ne considérant que la conséquence finale de sa survenance, la perte financière fait figure de seul et unique risque pour l'entreprise. En réalité, l'entreprise d'aujourd'hui se décline au travers d'un ensemble d'objectifs définis dans le cadre d'une stratégie à plus ou moins long terme, intégrant en particulier des critères de croissance, investissements, parts de marché, etc., l'ensemble de ces critères concourant à pérenniser les activités de l'entreprise, tout en poursuivant son développement ».

#### 6.2.1. LES PRINCIPAUX FACTEURS A EXPLOITER ET METHODE

Généralement les principaux facteurs du climat organisationnel et des processus d'impacts sont ceux qui jouent un rôle prépondérant ; l'énumération de ces facteurs pour être efficaces doit résider dans leur simplification en ne ciblant que les paramètres identifiables dans l'unique but de mieux les intégrer dans le diagnostic. C'est la méthode des 5 M qui a été retenue puisqu'elle permet de cibler les principaux éléments à évaluer pour arriver au but recherché.

##### ▪ **Choix d'une méthode pratique : 5 M**

Devant la difficulté d'accéder à l'information soit par rétention ou inexistence, nous avons opté pour deux méthodes : celle des 5M et celle basée sur le diagnostic des activités et sur l'audit. Dans ce cadre l'utilisation d'une matrice basée sur l'identification des sources de dangers, des risques qu'ils engendrent et leur évaluation selon une échelle de 5 niveaux à savoir : 1- impact très faible, 2 : impact faible, 3 : impact moyen ; 4 : impact fort et 5 : impact très fort.

La méthode 5M, autrement appelée diagramme de cause à effet ou diagramme d'Ishikawa, est une méthode grâce à laquelle on représente de façon claire les causes produisant un effet en les classant en 5 familles : les 5M (tableau x). Cela permet par exemple, de résoudre un problème en agissant sur ses origines. La construction du diagramme nécessite souvent la formation d'une équipe de travail pluridisciplinaire. Chacun émet son point de vue et, selon sa

spécialité, ses hypothèses quant à l'origine du problème. Les causes énoncées sont ensuite classées en familles.

Ce sont ces familles que l'on nomme les 5M :

**Matières** : matières premières, pièces, ensembles, fournitures, identification, stockage, qualité, manutention...

**Méthodes** : instructions, manuels, procédures, modes opératoires...

**Main-d'œuvre** : directe, indirecte, motivation, formation, absentéisme, expérience, problème de compétence, d'organisation, de management...

**Matériel** : Machines, outils, équipements, capacité, âge, nombre, maintenance...

**Milieu** : environnement physique, éclairage, bruit, aménagement, relations, température, climat, marché, législation...

La méthode 5 M (Milieu, méthode de travail, matière (produits), matériel, main d'œuvre) consiste à passer en revue des familles de facteurs qui un phénomène.

Ce processus regroupe toutes les procédures de l'entreprise pour gérer et améliorer son système de management intégré après avoir identifié les causes d'impacts environnementaux et sanitaires. Le respect de ce processus permet de formaliser l'approche permettant de cibler les impacts sur l'environnement et la santé.

**Tableau XI.** Les composantes de la méthode des 5M (Benabdeli, et al., 2008)

N°	Facteurs	Composantes
01	Matières	Matières premières utilisées et leur composition
02	Méthode	Technique utilisée
03	Main d'œuvre	Moyen humains et leur compétence
04	Matériels	Qualité des équipements par rapport aux objectifs
05	Milieu	Espace où se situe l'activité

- **La norme ISO 14001**

Cette norme est destinée à structurer l'organisation environnementale de l'entreprise et à attribuer des rôles et des fonctions à l'ensemble de cette organisation, faisant en sorte d'optimiser l'intégration dans l'environnement des activités de l'entreprise ou des services qu'elle délivre.

Cette organisation peut également concerner la conception des produits, en intégrant des outils techniques tels l'analyse du cycle de vie des produits, la veille environnementale, la gestion des pollutions et nuisances (déchets, traitement des effluents, bruits, rejets) ; c'est le POEMS (Product Oriented Environmental Management System). De l'évaluation environnementale.

Le choix d'indicateurs fiables permettant de cibler les paramètres environnementaux et sanitaires des différentes activités ont été décrits par (Benabdeli, et al., 2008) qui notent : « Il ne peut y avoir de développement durable au sein d'une entreprise sans une politique de protection de l'environnement. Cette dernière émane d'une stratégie obéissant dans un premier temps à 4 instruments axés sur la réglementation, l'économie, l'information et l'organisation (Benabdeli, 2015).

Dans un second temps et pour adapter une stratégie et en faire une politique pragmatique de gestion environnementale et sanitaire l'identification des différentes formes de pollution générées par l'industrie à travers un audit environnemental, l'évaluation de l'impact de la pollution industrielle sur l'environnement dans le temps et dans l'espace, la maîtrise du fonctionnement, de la surveillance et de la maintenance des équipements et l'intégration permanente de toute la dimension environnementale à travers les différents plans de gestion, d'organisation et de performance doivent constituer des bases ».

Selon les mêmes auteurs, toute stratégie en matière de protection de l'environnement pour un développement durable découle d'une maîtrise parfaite et permanente des sept paramètres suivants qui constituent les indicateurs élémentaires et fiables adaptés aux pays en voie de développement ou émergents sont au nombre de sept dans un premier temps :

La consommation en matières premières, énergie, eau et autres produits qui reste le volet le plus important puisqu'il agit directement sur la réduction des déchets et de l'émission des gaz à effet de serre,

Les procédés de fabrication et le taux de rendement ; plus le taux de rendement est élevé plus les déchets, les pollutions et les nuisances sont faibles,

La performance et le professionnalisme des ressources humaines qui permettent une meilleure exploitation des équipements et une maîtrise des technologies propres,

Une maintenance des équipements pouvant maintenir les outils de production performants sans incidence négative sur l'environnement et les finances,

Un bilan permanent des rejets solides, liquides et gazeux permettant d'apprécier les efforts consentis en matière de gestion de l'environnement et de développement durable,

Une hygiène et une sécurité, garants de la prise en charge des moyens humains au sein de l'entreprise avec des retombées positives sur l'environnement.

Une sensibilisation et une participation qui sont deux volets déterminants du développement durable permettant une adhésion totale au projet.

Les approches et les techniques d'évaluation environnementale sont nombreuses au regard des outils disponibles mais se heurtent tous aux référentiels en matière d'impact sur les écosystèmes. Souvent on utilise indifféremment les termes *évaluation environnementale* et *évaluation des incidences sur l'environnement*. Certains donnent cependant un sens plus large à l'évaluation environnementale que l'évaluation des incidences sur l'environnement. Ces nuances pèsent de tout leur poids sur la protection de l'environnement. L'évaluation environnementale stratégique est devenue actuellement de plus en plus populaire grâce au rôle de quelques organisations non gouvernementales. Elle est devenue un processus exhaustif et systématique permettant de circonscrire, d'analyser et d'évaluer les effets environnementaux d'un projet ou d'une installation. Elle est confortée surtout par le recours à des experts, à la collecte de l'information juste, à la recherche des impacts, aux analyses, à l'identification des questions en jeu, à la collecte des données et leur interprétation dans l'unique but de prédire les impacts afin d'élaborer des mesures d'atténuation.

#### ▪ **La norme relative à la santé et la sécurité OHSAS 18001**

Le développement d'une législation rigoureuse et de réelles politiques de ressources humaines ont renforcé les préoccupations en matière de Santé et Sécurité au Travail au sein des entreprises. L'engagement de ces dernières vis-à-vis d'une politique claire sur ces problématiques et la vigilance de toutes les parties intéressées (ses clients, ses actionnaires et ses employés) devient une nécessité.

Le système de management de la Santé/Sécurité porte sur la gestion des risques liés à l'activité de l'entreprise, en incluant le principe d'amélioration continue. Sa mise



en place est une étape décisive pour faire face aux nouveaux challenges induits par la globalisation.

La spécification OHSAS 18001, "le Système de Management de la Santé et de la Sécurité au Travail" est une référence internationale précisant les exigences requises pour permettre à un organisme de maîtriser les risques et d'améliorer ses performances. Elle s'adresse à tous les organismes quel que soit leur domaine, et couvre leurs activités habituelles ou ponctuelles. La politique de santé et sécurité au travail repose sur trois valeurs essentielles et primordiales permettant d'asseoir une politique à travers une stratégie prenant en considération les principaux concernés : les salariés.

***La personne*** : le respect de cette valeur signifie que les méthodes de management utilisées prennent en charge la santé des travailleurs et sont compatibles avec une éthique de préservation de la personne humaine.

***La transparence*** : l'adhésion de tout le personnel ne peut se concrétiser que si les valeurs de la personne et de la transparence sont appliquées réellement. La communication et la diffusion de l'information sont les piliers de cette démarche.

***Le dialogue social*** : la maîtrise des risques sur la santé doit impliquer les salariés et leurs représentations pour une réussite de la mise en œuvre d'actions de prévention. L'association du personnel ou de ses représentants et leur engagement permettent de mieux appréhender et identifier les risques sur la santé.

Cette norme, très voisine de l'ISO 14001 par sa structure, permet la mise en place d'une organisation en matière de santé et de sécurité au travail. Cette organisation a pour objet de maîtriser les risques pour le personnel et les autres parties intéressées exposées à ces risques, et d'améliorer de façon continue les performances hygiène et sécurité.

Le système de management de la Santé/Sécurité porte sur la gestion des risques liés à l'activité de l'entreprise, en incluant le principe d'amélioration continue. Sa mise en place est une étape décisive pour faire face aux nouveaux challenges induits par la globalisation. La spécification OHSAS 18001, le Système de Management de la Santé et de la Sécurité au Travail" est une référence internationale précisant les exigences requises pour permettre à un organisme de maîtriser les risques et d'améliorer ses performances. Elle s'adresse à tous les

organismes quel que soit leur domaine, et couvre leurs activités habituelles ou ponctuelles. (ISO- 2015).

▪ **Récapitulation du système intégré**

L'avantage d'un système intégré est qu'il résume sur une seule matrice les différents impacts induits par les activités d'une entité (Tableau xi).

**Tableau XII** .Corrélation Environnement-Santé

Paramètres	Supports	Compétences	Risques
<b>Santé</b>	Analyse des risques liés aux postes de travail à travers les risques professionnels induits par l'activité	Maîtrise de la veille réglementaire applicable à la santé au travail et retour d'expérience	Induits par le fonctionnement et l'organisation Mauvaise prévention induisant des risques sur la santé du travailleur
<b>Environnement</b>	Etudes d'impact et analyses environnementales	Application de la réglementation et des normes	Aspects environnementaux mal définis et appréciés
<b>Corrélation</b>	Forte corrélation entre les supports de ces deux concepts	Polyvalence avérée	Sont communs et interdépendants

Généralement l'utilisation d'une matrice d'évaluation des impacts est recommandée ; cette matrice (Tableau xii) se présente comme suit :

**Tableau XIII.** Modèle de matrice d'évaluation des impacts environnementaux et sanitaires

Impact identifié Milieu récepteur	Impact prévisible	Observations
Le paysage		
Le milieu naturel		
Ressources en eaux		
Nuisances sonores		
Population		
Odeurs		
Sol		
Atmosphère		
Faune et flore		

### ▪ **Exploitation des résultats pour un audit**

Selon (Hubérac, 2001) et (Benabdeli, 2015) l'autodiagnostic et le diagnostic externe a pour objectif de détecter les points de contraintes et d'impacts sur le fonctionnement et sur les personnes dans le but d'améliorer le système. Cette approche s'articule autour des points suivants :

Maîtrise du fonctionnement du système,

Etablir la liste des couples système fonctionnel- impacts,

Identifier le processus et ses impacts environnementaux et sanitaires,

Cibler les défaillances et les dysfonctionnements,

Etablir une matrice des dysfonctionnements et de leurs impacts

Ont servi à l'élaboration du présent guide les documents suivants :

ISO19011, Norme ISO 19011 - Lignes directrices pour l'audit des systèmes de management de la qualité et/ ou de management environnemental (version 2002);

ISO9000, Norme ISO 9000 Systèmes de management de la qualité. Principes essentiels et vocabulaire (version 2015);

Le canevas du ministère en charge de l'environnement en Algérie.

L'audit effectué dans les trois activités retenues est fondé sur un certain nombre de principes qui en font un outil efficace et fiable sur lequel le client et l'organisme audité peuvent s'appuyer évaluer la mise en œuvre effective d'une politique en matière de sécurité. Le respect de la méthodologie de référence issue de la norme ISO 19011 et de la norme ISO 14001 est prépondérant pour l'obtention de constats et de conclusions pertinentes. Elle est basée essentiellement sur l'impartialité et la conscience professionnelle et permet d'assurer l'indépendance de l'audit ainsi que l'approche fondée sur la preuve.

L'audit environnemental et sanitaire repose sur la démarche suivante : Selon (Petts, 1999) L'ÉIE est un instrument qui a fait ses preuves pour analyser les effets des projets de

développement sur l'environnement et pour réduire leurs effets négatifs potentiels. Presque tous les pays en développement ont désormais une certaine expérience de l'ÉIE, en raison de leur réglementation interne. Certes il y a aussi eu des évolutions importantes tant au plan national qu'international dans la pratique de l'Étude d'Impact Environnementale avec l'introduction de nouvelles approches. La mise en œuvre devrait être faite par des spécialistes afin que les projets soient érigés en conformité avec les règles de protection de l'environnement et de la santé publique.

#### ▪ **Canevas d'un audit retenu**

Le canevas d'un audit environnemental et sanitaire proposé par le ministère se récapitule comme suit et a été adapté à nos objectifs scientifiques.

Présentation générale de l'activité : localisation, historique, organisation, environnement restreint et élargi,

Diagnostic des installations et processus de production : description des processus de production, description des équipements, organisation des ateliers et espaces, bilan des consommations, gestion des déchets, analyses des rejets

Identification des impacts par segment : rejets solides, liquides et gazeux, bruit, voisinage, contamination, impacts sur l'environnement, le milieu (sol, eau, flore, faune et hommes)

Mesures d'atténuation ou d'élimination des impacts : sur le processus de production, sur les équipements, sur les matières premières, sur les rejets et déchets, valorisation.

Plan d'action et évaluation : propositions d'action par type d'impact pour améliorer la situation et estimation

#### ▪ **Exigences légales**

Les deux aspects à évaluer que sont l'impact sur l'environnement et sur la santé nécessitent un référentiel réglementaire qui prend en considération les textes suivants :

- La loi : 04-20 du 25 Décembre 2004 relative à la prévention des risques majeurs et à la gestion des catastrophes dans le cadre du développement durable.
- Loi N°03 -10 du 10 juillet 2003 relative à la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable

- Loi N°83-13 du 02 juillet 1983, relative aux accidents du travail et aux maladies professionnelles
- Loi N°88-07 du 26 janvier 1988, relative à l'hygiène, à la sécurité et la médecine du travail
- Décret exécutif 09-335 du 20 octobre 2009 fixant les modalités d'élaboration et de mise en œuvre des plans internes d'interventions par les exploitants des installations industrielles.
- Décret exécutif n° 08-312 du 5 octobre 2008 fixant les conditions d'approbation des études d'impact sur l'environnement pour les activités relevant du domaine des hydrocarbures.
- Décret exécutif n° 07-144 du 19 mai 2007 fixant la nomenclature des installations classées pour la protection de l'environnement.
- Décret exécutif n° 07-145 du 19 mai 2007 déterminant le champ d'application, le contenu et les modalités d'approbation des études et des notices d'impact sur l'environnement.
- Décret exécutif : N° 97-435 du 17 Novembre 1997 portant réglementation du stockage et de la distribution des produits pétroliers.
- Décret exécutif N°90-79 du 27/02/90, portant réglementation du transport de matières dangereuses
- Décret exécutif N°91-05 du 19/01/1991, relatif aux prescriptions générales de protections applicables en matière d'hygiène et de sécurité en milieu de travail.
- Décret Exécutif N°06-141 du 19/avril 2006 définissant les valeurs limites rejets d'effluents liquides industriels
- Décret Exécutif N°93-161 du 10/07/1993, réglementant le déversement des huiles et lubrifiants dans le milieu naturel.
- Décret Exécutif N°93-162 du 10/07/1993, fixant les conditions et les modalités de récupération et de traitement des huiles usagées.
- Décret Exécutif N°93-165 du 10/07/1993, réglementant les émissions atmosphériques de fumées, gaz, poussières, odeurs et particules solides.
- Décret Exécutif N°93-184 du 27/06/1993, réglementant l'émission des bruits.
- Décret N°06-198 définissant la réglementation applicable aux installations classées pour la protection de l'environnement
- Décret exécutif n° 90-245 du 18 août 1990 portant réglementation des appareils à pression de gaz.
- Décret exécutif n° 90-246 du 18 août 1990 portant réglementation des appareils à pression de vapeur.
- L'instruction N°1249 du 08/12/1985 relative à l'organisation des activités de médecine du travail.
- Instruction N°009 du 28/06/1986 relative à la protection de la santé des travailleurs exposés aux nuisances sonores
- Instruction R1 du 22/09/2003 relative à la gestion des risques industriels impliquant des substances dangereuses

### 6.3.IMPACTS DE L'ACTIVITE TEXTILE ET GESTION DES RISQUES

C'est un volet important en matière d'évaluation des impacts puisque la technique la plus fiable en matière de gestion des risques environnementaux et sanitaires relève en premier lieu de la station de traitement des effluents. Cette dernière devrait normalement être calibrée selon les caractéristiques physico-chimiques des effluents afin d'avoir un traitement efficace et conforme aux normes en vigueur.

#### 6.3.1. FIABILITE DE LA STEPE

L'exploitation des caractéristiques techniques de traitement de cette infrastructure font qu'elle a été conçue sur la base d'une capacité d'eau brute dont la composition est la suivante :

Valeur de PH 8,5 à 12.

Température normale 30 à 40°C.

Température de pointe à court terme environ 70°C.

Matières sédimentaires  $\leq 5$  m<sup>3</sup>/l.

Proportion en fibres environ 10 m<sup>3</sup>/l.

Teneur totale en sels jusqu'à 4000 m<sup>3</sup>/l (calculer comme Na CL).

DBO5 environ 400 mg /l d'eau.

DCO (K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>) 800-1400 mg/l d'eau.

Oxydabilité au KMnO<sub>4</sub> 600-1000 mg/l d'eau.

Coefficient de biodégradabilité  $2 < k < 3,5$

Le suivi des paramètres de pollution effectués sur les eaux usées épurées du complexe textile a montré des variations importantes de certains paramètres comparés aux normes usuelles en Algérie.

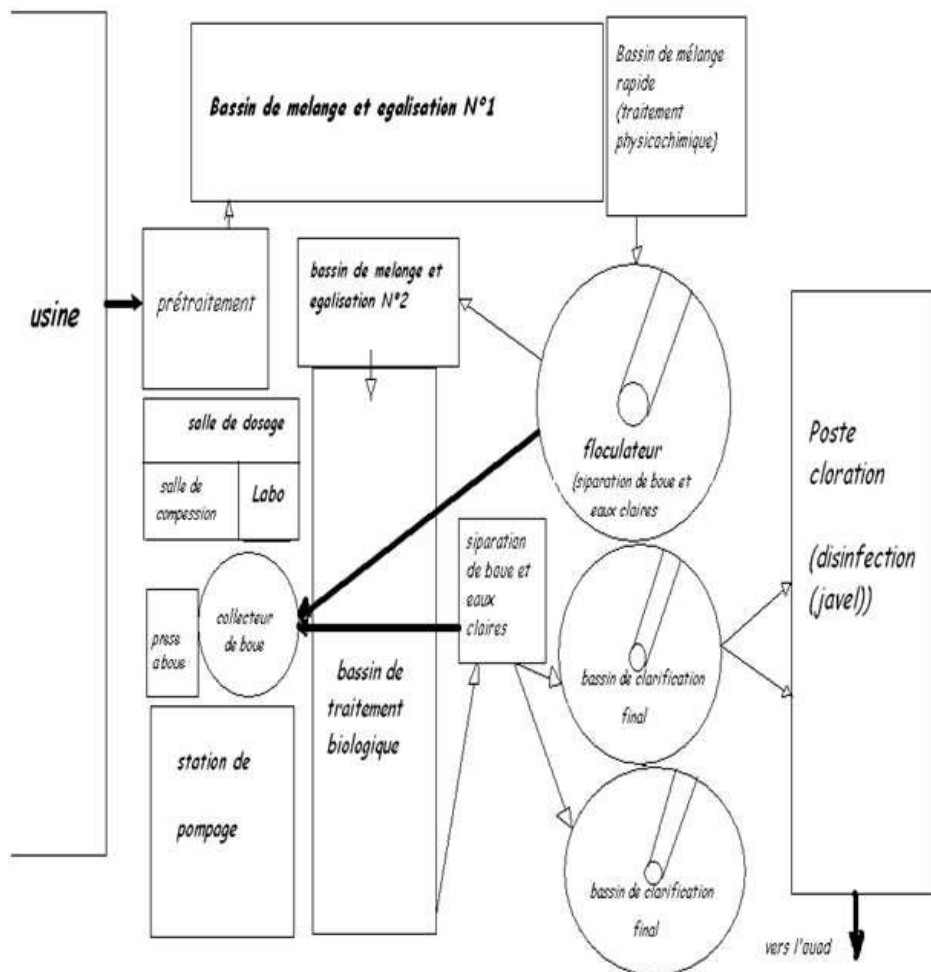
La valeur moyenne de la température des eaux usées est de l'ordre de 23 à 24°C à la sortie.

Les valeurs du pH de l'eau épurée sont comprises entre 7 et 7,5.

La DBO<sub>5</sub> comprise entre 12 et 20 mg/l dans les eaux traitées.

Les valeurs de la DCO entre 40 et 120 mg/l à la sortie de la STEP ( (BELHADJI H, 2016)) , (Djehaf, 2012)

Ces capacités de traitement sont appréciables et montrent l'efficacité de la station en matière de dépollution de l'eau en conformité avec les normes de rejet des effluents dans le milieu récepteur. Une comparaison entre les valeurs limites réglementaires et la composition des rejets non traités permettent d'en évaluer les impacts avant traitement. Une fois traité il est possible d'en évaluer l'apport environnemental et sanitaire de l'opération comme le confirme le tableau de comparaison des trois résultats tirés des bulletins d'analyses du contrôle interne.



*Figure 32: Schéma de la STEP (BELHADJI H, 2016)*

### 6.3.2. CARACTERISTIQUES DES EFFLUENTS

L'exploitation de la littérature spécialisée dans ce domaine donne une gamme de chiffres pouvant servir de référence ainsi que les résultats obtenus des bulletins du contrôle interne donnent des fourchettes assez grandes puisque dépendant de la capacité de traitement et de production de l'unité textile et des produits.

Les résultats retenus ( (BELHADJI H, 2016) ), (Djehaf, 2012) (documents usine) servant uniquement de référence mettent en exergue :

- une teneur en DCO fluctue entre 529 à 2 100 mg/l
- des matières en suspension entre 111 à 678 mg/l
- des charges polluantes moyennes variantes de 25.4 à 177,6 mg/l
- une forte alcalinité avec un pH fluctuant entre 10.2 et 11.5
- une charge en matières organo-azotées entre 17 et 81,25 mg/l,
- une teneur en sulfates entre 429 et 5 613 mg/l.
- une présence de SO<sub>4</sub> et de S<sub>2</sub> provoquant la corrosion du réseau d'assainissement.
- une détection à l'odeur de concentrations en H<sub>2</sub>S et en CH<sub>4</sub> non négligeables au niveau des eaux usées d'assainissement.

Le tableau qui suit (Tableau xiii) donne un aperçu sur les normes de rejets des installations classées.

**Tableau XIV.** Normes de rejets des installations classées

Paramètres	Unités de mesure	Résultats avant traitement	Normes	Résultats après traitement
Température	Degré Celsius	16 à 32	30	21 à 33
pH	-	7.5 à 10.2	6.5 à 8.5	6.3 à 7.0



<b>DBO<sub>5</sub></b>	mgO <sub>2</sub> /l	50 à 60	200	15 à 22
<b>DCO</b>	mgO <sub>2</sub> /l	510 à 950	300	112 à 128
<b>MES</b>	mg/l	120 à 150	35	29 à 37
<b>Hydrocarbures</b>	mg/l	0.5 à 1	10	0.09 à 0.17
<b>Fer</b>	mg/l	1.5 à 2	3	1.3 à 2.1
<b>Cuivre</b>	mg/l	1.5 à 1	0.5	0.9 à 1.3
<b>Etain</b>	mg/l	1.5 à 2.5	2	1.1 à 1.9
<b>Metalloïdes</b>	mg/l	0.5	0.5	0.5
<b>Matière décantable</b>	Mg/l	0,4	0,5	0.6
<b>Matière non dissoute</b>	Mg/l	30	40	35 à 38
<b>Oxydabilité</b>	Mg/l	100	120	98
<b>Permanganate</b>	Mg/l	20	25	18.5

### 6.3.3. EVALUATION DES IMPACTS

La législation sur les rejets d'eaux résiduaires devient de plus en plus stricte dans notre pays. En effet, l'Algérie est dotée d'une réglementation 06-141 sur les rejets d'effluents textiles dans le milieu hydrique. Les matrices de synthèse (tableau xiv, xv) sur les différentes atteintes éventuelles à l'environnement reposent sur une échelle d'appréciation à 3 niveaux : 1 impact nul ; 2 : impact faible ; 3 impact moyen ; 4 impact fort et 5 impact très fort.

**Tableau XV.** Impacts environnementaux et sanitaires

Impact	Sol	Eau	Air	Flore	Faune	Homme	Total
Eaux usées	0	1	0	2	1	1	4
Fuites diverses	1	2	1	0	0	1	5
Eau de nettoyage	1	2	1	0	0	2	6
Particules et COV	0	0	2	1	1	2	6
Déchets solides banal	0	0	0	0	0	1	1
Emballages dangereux	0	0	1	1	2	2	4
Bruit	0	0	0	0	0	1	1
<b>Total</b>	<b>2/21</b>	<b>5/21</b>	<b>5/21</b>	<b>4/21</b>	<b>4/21</b>	<b>10/21</b>	<b>30/126</b>

L'analyse de cette matrice permet les observations suivantes :

- Un impact important sur les composantes physiques de l'environnement estimé à 12/63 soit un taux légèrement inférieur à 20%
- Un impact sur la faune et la flore totalisant 8/42 soit 20%
- Un impact sur la santé humaine estimé à près de 50%

L'unité a également un autre impact sur les différents milieux qu'ils soient restreints, d'influence, récepteur ou étendu.

**Tableau XVI.** Matrice de synthèse des impacts

Domaine	Espace restreint	Espace d'influence	Milieu récepteur	Espace étendu	Total
Paysage	0	1	0	0	1
Site	0	0	0	1	1
Faune et flore	0	0	0	0	0
Voisinage immédiat	1	1	0	0	2
Atmosphère	2	1	0	0	3
Odeurs	2	0	0	0	2
Nuisances sonores	2	1	0	0	3
Déchets	1	1	0	0	2
Santé humaine	2	0	0	0	2
Hygiène	1	0	0	0	1
<b>Total</b>	<b>11 / 50</b>	<b>5 / 50</b>	<b>0 / 50</b>	<b>1 / 50</b>	<b>17/200</b>

L'analyse de cette matrice permet de classer les impacts selon leur agressivité ; le milieu récepteur est en première position suivi respectivement de l'espace restreint, de l'espace d'influence et de l'espace étendu. Il ressort de ce classement que la pollution et ses effets restent concentrés au sein de l'unité et agissent sur la santé des travailleurs exclusivement.

Les effets cumulatifs des impacts environnementaux et sanitaires dangereux sont récapitulés dans le tableau (xvii) qui suit :

**Tableau XVII.** Impacts jugés dangereux

Impacts	Evaluation de l'impact
<b>Déchets dangereux d'emballage de teinture et adjuvants</b>	Moyen à prendre en charge à travers un bac hermétique
<b>Odeur de solvant et de teinture dans l'espace restreint</b>	Ventilation et extraction de l'air pollué
<b>Fuites accidentelles de produits dangereux</b>	Confiner le parterre pour faciliter la récupération
<b>Déchets de papier et carton recyclable</b>	Collecter et écouler vers la filière de recyclage
<b>Emissions de GES</b>	Opter pour des teintures écologiques
<b>Bruits constants</b>	Mettre un écran entre la source sonore et son environnement.

#### 6.3.4. SYNTHÈSE DES IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX ET SANITAIRES

L'exploitation des matrices d'évaluation permet de cibler les principales contraintes environnementales et sanitaires qui peuvent être résumées comme suit :

- Contraintes environnementales
  - Milieu de travail avec des particules

- Polluants liquides au niveau de la chaîne de teinture
- Déchets dangereux d’emballages de produits nocifs
- Effluents à forte charge polluante
- Contraintes sanitaires
  - Air respiré pollué de solvants et teinture
  - Bruit et ambiance de travail confinée
  - Stress
  - TMS (troubles musculo-squelettique)

#### 6.4.LE DESSALEMENT EAU DE MER

Selon le rapport du (PNUE, 2001), la nécessité de dessaler l’eau de mer se fait de plus en plus pressante dans de nombreuses parties du monde face à la consommation mondiale d’eau qui a triplé et dont la croissance reste importante. En 2010 déjà les besoins en eau présents et futurs en Méditerranée accusent une croissance effective de 32% pour les pays du Sud. Il va de soi que des besoins d’une telle ampleur ne peuvent être uniquement couverts et satisfaits que si l’on a recours à des ressources en eau non conventionnelles, comme le recyclage et le dessalement de l’eau. Le dessalement est depuis longtemps une source d’eau importante dans certaines parties de la Méditerranée. Les usines de dessalement se trouvent dans les régions ayant un climat chaud, une pluviométrie relativement faible et imprévisible et où les ressources en eau ne peuvent répondre aux demandes de pointe de la période touristique.

Le dessalement de l’eau de mer est, dans les pays méditerranéens, une industrie en essor constant mais dont l’impact sur l’environnement et la santé humaine doivent être maîtrisés vu que cette forme de ressource en eau est pratiquement illimitée certes, mais elle consomme de l’énergie et elle a des impacts sur l’environnement et sur la santé humaine. Les impacts proviennent principalement du concentré (saumure) induit par le processus de dessalement, mais également par les rejets de produits chimiques utilisés dans les procédés.

##### 6.4.1. TYPOLOGIE DES TECHNIQUES DE DESSALEMENT

En l’espace de quelques décennies les procédés de dessalement de l’eau de mer se sont multipliés et se sont améliorés ; parmi les techniques utilisées figurent l’osmose inverse, la distillation, l’électrodialyse, la congélation sous vide, etc. Elles ont toutes en commun le retrait de l’eau de mer les substances minérales et notamment les sels qui y sont dissoutes. Dans tous les cas la présence d’un effluent à impact environnemental existe dont la composition chimique

reste proche à l'eau de mer d'alimentation mais dont la concentration est de 1,2 à 3 fois plus élevée selon (Vanhems, 1992). Ces effluents contiennent en plus des produits chimiques utilisés au cours des phases de prétraitement et de post-traitement.

Toute une série de produits chimiques et d'additifs servent en effet, lors du dessalement, à prévenir ou combattre l'entartrage ou la prolifération de microorganismes dans les circuits.

Il est indiscutable que c'est la saumure qui exerce le plus fort impact sur le milieu marin. Le volume total de saumure libéré dans ce milieu est déterminant pour les dommages qu'il peut induire.

#### 6.4.2. SCHEMATISATION DU PROCESSUS DE DESSALEMENT

Les principales phases du processus sont récapitulées dans le tableau (xvii) qui suit et permettent de cerner le devenir des produits utilisés dans la station.

**Tableau XVIII.** Produits utilisés et buts et devenirs

Phases	Objet	Produits chimiques ajoutés	Devenir des produits
<b>Phase prétraitement</b>			
<b>Ajustement du pH à 7</b>	Diminue la concentration de carbonate (et la précipitation de carbonate).	Protège la membrane contre l'hydrolyse Acide (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	Modifie le pH de l'eau produite et de la saumure concentrée, le sulfate est retenu dans la saumure concentrée
<b>Antitartre</b>	Prévient la formation de tartre sur les membranes	Agents chélateurs et dispersants	Les complexes formés sont retenus dans la saumure concentrée
<b>Phase de prétraitement</b>			
<b>Coagulation-filtration</b>	Prévient les salissures et l'encrassement des membranes	Coagulants flocculants	Les agents flocculants formés se séparent par décantation et sont éliminés par filtration
<b>Désinfection Chlore</b>	Prévient l'encrassement biologique et l'élimine les microorganismes	Chlore (ou bio-cides, UV)	Chlore également réparti dans le perméat et la saumure concentrée
<b>Déchloration</b>	Protège les membranes sensibles au chlore	Bisulfate de sodium ou charbon actif granulaire	Réagit avec le chlore pour former du sulfate et du chlorure qui sont retenus dans la saumure concentrée
<b>Élimination des gaz dissous</b>	Élimine les gaz nauséabonds, C, le radon et HS	Aération, Dé-gazage	Oxyde HS et nH <sub>4</sub> dans l'eau produite et dans la saumure concentrée <sup>2</sup>
<b>Ajustement du pH à 7</b>	Prévient la corrosion du système de distribution, protège la flore et la faune aquatiques en cas de rejet en surface	Noah, carbonate de sodium anhydre, chaux	Accroît le niveau de sodium dans l'eau produite et dans la saumure concentrée

<b>Désinfection</b>	Prévient la prolifération bactérienne dans le système de distribution, protège la flore et la faune aquatique si nécessaire	Chlore (ou Chlorométrie)	Le chlore est retenu dans l'eau produite et dans la saumure concentrée
<b>Réduction du niveau de chlore</b>	Élimine le chlore et d'autres oxydants	Bisulfite de sodium ou CAGE	Accroît les niveaux de sulfates et de chlorures dans l'eau produite et dans la saumure concentrée
<b>Oxygénation</b>	Accroît l'oxygène dissous à un niveau concourant au développement de la flore et de la faune aquatique	Aération	Accroît l'oxygène dissous dans la saumure concentrée
<b>Élimination d'autres formes chimiques</b>	Diminue tous les polluants susceptibles d'être présents dans l'eau produite et dans la saumure concentrée	Est fonction des formes chimiques	

#### 6.4.3. IDENTIFICATION DES IMPACTS

Les impacts sur l'environnement et la santé humaine débutent dès le lancement du projet généralement sur le littoral assez fragilisé déjà par l'urbanisation. Les impacts commencent avec la transformation de l'espace généralement naturel par son occupation induisant des conséquences visuelles sur les paysages, les sols, des nuisances sonores, des émissions dans l'atmosphère et des rejets dans avec des dommages potentiels pour le milieu récepteur. Les opérations de constructions et d'exploitation se traduisent incontestablement par une série d'impacts sur les espaces littoraux, affectant la qualité de l'air, de l'eau, de la flore et de la faune marines. Elle se traduit par une perturbation d'écosystèmes importants (dunes de sable, herbiers marins et autres habitats vulnérables par suite de l'emplacement choisi pour la station et pour les canalisations d'alimentation et de transfert.

Les constituants présents dans ces eaux résiduaires rejetées par les usines de dessalement dépendent dans une large mesure de la qualité de l'eau d'alimentation, de la qualité de l'eau douce produite et de la technique de dessalement adoptée. Cependant, les rejets des usines de dessalement ne comprennent pas seulement l'effluent de saumure concentrée, les désinfectants et les agents antisalissures (antifouling) mais également des eaux chaudes et des effluents aqueux tels que les distillats et condensats d'éjecteur (Abu Qdais, 1999).

L'autre trait marquant des procédés de dessalement est qu'ils nécessitent un apport d'énergie thermique ou mécanique afin de réaliser la séparation de l'eau douce et de l'eau salée

d'alimentation. Cet apport d'énergie se traduit par une hausse de la température de la saumure éliminée et par des émissions atmosphériques associées à la production d'électricité.

- **Origine et type des émissions et rejets**

- **① Les effluents**

Le dessalement permet des avantages mais reste une source de contraintes comme la perte de cinq litres d'eau pour un litre d'eau osmosée puisque la membrane doit être continuellement nettoyée. Même si le coût de revient de cette technique largement utilisée reste faible par rapport aux autres systèmes de purification ; les membranes extrêmement élaborées nécessitent d'être changées régulièrement.

Il faut souligner également que l'eau est déminéralisée et devient agressive et corrosive pour les canalisations ; en perdant tous ses minéraux y compris les minéraux bénéfiques comme certains alcalins, notamment le calcium et le magnésium, l'acidité du pH impose une reminéralisation de cette eau dessalée avant sa consommation.

La production d'eau douce par des procédés non conventionnels comme le dessalement de l'eau de mer est caractérisé par la production en parallèle d'une eau saumure fortement chargée en sel qui retournera à la mer provoquant une variation de la composition chimique en s'ajoutant aux rejets de produits chimiques des traitements correctifs de l'eau d'appoint et aux rejets issues de la pollution marine tels que l'hydrogène sulfuré ou les composés ammoniacaux et hydrocarbures (BESSENASSE, et al., 2014).

Le processus émet des rejets ont un impact négatif sur l'environnement et la préservation des éco systèmes. Faut-il orienter le choix d'un procédé de dessalement en considérant une station de neutralisation de la saumure avant son rejet à la nature.

De nombreuses études ont montré que le procédé par osmose inverse pose les mêmes problèmes sur la biodiversité tels que les espaces végétaux et animaux.

L'exploitation des résultats de (HADJALI, 2012) dans la station d'El Hilal (Ain-Témouchent) et des résultats d'autocontrôle permet d'affiner les impacts sur l'environnement et la santé ; les résultats sont synthétisés dans le tableau (xviii.) suivant.

**Tableau XIX.** Résultats analyses eau brute et eau de rejet (HADJALI, 2012)

Paramètres	Eau brute	Eau de process	Eau brute	Eau de process
pH	8,17	6,7	8,56	6,8
Conductivité $\mu\text{s}/\text{c m}$	79870	53720	78500	53840
Turbidité NTU	20,88	19	19	18,4
O <sub>2</sub> Dissous Mg/l	3,3	3,1	3,4	3,2
TDS Mg/l	39200	61500	37604	58875
Salinité ‰	39,2	61,5	37,6	58,8
Calcium (Ca <sup>2+</sup> ) Mg/l	640	1000	800	890
Magnésium (Mg <sup>2+</sup> ) Mg/l	1536	2736	2160	3144
Chlorures(Cl <sup>-</sup> ) Mg/l	22496	26640	17760	21904
Bicarbonates(HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) Mg/l	183	115,9	134	122
Duretétotal(TH) °F	1100	1390	1100	1480
TAC °F	15	9,5	11	10
Ammonium(NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ) Mg/l	0,1	0,05	0.13	0.07
Nitrite(NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ) Mg/l	10,10 <sup>-4</sup>	6,6.10 <sup>-4</sup>	09,10 <sup>-4</sup>	6,6.10 <sup>-4</sup>
Nitrate(NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) Mg/l	2.5.10 <sup>-3</sup>	2,6.10 <sup>-3</sup>	2.8.10 <sup>-3</sup>	2,6.10 <sup>-3</sup>
Orthophosphate (PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> ) Mg/l	8,5.10 <sup>-3</sup>	8,7.10 <sup>-3</sup>	7,9.10 <sup>-3</sup>	8,6.10 <sup>-3</sup>
Silicate(SiO <sub>2</sub> ) Mg/l	1,9.10 <sup>-2</sup>	2,8.10 <sup>-2</sup>	1,8.10 <sup>-2</sup>	2,6.10 <sup>-2</sup>

## ② Effets sur l'environnement

La contrainte environnementale et sanitaire reste liée à la concentration de sel dans la saumure .

La salinité mesurée dans l'eau à traiter est de 37.8 mg/l, elle est passée à 46.9 g/l, la conductivité à 20°C a évolué de 51.47 mg/l à 68.11 mg/l avec un pH qui avoisine 8. C'est une eau assez dure caractérisée par une augmentation de la salinité, de la conductivité et des sels carbonatés et des ions Ca<sup>2+</sup> et Mg<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup> et K<sup>+</sup> contribuant à une variation de la composition de l'eau de mer avec les rejets de saumures et une augmentation de la température pouvant atteindre entre 38 et 40°C. Les valeurs de la conductivité et de la salinité sont fortement augmentées et influe négativement sur l'environnement et reste le facteur principal de la pollution de la mer.

## ③ Les rejets en polluants atmosphériques

Les caractéristiques de l'unité de dessalement donnent les paramètres suivants devant servir pour quantifier les rejets (Tableau xix, xx).

**Tableau XX.** Impact atmosphérique

	Production de polluants	Valeurs
1	Indicateur de ressources en combustible	11 kg combustible /m <sup>3</sup>

2	Indicateur environnemental pour CO <sub>2</sub>	37 kg CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>
3	Indicateur environnemental pour SO <sub>2</sub>	0,09 kg SO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>
4	Indicateur environnemental pour NO <sub>x</sub>	0,06 Kg Nox/m <sup>3</sup>
5	Consommation d'électricité du procédé de dessalement	3,6 et 7,5 kWh/m <sup>3</sup>

#### ④ Produits chimiques et impacts

Les produits chimiques rejetés dans le milieu marin se répartissent entre les catégories suivantes Sophia Antipolis :

- Produits de la corrosion : en termes de concentrations, celles du cuivre et du fer sont les plus élevées ; la plus faible valeur de cuivre relevée dans l'effluent de l'usine de dessalement se situe entre 15 et 20 ppb contre des concentrations naturelles de base dans l'eau de mer de seulement 0,12 ppb. Pour la Méditerranée, les niveaux de cuivre dans l'eau de mer couvrent une large gamme de valeurs : l'intervalle des concentrations dans les eaux du large est de 0,04-0,70 ppb, alors que pour les eaux côtières l'intervalle est de 0,01-50 ppb (UNEP, 1995). Si l'on admet une valeur de 20 ppb de cuivre dans l'effluent de saumure d'une usine de dessalement ayant une capacité de 50 000 m<sup>3</sup> par jour et un taux de conversion de l'eau de 10%, alors plus de 10 kg de cuivre seront rejetés sur le site avec les 500 000 m<sup>3</sup> de saumure par jour. (Schipper, March 2000)
- Agents antitartres : au premier biofilm adhérent des périphytes, des microalgues, des protozoaires et des champignons et des débris, des détritus et des particules inorganiques. C'est les composés de chlore qui sont utilisés pour désinfecter les systèmes d'apport d'eau de mer en amont, afin de prévenir les salissures. (PNUE / MED, 2001).
- Agents antimousses : La mousse produite par l'eau de mer dans le procédé de distillation reste difficile à gérer mais a tendance à poser un problème quand les séparateurs sont proches de la surface du courant de saumure. Lutter contre cette contrainte fait appel à des agents antimousse. C'est habituellement des polyglycols alkylés, des acides gras et des esters d'acides gras ; agents sont tensio-actifs à l'interface eau-vapeur qui empêchent la formation de mousse. Généralement ces produits sont apportés à raison de 0,1 ppm. La formation de mousse est une fonction des constituants organiques de l'eau de mer qui sont principalement des produits d'excrétion et de dégradation d'algues planctoniques (AMITOUCHE, 2016).

#### ⑤ Impact sur le milieu marin

Toutes les études confirment l'impact du concentré de saumure sur le macrobenthos marin sous l'effet de salinités élevées causant des dommages importants aux communautés des algues macroscopiques avec comme conséquence une disparition. La biodiversité marine est fortement perturbée et dégradée même au niveau de l'espace de rejet. Les fréquentes modifications de la



salinité de l'eau ont induit des changements dans la composition des formations macrofaunistiques à proximité du point de rejet (PNUE / MED, 2001).

Une comparaison entre l'eau d'alimentation du processus et la saumure permet d'évaluer les impacts. Composition chimique de la saumure par rapport à celle de l'eau de mer (Données analysées dans des échantillons issus de l'autocontrôle) en mg/l

**Tableau XXI.** Résumé des phases de pré-(a) et post-(b) traitement au cours de la production d'eau potable par dessalement (Mickley, et al., 1993)

(a) Phase de prétraitement	Objet	Produits Chimiques ajoutés	Devenir des produits
<b>Ajustement du pH à 7</b>	Diminue la concentration de carbonate (et la précipitation de carbonate). Protège la membrane contre l'hydrolyse	Acide (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	Modifie le pH de l'eau produite et de la saumure concentrée, le sulfate est retenu dans la saumure concentrée
<b>Antitartre</b>	Prévient la formation de tartre sur les membranes	Agents chélateurs et dispersants	Les complexes formés sont retenus dans la saumure concentrée
(a) Phase de prétraitement	Objet	Produits chimiques	Devenir des produits
<b>Désinfection</b>	Prévient l'encrassement biologique et l'élimine les microorganismes qui se nourrissent des matières des membranes	Chlore (ou biocides, UV)	Chlore également réparti dans le perméat et la saumure concentrée
<b>Déchloration</b>	Protège les membranes sensibles au chlore	Bisulfate de sodium ou charbon actif granulaire (CAG)	Réagit avec le chlore pour former du sulfate et du chlorure qui sont retenus dans la saumure concentrée
<b>Élimination des gaz dissous</b>	Élimine les gaz nauséabonds, C, le radon	Aération, Dé-gazage	Oxyde H <sub>2</sub> et nH <sub>4</sub> dans l'eau produite et dans la saumure concentrée
<b>Ajustement du pH à 7</b>	Prévient la corrosion du système de distribution, protège la flore et la faune aquatiques en cas de rejet en surface	Noah, carbonate de sodium anhydre, chaux	Accroît le niveau de sodium dans l'eau produite et dans la saumure concentrée
<b>Réduction du niveau de chlore</b>	Élimine le chlore et d'autres oxydants	Bisulfite de sodium ou CAGE	Accroît les niveaux de sulfates et de chlorures dans l'eau produite et dans la

			saumure concentrée
<b>Oxygénation</b>	Accroît l'oxygène dissous à un niveau concourant au développement de la flore et de la faune aquatique	Aération	Accroît l'oxygène dissous dans la saumure concentrée
<b>Élimination d'autres formes chimiques</b>	Diminue tous les polluants susceptibles d'être présents dans l'eau produite et dans la saumure concentrée	En fonction des formes chimiques	

▪ **Matrice d'évaluation des impacts et des recommandations d'atténuation**

L'exploitation des techniques de dessalement, des analyses physicochimiques et de divers travaux signalés ci-dessus permettent d'établir une matrice des impacts environnementaux (Tableaux xxi, xxii).

*Tableau XXII. Matrice des impacts (Grille d'impacts néfastes sur l'environnement associés aux procédés de dessalement (PNUE / MED, 2001))*

<b>Impact</b>	<b>Degré d'impact</b>	<b>Origine de l'impact</b>	<b>Techniques d'atténuation</b>
<b>Pollution thermique Effets nocifs pour les espèces thermorésistantes</b>	Moyen	Saumure chaude	Mélange de la saumure avec de l'eau froide avant le rejet Bassins de retenue
<b>Réduction de l'oxygène dissous dans les eaux réceptrices</b>	Fort	Saumure chaude	Diminuer la température
<b>Salinité accrue Effets nocifs pour les espèces résistantes aux sels</b>	Fort	Saumure concentrée	Dilution de la saumure avant rejet Récupération de sels Bon choix de l'emplacement pour l'émissaire afin de permettre le maximum de brassage et de dispersion
<b>Désinfectants</b>	Moyen	Chlore et ses composés Réaction du chlore avec des composés organiques – hydrocarbures principalement	Utilisation d'autres désinfectants. Mesures de protection contre les polluants au prélèvement de l'usine
<b>Chlore et ses composés</b>	Moyen	Réaction du chlore avec des composés organiques – hydrocarbures principalement	Utilisation d'autres désinfectants. Mesures de protection contre les polluants au prélèvement de l'usine
<b>Métaux lourds - toxicité</b>	Fort	Corrosion du matériel de l'usine	Conception et choix judicieux du matériel de l'usine en recourant à

			des matériaux résistants à la corrosion
<b>Produits chimiques :</b> - Eutrophisation des eaux réceptrices - Toxicité - Hausse du pH	Moyen	Adjonction d'agents Anticorrosion et anti-tartre	Réduction au minimum de l'utilisation de produits chimiques Utilisation d'additifs sans danger pour l'environnement
<b>Pollution atmosphérique Plus acides Effet de serre Poussières</b>		Utilisation de combustibles et activités d'élimination	Utilisation d'énergies propres et renouvelables autant que possible Application de systèmes mixtes et de production couplée Purification des gaz avant émission dans l'atmosphère
<b>Sédiments Turbidité et limitation de la photosynthèse Difficultés de respiration</b>	Moyen	Perturbation des sables par des activités	Réduction au minimum et contrôle des activités d'excavation et remblayage
<b>Chez les animaux aquatiques</b>	Moyen	D'excavation et de dragage	Bonne maîtrise du ruissellement dans la zone du site
<b>Bruit</b>	Faible	Activités de construction Pompes et autres appareils au cours de l'exploitation de l'usine	Limitation des activités de construction aux seuls horaires de travail Choix du matériel le moins bruyant

#### ▪ Matrice d'évaluation environnementale

Les procédés basés sur les séparations par membranes connaissent dans ce cadre un bel essor. Ils semblent devenir des outils très puissants pour le dessalement et le recyclage des eaux en vue d'un objectif « zéro déchet », or les projets de déminéralisation bien qu'il soit une solution à un problème qui dure ont engendré beaucoup d'effets négatifs sur l'environnement. Nous nous trouvons donc face à un paradoxe où la solution possible est un risque environnemental.

**Tableau XXIII.** Matrice des impacts

Type d'impact	Note sur 5
<b>Bruit</b>	3
<b>Effluent d'eau</b>	4
<b>Impureté de l'eau produite</b>	4
<b>Micro-élément</b>	3
<b>Matières toxiques</b>	3
<b>Pollution atmosphérique</b>	3
<b>Risques industriels</b>	2

L'impact sur l'environnement de l'activité dessalement est assez important puisque l'évaluation représente un taux de l'ordre de 62% ce qui confirme la nocivité de cette station en matière d'environnement.

Il y a donc nécessité de traiter tous les effluents avant leur déversement dans le milieu naturel et veiller au respect des normes tant en composition physicochimique qu'en température.

## 6.5. LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES

Les impacts du changement climatique sont actuellement étudiés à partir de scénarios qui font valoir la nécessité de se préparer à l'occurrence des phénomènes extrêmes et d'anticiper leurs impacts en milieu urbain. Partant d'une hypothèse de réchauffement du climat, l'un de ces scénarios envisage par exemple dans les contextes urbains des phénomènes extrêmes récurrents tels que l'accroissement des îlots de chaleur urbains, les vagues de chaleur et l'accroissement de la pollution urbaine aux conséquences sanitaires néfastes. Les changements climatiques affectent la société humaine dans sa globalité, leurs impacts en milieu urbain, d'ordre sanitaire, environnemental et économique, sont inextricablement liés, complexes et se conjuguent souvent en ville pour générer des risques multiples et compromettre le confort urbain.

### 6.5.1. DIMINUTION DES PRECIPITATIONS

Toutes les études entreprises en Algérie en matière de diminution des précipitations confirment la tendance à la baisse. Le tableau ci-dessous donne un aperçu sur la régression des précipitations par saison.

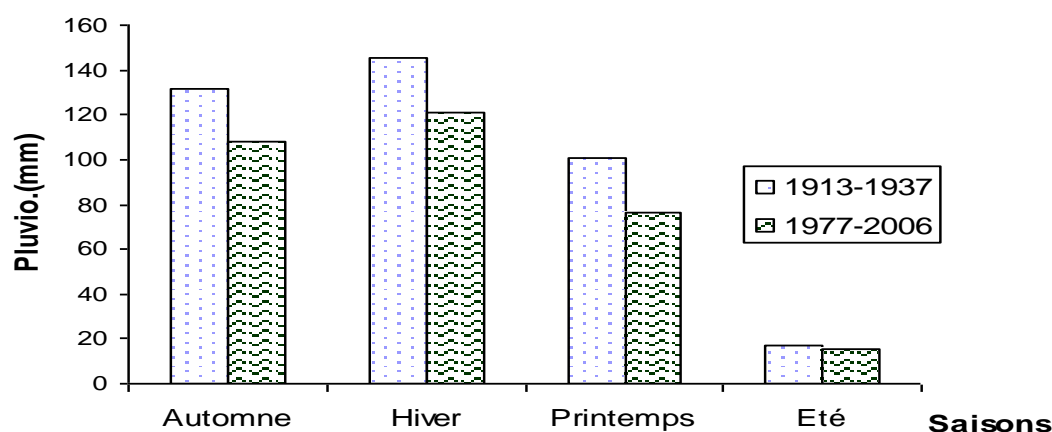
Le climat de l'Algérie est très variable. L'Algérie nord- occidentale, dont le climat varie du saharien au sud à subhumide au nord, a connu également durant son histoire de nombreuses sécheresses d'ampleur variable. Certaines ont eu des répercussions parfois dramatiques sur les conditions de vie de la population, mais les plus sévères et les plus persistantes sont celles des dernières décennies qui se sont caractérisées par un déficit pluviométrique de l'ordre de 12% pour la région Centre, 13% pour la région Est et 20% pour la région Ouest ( MEDEJERAB, et al., 2011). Ces valeurs montrent que l'ouest algérien est la région la plus touchée (Tableau

xxiii). Cette sécheresse a eu un impact négatif sur le régime d'écoulement des oueds, sur l'alimentation de la nappe phréatique et sur le niveau de remplissage des barrages (MATE Ministère de l'Aménagement du Territoire, de l'Environnement et du Tourisme, 2001)

**Tableau XXIV.** Diminution des précipitations en Oranie entre 1931 et 2010 (Benabdeli & Charif, 2018)

Périodes	Mois												
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
<b>2000-2015</b>	0,40	00	15,50	14,20	29,30	0,10	00	0,40	32,40	71,0	70,8	16,6	294
<b>1931/1960</b>	64.00	47.00	37.00	43.00	29.00	9.00	1.0	6.00	15.00	42.0	38.0	62.0	393
<b>1985/1999</b>	44.8	42.48	42.85	35.72	21.70	9.80	7.2	6.05	21.65	17.15	34.84	26.3	310

La diminution des précipitations amorcée vers la fin des années 1970 (Figure 33) se traduit localement par des décrochements des séries chronologiques d'indices pluviométriques. L'analyse de l'évolution spatiale de ce phénomène (Tableau xxiii), mise en évidence par la variabilité de l'isohyète 400 mm et l'analyse cartographique de l'indice pluviométrique centré-réduit de sept décennies, montre un déplacement des courbes observées vers le Nord. Elle nous a permis également de localiser les nombreuses régions dans le Nord où les indices pluviométriques atteignent -1,00 et voire même dépasser parfois - 2,00. (Medejerab, et al., 2011)



**Figure 33:** Diminution des précipitations par saison (MATE,2001).

(Assaba, et al., 2013)) Notent : « Nous avons admis que la pluie pourrait éventuellement baisser de 15%. Pour tous les bassins nous avons donc reconstitué les apports mensuels en

diminuant les pluies. On enregistrerait donc une très importante baisse des écoulements, de l'ordre de 44%, pour les zones les plus sèches à 28% pour les plus humides ».

La variabilité dès l'isohyètes 300 et 400 mm est considérée en zone aride ou semi-aride comme la limite approximative de la culture sèche ; l'impact des changements climatiques se traduisent par une diminution de cette tranche d'au moins 50 à 70 mm est certain. Les précipitations moyennes de la période (1965 à 2010) selon certains auteurs (Benabdeli, 2015), Meterfi (2010), (Kara, 2008), (PNUD-FEM, 1998), (Rousset, et al., 2006) (Tabet-Aoul, 2008) le déficit pluviométrique se confirme et est induit par les changements climatiques. Certes ces constations pluviométriques sont peu représentatives mais ont un impact sur les cultures, les rendements et sur la sécurité alimentaire.

#### 6.5.2. OBSERVATIONS SYNTHETISEES

Il est bien connu que les précipitations sont très variables en zone aride ; cette variabilité se manifeste à la fois dans le temps et dans l'espace ; elle est inversement liée aux hauteurs moyennes, autrement dit, elle croît avec l'aridité. Toutefois, le degré de variabilité ne dépend pas seulement des précipitations moyennes annuelles, mais aussi du type de climat considéré, c'est-à-dire du régime saisonnier des précipitations et des températures et aussi des conditions géographiques générales et locales. Comme les productivités primaire et secondaire dépendent avant tout (mais pas seulement) des précipitations en zone aride, il était intéressant d'examiner les relations entre ces différents paramètres et leur variabilité, afin de déterminer si, par exemple, la variabilité de la production est atténuée ou, au contraire, accentuée par rapport à celle de la pluviosité.

Des zones soumises à des moyennes pluviométriques identiques sont d'autant plus arides que la variabilité est élevée et la fiabilité plus faible, toutes choses étant égales par ailleurs. Une variabilité élevée est donc un facteur supplémentaire et aggravant de l'aridité induite par de faibles moyennes et par une répartition saisonnière défavorable. Il en résulte que, sous des moyennes et des régimes saisonniers identiques, une forte variabilité induit une adaptation plus spécialisée de la végétation à la xéricité en termes de xéromorphie, de phénologie, d'écophysiologie des espèces, en termes de structure et de composition floristique des groupements, ainsi qu'en termes de biomasse et de productivité primaire.

La végétation naturelle est affectée par la variabilité pluviométrique dans sa composition floristique et dans sa structure, dans "adaptation morphologique et écophysologique des espèces qui la composent. Il en est évidemment de même des cultures, s'agissant du choix des espèces et des cultivars en fonction de la variabilité probable du régime pluviométrique. Les plantes à cycle court permettent de mieux faire face à cette variabilité. S'agissant des cultures, la variabilité peut être atténuée par un choix adéquat des sols et par des techniques culturales appropriées. ( (Le Houérou, 1992); (Mahel, 1979))

#### ▪ **Etat des connaissances au Maghreb**

L'évolution récente du climat au Maghreb montre que le réchauffement est réellement présent puisqu'au niveau mondial la hausse de température au 20<sup>ème</sup> siècle a été de 0.74°C, celle sur le Maghreb s'est située entre 1.5 et 1.7°C selon les régions ( (Born, et al., 2008)et (Agoumi, 2003)), soit plus du double que la hausse moyenne planétaire. Quant à la baisse des précipitations, elle varie entre 10 et 20%. Les pays du Maghreb vont subir, plus que d'autres, les effets du changement climatique qui constitue, désormais, une préoccupation majeure pour la région (Tabet-Aoul, 2008)

#### ▪ **En Algérie**

Toutes les analyses statistiques selon les différents scénarii confirment que le climat a varié au cours du 20<sup>ème</sup> siècle soutenu par les ruptures des séries pluviométriques. Les scénarii climatiques pour le siècle actuel indiquent un risque de réduction des pluies pouvant atteindre 20% (Elmeddahi, 2016) .En dépit des incertitudes qui subsistent quel que soit le modèle retenu, toutes les projections ont une certitude, les secteurs stratégiques que sont l'agriculture et les ressources en eau seront impactés; (Giorgi, et al., 2008).

Selon (Elmeddahi, 2016), depuis 1970, les températures moyennes minimales et maximales sont en hausse sur l'ensemble du pays, et cette tendance se poursuit. Au cours des deux dernières décennies, les températures maximales augmentent plus rapidement que les températures minimales, et l'élévation de la température atteint 2°C environ. Un réchauffement de l'ordre de 0.8 à 1.1°C est estimé pour l'année 2020 en automne accompagné d'une fluctuation de la pluviométrie avec une tendance à la baisse, de l'ordre de 5 à 8 % sur le court terme. Par contre sur le long terme, une diminution de la pluviométrie a été envisagée qui varie entre 10 à 15% d'ici 2050. En hiver, l'augmentation de la température est de l'ordre de 0.6 à

0.8°C d'ici 2020 et 0.9 à 1.6 ° C pour 2050, par contre les précipitations diminuent de 10 % à 20 % de 2020 à 2050. Presque les mêmes tendances ont été observées au printemps. En été, le réchauffement est estimé de 0.8 à 1 °C pour 2020, et de 1.3 à 2.1 °C en 2050 avec une fluctuation de précipitation de l'ordre de 8 à 13 % en 2020 et 15 à 22 % pour 2050.

Les travaux de (Giorgi, et al., 2008) constituent une synthèse des résultats majeurs des simulations climatiques appliquées sur la région méditerranéenne. Plusieurs conclusions peuvent être déduites pour l'Algérie fournissent quelques indications utiles pour les projections de précipitations .

A l'horizon : 2011-2040 et 2041-2070, des réductions de précipitations s'échelonnent entre 0 % à 30% et de 1% à 40 % pour les scénarios B1 et A1B respectivement. Ces projections prévoient, pour l'Algérie, une baisse de l'ordre de 25 % à 40 % d'ici la période 2071-2100 pour le scénario A2. Cette baisse est bien marquée à la région Ouest de l'Algérie

Au cours des dernières années, de nombreuses études ont montré une tendance à la baisse des précipitations dans la plupart du Nord-Ouest de l'Afrique (Meddi, et al., 2003); (Meddi, et al., 2007) ; (Goubanova, et al., 2007). L'Algérie, en particulier, a connu une diminution de la moyenne annuelle des précipitations qui a commencé autour de la deuxième moitié des années 1970 (Elmeddahi, et al., 2014)La diminution des précipitations se poursuivra au cours du prochain siècle (Goubanova, et al., 2007); (Giorgi, et al., 2008)et (Tramblay , et al., 2012).

### 6.5.3. IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX ET SANITAIRES

#### ▪ **Impacts environnementaux**

Seule une exploitation de travaux dans l'analyse du réchauffement climatique permet d'apprécier leur impact sur la santé et l'environnement ; une expérimentation prendrait beaucoup de temps. Les travaux consultés se récapitulent à (Berezowska-Azzag, 2016) ; (Fernini-Haffif, 2016) (Yahiaoui, 2015).

Les impacts sanitaires Il a été prouvé que le changement climatique influe essentiellement sur les populations pauvres des villes, sur les résidents des zones d'habitat informel et les autres groupes sociaux vulnérables, telles que les femmes, les enfants, les personnes âgées et les handicapés. Parmi les impacts vécus au quotidien, figurent surtout ceux sur la santé humaine, la qualité de vie en ville, la qualité de l'air et de l'eau, les moyens de subsistance et



particulièrement la nourriture, ainsi que les biens matériels. Ces derniers sont générés par la fréquence des phénomènes météorologiques extrêmes, tels que les élévations de température, les submersions marines, les précipitations accrues causant des inondations et autres. (FERNINI- HAFFIF, et al., 2015) La pollution atmosphérique, conséquence des émissions de CO<sub>2</sub> Les activités humaines, tels que le bâtiment, le transport ou l'industrie, ont des effets sur l'écosystème urbain à bien des égards. Elles affectent la qualité de l'air, la quantité et la qualité de l'eau et le sol. Une aggravation des pollutions atmosphériques locales est causée par certains polluants comme l'ozone, créés par l'action de la chaleur et de la lumière du soleil sur certains gaz d'échappement. De ce fait les émissions dues au trafic automobile entre autres sont coupables de la détérioration de la qualité de l'air et l'apparition de maladies diverses consécutives à cette pollution. Les émissions de gaz à effet de serre (GES) se sont considérablement accélérées depuis 1900, conséquemment aux activités humaines, particulièrement depuis les cinquante dernières années. Ce constat, confirmé par le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), se base entre autres sur les mesures de concentrations de gaz à effet de serre (dioxyde de carbone, méthane et oxyde nitreux) qui ont augmenté de 40% depuis l'ère préindustrielle.

L'élévation de température est l'un des signes les plus manifestes liés au changement climatique. En référence aux prévisions du GIEC )IPCC(2008, la durée, l'intensité et la fréquence des vagues de chaleur augmenteront très probablement au niveau de beaucoup de pays. Les chercheurs s'accordent sur le fait que les extrêmes climatiques annoncés aujourd'hui relèveront de conditions climatiques moyennes dans le futur (IPCC, et al., 2012) Les extrêmes thermiques matérialisés par des vagues de chaleur et canicules causant souvent des maladies et des mortalités, représentent donc l'un des nouveaux risques consécutifs aux changements climatiques au sein de l'écosystème urbain. Alger par exemple n'en demeure pas moins concernée par l'inconfort thermique, puisque la ville enregistre une tendance prononcée vers la hausse des températures extrêmes. En effet, il a été constaté que durant les 20 dernières années les moyennes de températures annuelles maximales y ont augmenté de 2°C, tandis que les extrêmes se sont réchauffés de 7°C depuis 1966, avec simultanément une nette baisse des précipitations (FERNINI- HAFFIF, et al., 2015). Ces situations, qui furent jadis occasionnelles, sont de plus en plus persistantes et se caractérisent par l'occurrence diurne et nocturne des valeurs thermiques anormales associées à des périodes sensiblement prolongées dans le temps. Le tableau (xxiv) présente une évaluation des impacts sur les domaines environnementaux.

*Tableau XXV. Evaluation des impacts sur les domaines environnementaux*

Domaines	Espace restreint	Espace d'influence	Milieu récepteur	Espace étendu	Total
Paysage	0	1	0	0	1
Site	1	0	0	1	2
Faune et flore	0	0	0	1	1
Voisinage immédiat	0	1	0	1	2
Atmosphère	1	0	0	0	1
Odeurs	1	0	0	0	1
Nuisances sonores	2	1	0	0	3
Déchets	1	1	0	0	2
Santé humaine	1	0	0	0	1
Hygiène	1	0	0	0	1
Total	8 / 50	4 / 50	0 / 50	3 / 50	15/200

## 6.6.IMPACTS SANITAIRES ET RISQUES PROFESSIONNELS

### 6.6.1. CLASSIFICATION DES MALADIES PROFESSIONNELLES

En Algérie, l'arrêté interministériel du 05 mai 1996, fixant la liste des maladies présumées d'origine professionnelle ainsi que ses annexes 1 et 2 liste dans son article 5 les maladies présumées d'origine professionnelle et les classe en trois (03) groupes :

- Groupe 1 : relatif aux manifestations morbides d'intoxications aiguës ou chroniques comprenant 56 tableaux de MP (en plus le 10 bis et le 10 ter du Chrome). Les listes des travaux sont indicatives.
- Groupe 2 : relatif aux infections microbiennes avec 16 tableaux de MP. Les listes des travaux sont limitatives.
- Groupe 3 : relatif aux maladies résultant d'ambiance et attitude de travail avec 13 tableaux de maladies professionnelles et c'est ce qui intéresse nos travaux.

La prise en charge de ce volet nécessite le recours à des données précises issues de la médecine du travail relatives aux trois secteurs étudiés : le textile, le dessalement et les changements climatiques. En absence de données au niveau des secteurs sanitaires et devant le refus de communiquer ces statistiques l'approche développée sera essentiellement axée sur l'étude des dangers au niveau des trois activités.

## 6.6.2. IMPORTANCE DE L'ETUDE DE DANGERS

L'étude de danger nécessite la prise en compte de la connaissance du risque qui doit passer obligatoirement par une étude de danger, imposée aux installations et ce en conformité de la loi n° 03-10 du 19 juillet 2003 relative à la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable et les textes subséquents ; notamment l'instruction ministérielle dite "R1" du 22-09-2003 relative à la maîtrise et la gestion des risques industriels impliquant des substances dangereuses. L'étude de danger (Figure 34) définit les expositions aux risques que peut présenter l'installation en cas d'accident, elle définit les mesures d'ordre technique propres à réduire la probabilité et les effets des accidents majeurs et propose les mesures d'organisation et de gestion pertinentes pour la prévention de ces accidents et la réduction de leurs effets (Benabdeli, et al., 2008).

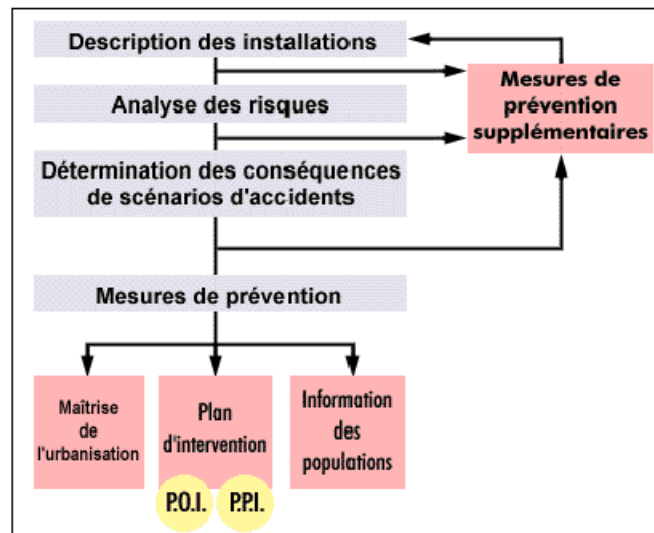


Figure 34: démarche générale de l'étude de dangers (Benabdeli, et al., 2008)

### ▪ Importance du risque et son impact sur les personnes

Le « risque industriel » est considéré comme la probabilité qu'un événement accidentel se produise sur un site industriel et entraîne des conséquences immédiates graves pour le personnel, la population avoisinante, les biens et l'environnement. Donc, le risque c'est le produit d'un aléa et d'une vulnérabilité, ou la confrontation d'un aléa avec des enjeux. L'aléa est un concept qui désigne la probabilité d'occurrence d'un phénomène, et son intensité, ainsi que la durée considérée. L'enjeu : est l'ensemble des personnes et des biens susceptibles d'être affectés par un phénomène naturel ou technologique. La notion de vulnérabilité s'est

progressivement enrichie. La vulnérabilité classique, au sens plus large, exprime le niveau de dommage prévisible d'un phénomène sur les enjeux. Mais depuis une dizaine d'années, la vulnérabilité est aussi « celle qui considère la vulnérabilité des sociétés à travers leur capacité de réponses à des crises potentielles (Dauphine, 2001).

#### ▪ **Les effets dangereux**

Selon la (Fondation CGEM, 2008)), un phénomène dangereux peut engendrer plusieurs types d'effets :

- Les effets thermiques qui sont engendrés par la combustion d'un produit inflammable ou par une explosion. L'exposition à un flux thermique lié à un incendie ou à une explosion peut provoquer des brûlures à des degrés variables, en fonction de la distance à laquelle on se trouve.
- Les effets toxiques résultent de la fuite d'une substance chimique plus ou moins toxique. Suite à une fuite de gaz toxique, l'inhalation d'une telle substance peut provoquer l'intoxication des individus exposés. C'est par les poumons que les produits pénètrent dans le corps. La peau et les yeux peuvent aussi être atteints. Selon que l'on est gravement touché ou pas, les symptômes peuvent varier d'une simple irritation de la peau ou d'une sensation de picotement de la gorge à des atteintes graves, comme des asphyxies ou des œdèmes pulmonaires.
- Les effets de surpression résultant d'une onde de choc (déflagration ou détonation) provoquée par une explosion. Ces effets peuvent déstabiliser les structures matérielles (projections, effondrement des bâtiments) et causer des lésions chez l'homme (lésions internes au niveau des tympans et des poumons, traumatismes).
- Les effets indirects qui peuvent se manifester sous la forme : - D'un dégagement de fumées toxiques lors d'un incendie ou d'une explosion ;

Les dangers et risques pour la sécurité et la santé des travailleurs devraient être identifiés et appréciés de façon continue. Des mesures préventives et de protection devraient être prises dans l'ordre de priorité suivant :

- a) éliminer les dangers et risques ;
- b) maîtriser les dangers et risques à la source par des mesures d'ordre technique ou organisationnel ;
- c) réduire au minimum les dangers et risques par l'élaboration de systèmes propres à garantir la sécurité au travail, y compris au moyen de contrôles administratifs ;
- d) lorsque des dangers et risques résiduels ne peuvent pas être maîtrisés au moyen de mesures collectives, l'employeur devrait fournir des équipements de protection individuelle appropriés, y compris les vêtements, à titre gratuit, et devrait mettre en place des mesures pour garantir leur utilisation et leur entretien.

Des procédures ou mesures de prévention et de maîtrise des dangers devraient être établies et devraient :

- a) être adaptées aux dangers et risques présents dans l'organisation ;
- b) être revues et modifiées régulièrement si nécessaire ;
- c) satisfaire aux conditions prévues par la législation et la réglementation nationales et aux bonnes pratiques ;
- d) tenir compte de l'état actuel des connaissances, y compris des informations ou rapports provenant d'organisations telles que les services d'inspection du travail, les services de sécurité et de santé au travail, et autres services le cas échéant.

#### ▪ **Danger au niveau de l'unité textile**

Cette activité est concernée par :

- Le volet le plus dangereux est l'activité teinture qui utilise des résines, des solvants, des pigments, des charges et des additifs. La toxicité spécifique de ces produits est surtout liée à la présence de fortes quantités de solvants organiques, responsables essentiellement d'une neurotoxicité centrale et périphérique, de dermatoses et de toxicité hépatorenale. En outre, en raison de leur inflammabilité et de leur explosivité, des mesures de prévention et de protection s'imposent lors de leur manipulation. Enfin, leur écotoxicité implique un traitement spécifique des résidus et déchets.
- L'incendie et /ou l'explosion et les risques toxiques peuvent se produire dans cette unité du fait intrinsèque ou extrinsèque des activités propres de l'unité, et l'utilisation des produits chimiques pour la fabrication de la peinture (pigments, résines, colles, solvants et encres etc..) dont le classement suivant leur réaction au feu se trouve être dans la classe dite " facilement inflammable M4, et/ ou très facilement inflammable M5" dont le PE < 21 et/ou 21 < 55.
- Les principaux risques identifiés dans l'entreprise sont :
  - Incendie.
  - Explosion.
  - Vapeurs Toxiques.
  - Corrosion.
  - Brûlures de la peau.
  - Irritation de la gorge et des voies respiratoires.
  - Présence de produits chimiques (Solvants et Résines).
  - Fuite de gaz.

#### ▪ **Identification des risques et évaluation**

L'analyse des risques commence par une analyse qui se résume par une traduction des données sur les risques en informations pertinentes. Elle est suivie d'une évaluation de l'impact, de sa probabilité, de sa durée, de sa classification afin de donner des priorités. L'évaluation la

plus précise du risque est, selon Benabdeli (2012 et 2015), le facteur déterminant avant toute prise de décision souvent intuitive dans les entreprises et gagnerait à être formalisée dans le cadre d'une stratégie. Deux éléments incontournables servent à l'évaluation du risque : la fréquence d'occurrence et la gravité dont l'échelle de gravité doit préférablement se déterminer par secteur d'activité ou tout au moins par l'entreprise elle-même. Les différents stades de l'analyse du risque sont la définition de :

- La cause ;
- Le risque ;
- L'impact et des conséquences.

Un risque n'existe qu'en présence d'une situation dangereuse ou d'une exposition de la personne à l'agent. Il y a situation dangereuse si la personne peut subir un dommage soudain, direct (contact) ou indirect (incendie ou explosion, ...), du fait de la survenue d'un événement dangereux d'origine technique (rupture de canalisation, court-circuit, dérive d'une régulation, ...) ou humaine (erreur de produit lors d'un chargement, ...). Il y a exposition si la personne est en contact avec l'agent chimique par voie respiratoire, cutanée ou digestive, de façon plus ou moins continue. Elle est souvent ressentie comme normale dans la situation de travail.

L'estimation du risque consiste à en préciser l'importance à partir des critères suivants :

- Niveau de danger de l'agent chimique,
- Probabilité de survenue du dommage et gravité de ce dommage,
- Durée et fréquence de l'exposition,
- Quantité et concentration de l'agent chimique,

Ainsi il est possible de repérer tous les risques auxquels peuvent être exposés les salariés et les classer dans une matrice permettant leur évaluation en utilisant les divers outils que sont.

La démarche retenue s'articulera autour de trois phases distinctes et indispensables avec comme unique objectif l'évaluation de l'impact des trois activités sur les risques.

1. Dans un premier temps inventorier toutes les sources de risques
2. Corréler chaque risque identifié avec l'activité retenue
3. Evaluation l'impact de chaque risque

L'inventaire des risques et corrélation avec les activités soit la première et deuxième phase qui sont récapitulées dans la matrice suivante (Tableau xxv).

Tableau XXVI. Matrice d'inventaire et de présence du risque

Source de risques	Textile	Dessalement	Climat
Chute de plein pied	1	2	0
Chute de hauteur	1	1	0
Manutention manuelle	2	1	1
Engins et appareils de levage	1	1	1
Machines et équipements de travail	2	2	2
Circulation	1	2	3
Flux des véhicules	1	1	2
Chute d'objets	1	0	1
Bruit	2	2	0
Produits chimiques	3	4	1
Produits biologiques	0	1	3
Rayonnements ionisants	0	0	1
Produits cancérigènes	1	2	0
Incendie	3	2	4
Explosion	2	2	3
Electricité	2	2	3
Travail sur écran	1	1	2
Organisation du travail	2	2	3
Eclairage	2	2	2
Rayonnements non-ionisants	2	2	3
Température	3	3	4
Interventions extérieures	4	4	2
Agriculture	0	0	4
Ecosystèmes naturels	2	3	4
Plans d'eau	3	3	3
Ressources hydriques	3	3	3
Elevage	0	0	3

Cette matrice confirme la présence de divers risques avec leur impact tant sur l'environnement que sur l'homme représenté par les travailleurs et également la contamination de la chaîne alimentaire.

Dans le but de finaliser ces impacts, le recours à une dernière matrice s'impose ; elle évalue à travers une échelle d'appréciation à 5 niveaux de 0 à 5 les impacts sur l'homme et l'environnement ainsi que la chaîne alimentaire.

Cette matrice est une synthèse de ce chapitre puisqu'elle récapitule l'ensemble des données collectées et des analyses effectuées et a pris en charge :

- L'audit environnemental
- L'étude de dangers
- Les processus des activités
- Les informations recueillies sur les secteurs retenus

### 6.6.3. EVALUATION GLOBALE DES RISQUES

Les activités présentent un danger évalué sur une échelle d'appréciation de 0 à 5 dans le Tableau (xxvi).

Tableau XXVII . Evaluation Globale Des Risques

Identification des dangers	Impact sur les			
	Per- sonnes	Biens	Environne- ment	Chaîne alimen- taire
<b>Pollution</b>	5	5	5	5
<b>Incendie</b>	4	4	3	2
<b>Explosion</b>	3	2	1	0
<b>Bruit constant</b>	2	0	1	0
<b>Fuite produits</b>	2	1	2	1
<b>Confinement</b>	1	1	2	0
<b>Manipulation</b>	4	2	2	1
<b>Effluents</b>	1	0	3	3
<b>Malveillance</b>	2	2	1	1
<b>Ergonomie</b>	3	0	0	0
<b>Eclairage</b>	3	0	1	0
<b>Fatigue</b>	3	2	0	0
<b>Organisation</b>	3	2	1	0
<b>Chaleur</b>	3	2	3	1

### 6.7.RECOMMANDATIONS D'ATTENUATION DES IMPACTS

L'ensemble des deux structures et des changements climatiques présentent des risques pouvant être scindés en trois groupes :

- Risques environnementaux
- Risque professionnels
- Risques naturels



L'évaluation de ces risques doit permettre de répondre aux conditions préconisées par les normes en vigueur en matière de sécurité ; ceci pour la préservation et la sauvegarde des personnes, des biens et de l'environnement.

#### 6.7.1. REGLES GENERALES

Les recommandations en matière de gestion des risques environnementaux et professionnels s'articulent autour de trois points :

- **La prévention** : La première règle est la prévention, qui reste l'élément déterminant dans la gestion des risques à travers une étude précise sur les dangers par type de segment de chaque activité induite par le processus de production. C'est l'ensemble des mesures de sécurité à adopter pour éviter autant que possible la naissance d'un incendie dans les bâtiments à risque particulier et s'opposer à sa propagation et aux effets directs ou indirects sur les personnes et les biens. La prévention des principaux risques que sont l'explosion et les incendies exigent une aération et la présence d'orifices d'évacuation d'air. Une ventilation forcée dilue les gaz inflammables dans l'air. Les charges d'électricité statique qui se forment dans le sol ou dans les machines sont éliminées par une mise à la terre. Les poussières inflammables doivent être neutralisées par une récupération. L'installation d'explosimètre permet de surveiller la concentration des gaz inflammables et donnent l'alerte dès que celle-ci atteint un seuil limite.
- **Le retour d'expérience** : L'analyse des statistiques du service chargé de la sécurité et l'environnement permet de cibler les risques les plus fréquents et de les localiser dans le temps et dans l'espace à travers une cartographie des risques prévisibles. Cette analyse a pour objectif de cibler les principales causes source de risque afin d'établir un Plan de Gestion des Risques.
- **Les causes humaines** : Il est donc nécessaire d'exercer une surveillance continue dans tous les locaux où existe une probabilité de sinistre. Pendant les périodes de travail, le personnel assure lui-même cette surveillance et, à défaut de pouvoir lutter, donne l'alarme rapidement. Par contre dans les locaux inoccupés ou faiblement occupés, le risque augmente : plus de 50 % des feux commencent la nuit. Dans les locaux et zones exposés au risque d'incendie ou explosion, il faut éviter toute présence de sources d'ignition actives, ou prendre les mesures de protection éliminant tout risque d'ignition (atelier, chaufferie, stockage, laboratoire).

- **L'Étude de danger** : exigée par la réglementation reste un document de référence à consulter et mettre en pratique avec éventuellement des mises à jour en cas de détection de nouvelles sources de dangers.

## CONCLUSION GÉNÉRALE

Ces travaux ont permis de mieux comprendre L'influence de l'activité humaine sur l'environnement,

L'Algérie figure parmi les pays très vulnérables aux effets des changements climatiques. Certains des impacts les plus importants et les plus susceptible de se faire sentir seront liés aux ressources hydriques, les variations graduelles des températures moyennes des précipitations et des nouveaux marins ont également une incidence sur la durabilité des collectivités et des écosystèmes, les impacts les plus graves et les plus coûteux seront attribuables à l'augmentation projetée sur la fréquence et l'ampleur des phénomènes climatiques extrêmes.

La réutilisation des eaux usées épurées peut se traduire par de nombreux avantages mais elle s'avère particulièrement utile et rentable en Algérie en tant que contribution majeure à la préservation de l'eau et des éléments nutritifs. Les options les plus appropriées pour la réutilisation des eaux usées concernent le secteur agricole mais la pratique peut poser une variété de risques pour la santé humaine et l'environnement. Evaluer et atténuer ces risques exige la mise en œuvre de certaines mesures en commençant par l'optimisation des systèmes conventionnels de traitement des effluents en vue de les rendre plus appropriés à l'irrigation tout en respectant les exigences en matière de santé et d'environnement.

La stratégie du dessalement de l'eau de mer s'impose en tant que solution efficace et stratégique pour combattre le stress hydrique mais il apparaît important de mettre en évidence des choix en matière de dessalement constitue une menace potentielle pour l'environnement et

pourrait également aggraver le changement climatique. Ces technologies demeurent de grosses consommatrices d'énergie et peuvent conduire à la dégradation de l'environnement et avoir un impact significatif sur les écosystèmes aquatiques. Les usines de dessalement doivent être construites seulement lorsqu'elles sont avérées être la solution la plus efficace et la moins préjudiciable pour compléter l'approvisionnement en eau douce, à la suite d'un processus d'évaluation approfondi et transparent de toutes les solutions de recharge et leurs impacts environnementaux, économiques et sociaux. Les concepteurs et les chercheurs de dessalement cherchent continuellement des moyens de réduire davantage la consommation d'énergie. Il y a un intérêt croissant pour la réduction ou l'élimination des émissions de gaz à effet de serre en alimentant le dessalement avec des énergies renouvelables, directement ou indirectement. Cela peut apaiser certaines inquiétudes sur les besoins énergétiques massifs de ces systèmes. Mais il doit être envisagé dans un contexte plus vaste et nécessite des études approfondies, écologiquement et économiquement.

Les effluents textiles contenant des colorants réactifs sont souvent très complexes et nécessitent des traitements intensifs. L'élimination de ces colorants est un défi environnemental majeur et il existe une exigence permanente de développer une technologie de traitement efficace avec des coûts abordables. Les résultats obtenus confirment l'efficacité du procédé combiné (Adsorption sur Bentonite (B) suivie d'électroflottation (EF)). Les eaux usées traitées peuvent être utilisées à des fins de recyclage ou de réutilisation.

Les risques environnementaux pris en compte dans cette recherche pourraient être réduits de façon significative par des interventions dont le ratio coût-efficacité a été prouvé. Les relations entre santé et environnement constituent un enjeu de plus en plus important dans les politiques internationales et nationales. La multitude d'éléments qui interviennent dans la connaissance du milieu implique une approche intégrée et multidisciplinaire. La recherche et la politique doivent viser à comprendre les interactions de la santé humaine et de l'environnement naturel, du niveau le plus personnel - c'est-à-dire la façon dont les individus interagissent avec le monde qui les entoure et à l'échelle mondiale. *« Cela revêt une importance critique pour ce qui est de promouvoir un développement durable, d'améliorer la capacité des individus de s'attaquer aux problèmes d'environnement et assurer une participation effective du public aux prises de décisions »*. Ainsi le principe 10 de la Déclaration de Rio sur l'environnement et le développement stipule que *« La meilleure façon de traiter les questions d'environnement est d'assurer la participation de tous les citoyens concernés, au niveau qui convient »*.

# REFERENCES

**Abollino O [et al.]** Adsorption Heavy Metals on Na-Montmorillonite [Rapport] = Effect of pH and organic substances : Water Research. - 2003. - pp. 1619-1627.

**Abrahams J [et al.]** Atlas de la santé et du climat [Rapport] / OMS-OMM. - Geneva : World Health Organization & World Meteorological Organization, 2012. - p. 64.

**Abu Qdais Hani, A** Environmental Impacts of desalination plants on the Arabian Gulf San Diego proceeding [Revue]. - 1999. - Vol. 3. - pp. 249-262.

**Adam-Poupart A et France LABRÈCHE Audrey SMARGIASSI, Patrice DUGUAY** Impacts des changements climatiques sur la santé et la sécurité des travailleurs [Revue]. - Montréal (Québec) : IRSST - Direction des communications et de la valorisation de la recherche, 2012. - RAPPORT R-733. - p. 45. - ISBN : 978-2-89631-600-7 .

**Agence Française de Sécurité Sanitaire de l'Environnement et du Travail** Cancers et environnement [Revue]. - 2009.

**Agoumi A** Vulnérabilité des pays du Maghreb face aux changements climatiques. Besoin réel et urgent d'une stratégie d'adaptation et de moyens pour sa mise en œuvre. [Livre]. - Maroc : Institut international du développement durable, 2003. - p. 14 p.

**Ahuja S** Details about New Water Reclamation and Sustainability [Revue] = 1st Ed. - [s.l.] : Elsevier, 2014. - p. 496.

**Aiama D [et al.]** Biodiversity risks and opportunities in the apparel sector [Revue] // Gland. - 2016.

**AIT-MEKIDECHE Manel** Newsletter n°13 [Rapport]. - [s.l.] : Groupe Sonelgaz, 2011.

**Ajmal M et Khan AU** Effects of a textile factory effluent on soil and crop plants [Revue]. - 1985. - 2 : Vol. 37. - pp. 131-148.

**Akar ST et Uysal R** Untreated clay with high adsorption capacity for effective removal of C.I. Acid Red 88 from aqueous solutions: Batch and dynamic flow mode studies [Revue] // Chemical Engineering Journal. - 2010. - 162 : Vol. 2. - pp. 591-598.

**Alinsafi A [et al.]** Electrocoagulation of reactive textile dyes and textile wastewater [Revue] // Chemical Engineering and Processing: Process Intensification. - 2005. - 44 : Vol. 4. - pp. 461-470.

**AMITOUCHE Mourad** IMPACTS DES REJETS DES STATIONS DE DESSALEMENT SUR LE MILIEU RECEPTEUR [Livre] / éd. Hydraulique Thèse présentée en vue de l'obtention Du diplôme de Doctorat en sciences en. - [s.l.] : Université Mohamed Khider – Biskra , 2016.

**Andersson K [et al.]** Sanitation, Wastewater Management and Sustainability: From Waste Disposal to Resource Recovery [Rapport] : Programme des Nations Unies pour l'environnement / /Stockholm Environment Institute (UNEP/SEI). - Nairobi/Stockholm : [s.n.], 2016.

**Andrew K. Githeko Steve W. Lindsay, Ulisses E. Confalonieri et Jonathan A. Patz** Changement climatique et maladies à transmission vectorielle : une analyse régionale [Revue] // Bulletin of the World Health Organization ,Thème spécial – Environnement et santé. - 2000. - 9 : Vol. 78. - pp. 1136-1147.

**Antipolis Sophia** Changement climatique et énergie en Méditerranée [Rapport]. - [s.l.] : Plan Bleu Centre d'Activités Régionales PNUE, 2008.

**Argyrou M** Impact of Desalination Plant on marine macrobenthos in the coastal waters of Dehkelia bay [Rapport]. - Cyprus : Internal Report., 2000.

**Asano T** Water from wastewater: the dependable water resource [Revue] // Water Science and Technology, - 2002. - 45 : Vol. 8. - pp. 24–33.

**Assaba M, Laborde J.P et Rezak S** Les effets d'une baisse de la pluviométrie sur les volumes régularisables des barrages d'Algérie. [Conférence] // Revue scientifique et technique, LJEE N°21 et 22. Spécial colloque CIREDD 2013. - 2013. - pp. 10-19.

**Atimtay [et al.]** Security of Industrial Water Supply and Management [Revue]. - Netherlands : Springer , 2011. - p. 275.

**Badania Z [et al.]** Treatment of Textile Wastewater by Membrane Bioreactor and Reuse [Revue] // in Desalination. - 2005. - 185 : Vol. 1. - pp. 411-417.

**Balch O** How brands can improve apparel value chains [Rapport] : Apparel: research analysis. - 2016.

**BELAID A** LES RISQUES CLIMATIQUES ET LEURS IMPACTS SUR L'ENVIRONNEMENT [Livre]. - Oran : UNIVERSITE DES SCIENCES ET DE LA TECHNOLOGIE d'ORAN Mohamed Boudiaf, 2015. - Vol. these en Génie de l'environnement.

**BELHADJI H MOUMENI O** Etude des performances épuratoires d'une station d'épuration des eaux usées de l'industrie textile : cas de la STEP de Sebdou [Livre]. - Tlemcen : Master en Hydraulique , Technologies de Traitement Des Eaux, 2016. - p. 84.

**Belkin N [et al.]** The effect of coagulants and atiscalants discharged with seawater desalination brines on coastal microbial communities: A laboratory and in situ study from the southeastern Mediterranean [Revue] // water research. - 2017. - Vol. 110. - pp. 321-331.

**Benabdeli K et Charif** Impact économique des changements climatiques sur la céréaliculture en Algérie. [Conférence] // Precision Technologies Role in the Study of Climate Change Impact and its implications on the Economic and Natural Structure: The reality and suggested solutions. - Istanbul , Turkey : [s.n.], 2018.

**Benabdeli k et Harrache D** Quels indicateurs du développement durable en milieu industriel pour conforter la gestion du risque? [Revue] // Revue Vie et Sciences Economiques. - 2008. - 19 : Vol. 9. - pp. 179-180.

**Benabdeli k** Stratégie de préservation des formations de chêne liège en Algérie [Livre]. - [s.l.] : Editions Universitaires Européennes, 2015. - ISBN : 978-3-8416-1174-1.

**BENDELL J et KLEANTHOUS A** A Deeper Luxury [Revue] // WWF-UK. - 2013.

**Berezowska-Azzag Ewa** Climat et ville, le couple infernal [Revue] // Newsletter VUDD n°2,. - 2016. - pp. 9-11.

**BESSENASSE M et FILALI M.BELKACEM** IMPACT DU DESSALEMENT SUR L'ENVIRONNEMENT EN ALGERIE [Revue] // Agrobiologia . - 2014. - 6. - pp. 75-81.

**Bhattacharya AK, Mandal SN et Das SK** Adsorption of Zn(II) from Aqueous Solution by Us-ing Different Adsorbents [Revue] // Chemical Engineering Journal. - 2006. - 123 : Vol. 1-2. - pp. 43-51.

**Bitton Gabriel** [Livre] / éd. Edition Third. - [s.l.] : Copyright © 2005 John Wiley & Sons, Inc., 1994. - ISBN:9780471650713.

**Born K, Fink A et Paeth H** Dry and wet periods in the northwestern Maghreb for present day and future climate conditions [Revue] // Meterologische Zeitschrift. - 2008. - Vol. 17. - pp. 533– 551.

**BOUBOU-BOUZIANI N** le défi énergétique: l'autre aspect de la problématique de l'eau [Revue] // Larhyss Journal. - 2015. - Vol. 22. - pp. 109-122.

**Boudghene Stambouli A et Koinuma A** A Primary Study on a Long-Term Vision and Strategy for the Realisa-tion and the Development of the Sahara Solar Breeder Project in Algeria [Revue] // Renewable and Sustainable Energy Reviews. - 2012. - 1 : Vol. 16. - pp. 591 – 598.

**Bouyakoub A. Z.** Elimination des colorants réactifs dans les eaux résiduaires textiles par adsorption de la bentonite et le polyhydroxyalumunium. Application de la Flocculation/ Electroflottation » [Livre]. - Sidi Bel Abbes : Thèse de Doctorat en Environnement et Génie des Procédés . Université de Sidi Bel Abbés, 2009.

**Bouyakoub A.Z** eimination des colorants reactifs dans les eaux residuaires textiles par adsorption de la bentonite et polydroxy aluminium . application de la flocculation/electrofottation [Livre]. - Sidi Bel Abbes : [s.n.], 2009. - Vol. these de doctorat en Environnement et Génie des procedes.

**Bouyakoub AZ [et al.]** Combined treatment of a tex-tile effluent containing reactive dyes by coagulation-flocculation and electroflotation [Revue] // Revue des Sciences de l'Eau. - 2010. - 23 : Vol. 1. - pp. 89-103.

**Bouyakoub AZ [et al.]** MnCl<sub>2</sub> and MgCl<sub>2</sub> for the removal of reactive dye Levafix Brilliant Blue EBRA from synthetic textile wastewaters: An adsorption/aggregation mechanism [Revue] // Journal of Hazardous Materials. - 2011. - 187. - pp. 264-273.

**Bouyakoub AZ [et al.]** Treatment of reactive dye solutions by physicochemical combined process [Revue] // Desalination and Water Treatment. - 2009. - 12(1-3). - pp. 202—209.

**Boyé H** Eau, énergie, dessalement et changement climatique en Méditerranée [Rapport]. - Sophia Antipolis : Centre d'activités régionales, Environnement et Développement en Méditerranée,, 2008.

**Burek P [et al.]** Water Futures and Solution: Fast Track Initiative [Rapport] : Final Report Document de travail de l'IIASA., / International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA).- Laxenbourg,

Autriche : Document de travail de l'IIASA. Laxenbourg, Autriche, International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA). [pure.iiasa.ac.at/13008/](http://pure.iiasa.ac.at/13008/), 2016. - [pure.iiasa.ac.at/13008/](http://pure.iiasa.ac.at/13008/).

**(CAR/PP)** Prévention de la pollution dans l'industrie textile de la région méditerranéenne [Revue]. - [s.l.] : Centre d'Activités Régionales pour la Production Propre, 2002. - p. 248.

**Carson P et Mumford C** Hazardous Chemicals Handbook Book [Rapport]. - [s.l.] : Elsevier , 1994. - p. 378 pages .

**CDER** Programme des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique [Rapport]. - Alger : ministère de l'énergie et des mines, 2011.

**Chakraborty SS [et al.]** Treatment of a textile effluent : application of a combination method involving [Revue]. - 2005.

**Chasles Vi et Fervers B** Expositions environnementales et cancers : risques perçus, risques réels [Revue] // Espace populations sociétés. - 2011. - pp. 125-136.

**Chen G** Electrochemical technologies in wastewater treatment [Revue] // Separation and Purification Technology. - 2004. - 38. - pp. 11-14.

**CHEN G et X. CHEN P. L. YUE** Electrochemical behavior of stable Ti/IrOx–Sb2O5–SnO2 anodes for oxygen evolution [Revue] // J. Phys. Chem. - 2002. - 106 : Vol. 17. - pp. 4364–4369.

**Chen G, Chen XM et Yue PL** Electrochemical behavior of stable Ti/IrOx–Sb2O5–SnO2 anodes for oxygen evolution [Revue] // Journal of Physical Chemistry. - 2002. - B 106 : Vol. 17. - pp. 4364-4369.

**Chen X, Chen GH et Yue PL** Stable Ti/IrOx–Sb2O5–SnO2 anode for O2 evolution with low Ir content [Revue] // Journal of Physical Chemistry. - 2001. - B 105 : Vol. 20. - pp. 4623-4628.

**Chu J [et al.]** Wastewater reuse potential analysis: implications for China's water resources management [Revue] // Water Research. - 2004. - 38 : Vol. 11. - pp. 2746–2756.

**Cisneros BJ** Water Recycling and Reuse: An Overview [Revue] // Elsevier Water Reclamation and Sustainability. - 2014. - pp. 431-454.

**CLIMA-SOUTH, ENPI** Algeria Country Report Support to Climate Change Mitigation and Adaptation in the ENPI South Region [Rapport]. - [s.l.] : The European Union's Regional Programmes Neighbourhood South ENPI/2012/308-787, May 2013.

**COMMISSION DES COMMUNAUTÉS EUROPÉENNES** DOCUMENT DE TRAVAIL DES SERVICES DE LA COMMISSION accompagnant le LIVRE BLANC Adaptation au changement climatique: vers un cadre d'action européen Les effets du changement climatique sur la santé humaine, animale et végétale [Rapport]. - Bruxelles : [s.n.], 2009.

**COMMISSION DES COMMUNAUTÉS EUROPÉENNES** Les effets du changement climatique sur la santé humaine, animale et végétale [Section] // DOCUMENT DE TRAVAIL DES SERVICES DE LA COMMISSION accompagnant le LIVRE BLANC Adaptation au changement climatique: vers un cadre d'action européen. - Bruxelles : COMMISSION DES COMMUNAUTÉS EUROPÉENNES, 2009.

**Cooley, Heather et Heberger** Key Issues for Seawater Desalination in California Energy and Greenhouse Gas Emissions [Rapport]. - [s.l.] : Pacific Institute, May 2013.

**Cooper P** Color in dyehouse effluent, Society of Dyers and Colourists [Rapport]. - West York-shire England : [s.n.], 1995. - ISBN 0 901956694BDI 2JB.

**Cornejo Pablo K. et Al** Carbon footprint of water reuse and desalination: a review of greenhouse gas emissions and estimation tools [Revue] // Journal of Water Reuse and Desalination . - 2014. - 4 : Vol. 4. - p. 23.

**Costan G [et al.]** a novel index to assess and compare the toxic potential of industrial effluents [Revue] // Potential ecotoxic effect probe (PEEP). - 1993. - 8. - pp. 115-140.

**Dauphine A** Risques et catastrophes : observer, spécialiser, comprendre [Livre]. - Paris : [s.n.], 2001. - p. 287p.

**Direction des Énergies Nouvelles et Renouvelables** Guide des Energies Renouvelables [Rapport]. - Direction des Énergies Nouvelles et Renouvelables : Ministère de l'Énergie et des Mines, 2007.

**Djehaf k** Gestion des déchets solides et caractérisation des rejets liquides de l'unité textile Denitex Sebdou (Tlemcen ,Algérie) [Livre] / éd. l'environnement Mémoire de master en chimie de. - Sidi Bel Abbes : université Djilali Liabes de Sidi Bel Abbes, 2012.

**Drami D [et al.]** Seawater quality and microbial communities at a desalination plant marine outfall. A field study at the Israeli Mediterranean coast [Revue] // Water Research. - 2011. - Vol. 45. - pp. 5449-5462.

**Drechsel P [et al.]** L'irrigation avec des eaux usées et la santé. [Rapport] / Earthscan/Centre de recherches pour le développement international (CRDI ; Institut international de gestion des ressources en eau (IWMI).. - Londres Ottawa Colombo : [s.n.], 2010.

**Droogers P et Immerzeel W. W., Terink W. , Hoogevée** Middle-East and Northern Africa Water Outlook [Rapport]. - Wageningen : World Bank FutureWater Report: 98, April 2011.

**Ecotextiles** Estimating the carbon footprint of a fabric [Rapport] = Estimating the carbon foot-print of a fabric. - Oct 2014.

**El-Harouny M [et al.]** Chemical Quality of Tap Water versus Bottled Water: Evaluation of Some Heavy Metals and Elements Content of Drinking Water in Dakhliya Governorate [Revue] // The Internet Journal of Nutrition and Wellness. - Egypt : [s.n.], 2009. - 2 : Vol. 9.

**Ellen MacArthur Foundation** A new textiles economy: Redesigning fashion's future report [Revue]. - 2017.

**Elmeddahi Y [et al.]** Effect of climate change on water resources of the Algerian Middle Cheliff basin [Revue] // Desalination and Water Treatment. - 2014. - 9-12 : Vol. 52. - pp. 2073-2081.



**Elmeddahi Y** Les changements climatiques et leurs impacts sur les ressources en eau, cas du bassin du Cheliff. [Livre]. - [s.l.] : Thèse de doctorat en sciences, spécialité hydraulique, université H. Benbouali Chlef, ., 2016. - p. 195 p.

**Environmental Working Group** the pollution in newborns: a benchmark investigation of industrial chemicals, pollutants and pesticides in umbilical cord blood [Livre]. - 2005. - Executive Summary.

**Environnement Canada** Liste des substances d'intérêt prioritaire [Rapport] : Rapport d'évaluation pour les effluents des usines de textile. / Santé Canada. - 2001. - En40-215/59F ISBN : 0-662-85027-0.

**Environnement Canada, Santé Canada** Liste des substances d'intérêt prioritaire [Rapport] : Rapport d'évaluation pour les effluents des usines de textile. - 2001. - ISBN : 0-662-85027-0.

**Epolito W.J [et al.]** Characterization of the textile anthraquinone dye Reactive Blue 4, Dyes and Pigments [Revue]. - 2005. - Vol. 67. - pp. 35-46.

**Errais E [et al.]** Efficient anionic dye adsorption on natural untreated clay: Kinetic study and thermodynamic parameters [Revue] // Desalination. - 2011. - 275 : Vol. 1-3. - pp. 74-81.

**Errais E [et al.]** Efficient anionic dye adsorption on natural untreated clay: Kinetic study and thermodynamic parameters [Revue] // Desalination. - 2011. - 1-3 : Vol. 275. - pp. 74-81.

**FACI M et MATARI, A** Contribution à l'étude des canicules en Algérie (Cas d'Oran et de [Revue] // International Journal of Innovative Technical and Applied Sciences. - 2017. - 1 : Vol. 1. - pp. 001–012.

**Feachem RG [et al.]** Sanitation and disease: health aspects of excreta and wastewater management [Revue] // World Bank Studies in Water Supply and Sanitation 3. - Wiley, Chichester, UK : [s.n.], 1983.

**FERNINI- HAFFIF Assia et BEREZOWSKA – AZZAG, Ewa** La thermo-sensibilité urbaine à Alger, Vers quel processus d'adaptation au stress thermique urbain ? [Conférence] // Changements climatique, aménagement de l'espace et transition urbanistique. - Brest : [s.n.], 2015.

**Fernini-Haffif A** Changement climatique et ses effets sur la ville [Revue] // Newsletter VUDD n°2. - 2016. - pp. 4-8.

**Fondation CGEM** La sensibilisation aux risques [Livre]. - [s.l.] : (Confédération Générale des Entreprises du Maroc), 2008. - p. 35 p.

**French et Hilary F** Clearing the Air: A Global Agenda [Rapport] = Worldwatch Paper / Worldwatch Inst.. - Washington, DC : [s.n.], 1990. - p. 59p. - ISBN-0-916468-95-X..

**Freundlich Herbert** Über die Adsorption in Lösungen [Revue] // Zeitschrift für Physikalische Chemie. - 1907. - pp. 385-470.

**Fuad A, Qnais E et Abu-Dieyeh M** Human Activities and Ecosystem Health. [Rapport] / Environmental Management, ; Sustainable Development and Human Health,. - 2008. - pp. 341-359.

**FUMEY Marc** Méthode d'Evaluation des Risques Agrégés : application au choix des investissements de renouvellement d'installations [Livre] / éd. TOULOUSE L'INSTITUT NATIONAL POLYTECHNIQUE DE. - [s.l.] : Thèse de doctorat en SYSTEMES INDUSTRIELS, 2001. - p. 195 p.

- Galal-Gorchev H** Drinking-Water Quality and Health [Rapport] = unpublished. - Geneva : WHO, 1986.
- Gamito P [et al.]** The influence of waste water treatment on irrigation water quality [Revue] = Improved Crop Quality by Nutrient Management Developments in Plant and Soil Sciences. - 1999. - 86. - pp. 267–270.
- Genuis J** Health issues and the environment—an emerging paradigm for providers of obstetrical and gynaecological health care , Human Reproduction [Livre]. - 2006. - Vol. 21 : 9 : pp. 2201-2208.
- Giannakopoulos C., Le Sager P. et Bindi M.** Climatic changes and associated impacts in the Mediterranean resulting from a 2 °C global warming [Revue] // Glob Planet Change. - 2009. - 3 : Vol. 68. - pp. 209-224.
- GIEC ; le Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat** Rapport de synthèse – Changements climatiques 2014 [Livre] / éd. Contribution des Groupes de travail I II et III au cinquième Rapport d'évaluation. - Genève, Suisse : [s.n.], 2014. - l'Organisation Météorologique Mondiale (OMM) et le Programme pour l'Environnement des Nations Unies (PNUE). : p. 161. - ISBN 978-92-9169-243-9.
- Giorgi F et Lionello P** Climate change projections for the Mediterranean region [Revue] // Global Planet Change. - 2008. - 63. - pp. 90–104.
- Gogate MG, Farooqui UM et Joshi VS** Sewage water as potential for the tree growth: a study on teak (*Tectona grandis*) plantation [Revue] // Indian Forester. - 1995. - 121 : Vol. 6. - pp. 472–481.
- Goubanova K et Li L** Extremes in temperature and precipitation around the Mediterranean basin in an ensemble of future climate scenario simulations [Revue] // Global Planet Change . - 2007. - Vol. 57. - pp. 27–42.
- Greene A, Pavini J et Foy T** Raising Baby Green: The Earth-Friendly Guide to Pregnancy, Childbirth, and Baby Care [Livre] / éd. Bass Jossey et edition 1. - 2007. - p. 320 . - ISBN-10: 9780787996222.
- Gufran Khan M [et al.]** Impact of Textile Waste Water on Seed Germination and Some Physiological Parameters in Pea (*Pisum sativum* L), Lentil (*Lens esculentum* L) and Gram (*Cicer arietinum* L) [Revue] // Asian Journal of Plant Sciences. - 2011. - 10. - pp. 269-273.
- Haas CN et Rose JB** Distribution of *Cryptosporidium* oocysts in a water supply [Revue] // Water Research. - 1996. - 30. - pp. 2251-2254.
- HADJALI y** Impact des stations de dessalement de l'Eau de mer sur le littoral cas de la Station Plage EL Hilel (Ain-Témouchent) [Revue] / éd. environnement Mémoire de master en Ecologie et. - [s.l.] : université de Tlemcen, 2012. - p. 70.
- Hill C et Doyon F** La fréquence des cancers en France en 2005 [Revue] = évolution de la mortalité depuis 1950 et résumé du rapport sur les causes de cancer , // Bulletin du Cancer . - janvier 2008. - 1 : Vol. 95.
- Hosny AY** Separating oil from oil-water emulsions by electroflotation technique [Revue] // Separations Technology. - 1996. - 6 : Vol. 1. - pp. 9-17.

**Hubérac Jean-Pierre** Guide des méthodes de la qualité. Choisir et mettre en oeuvre une démarche qualité qui vous convienne dans l'industrie ou les services [Livre]. - [s.l.] : Maxima, 2001. - 2ème édition : p. 302 p. - ISBN : 2 84001 283 9 .

**INRS RISQUES CHIMIQUES** [Rapport] / L'Institut national français de recherche et de sécurité pour la prévention des maladies professionnelles et des accidents du travail. - 2018.

**International Bank for Reconstruction and Development (IBRD)** Renewable Energy Desalination : An Emerging Solution to Close the Water Gap in the Middle East and North Africa [Rapport]. - [s.l.] : Renewable Energy Desalination, 2012.

**IPCC [et al.]** Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation, Cambridge University Press, The Edinburgh Building, Shaftesbury Road [Rapport]. - ENGLAND : Cambridge CB2 8RU, 2012.

**IPCC** Climate change 2007: synthesis report [Conférence]. - Genf : IPCC, 2008.

**Isa MH [et al.]** Low cost removal of disperse dyes from aqueous solution using palm ash [Revue] // dyes and Pigments. - 2007. - 74 : Vol. 2. - pp. 446-453.

**Islam MM [et al.]** Textile Dyeing Industries in Bangla-desh for Sustainable Development [Revue] // International Journal of Environmental Science and De-velopment,. - December 2011. - 6 : Vol. 2.

**Jain CK et Ram Daya** "Impact of sewage waste application on soil strata" [Revue] // Indian J Env Prot. - 1997. - Vol. 17. - pp. 490-495.

**JAIN M** Ecological approach to reduce carbon footprint of textile industry International [Revue] // Journal of Applied Home Science. - 2017. - 7-8 : Vol. 4. - pp. 623-633.

**Kadar I et Kastori R** Effects of microelement loads on rape grown on calcareous chernozem soil [Revue] // Agrokemia Talajtan. - 2003. - Vol. 52. - pp. 331-346.

**Kamizoulis G [et al.]** Wastewater recycling and use practices in the Mediterranean region: Recommended guidelines [Revue] // Water International (in revision) . - 2005.

**Kanan V, Ramesh R et Sasikumar C** Study on Ground water characteristics and the effects of discharged effluents fro textile units at Karur District [Revue] // Journal of Environmental Biology. - 2005. - 2 : Vol. 26. - pp. 269-272.

**Kara K. M** la menace climatique en Algérie et en Afrique : les inéluctables solutions [Conférence]. - Alger : Dahlab édition, 2008.

**Karaosman H [et al.]** Strike a Pose: Luxury for Sustainability [Rapport] = Environmental Footprints and Eco-design of Products and Processes. - Singapore : Sustainable Management of Luxury, 2017. - pp. 145-161.

**KARCHER S, KORNMULLER A et JEKEL M** commercial sorbents for commercial sorbents for removal of reactive dyes. [Revue] // Dyes and Pigments. - 2001. - Vol. 51. - pp. 11-125.

**KHALDI Abdelkader** Impacts de la sécheresse sur le régime des écoulements souterrains dans les massifs calcaires de l'Ouest Algérien " Monts de Tlemcen - Saida" [Livre] / éd. D'ORAN UNIVERSITE. - ORAN : la faculté des Sciences de la terre, de Géographie et l'Aménagement du Territoire, 2005. - Vol. these en Hydrogéologie.

**Khordagui H** Final Report Assessment Of Potential Cumulative Environmental Impacts Of Desalination Plants Around The Mediterranean Sea [Rapport]. - Athènes : United Nations Environment Programme Mediterranean Action Plan UNEP(DEPI)/ MED, 2015.

**Kjellstrom T [et al.]** Heat, Human Performance, and Occupational Health: A Key Issue for the Assessment of Global Climate Change Impacts [Livre]. - [s.l.] : Annu Rev Public Health, 2016. - 37 : pp. 97-112.

**Krzyzanowski M, Kuna-Dibbert B et Schneider J** Health effects of transport related air pollution , [Rapport]. - Copenhagen : World Health Organization, 2005. - ISBN 92-890-1373-7.

**Laboy-Nieves EN [et al.]** Environmental Management, Sustainable Development and Human Health [Conférence]. - Goosen : [s.n.], 2008. - p. 594. - ISBN 9780415469630.

**Lahnsteiner J [et al.]** Re-cycling of secondary refinery and naphtha cracker effluents employing advanced multi-barrier systems [Revue] = Milestones in Water Reuse: The Best Success Stories. - [s.l.] : IWA Publishing , 2013. - p. 375.

**Laid Y** Dialogue National Interministériel sur le Changement Climatique, Secteur clé: Santé (Adaptation) Alger, Algérie [Rapport]. - [s.l.] : Programme des Nations unies pour le développement, 2010.

**Langmuir I** The Adsorption of Gases on Plane Surfaces of Glass, Mica and Platinu [Revue] // Journal of the American Chemical Society. - 1918. - 40. - pp. 1361-1403.

**Lattemann S et Höpner T** Environmental impact and impact assessment of seawater desalination [Revue] // Desalination. - 2008. - 220. - pp. 1-15.

**Lautze J [et al.]** Global Experiences in Water Reuse [Rapport] = CGIAR Research Program on Water, Land and Ecosystems : Resource Recovery and Reuse Series 4 / International Water Management Institute (IWMI). - [s.l.] : Colombo, 2014.

**Lazarova V** La réutilisation des eaux usées : un enjeu de l'an 2000 [Revue] // L'eau, l'industrie, les nuisances . - [s.l.] : CIRSEE - Lyonnaise des Eaux, mai 1998. - 212. - pp. 39-46.

**Lazarova V [et al.]** Milestones in water reuse: [Revue]. - London : [s.n.], 2013. - p. 408. - The Best Success Stories IWA publishing.

**le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat** Bilan 2007 des changements climatiques [Livre] / éd. Contribution des Groupes de travail I II et III au quatrième Rapport. - 2007. - ISBN 92-9169-222-0 : p. 103.

**Le Houérou H.N.** Relations entre la variabilité des précipitations et celle des productions primaire et secondaire en zone aride [Revue]. - [s.l.] : ORSTOM Editions, 1992. - pp. 197-220.

**Lee JW [et al.]** Evaluation of the performance of adsorption and coagulation processes for the maximum removal of reactive dyes [Revue] // Dyes and Pigments. - 2006. - 69 : Vol. 3. - pp. 196-203.

**Lemmen , D.S., et F.J Warren, J. Lacroix, E. Bush** vivre avec les changements climatiques au Canada [Rapport]. - ottawa (ontario) : Gouvernement du Canada, 2008. - p. 448.

**Les Notes du Plan Bleu N° 16** Le dessalement de l'eau de mer : une réponse aux besoins d'eau douce en Méditerranée ? [Rapport]. - 2010.

**Leverenz HL, Tchobanoglous G et Asano T** Direct potable re-use: a future imperative [Revue] // Journal of Water Reuse and Desalination. - 2011. - 1 : Vol. 1. - pp. 2-10.

**Levinton J. S.** Rapid evolution of resistance to metals, its cost, and an evolutionary measure of ecosystem recovery [Revue].- washington,DC : 17 th annual meeting of the society of environmental toxicology and chemistry , 1996.

**Levy [et al.]** Occupational and Environmental Health: Recognizing and Preventing Disease and Injury [Rapport] : 6th Edition. - Sokas : [s.n.], 1983. - p. 883 p.

**Lian-Ming SUN et MEUNIER Francis** Adsorption- Aspects théoriques / éd. L'INGENIEUR TECHNIQUES DE. - 2003. - J2730 v1.

**Liu Jiahong [et al.]** Calculation of carbon footprints for water diversion and desalination projects [Revue] // Energy Procedia . - 2015. - Vol. 75. - pp. 2483 – 2494.

**Mahel F** Climatic variability in agriculture in the semi-arid tropics [Conférence] // Proceed. World Climate Conf. : , WMO. - Geneva : [s.n.], 1979. - pp. 475-509.

**Martens P et McMichael AJ** Environmental Change, Climate and Health: Issues and Research Methods [Revue] // Cambridge University Press. - 2002. - p. 352 pages.

**MATE Ministère de l'Aménagement du Territoire, de l'Environnement et du Tourisme** Programme des Nations Unies pour le Développement Fonds pour l'Environnement Mondial [Rapport]. - 2010.

**MATE Ministère de l'Aménagement du Territoire, de l'Environnement et du Tourisme** Projet ALG/98/G31., Elaboration de la stratégie et du plan d'action national des changements climatiques. , 155 p. [Livre]. - 2001. - p. 155.

**MATE, GEF/PNUD** Seconde communication nationale de l'Algérie sur les changements climatiques à la CCNUCC [Rapport]. - 2010. - p. 211.

**Mathur N, Bhatnagar P et Bakre P** Assessing mutagenicity of textile dyes from Pali (Rajasthan) using Ames bioassay. [Revue] = Applied Ecology and Environmental Applied Ecology and Environmental Research. - 2005. - 44. - pp. 111-118.

**MBERNON E** Estimation du nombre de cas de certains cancers attribuables à des facteurs professionnels en France [Livre]. - [s.l.] : Contribution au rapport de la Commission instituée par l'article L.176-2 du Code de la Sécurité sociale, Saint-Maurice, Département Santé Travail, Institut de veille sanitaire, 2002.

**McMichael A.J. et , D.H. Campbell-Lendrum,C.F. Corvalá** Climate change and human health RISKS AND RESPONSES [Rapport]. - GENEVA : WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2003.

**Meddi H et Meddi M** Variabilité spatiale et temporelle des précipitations du nord-ouest de l'Algérie [Revue]. - [s.l.] : Geographia Technica, 2007. - 2. - pp. 49-55.

**Meddi M et Hubert P** Impact de la modification du régime pluviométrique sur les ressources en eau du nord-ouest de l'Algérie [Revue]. - 2003. - IAHS 278: 229-235.

**Medejerab A et Henia L** Variations spatio-temporelles de la sécheresse climatique en Algérie nord-occidentale. [Revue] // Courrier du Savoir. - 2011. - 11. - pp. 71-79.

**Meli S [et al.]** Influence of irrigation with lagooned urban wastewater on chemical and microbial soil parameters in a citrus orchard under Mediterranean condition [Revue] = The Science of the Total Environment. - 2002. - 285. - pp. 69-77.

**MEM** Programme National des Energies Nouvelles et Renouvelables [Livre]. - [s.l.] : Ministère de l'Énergie, 2016.

**Mickley M et R. Hamilton L. Gallegos and J. Trues** Membrane Concentrate Disposal [Livre]. - [s.l.] : AWWA Research Foundation and American Water Works Association, 1993.

**Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement (MATE)** Etude diagnostique sur la Biodiversité et les changements climatiques en Algérie [Rapport]. - [s.l.] : L'unité de financement pour l'environnement du PNUD (PNUD-FEM), 2015.

**MRE Ministère des Ressources en eau** [Rapport]. - Algérie : [s.n.], 2012.

**Mudu P, Terracini B et Martuzzi M** Human Health in Areas with Industrial Contamination [Revue]. - Copenhagen : WHO Regional Office for Europe, 2014.

**Mumford C et Carson P** Hazardous Chemicals Handbook [Rapport]. - [s.l.] : 2nd Edition Butterworth-Heinemann, 2002. - p. 608 p. - ISBN-10: 0750648880.

**Nations unies** Le Réchauffement du système climatique est sans equivoque " : Principaux resultats du quatrième rapport d'évaluation du GIEC [Rapport]. - 2007.

**Nations Unies** Le Réchauffement du système climatique est sans equivoque , Principaux resultats du quatrième rapport d'évaluation du GIEC [Revue]. - 2007. - 2. - p. 08.

**Nouaceur Z, Laignel B et Turki I** Changements climatiques au Maghreb : vers des conditions plus humides et plus chaudes sur le littoral algérien [Revue] // Physio-Géo. - 2013. - Vol. 7. - pp. 307-323.

**O'Rourke D et Connolly S** Just oil? The distribution of environmental and social impacts of oil production and consumption [Revue] = Annual Review of Environment and Resources. - 2003. - Vol. 28. - pp. 587-617.

**OCDE (Organisation de coopération et de développement économique)** Perspectives de l'environnement à l'horizon 2050 : Les conséquences de l'inaction [Rapport]. - Paris : Éditions OCDE, 2012.

**OECD ENVIRONMENTAL OUTLOOK TO 2030** [Rapport]. - 2008. - ISBN 978-92-64-04048-9 .

**Office nationale de météorologie** Bilan climatique de l'année 2017:Eté 2017 [Rapport]. - 2017.

**Ogunlajal OO et Ogunlaja A.** Evaluating the efficiency of a textile wastewater treatment plant [Revue] // African Journal of Pure and Applied Chemistry. - Oshodi, Lagos : [s.n.], 2009. - 3 : Vol. 9. - pp. 189-196.

**OMS** Changement climatique et santé humaine – Risques et mesures à prendre , RESUME [Rapport]. - Genève : Organisation mondiale de la Santé, 2004.

**OMS** Directives OMS pour l'utilisation sans risque des eaux usées, des excréta et des eaux ménagères [Revue]. - Genève,Suisse : [s.n.], 2006. - Vol. 1-4.

**OMS(Organisation mondiale de la Santé)** Utilisation sans risque des eaux usées, des excréta et des eaux ménagères [Revue] = Utilisation des eaux usées en agriculture. - 2006. - Vol. 2. - p. 254. - ISBN: 92 4 254682 8.

**OMS-OMM – World Health Organization & World Meteorological Organization** Atlas de la santé et du climat Abrahams J, Campbell-Lendrum [Rapport]. - Geneva : [s.n.], 2012.

**ONU/eau, WWAP** Les solutions fondées sur la nature pour la gestion de l'eau. [Rapport] : Rapport mondial des Nations Unies sur la mise en valeur des ressources en eau 2018 . - Paris : UNESCO, 2018.

**organisation mondiale de la santé** CLIMATE AND HEALTH COUNTRY PROFILE – 2015 [Rapport]. - Geneva : United Nations Framework Convention on Climate Change , © World Health Organization 2016, 2016.

**Özcan A [et al.]** Modification of bentonite with a cationic surfactant: An adsorption study of textile dye Reactive Blue 19 [Revue] // Journal of Hazardous Materials. - 2007. - 140 : Vol. 1-2. - pp. 173-179.

**PAPIN ROGER** Transfert de matière, Adsorption physique des vapeurs par les solides [Revue]. - 2000. - J1730 : Vol. 1.

**Patel MN et Shah M** Feasibility study of fenton method for the treatment of dyeing and printing mill wastewater [Revue] // International Journal of Scientific Engineering and Technology. - 2013. - 2 : Vol. 5. - pp. 411-416.

**Petts J** Handbook of Environmental Impact Assessment Volume 1: Environmental Impact Assessment: Process [Revue] // Methods and Potential. Blackwell Science Ltd. - Oxford, RU : [s.n.], 1999.

**PNUD Le Programme des Nations unies pour le développement** Problématique du secteur de l'eau et impacts liés au climat en Algérie [Rapport]. - 2009.

**PNUD-FEM** Changements Climatiques et Ressources en Eau dans les pays du Maghreb, Algérie - Maroc -Tunisie, enjeux et perspectives [Rapport]. - [s.l.] : Projet RAB/94/G31, 1998.

**PNUE (DEPI)** Lignes directrices pour la prévention et la réduction de la pollution causée par les activités de dessalement, PROGRAMME DES NATIONS UNIES POUR L'ENVIRONNEMENT ,PLAN D'ACTION POUR LA MÉDITERRANÉE [Rapport]. - Athènes : UNEP(DEPI)/MED , 2017.

**PNUE / MED** Dessalement De L'eau De Mer Dans Les Pays Méditerranéens: Évaluation Des Impacts Sur L'environnement Et Lignes Directrices Proposées Pour La Gestion De La Saumure , PROGRAMME DES NATIONS UNIES POUR L'ENVIRONNEMENT ,PLAN D'ACTION POUR LA MÉDITERRAN [Rapport]. - Athènes : [s.n.], 2001.

**PNUE** ; A Snapshot of the World's Water Quality: Towards a Global Assessment [Rapport]. - Nairobi : [s.n.], 2016.

**PNUE** Dessalement de l'eau de mer dans les pays méditerranéens : évaluation des impacts sur l'environnement et lignes directrices proposées pour la gestion de la saumure. [Rapport]. - Athènes : Plan d'action pour la Méditerranée, 2001. - p. 65 p.

**Poon C.P.C** Electroflotation for groundwater decontamination [Revue] // The Journal of Hazardous Materials. - 1997. - Vol. 55. - pp. 159–170..

**Post J [et al.]** EMWater Guide and Recommendations on Wastewater Treatment and Water Reuse [Rapport]. - Springer, Berlin, Heidelberg : Efficient Management of Wastewater, 2008.

**Pruss-Ustun A [et al.]** knowns and unknowns on burden of disease due to chemicals [Rapport] : a systematic review / Environmental Health. - 2011.

**Prüss-Üstün A et Corvalán C** Preventing disease through healthy environments: a global assessment of the burden of disease from environmental risks [Livre]. - Geneva,Switzerland : World Health Organization WHO, 2006.

**Raluy R.G. [et al.]** Life-cycle assessment of desalination technologies integrated with energy production systems [Revue] // Desalination. - 2004. - 167. - pp. 445-458.

**Ramirez-Fuentes E [et al.]** Characteristics, and carbon and nitrogen dynamics in soil irrigated with wastewater for different lengths of time [Revue] // Bioresource Technology. - 2002. - 85. - pp. 179-187.

**Ramirez-Fuentes L [et al.]** Characteristics, and carbon and nitrogen dynamics in soil irrigated with wastewater for different lengths of time [Livre]. - [s.l.] : Bioresource Technology, 2002. - Vol. 85 : pp. 179-187.

**Ranade V et Bhandari V** Industrial Wastewater Treatment [Rapport] : Recycling and Reuse1st Ed. - Butterworth-Heinemann : Elsevier, 2014. - p. 576.

**Rao DG, Senthilkumar R et Byrne JA** Wastewater Treatment: Advanced Processes and Technologies [Revue] = 1 st ed. - [s.l.] : CRC Press, 2012. - p. 388.

**Rezzak D [et al.]** Etude et réalisation d'un dispositif de correction d'angle d'inclinaison d'un système photovoltaïque [Revue] // Revue des Energies Renouvelables. - 2016. - 2 : Vol. 19. - pp. 191-198.

**RODIER J** L'analyse de l'eau [Revue]. - France : Dunod, 1996.

**Rosenfeld P et Feng L** Risks of Hazardous Wastes [Livre] = 1st Edition / éd. Andrew William. - 2011. - p. 472 pages . - ISBN: 9781437778434.



**Rousset N et Arrus R** L'agriculture du Maghreb au défi du changement climatique : quelles stratégies d'adaptation face à la raréfaction des ressources hydriques [Conférence]. - ripoli, Liban. : 3ème Conférence internationale sur les ressources hydriques dans le bassin méditerranéen, 2006.

**ROUYER J.L et BEN JANNET ALLAL H** Les besoins en énergie pour l'eau en Méditerranée, [Rapport]. - Carthage : Atelier Plan Bleu / MEDITEP Eau, énergie et changement climatique en Méditerranée, 2007.

**RPDC (Resource Planning and Development Commission)** Soil Structure Decline and Compaction [Revue]. - SoE Tasmania : [s.n.], 2003.

**Rushton L** Health hazards and waste management [Livre] = British Medical Bulletin. - 2003. - Vol. 68 : pp. 183–197.

**Sahnoune F, Belhamel M et Zemat M** Climate change in Algeria: vulnerability and strategy of mitigation and adaptation [Revue] // Energy Procedia . - 2013. - Vol. 36. - pp. 1286-1294.

**Sahnoune F. M. et Belhamela, M. Zematb, R. Kerbach** Climate Change in Algeria: Vulnerability and Strategy of Mitigation and Adaptation [Revue] // Energy Procedia / éd. Ltd Elsevier. - 2013. - Vol. 36. - pp. 1286 – 1294.

**Saravanamoorthy MD et Ranjitha Kumari BD** Effect of cotton yarn dye effluent on physiological and biochemical contents of peanut (*Arachis hypogaea* L. cv. TMV-10) and green gram (*Phaseolus radiatus* L. cv. K1) [Revue] // Biochem Cell Archs. - 2005. - 1 : Vol. 5. - pp. 113-117.

**Sauvant-Rochat M. P., Marie C et Vendittelli F** La santé environnementale en France [Revue] // Revue de médecine périnatale. - 2017. - 9 : Vol. 9. - pp. 165–170.

**Schipper J.** Environmental Impact from desalination plants – Pollution of the sea. [Rapport] / WHO course on desalination. - March 2000.

**Schulte PA et Chun HJ** Climate change and occupational safety and health : establishing a preliminary framework. [Livre]. - 2009 . - Vol. 6 : 9 : pp. 542-54.

**Schwarzenbach RP [et al.]** Global Water Pollution and Human Health [Revue] // Annual Review of Environment and Resources. - 2010. - Vol. 35. - pp. 109-136.

**Sharma [et al.]** Wastewater Reuse and Management [Revue] // Business Media Dordrecht. - [s.l.] : 1st Ed Springer Science, 2013. - p. 502.

**Slater K** Environmental Impact of Textiles [Revue] // © Woodhead Publishing. - 2003. - p. 240. - eBook ISBN:9781855738645.

**Smith KR [et al.]** Energy and human health. [Rapport] : Annual Review of Public Health,. - 2013. - pp. 34-159.

**Sriksrihnan MR, Parthiban M et Dhinakaran M** [Revue] // Indian Journal of Fibre & Textile Research.. - June 2012. - Vol. 37. - pp. 191-193.

**Stoll-Keller É. Schvoerer · J.-P. Gut · F.** Effets des changements climatiques [Revue] // Virologie . - [s.l.] : Virologie 2009, 13 (5) : 243-8, 2009. - 5 : Vol. 13 . - pp. 243-8.

**Taabni Mohamed et El Jihad Moulay-Driss** Eau et changement climatique au Maghreb : quelles stratégies d'adaptation ? [Article] // Les Cahiers d'Outre-Mer. - 2012. - pp. 493-518. - 260.

**Tabet-Aoul M** Impacts du changement climatique sur les agricultures et les ressources hydriques au Maghreb, [Revue] // Note d'alerte du CIHEAM. - [s.l.] : Les notes d'alerte du Centre International de Hautes Etudes Agronomiques Méditerranéennes (CIHEAM), 2008. - 48. - p. 6 .

**Textile Exchange** Global Market Report on Sustainable textiles [Rapport] : Executive Summary. - 2010.

**The Intergovernmental Panel on Climate Change IPCC** Changement climatique et ressources en eau par système et par domaine [Section].

**The People's Democratic Republic of Algeria** Intended Nationally Determined Contribution INDC-Algeria [Revue]. - September 2015.

**Toze S** Reuse of effluent water [Conférence] = Proceedings of the 4th International Crop Science Congress // benefits and risks Land and Water, "New directions for a diverse planet".. - Brisbane, Australia : [s.n.], 2004.

**Tramblay Y et Badi W, Driouech F, El Adlouni S, Nepp** Climate change impacts on extreme precipitation in Morocco [Revue] // Global Planet. Change. - 2012. - 82–83. - pp. 104–114.

**UNEP (United Nations Environmental Programme)** Environment and Development in the Mediterranean [Revue] = Blue Plan Notes // United Nations Environment Programme Mediterranean Action Plan. - 2006. - 4.

**UNEP (United Nations Environmental Programme)** Water and Wastewater Reuse: An Environmentally Sound Approach for Sustainable Urban Water Management [Rapport] / Industry and Economics ; UNEP Division of Technology. - Osaka, Japan : [s.n.], 2005.

**UNEP (United Nations Environmental Programme)** Water and Wastewater Reuse: An Environmentally Sound Approach for Sustainable Urban Water Management [Rapport] / Industry and Economics ; UNEP Division of Technology. - Osaka, Japan : [s.n.], 2005.

**UNEP** Assessment of the State of Pollution of the Mediterranean sea by Zinc, Copper and their compounds [Rapport]. - [s.l.] : Document UNEP((OCA)/MED WG er inf3, 1995. - p. 121 p.

**UNEP HEALTHY ENVIRONMENT, HEALTHY PEOPLE** Thematic report Ministerial policy review session Second session of the United Nations Environment Assembly of the United Nations Environment Programme Nairobi, 23–27 May 2016 [Livre]. - Nairobi : Ministerial policy review session Second session of the United Nations Environment Assembly of the United Nations Environment Programme, 2016.

**UN-WATER** Towards a Worldwide Assessment of Freshwater Quality A UN-Water Analytical Brief [Rapport]. - Geneva : [s.n.], 2016.

**Vajnhandi S et Valh JV** The status of water reuse in European textile sector [Revue] // Journal of Environmental Management. - 2014. - pp. 141 : 29–35.

**Vajnhandl S et Valh JV** The status of water reuse in European textile sector [Revue] // Journal of Environmental Management . - 2014. - 141. - pp. 29-35.

**van der Merwe R [et al.]** Flow cytometric assessment of microbial abundance in the near-field area of seawater reverse osmosis concentrate discharge [Revue] // Desalination . - 2014. - Vol. 343. - pp. 208-216.

**Vanhems C.** Critical Review of Desalination Concentrate Disposal to Surface Water [Revue] / éd. 2001 UNEP. - USA : [s.n.], 1992.

**Vasudevan N et Rajaram P** Bioremediation of oil sludge-contaminated soil [Livre] = Environment International, . - 2001. - Vol. 26 : pp. 409-411.

**Vera G, Vinder A et Simonič M** Efficiency of the coagulation/flocculation method for the treatment of dye bath effluents [Revue] // Dyes and Pigments. - 2005. - Vol. 67. - pp. 93-97.

**Walsh G, Bahner L et Horning W** TOXICITY OF TEXTILE MILL EFFLUENTS TO FRESHWATER AND ESTUARINE ALGAE, CRUSTACEANS AND FISHES [Rapport] = Environmental Pollution Series A21 / U.S Environmental Protection Agency. - Washington, DC : [s.n.], 1980. - pp. 169-179.

**Wang Z [et al.]** textile Dyeing Wastewater Treatment , In P.J., Hauser, Advances in Treating Textile. InTech. [Livre] / éd. Hauser Peter J.. - 2011. - p. 162. - ISBN 978-953-307-704-8.

**Wang Z [et al.]** Textile Dyeing Wastewater Treatment [Revue] = Advances in Treating Textile // InTech. - PJ Hauser : [s.n.], 2011. - p. 162.

**WHO, Organization World Health** Organization, Transport, Environment and Health [Rapport]. - Geneva : Regional Office for Europe, 2000. - p. 81.

**WHO, World Health Organization** Climate change and health [Rapport] : who fact sheets . - Denmark : The Regional Office for Europe, February 2018.

**WHO, World Health Organization** Healthy environments for healthier people [Rapport]. - Denmark : The Regional Office for Europe, 2018.

**WHO, World Health Organization** Manual for the public health management of chemical incidents [Rapport]. - Geneva : The Regional Office for Europe, 2009.

**WHO, World Health Organization, Division of Environmental Health** . (1993). WHO global strategy for health and environment [Rapport]. - Geneva : The Regional Office for Europe, 1993.

**WWAP (Programme mondial pour l'évaluation des ressources en eau)** Les eaux usées – Une ressource inexploitée [Rapport] : Rapport mondial des Nations Unies sur la mise en valeur des ressources en eau 2017. - Paris : UNESCO, 2017.

**WWAP (Programme mondial pour l'évaluation des ressources en eau)** Rapport mondial des Nations Unies sur la mise en valeur des ressources en eau 2014 : Eau et énergie [Rapport]. - Paris : UNESCO, 2014.

**WWAP** Rapport mondial des Nations Unies sur la mise en valeur des ressources en eau 2016 : l'eau et l'emploi [Rapport]. - Paris : UNESCO, 2016.

**Yadav D [et al.]** Adsorptive removal of phosphate from aqueous solution using rice husk and fruit juice residue [Revue] // Process Safety and Environmental Protection. - 2015. - 94. - pp. 402– 409.

**Yahiaoui D** Impact des variations climatiques sur l'agriculture [Livre]. - 2015. - Magister en Biologie, université d'Es-Sénia- Oran : p. 161 p.

**Yamina ELMEDDAHI** Les changements climatiques et leurs impacts sur les ressources en eau, cas du bassin du Cheliff [Livre]. - UNIVERSITE HASSIBA BEN BOUALI – CHLEF : These en Hydraulique, 2016.

**Yassi A [et al.]** BASIC ENVIRONMENTAL HEALTH [Rapport]. - New York : Oxford. University Press, 2001. - p. 441.

**Yettou F [et al.]** Estimation et cartographie des températures d'un cuiseur solaire boîte avec et sans réflecteur en Algérie [Revue] // Revue des Energies Renouvelables. - 2014. - Vol. 14. - pp. 11-18.