



Programme d'Appui à la Gestion  
Intégrée des Ressources en Eau  
برنامج دعم التدبير المندمج للموارد المائية



# Elaboration d'une approche de gestion intégrée des ressources en eau non-conventionnelles

---

*Basée sur l'analyse de la valeur potentielle des pratiques émergentes de l'épuration et de la valorisation des eaux usées au Maroc*

## **Partie 1**

26 mars 2013

## Commettant

Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit– Coopération Technique Allemand (GIZ)



## Mandataire

Institut für angewandtes Stoffstrommanagement– Institut de la Gestion des Flux de Matières (IfaS)

Université des Sciences Appliquées de Trèves - Umwelt-Campus Birkenfeld



## Gestion du Projet

Prof. Dr. Peter Heck (Directeur IfaS)

## Elaboré par

Nina Runge, Dipl.-Betriebswirtin (FH), M.Sc., M.Eng., IfaS

Marco Angilella, Dipl.-Betriebswirt (FH), IfaS

Nele Sutterer, M.Sc. agr., IfaS

Prof. Dr. Thomas Dockhorn, Institut für Siedlungswasserwirtschaft, TU Braunschweig

Wu, Xin, Institut für Siedlungswasserwirtschaft, TU Braunschweig

Anette Vocks, Institut für Siedlungswasserwirtschaft, TU Braunschweig

Joachim Böttcher, Areal GmbH

Deepak Gajurel, Areal GmbH

Silvia Ohms, Areal GmbH

Dr. Ingo Bruch, Büro Bruch

Antonin Cougnet, Roediger Vacuum

Prof. Brahim Soudi, Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II

Dr. Fatiha El Hafiane, Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II

Prof. Said Rhoulane

## Sommaire

<b>SOMMAIRE.....</b>	<b>3</b>
<b>LISTE DES ABREVIATIONS.....</b>	<b>6</b>
<b>LISTE DES FIGURES.....</b>	<b>8</b>
<b>LISTE DES TABLEAUX.....</b>	<b>9</b>
<b>1 INTRODUCTION.....</b>	<b>11</b>
1.1 Contexte.....	11
1.2 Objectifs de l'étude.....	13
<b>2 METHODOLOGIE.....</b>	<b>14</b>
2.1 Démarche.....	14
2.2 Base de données.....	15
<b>3 CONTEXTE GENERALE.....</b>	<b>16</b>
3.1 Géographie.....	16
3.2 Climat.....	16
3.2.1 Précipitations.....	17
3.2.2 Températures.....	18
3.2.3 Vents.....	19
3.2.4 Changement climatique.....	19
3.3 Environnement.....	20
3.3.1 Sol.....	20
3.3.2 Forêt.....	22
3.4 Démographie.....	23
3.5 Economie.....	24
3.5.1 Industrie.....	25
3.5.2 Agriculture.....	25
3.5.3 Tourisme.....	27
3.6 Energie.....	28
<b>4 POLITIQUES &amp; LEGISLATIONS DANS LE SECTEUR DE L'EAU ET D'ASSAINISSEMENT AU MAROC.....</b>	<b>30</b>

<b>4.1</b>	<b>Cadre réglementaire .....</b>	<b>30</b>
4.1.1	Loi 10-95 sur l'eau .....	30
4.1.2	Arrêté 1607-06 portant sur la fixation des valeurs limites spécifiques de rejet domestique .....	31
4.1.3	Arrêté 1276-01 portant fixation des normes de qualité des eaux destinées à l'irrigation .....	32
4.1.4	Lois relatives à la protection et à la mise en valeur de l'environnement (Loi n°11-03) et les études d'impact sur l'environnement (Loi n°12-03).....	33
4.1.5	Code des Investissements Agricoles.....	34
4.1.6	Charte Communale.....	34
4.1.7	Loi n°54-05 relative à la gestion déléguée des services publics .....	34
4.1.8	Cadre réglementaire relatif aux eaux pluviales .....	35
4.1.8.1	Loi 10-95 sur l'eau .....	35
4.1.8.2	Décret fixant les conditions d'accumulation artificielle des eaux .....	35
4.1.8.3	Projet de décret portant approbation du règlement général de construction.....	35
4.1.8.4	Le Plan National de Lutte contre les Inondations .....	37
<b>4.2</b>	<b>Cadre institutionnel .....</b>	<b>37</b>
4.2.1	Ministère de l'Energie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement (MEMEE) et le Secrétariat d'Etat chargé de l'Eau et de l'Environnement (SEEE).....	37
4.2.2	Autres départements ministériels .....	38
4.2.3	Agences des bassins hydrauliques (ABH) .....	38
4.2.4	Institutions pour la gestion de l'irrigation .....	39
4.2.5	Institutions dans le secteur de l'eau potable et l'assainissement .....	40
<b>4.3</b>	<b>Instances d'orientation et de coordination .....</b>	<b>40</b>
4.3.1	Conseil Supérieur de l'Eau et du Climat.....	40
4.3.2	Conseil Nationale de l'Environnement .....	41
4.3.3	Commission préfectorale ou provinciale de l'eau .....	41
<b>4.4</b>	<b>Plans et stratégies: Orientations gouvernementales et stratégies dans le secteur de l'eau (usée) .....</b>	<b>41</b>
4.4.1	Plan National de l'Eau.....	41
4.4.2	Stratégie Nationale de Développement du Secteur de l'Eau (SNE).....	44
4.4.3	Programme National d'Assainissement Liquide et d'Épuration des Eaux Usées (PNA) .....	47
4.4.4	Plans Directeurs d'Aménagement Intégré des Ressources en Eau .....	48
4.4.5	Plan Maroc Vert.....	49
4.4.6	Plan National de Reboisement & Plan Directeur de Reboisement.....	51
4.4.7	Plan Azur.....	52
<b>5</b>	<b>ANALYSE DE FLUX DE MATERIAUX ET EVALUATION DU SECTEUR DE GESTION DE L'EAU (USEE) AU MAROC .....</b>	<b>54</b>
<b>5.1</b>	<b>Les ressources en eau .....</b>	<b>54</b>
5.1.1	Ressources en eau renouvelables.....	54
5.1.2	Eaux superficielles .....	55
5.1.3	Eaux souterraines .....	55
5.1.4	Ressources en eau non-conventionnelle.....	57
5.1.5	Mobilisation des ressources en eau .....	58
<b>5.2</b>	<b>La demande en eau.....</b>	<b>58</b>
<b>5.3</b>	<b>Prix de l'eau et de l'assainissement .....</b>	<b>59</b>

<b>5.4</b>	<b>Bilans hydrauliques .....</b>	<b>61</b>
<b>5.5</b>	<b>Qualité des ressources en eau .....</b>	<b>62</b>
<b>5.6</b>	<b>Les eaux usées .....</b>	<b>62</b>
5.6.1	Volumes des eaux usées .....	62
5.6.2	Les eaux usées industrielles.....	63
<b>5.7</b>	<b>Infrastructure d'assainissement.....</b>	<b>65</b>
5.7.1	Assainissement au milieu urbain .....	65
5.7.2	Assainissement en milieu rural.....	67
<b>5.8</b>	<b>Systèmes actuelles de traitement des eaux usées .....</b>	<b>68</b>
5.8.1	Lagunage.....	70
5.8.2	Boues Activées.....	73
5.8.3	Lit bactérien .....	75
5.8.4	Infiltration-percolation .....	75
5.8.5	Autres .....	77
5.8.6	Prétraitement et émissaire en mer .....	79
5.8.7	Investissement.....	80
<b>5.9</b>	<b>Analyse des boues d'épuration des eaux usées domestiques .....</b>	<b>82</b>
5.9.1	Les gisements de boues.....	82
5.9.2	Caractérisation des boues .....	83
5.9.3	Stratégie actuelle d'élimination et de valorisation des boues au Maroc .....	85
<b>5.10</b>	<b>Valorisation actuelle des eaux usées (épurées) au Maroc.....</b>	<b>87</b>
5.10.1	Situation actuelle de réutilisation pour les STEP en exploitation.....	87
5.10.2	Les projets en cours de réalisation.....	88
5.10.3	Les extrapolations des productions des eaux usées épurées .....	89
<b>5.11</b>	<b>Utilisation des fertilisants dans le secteur agricole au Maroc .....</b>	<b>91</b>
5.11.1	Evolution de la consommation des engrais.....	91
5.11.2	Types et prix des principaux engrais utilisés .....	94
5.11.3	Impacts environnementaux potentiels au Maroc .....	95
5.11.4	Energie et économie des fertilisants .....	99
5.11.5	Résumé.....	100
<b>5.12</b>	<b>Systèmes actuelles de gestion des eaux pluviales .....</b>	<b>101</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSION.....</b>	<b>104</b>
	<b>BIBLIOGRAPHIE .....</b>	<b>107</b>

## Liste des Abréviations

a	An
ABH	Agences des Bassins Hydrauliques
AGIRE	Programme d'Appui à la Gestion Intégrée des Ressources en Eau
AUEA	Associations d'Usagers des Eaux Agricoles
BEI	Banque Européenne d'Investissement
BV	Bassin Versant
CAHR	Chenal Algal à Haut Rendement
CSEC	Conseil Supérieur de l'eau et du Climat
DBO	Demande Biologique en Oxygène
DCO	Demande Chimique en Oxygène
DPA	Directions Provinciales de l'Agriculture
DRPE	Direction de la Recherche et de la Planification de l'Eau
EH	Equivalent Habitant
EIE	Etudes d'Impact sur l'Environnement
EP	Eaux Pluviales
ETM	Eléments Traces Métalliques
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations (Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture)
FODEP	Foundation for Democratic Process
GIRE	Gestion Intégrée des Ressources en Eau
GIZ	Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (Coopération Technique Allemande)
GPI	Gestion participative en irrigation
Hab	Habitant
HCEFLCD	Haut Commissariat aux Eaux et Forêts et à la Lutte Contre la Désertification
IAV	Institut Agronomique et Vétérinaire
j	Jour
K	Potassium
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau
kWh	Kilowattheure
m <sup>3</sup>	Mètre cube
MAPM	Ministère de l'Agriculture et des Pêches Maritimes
MATEE	Ministère de l'Aménagement du Territoire, de l'Eau et de l'Environnement
Mds	Milliard
MEMEE	Ministère de l'Energie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement
MES	Matières en Suspension
Mg	Magnésium
MINENV	Ministère de l'Energie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement
ml	Mètre linéaire
Mm <sup>3</sup>	Million m <sup>3</sup>
MO	Matière Organique
MS	Matière sèche
MWh	Mégawattheure
N	Azote
OMS	Organisation Mondiale de la Santé
ONE	Office National de l'Electricité
ONEP	Office National de l'Eau Potable
ORMVA	Offices Régionaux de Mise en Valeur Agricole
P	Phosphore
PAGER	Programme d'Alimentation en Eau Potable en Milieu Rural

PDAIRE	Plans Directeurs d'Aménagement Intégré des Ressources en Eau
PIB	Produit Intérieur Brut
PMV	Plan Maroc Vert
PNA	Programme National d'Assainissement Liquide et d'Épuration des Eaux Usées
PNE	Plan National de l'Eau
SAU	Surface Agricole Utile
SDNAL	Schéma Directeur National d'Assainissement Liquide
SEEE	Secrétariat d'Etat auprès du Ministère de l'Energie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement Chargé de l'Eau et de l'Environnement
SNE	Stratégie Nationale de Développement du Secteur de l'Eau
STEP	Station d'Épuration des Eaux Usées
TDSU	Toilettes de Déshydratation à Séparation d'Urine
Tep	Tonne d'Equivalent Pétrole
TVA	Taxe sur la Valeur Ajoutée
UF	Unité Fonctionnelle

## Liste des Figures

FIGURE 1 : CARTE DU CLIMAT DU MAROC.....	17
FIGURE 2 : PRECIPITATIONS MOYENNES NATIONALES ANNUELLES CUMULEES (1960-2005).....	18
FIGURE 3 : CARTES DES SOLS DU MAROC .....	21
FIGURE 4 : BILAN GLOBAL DES ACTIONS DE LA STRATEGIE DE DEVELOPPEMENT DU SECTEUR DE L'EAU.....	47
FIGURE 5 : BILAN ACTUEL RESSOURCES – BESOINS EN EAU .....	61
FIGURE 6 : EVOLUTION DES VOLUMES D'EAUX USEES BRUTES DOMESTIQUES AU MAROC EN MM <sup>3</sup> .....	63
FIGURE 7 : REPARTITION DES STEPS SELON LE TYPE DE TRAITEMENT (EN M <sup>3</sup> /J) .....	70
FIGURE 8 : REPARTITION DES STEPS SELON LE TYPE DE TRAITEMENT (CUMULEE, EN M <sup>3</sup> ) .....	70
FIGURE 9 : LAGUNAGE NATUREL A TIZNIT ET LAGUNAGE AERE A OUJDA.....	71
FIGURE 10 : LIT D'INFILTRATION-PERCOLATION DE LA STEP M'ZAR A AGADIR.....	77
FIGURE 11 : CHENAL ALGAL AU CENTRE DE FORMATION ET DE DEMONSTRATION DE L'IAV HASSAN II A RABAT .....	78
FIGURE 12 : FILTRE PLANTE ET DIGESTEUR A DAYET IFRAH.....	79
FIGURE 13 : EVOLUTION DES POTENTIELS DE PRODUCTION DES EAUX USEES EPUREES POUR LES CENTRES RELEVANT DU PNA .....	90
FIGURE 14 : EVOLUTION DES POTENTIELS DE PRODUCTION DES EAUX USEES EPUREES POUR LES CENTRES HORS PNA ET RELEVANT DU PNA.....	90
FIGURE 15 : EVOLUTION DU TONNAGE GLOBAL EN ENGRAIS CONSOMME AU MAROC DURANT LA PERIODE 2008 – 2012.....	91
FIGURE 16 : EVOLUTION DE LA CONSOMMATION DES ENGRAIS AZOTES (N), PHOSPHATES (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) ET POTASSIQUES (K <sub>2</sub> O)AU MAROC.....	92
FIGURE 17 : EVOLUTION DU TONNAGE TOTAL D'ENGRAIS CONSOMME .....	93
FIGURE 18 : INONDATIONS A CASABLANCA ET MOHAMMEDIA.....	101
FIGURE 19 : DIFFERENTS FORMES DE DYSFONCTIONNEMENT DES BASSINS DE RETENTION DES EAUX PLUVIALES A L'EXEMPLE DE CASABLANCA .....	102
FIGURE 20 : RESUME DES FLUX DE MATIERES DANS LE SECTEUR DE L'EAU AU MAROC .....	104



## Liste des Tableaux

TABLEAU 1 : PRECIPITATIONS .....	18
TABLEAU 2 : REPARTITION DES SOLS SELON LES ZONES CLIMATIQUES .....	21
TABLEAU 3 : EVOLUTION DE LA POPULATION ENTRE 1960 ET 2030 .....	23
TABLEAU 4 : DISTRIBUTION DE LA POPULATION DANS LE PAYS.....	24
TABLEAU 5 : DONNEES ECONOMIQUES DU MAROC .....	25
TABLEAU 6 : EVOLUTION DE LA BALANCE ENERGETIQUE EN KTEP .....	28
TABLEAU 7 : VALEURS LIMITES SPECIFIQUES DE REJET DOMESTIQUE .....	31
TABLEAU 8 : NORMES DE QUALITE DES EAUX DESTINEES A L'IRRIGATION .....	32
TABLEAU 9 : RECOMMANDATIONS POUR LA REUTILISATION DES EAUX USEES EPUREES – OMS 1989 .....	33
TABLEAU 10 : IMPACTS PREVISIONNELS A L’HORIZON 2020.....	49
TABLEAU 11 : REPARTITION REGIONALE DE LA RECONVERSION EN IRRIGATION LOCALISEE .....	50
TABLEAU 12 : REPARTITION REGIONALE ACTUELLE ET PROJETEE DE LA CONSOMMATION DES ENGRAIS AU MAROC.....	51
TABLEAU 13 : OBJECTIFS DE REBOISEMENT DU PLAN DIRECTEUR DE REBOISEMENT .....	52
TABLEAU 14 : CARACTERISTIQUES DES STATIONS BALNEAIRES DU PLAN AZUR .....	53
TABLEAU 15 : RESSOURCES EN EAU RENOUVELABLES .....	54
TABLEAU 16 : RESSOURCES EN EAU NON CONVENTIONNELLES .....	57
TABLEAU 17 : EVOLUTION DE LA DEMANDE EN EAU.....	59
TABLEAU 18 : TARIF A LA DISTRIBUTION DE L’EAU POTABLE EN DIRHAMS HORS TVA.....	60
TABLEAU 19 : REDEVANCE PROPORTIONNELLE D’ASSAINISSEMENT .....	60
TABLEAU 20 : VOLUME D’EAU UTILISE ET REJETEE PAR LES PRINCIPAUX SECTEURS INDUSTRIELS .....	64
TABLEAU 21 : ESTIMATION DE LA POLLUTION INDUSTRIELLE TOTAL AU MAROC .....	65
TABLEAU 22 : HYPOTHESE D’EVOLUTION DES TAUX DE RACCORDEMENT AU RESEAU D’ASSAINISSEMENT EN FONCTION DE LA TAILLE DES CENTRES .....	66
TABLEAU 23 : REPARTITION DE LA POPULATION RURALE EN FONCTION DU TYPE D’HABITAT .....	67
TABLEAU 24 : REPARTITION DES CAPACITES DE TRAITEMENT DES EAUX USEES SELON LE TYPE DE TRAITEMENT (M <sup>3</sup> /A).....	68
TABLEAU 25 : RENDEMENT EPURATOIRE DE LA STEP DE BIOUGRA .....	72
TABLEAU 26 : CARACTERISTIQUES DES EAUX USEES ET RENDEMENT EPURATOIRE A LA STEP DE NADOR .....	74
TABLEAU 27 : PERFORMANCES DU TRAITEMENT DE LA STEP DE MARRAKECH .....	75
TABLEAU 28 : PERFORMANCES DU TRAITEMENT SECONDAIRE DE LA STEP M’ZAR A AGADIR .....	77
TABLEAU 29 : INVESTISSEMENT DE DIFFERENTES STEPS (SANS RESEAU) AU MAROC .....	81
TABLEAU 30 : PRODUCTION DE BOUES (EN TONNES DE MS/AN) SELON DIFFERENTES HYPOTHESES.....	82
TABLEAU 31 : PRODUCTION DES BOUES PAR REGION DE 2010 A 2030 (EN TONNES DE MS/AN) .....	83
TABLEAU 32 : CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES DES BOUES MAROCAINES .....	84
TABLEAU 33 : CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES DES BOUES AU MAROC SELON LE TYPE DE TRAITEMENT .....	84
TABLEAU 34 : MOYENNES DES TENEURS D’ELEMENTS MAJEURS DES BOUES .....	85
TABLEAU 35 : TENEURS EN ETM DANS LES BOUES MAROCAINES (EN MG / KG DE MS) .....	85
TABLEAU 36 : PROPORTIONS DE VALORISATION AGRICOLE DES BOUES DANS QUELQUES PAYS.....	86
TABLEAU 37 : ANALYSE COUT-BENEFICE DE LA VALORISATION DES BOUES .....	86
TABLEAU 38 : VOLUME DES EAUX USEES EPUREES REUTILISEES AU NIVEAU DE CERTAINS CENTRES .....	88
TABLEAU 39 : LES DIFFERENTS PROJETS EN COURS DE REALISATION DE LA REUTILISATION DES EAUX USEES AU MAROC.....	89
TABLEAU 40 : REPARTITION REGIONALE ACTUELLE ET PROJETEE DE LA CONSOMMATION DES ENGRAIS AU MAROC.....	94
TABLEAU 41 : FORMULES D’ENGRAIS APPORTANT LES ELEMENTS MAJEURS (N, P ET K) UTILISES AU MAROC ..	95

TABLEAU 42 : QUALITE GLOBALE DES EAUX SOUTERRAINES DANS LES PRINCIPAUX BASSINS HYDROGRAPHIQUES.....	97
TABLEAU 43 : CONSOMMATION MOYENNE TOTALE DE L'ENERGIE PAR LES ENGRAIS INCLUANT LA FABRICATION, LE TRANSPORT, L'EMBALLAGE & CONDITIONNEMENT, L'APPLICATION .....	99

# 1 Introduction

## 1.1 Contexte

Soumises à l'augmentation continue des besoins, due à l'évolution rapide de la population, à l'amélioration du niveau de vie, au développement industriel et à l'extension de l'agriculture irriguée, les ressources en eau au Maroc connaissent une dégradation croissante et de plus en plus grave en termes de qualité et de quantité.

Environ 87% des ressources en eau disponibles annuellement sont utilisées pour l'irrigation des terres agricoles, tandis que les 13% restants sont utilisés dans le secteur industriel (3%) et pour l'approvisionnement en eau potable (10%).<sup>1</sup>

Bien que le Maroc soit considéré comme le pays du Maghreb le plus riche en eau, les ressources en eau disponibles n'ont cessé de diminuer et ce depuis les années 90. Les ressources en eau techniquement exploitables ont diminué d'environ 1.000 mètres cubes d'eau par habitant et par an, à environ 730 mètres cubes d'eau par habitant et par an en 2009.<sup>2</sup> Il est prévu que pour l'année 2020 ce chiffre baissera encore pour atteindre environ 411 m<sup>3</sup>/habitant/an et ne parviendra plus alors à satisfaire au besoin réel de la population<sup>3</sup> En effet, plusieurs régions au Maroc souffrent déjà d'une pénurie chronique en eau liée à la surexploitation des ressources en eaux souterraines.

En plus, le secteur de l'eau reste confronté à plusieurs problèmes liés essentiellement à la raréfaction des ressources en eau, au renforcement des phénomènes extrêmes (sécheresses et inondations), à la dégradation de la qualité de l'eau suite à l'augmentation de sa pollution, au faible niveau de valorisation des eaux mobilisées, en particulier dans le domaine de l'irrigation, et enfin à la surexploitation des ressources en eau souterraine.<sup>4</sup>

La surexploitation des eaux souterraines destinées à l'irrigation agricole contribue à l'intrusion d'eau de mer et provoque ainsi la salinisation des aquifères dans les régions côtières.

Le Maroc accuse un grand retard en matière de traitement des eaux usées ce qui affecte énormément la qualité des ressources en eau. Alors qu'environ 70% de la population urbaine est raccordée à un réseau d'égouts<sup>5</sup>, seulement 28% du volume total des eaux usées sont actuellement traités dans les stations d'épuration des eaux usées<sup>6</sup>, souvent insuffisantes. Selon le Ministère de l'Environnement, seule environ la moitié des stations d'épuration est opérationnelle.<sup>7</sup> Le volume total des eaux usées au Maroc est actuellement estimé à 640 millions de m<sup>3</sup>.<sup>8</sup> De ce nombre, environ 60% provient des centres urbains côtiers qui sont déversés après un prétraitement directement dans la mer. Les 40% restants proviennent essentiellement des zones urbaines à l'intérieur du pays et sont déversés dans les rivières ou les vallées sèches.<sup>9</sup>

---

<sup>1</sup> Cf. Banque Européen d'Investissement (éd.) : Identification et élimination des goulets d'étranglement pour l'utilisation des eaux usées, 2009

<sup>2</sup> Cf. SEEE/Département de l'Eau : Stratégie Nationale de Développement du Secteur de l'Eau, Note de synthèse, 2010

<sup>3</sup> Cf. MINENV : Etat de l'Environnement - Eau

<sup>4</sup> KfW/Banque Mondiale : Révue Stratégique PNA, 2008

<sup>5</sup> Ministère de l'Intérieur/MATEE : PNA, 2006

<sup>6</sup> Calculé sur la base d'une capacité annuelle de traitement des eaux usées de 182 Mm<sup>3</sup> (ONEP, 2011).

<sup>7</sup> Cf. MINENV : Etat de l'Environnement - Eau

<sup>8</sup> SEEE : Etude pour l'élaboration de la Stratégie nationale de gestion des boues des stations d'épuration des eaux au Maroc, 2010

<sup>9</sup> Cf. Banque Européen d'Investissement (éd.) : Identification et élimination des goulets d'étranglement pour l'utilisation des eaux usées, 2009

Le traitement inapproprié des eaux usées municipales et l'utilisation de l'eau usée brute pour l'irrigation agricole présentent non seulement un risque sanitaire majeur mais menacent aussi les ressources marines côtières, ainsi que les eaux de surface et souterraines, tout en affectant bien évidemment le développement du tourisme dans le pays.<sup>10</sup>

Les bases réglementaires du secteur de l'eau et de l'assainissement ont été établies par la Loi 10-95 sur l'Eau, le Programme National d'Assainissement Liquide et d'Épuration des Eaux Usées (PNA) et le Plan National de l'Eau (PNE).

- La Loi 10-95 sur l'Eau a pour objectif d'introduire l'approche de la gestion intégrée, décentralisée et participative des ressources en eau
- Le PNA prévoit à l'horizon 2020 de connecter plus de 80% des zones urbaines au réseau d'assainissement pour réduire les impacts environnementaux des eaux usées de 60%.<sup>11</sup>
- Le PNE vise d'atteindre en 2030 un taux de raccordement au réseau d'assainissement de 90%, un taux d'épuration des eaux usées de 90% et la réutilisation de 100% des eaux usées épurées.

Le Maroc est le premier pays en Afrique qui intègre la réutilisation dans sa politique. Mais bien que le PNE et le PNA aient adopté une approche visant l'épuration des eaux usées et leur recyclage, la mise en pratique de cette approche reste confrontée à des défis de nature institutionnelle et financière. Cependant les solutions proposées ne comprennent pas les zones rurales.

Les stratégies mises en place actuellement ne tiennent pas compte des avantages additionnels de la valorisation des éléments nutritifs (azote, phosphore, potassium et oligo-éléments) présents dans les différentes composantes des eaux usées et des boues résiduelles, ainsi que du potentiel de leur valorisation énergétique. Ceci est dû au manque d'études définissant la valeur environnementale, économique et sociale du traitement des eaux usées et de leur recyclage selon des techniques intégrées et innovantes. En plus, le PNA ne dispose d'aucune évaluation des différentes technologies de traitement des eaux usées en termes de consommation d'énergie, d'émissions de CO<sub>2</sub>, etc.

Afin de protéger les précieuses ressources en eau, il sera essentiel à l'avenir de réduire au maximum la demande en eaux douces par des mesures d'économie de l'eau et par la mobilisation de ressources en eau non conventionnelles. L'usage des eaux usées traitées (en particulier dans l'agriculture et pour l'irrigation des espaces verts) jouera un rôle important quoique la quantité des eaux usées épurées ne représente qu'une très petite partie de la demande en eau au Maroc, la valorisation de nutriments et du potentiel énergétique représentent des aspects importants qui doivent être pris en compte déjà au niveau du procédé d'épuration.

La présente étude concerne la préparation d'une étude d'analyse de la gestion des eaux non conventionnelles dans le cadre de la gestion intégrée des ressources en eau. L'intervention qui s'inscrit dans les objectifs du programme AGIRE vise à élaborer une approche de la gestion intégrée des ressources en eau non conventionnelles basée sur l'identification et l'évaluation des options de traitement efficace et de la valorisation des eaux non conventionnelles en partant du principe de la gestion des flux de matières.

---

<sup>10</sup> Cf. GIZ: Marokko: Nutzung und Management der Wasserressourcen

<sup>11</sup> Ministère de l'Intérieur/MATEE : PNA, 2006

## 1.2 Objectifs de l'étude

En vue de la situation décrite ci-dessus et en prenant en considération la vision d'une gestion intégrée des ressources en eau au Maroc, les objectifs de la présente étude seront de :

- Diagnostiquer et d'évaluer l'état actuel de la gestion des ressources en eau, notamment des eaux usées, et des pratiques de l'épuration et de la réutilisation des eaux usées épurées et des boues d'épuration au Maroc ;
- Présenter et évaluer les possibilités d'optimisation de traitement des eaux usées, surtout en vue du potentiel de réutilisation des eaux usées épurées
- Présenter les technologies alternatives/émergentes de l'évacuation, de l'épuration et de la valorisation des eaux non conventionnelles et l'évaluation de celles-ci selon les critères suivants :
  - les coûts d'investissement et de fonctionnement,
  - la consommation d'énergie,
  - les émissions de gaz à effet de serre qui sont associés au traitement,
  - la chaîne d'utilisation des ressources et la valeur ajoutée potentielle par la réutilisation (eau, nutriments, énergie),
  - les répercussions environnementales.

La présentation des technologies alternatives prendra également en compte l'éventuel besoin de l'adaptation des technologies aux réalités socioéconomique et politique du pays et proposera des alternatives destinées au milieu rural (proposition des technologies simples, fiable et à bas investissement) et à la gestion des eaux pluviales

- Présenter une approche pour une gestion intégrée des ressources en eaux usées basée sur le concept de la gestion de flux de matières en tenant compte du potentiel de réutilisation et de ses sous-produits en termes d'eau, de matières nutritives et de leur valeur énergétique et l'évaluer selon des critères économiques, sociaux et environnementaux ;
- Développer les esquisses de projet ;

L'approche pour une gestion intégrée des ressources en eaux usées pourra finalement compléter les programmes et les études existantes relatives aux traitements extensifs d'affinage des eaux usées, au recyclage des nutriments présents dans les eaux usées ainsi que les utilisations potentielles des eaux de pluie. L'approche développée peut également aider à la prise de décision concernant les investissements futurs dans l'infrastructure des eaux douces et usées au Maroc et à les orienter d'une manière plus spécifique et efficace. En outre, l'étude pourrait être utilisée comme une base supplémentaire pour le développement du « Plan National d'Assainissement et de Réutilisation des Eaux Usées en Milieu Rural ».

## 2 Méthodologie

### 2.1 Démarche

La présente étude vise au développement d'une approche de gestion intégrée des ressources en eau usées basée sur le concept de la gestion de flux de matières en tenant compte du potentiel de leur réutilisation et leurs sous-produits en termes de l'eau, de matières nutritives et de leur valeur énergétique.

Pour pouvoir réaliser cette approche il faut tout d'abord élaborer une analyse de l'état initial. Ce diagnostic ainsi que l'évaluation de l'état actuel seront développés dans la première partie de l'étude qui se répartit comme suit:

- Le chapitre 3 (Contexte Général) identifie des conditions géographiques, climatiques, démographiques et économiques au Maroc en vue du besoin de la gestion intégrée de l'eau (usée) et en vue du potentiel de valorisation des sous-produits de l'assainissement.
- Le chapitre 4 (Politiques et législations dans le secteur de l'eau et de l'assainissement) donne une vue globale sur la politique et la législation dans le secteur de l'eau et de l'assainissement permettant ainsi d'identifier les obstacles qui empêchent la mise en place d'une gestion efficace et durable des eaux (usées).
- Le chapitre 5 (Analyse de flux de matériaux et évaluation du secteur de gestion de l'eau (usée) au Maroc) est réparti comme suit :
  - Identification des flux de matériaux existants et prévus dans le secteur de l'eau et des eaux usées (eaux souterraines et superficielles, eaux usées, boues d'épuration, etc.) et leur évaluation
  - Présentation et appréciation de l'infrastructure d'assainissement et de traitement
  - Evaluation des contraintes des systèmes existants : Pertes en eau, énergie et nutriments.
- Le chapitre 6 résume l'état actuel du secteur de l'eau au Maroc.

La deuxième partie de l'étude forme la partie principale de l'étude et présente l'analyse et l'évaluation des technologies alternatives de gestion des eaux usées au Maroc. Les analyses seront effectuées pour les domaines suivants :

- L'économie de l'eau,
- L'évacuation de l'eau usée,
- Le traitement de l'eau usée,
- La réutilisation de l'eau usée épurée et
- La gestion des eaux pluviales.

Les technologies présentées seront évalués selon les critères économiques (coûts d'investissement et de fonctionnement), la consommation d'énergie, les émissions de gaz à effet de serre qui sont associés au traitement, la valeur ajoutée potentielle (eau, nutriments, énergie), et les répercussions environnementales.

A partir des résultats de l'évaluation des technologies alternatives l'approche de gestion intégrée des ressources en eau sera développée dans la troisième partie de l'étude.

Dans la partie 4 de l'étude la mise en pratique des technologies alternatives sera montrée par l'élaboration des esquisses de projet. Les cas pratiques vont identifier les opportunités et contraintes des technologies alternatives pour des exemples concrets au Maroc.

## 2.2 Base de données

Dans le cadre de cette étude, les principales sources permettant l'analyse et l'évaluation de l'état de la gestion des eaux usées pratiquée au Maroc sont :

- Secrétariat d'Etat auprès du Ministère de l'Energie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement Chargé de l'Eau et de l'Environnement (SEEE) : Projet du Plan National de l'Eau, Version Provisoire, Février 2009
- Secrétariat d'Etat auprès du Ministère de l'Energie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement Chargé de l'Eau et de l'Environnement (SEEE), Département de l'Eau : Stratégie Nationale de Développement du Secteur de l'Eau, Note de synthèse, Janvier 2010
- Ministère de l'Intérieur/ Ministère de l'Aménagement du Territoire, de l'Eau et de l'Environnement (MATEE) : Programme National d'Assainissement Liquide et d'Épuration des Eaux Usées, Janvier 2006
- Secrétariat d'Etat auprès du Ministère de l'Energie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement Chargé de l'Eau et de l'Environnement (SEEE): Etude pour l'élaboration de la Stratégie nationale de gestion des boues des stations d'épuration des eaux au Maroc, Rapport Phase 1, Version définitive, Mars 2010
- Secrétariat d'Etat auprès du Ministère de l'Energie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement Chargé de l'Eau et de l'Environnement (SEEE), Département de l'Eau : Etude des possibilités de réutilisation des eaux usées épurées, Diagnostic de la situation existante de la réutilisation des eaux usées épurées, Rapport Finale, Mission 1, Décembre 2009
- Banque Européen d'Investissement (éd.): Identification et élimination des goulets d'étranglement pour l'utilisation des eaux usées dans le cadre de l'irrigation ou autres usages, Rapport Nationale Maroc, 2009
- Loi 10-95 sur l'eau

D'autres sources utilisées sont indiquées dans le texte.

Il faut constater qu'au niveau de l'évaluation de l'infrastructure et du fonctionnement des systèmes actuels de traitement des eaux usées il existe un manque considérable de données, surtout en ce qui concerne la composition des effluents et affluents au niveau des STEPs.

## 3 Contexte générale

### 3.1 Géographie

Situé à l'extrême nord-ouest du continent africain, le Royaume du Maroc s'étend sur une superficie de 710.850 km<sup>2</sup> dont une grande partie est située en zone désertique. Il est limité au nord par la mer méditerranée, à l'ouest par l'océan atlantique, au sud par la Mauritanie et à l'est par l'Algérie.<sup>12</sup>

Sur le plan topographique le pays peut être divisé en quatre unités physiographiques:

- Les plaines côtières, qui s'étendent le long de toute la côte du pays. Elles sont étroites le long de la côte méditerranéenne et large le long de la côte atlantique. La plupart des rivières et vallées du pays traversent ces plaines;
- Les collines au nord, parallèles à la mer Méditerranéenne, appelées les montagnes du Rif, avec un sommet culminant à 2.456 m au-dessus du niveau de la mer;
- Les collines au centre qui s'étendent du nord-est au sud-ouest. Elles comprennent les chaînes montagneuses du Moyen Atlas, du Haut Atlas et de l'Anti-Atlas, qui sont presque parallèles entre elles. Le sommet se trouve dans le Haut Atlas à 4.165 m au-dessus du niveau de la mer;
- Les collines désertiques, qui sont des extensions des pentes australes du Haut Atlas et de l'Anti-Atlas.<sup>13</sup>

### 3.2 Climat

De par sa situation géographique, le Maroc est caractérisé par un climat à la fois méditerranéen au nord et aride au sud et au sud-est de l'Atlas, avec une saison sèche et chaude et une saison froide et humide. Plus on se dirige vers le sud et le sud-est du Maroc, plus le climat est aride. En effet, les régions Sud et Sud-est sont extrêmement arides. Arrivent ensuite des zones arides et semi-arides, qui occupent presque toute la moitié nord du pays (le centre et le nord-est). Le climat sub-humide intéresse l'extrême nord ouest du territoire ainsi qu'une partie des montagnes du Rif et du moyen Atlas. Deux zones montagneuses limitées autour de Chefchaouen et d'Ifrane sont caractérisées par un climat humide (Figure 1).<sup>14</sup>

---

<sup>12</sup> SEEE : Projet du Plan National de l'Eau, Version provisoire, 2009

<sup>13</sup> FAO: Aquastat, Country Profile Morocco, 2005

<sup>14</sup> SEEE : Projet du Plan National de l'Eau, Version provisoire, 2009



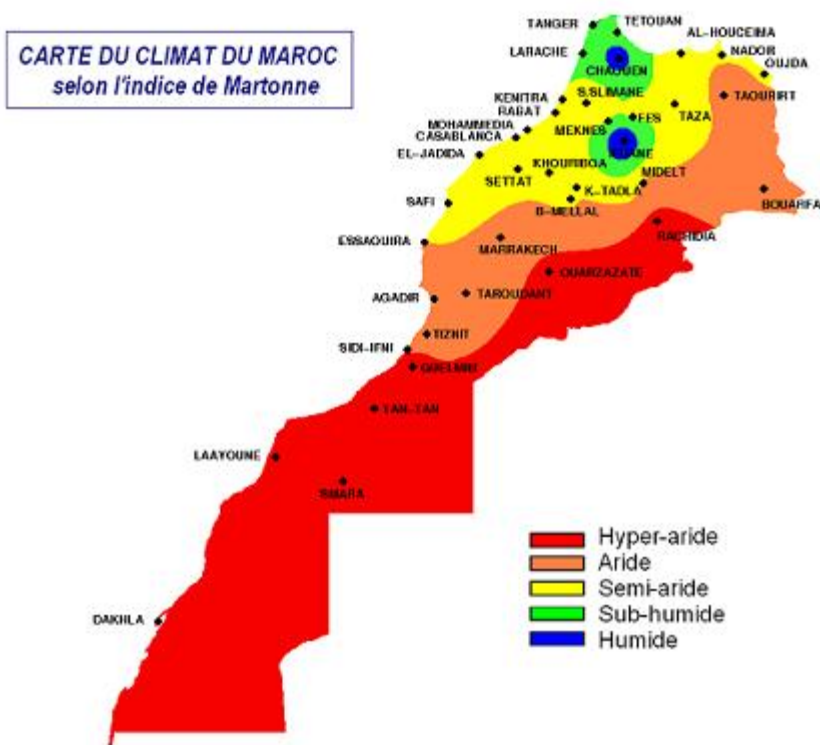


Figure 1 : Carte du climat du Maroc<sup>15</sup>

### 3.2.1 Précipitations

La saison pluvieuse s'étend généralement du mois d'octobre au mois d'avril. Les précipitations de fortes intensités se produisent principalement pendant les mois de Novembre-Décembre, mais peuvent aussi se produire en été sous forme d'orages sur les reliefs. La neige tombe régulièrement chaque année sur les reliefs en hiver à partir de 1.600 mètres et exceptionnellement sur les plaines au pied des montagnes. La disparité géographique du régime pluviométrique est doublée d'une forte variabilité intra-annuelle des pluies ainsi que d'une forte variabilité interannuelle qui peut se traduire par une succession d'années humides ou d'années déficitaires en pluies. Cette alternance de cycles humides (années dite à forte hydraulicité) et secs est un trait dominant du régime climatique et hydrologique marocain.<sup>16</sup>

Les précipitations moyennes annuelles se répartissent comme suit:

- Supérieures à 800 mm dans la région la plus arrosée du nord. Elles dépassent les 1.000 mm sur le Rif occidental et le Moyen Atlas qui représentent les zones les plus favorisées en précipitations ;
- Entre 400 et 600 mm dans la région du Centre;
- Entre 200 et 400 mm dans la région de l'Oriental et du Souss;
- Entre 50 et 200 mm dans les zones sud-atlasiqes;

<sup>15</sup> SEEE : Projet du Plan National de l'Eau, Version provisoire, 2009

<sup>16</sup> EUROMED/BEI/AHT Group AG: Identification et élimination des goulets d'étranglement pour l'utilisation des eaux usées dans le cadre de l'irrigation ou autres usages, 2009, p.3

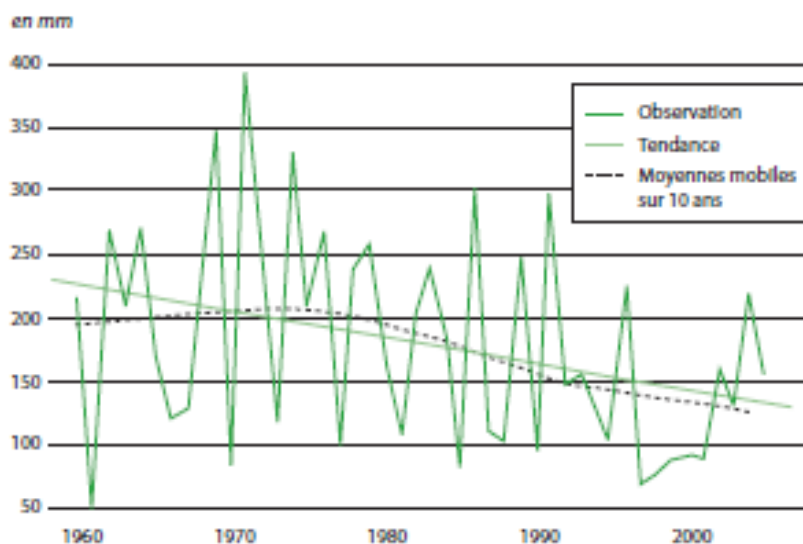
- Et moins de 50 mm dans Sahara.<sup>17</sup>

Le Tableau 1 montre les valeurs moyennes, minimales et maximales des précipitations au Maroc et le volume des pertes par l'évaporation.

**Tableau 1 : Précipitations<sup>18</sup>**

		Unité	Source
Précipitations moyennes	154.000	Mm <sup>3</sup>	FAO
Précipitations moyennes	346	mm/an	FAO
Précipitations maximales	1.000	mm/an	SEEE
Précipitations minimales	50	mm/an	SEEE
Évaporation	123.000	Mm <sup>3</sup>	SEEE

La Figure 2 montre la forte variabilité interannuelle des précipitations ainsi qu'une réduction des précipitations moyennes nationales entre les années 1960 et 2005.



**Figure 2 : Précipitations moyennes nationales annuelles cumulées (1960-2005)<sup>19</sup>**

La forte variabilité des précipitations ainsi que la réduction des volumes des précipitations montrent la nécessité d'exploiter des sources d'eau non-conventionnelle.

### 3.2.2 Températures

Le Maroc connaît des températures moyennes annuelles élevées dans le sud et vers l'intérieur et des températures plus douces le long du littoral. Sur la côte occidentale, les températures moyennes varient entre 8° et 21°C en hiver. En été, elles varient de 17° à 27°C. Dans l'intérieur du pays, les températures moyennes hivernales varient entre 4° et 20°C. En été, elles varient de 17° à 38°C. Les

<sup>17</sup> SEEE : Projet du Plan National de l'Eau, Version provisoire, 2009

<sup>18</sup> SEEE : Projet du Plan National de l'Eau, Version provisoire, 2009 & FAO: Aquastat, Country Profile Morocco, 2005

<sup>19</sup> Direction de la Météorologie Nationale : Les Changements climatiques au Maroc, 2007

variations de température sont faibles sur la côte atlantique, alors que l'intérieur est caractérisé par des variations extrêmes.

Sur les régions sahariennes, les températures minimales moyennes varient entre 2°C et 3°C alors que les maximales moyennes varient entre 16°C et 18°C en saison froide. En été, il fait plus chaud avec des températures moyennes allant de 28°C à 29°C. A Smara, le record de température maximale a atteint 49°C le mois de Juillet 1995.<sup>20</sup>

### 3.2.3 Vents

La majeure partie des côtes atlantiques est généralement intéressée par des vents soufflant du secteur Nord-Est, avec des vitesses qui peuvent être assez fortes, surtout pour les côtes Sud. Dans les zones intérieures du pays, le vent souffle principalement du secteur Ouest.

En été, le sud du pays ainsi que les plaines intérieures, sont souvent soumis aux vents forts de Sud à Sud-Est, chauds, secs et chargés de sable, le « Chergui » et l' « Arifi » et la chaleur peut devenir insupportable avec des températures supérieures à 40°C. Ces vents peuvent parfois souffler jusqu'aux régions Nord du pays. Alors que la façade atlantique connaît des vents de Nord-Est à Nord-Ouest assez doux.

En automne, la majorité de la côte atlantique est soumise à un vent fort de Nord-Ouest jusqu'au mois d'octobre.<sup>21</sup>

### 3.2.4 Changement climatique

Au plan de l'évolution séculaire du climat marocain, plusieurs constats tendent à mettre en évidence une tendance au réchauffement associée à une réduction des précipitations sur la majeure partie du pays. Cette évolution est accompagnée par l'intensification des phénomènes extrêmes: Orages et averses, sécheresses, vagues de chaleurs, etc.

La situation des ressources en eau du pays déjà critique, risque alors de devenir un problème entravant toute poursuite de développement. Les changements climatiques attendus pour le Maroc, auraient des conséquences néfastes directes et indirectes sur le potentiel de ressources en eau, tant du point de vue quantité que qualité, sur les besoins en eau et sur l'efficacité d'utilisation de cette ressource pour les différents usages.<sup>22</sup>

L'agriculture, qui utilise plus de 80% des ressources en eau mobilisées du pays, serait le plus affectée:

- Réduction des rendements des céréales pouvant atteindre 50% en année sèche et 10% en année normale.
- Accroissement des besoins en eau des cultures irriguées.

---

<sup>20</sup> SEEE : Plan Nationale de l'Eau, 2009, p.13

<sup>21</sup> SEEE : Plan Nationale de l'Eau, 2009, p.14

<sup>22</sup> Changements Climatiques et Ressources en Eau dans les pays du Maghreb, Algérie - Maroc - Tunisie, enjeux et perspectives, Projet RAB/94/G31, juin 1998.

- Réduction de la durée des cycles végétatifs des cultures.
- Erosion plus forte entraînant une plus grande dégradation des sols.
- Activité agricole sur le littoral atténuée en raison de la salinisation des sols et des nappes côtières.
- Déplacement de la zone aride vers le nord.

Dans ce contexte, le Maroc doit s'orienter vers une politique de gestion de l'eau dans une perspective de développement durable, visant la réduction de sa consommation en amont par le recyclage des eaux usées et la valorisation des différents nutriments présents dans ces eaux en terme d'énergie et de fertilisation des terres agricoles .

### 3.3 Environnement

Du au développement économique et démographique du pays, le Maroc est aujourd'hui confronté à plusieurs problèmes environnementaux.

L'augmentation de l'urbanisation et la transformation des habitudes de consommation de la population génèrent des enjeux de plus en plus importants pour la gestion des déchets et des eaux usées et leur gestion insuffisante entraîne d'un côté, la contamination de ressources qui doivent être préservées comme les sols, l'air et l'eau, et de l'autre la perte de ressources matérielles et énergétiques.

L'urbanisation, conséquence de l'exode rural, résulte en plus dans la constitution des quartiers périurbains où les conditions de salubrité et d'hygiène sont critiques à cause du faible niveau d'équipement en eau et assainissement ainsi qu'en gestion des déchets solides.

La pollution de l'air par une industrie peu soucieuse, par des modes de transports dominés par un parc automobile vétuste, la combustion des énergies fossiles et du bois de feu ont des impacts négatifs sur la santé de la population.

Dans ce qui suit ne seront décrits que les problèmes environnementaux liés directement aux objectifs de l'étude, les problèmes causés par et au niveau de la gestion de l'eau seront présentés en détail dans le chapitre 5.

#### 3.3.1 Sol

Le Maroc présente un pédopaysage diversifié qui est témoin de la grande diversité des facteurs de pédogenèse : roches, reliefs, climats, couverts végétaux, temps d'évolution et occupations humaines (Badraoui et Stitou, 2002; Badraoui et al, 2002; Ruellan, 2003). La figure suivante montre les différents types de sol au Maroc.

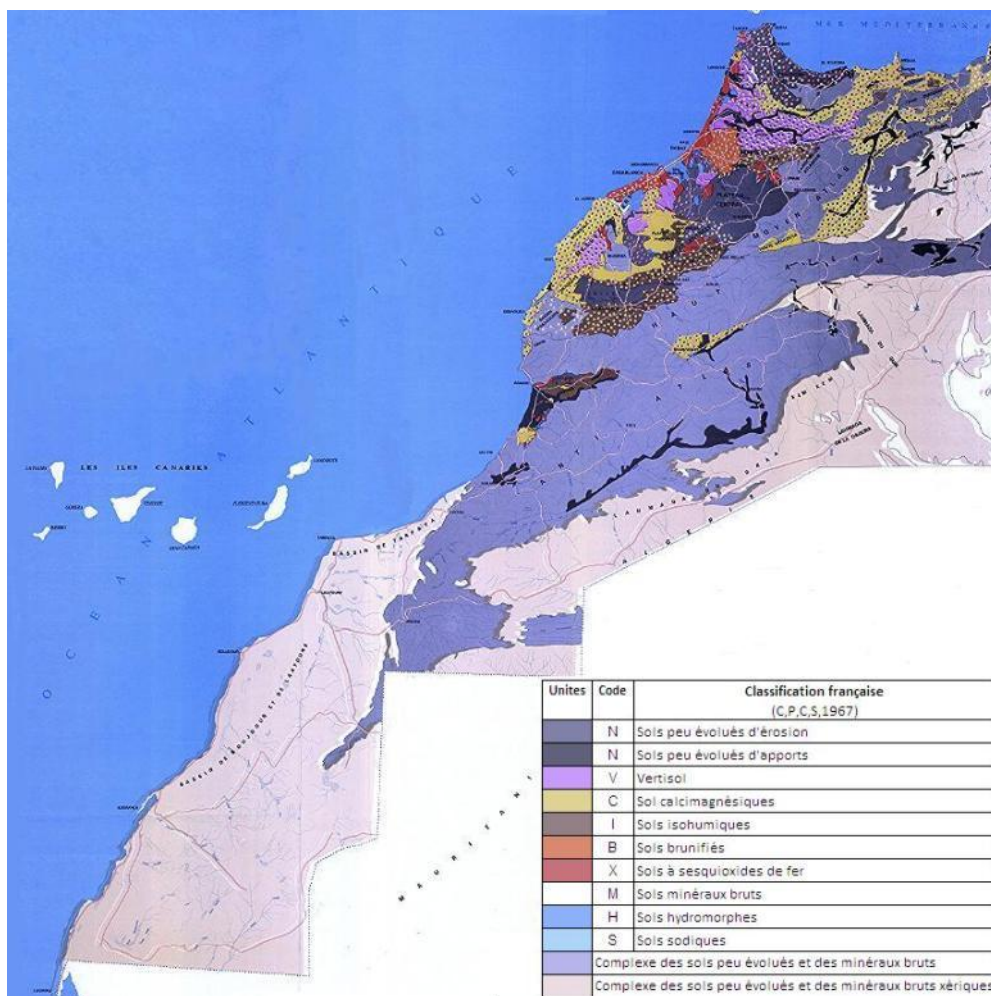


Figure 3 : Cartes des sols du Maroc<sup>23</sup>

La distribution des sols marocains se fait en fonction du substratum géologique (calcaire ou marne) et des composantes climatiques très contrastées entre un Nord arrosé et un sud plus aride. Il faut donc examiner la distribution des sols selon les grandes zones climatiques du pays (Tableau 2)

Tableau 2 : Répartition des sols selon les zones climatiques<sup>24</sup>

Zone climatique	Précipitation (mm)	Superficie (*1000ha)	% de la superficie totale
Désertique et aride	<250	56 000	78
Semi-aride	250-500	10 000	15
Sub-humide à humide	>500	100	7

Il ressort de ces données que les ressources en sols sont soumises à une aridité importante. Le changement climatique aggrave le problème de la désertification. Ceci justifiera dans la majorité des localités le recours à la valorisation des eaux usées épurées.

En plus, au Maroc, à l'instar des autres régions à climat aride et semi – aride, les teneurs en matière organique sont relativement faibles comparées à celles rencontrées dans les pays du climat tempéré.

<sup>23</sup> [http://library.wur.nl/WebQuery/isric?wq\\_sfx=zoom&wq\\_inf1=ISRIC\\_23986\\_1](http://library.wur.nl/WebQuery/isric?wq_sfx=zoom&wq_inf1=ISRIC_23986_1)

<sup>24</sup> MADREF, décembre 1999

Les faibles teneurs en matière organique sont attribuées à la faible biomasse végétale produite, à la mauvaise gestion des résidus végétaux et de cultures et la vitesse de minéralisation intense étant données conditions hydriques et thermiques favorables à la flore minéralisatrice. En effet, le taux moyen de matière organique dans les sols marocains est de 1.3%. Ce taux reste nettement inférieur à celui de 1.7% considéré par quelques experts agronomes comme indicateur d'un stade de pré-désertification.<sup>25</sup>

La valorisation des boues résiduelles des stations d'épuration ainsi que la valorisation des boues des latrines ou des matières fécales traitées dans le milieu rural pour l'amélioration de la qualité des sols marocains sera donc largement justifiée. Egalement la réutilisation des eaux usées épurées apportera non seulement de l'eau mais aussi les nutriments comme l'azote et le phosphate.<sup>26</sup>

### 3.3.2 Forêt

Sur le plan de l'occupation et du statut foncier des terres, les formations forestières, para-forestières et alfatières sont en majorité domaniales et s'étendent sur une surface d'environ 9.037.714 ha, soit un taux de couvert de 12,7 % du territoire national. Les formations forestières boisées couvrent une surface de 5.814.000 ha et sont constituées à 63 % d'essences feuillues (chêne vert, chêne-liège, arganier et acacias sahariens) et à 20 % d'essences résineuses (cèdre, thuya, genévrier, pin, cyprès de l'Atlas et sapin). Le reste de la superficie, soit 17%, est occupé par des formations basses (matorrals et essences secondaires) résultant souvent de la dégradation des forêts. Le taux moyen de boisement du pays est de l'ordre de 8%, ce qui est en deçà du taux optimal (15 à 20%) nécessaire à l'équilibre écologique et environnemental.<sup>27</sup>

Les principaux enjeux identifiés dans le cadre du Plan Directeur de Reboisement sont :

- Dégradation des terres de parcours par une exploitation abusive et irrationnelle (surpâturage) ;
- La production locale de bois ne couvre qu'une faible partie des besoins de l'industrie ;
- Prélèvement illicite d'environ 10 millions de m<sup>3</sup> de bois de feu par an (principalement utilisé par les populations rurales qui en dépendent entièrement pour la cuisine et le chauffage) ;
- Rétrécissement des espaces naturels et l'aggravation de la pollution par le développement de l'urbanisme ;
- La disparition de certains habitats et écosystèmes et dégradation de la biodiversité
- Erosion des sols et pertes en terre annuelles cumulées sont estimées à environ 100 millions de tonnes ;
- Capacité de stockage perdue des barrages par l'envasement s'élèvent à 50 millions de m<sup>3</sup> par an<sup>28</sup> ;

<sup>25</sup> Expertise technique et juridique de l'état de dégradation, de conservation et de protection des sols au Maroc visant l'élaboration d'un projet de Loi Partie I : Volet technique (Janvier 2010)

<sup>26</sup> Quand même il faut considérer que l'irrigation avec les EUE a été identifiée d'influencer les caractéristiques microbiologiques, chimiques et physiques du sol. L'ampleur de ces changements est soumise aux conditions locales telles que le type de sol, cultures et climat. Les autres paramètres importants sont la disponibilité générale d'eau douce, la qualité des EUE et le plan d'irrigation. Selon les conditions environnementales et le système de culture, des répercussions importantes sur la qualité des sols peuvent avoir lieu ou pas.

<sup>27</sup> <http://www.eauxetforets.gov.ma/fr/text.aspx?id=1035&uid=53>

<sup>28</sup> Ministère de l'Agriculture et de la Mise en Valeur Agricole/Administration des Eaux et Forêts et de la Conservation des Sols : Plan Directeur de Reboisement, Document Provisoire

La prise de conscience politique, au niveau national, de la dégradation accélérée de l'environnement, de l'importance des forêts, ainsi que de leur biodiversité dans l'équilibre écologique national a permis une nouvelle orientation de la foresterie en vue de renforcer la préservation des ressources génétiques forestières, de gérer durablement ces ressources et d'encourager les reboisements massifs.

Les principes clés de cette nouvelle politique sont l'ouverture sur l'environnement et la transparence; une volonté de participation au développement durable au niveau local. Durant les deux dernières décennies, les superficies annuelles reboisées ont connu un accroissement significatif passant de 10.000 ha par an au début des années 80 à plus de 33.000 ha par an à fin 2006. La superficie résiduelle couvre actuellement 578.263 ha. Cependant le rythme actuel de reboisement demeure insuffisant pour inverser la tendance à la dégradation observée et encore moins pour répondre aux besoins du pays en produits ligneux, et ce en raison d'un certain nombre de contraintes notamment:

- La pression anthropique croissante sur la forêt, qui entrave la régénération naturelle des ressources forestières.
- Les conditions d'aridité prévalantes sur la majeure partie des terres reboisables, ainsi que la pauvreté des sols qui limitent les niveaux de productivité des reboisements.<sup>29</sup>

Plus d'informations sur la stratégie forestière du Maroc dans le cadre du Plan National de Reboisement et du Plan Directeur de Reboisement se trouvent dans le chapitre 4.4.6.

### 3.4 Démographie

Le dernier recensement général de la population effectué en 2004 estime la population du Maroc à près de 30 millions d'habitants dont plus de 55% en milieu urbain et 45% en milieu rural.

Selon les estimations du Centre des Etudes et des Recherches Démographiques (CERED), la population atteindrait en 2030 près de 38 millions d'habitants dont plus de 64% en milieu urbain et devrait se stabiliser à 45 millions d'habitants vers 2050.

Le taux d'accroissement de la population a nettement diminué et ce depuis le début des années 1990 étant passé de 2.1% au cours de la période 1982-1994 à 1.4% au cours de la période 1994-2004.<sup>30</sup>

Les deux tableaux suivants représentent l'évolution de la population ainsi que la distribution de la population dans le pays.

**Tableau 3 : Evolution de la population entre 1960 et 2030<sup>31</sup>**

	1960	1971	1982	1994	2004	2006	2030
Population							
<i>Milieu urbain</i>	3.389.613	5.409.725	8.730.339	13.407.835	16.463.634	17.079.000	24.417.000
<i>Milieu rural</i>	8.236.857	9.969.534	11.689.156	12.665.882	13.428.074	13.427.000	13.577.000
<b>TOTAL</b>	<b>11.626.470</b>	<b>15.379.259</b>	<b>20.419.495</b>	<b>26.073.717</b>	<b>29.891.708</b>	<b>30.506.000</b>	<b>37.994.000</b>
Taux d'accroissement moyen annuel		2.6%	2.6%	2.1%	1.4%	1.0%	0.9%

<sup>29</sup> <http://www.eauxetforets.gov.ma/fr/text.aspx?id=1038&uid=54>

<sup>30</sup> SEEE : Plan Nationale de l'Eau, 2009, p.2

<sup>31</sup> SEEE : Plan Nationale de l'Eau, 2009, p.2

Tableau 4 : Distribution de la population dans le pays

	Population (2006)	% Population urbaine *	% Population totale	Nombre des villes
<b>&gt; 100.000</b>	12.747.984	75%	42%	25
<b>50.000 - 100.000</b>	2.227.657	13%	7%	27
<b>25.000 - 50.000</b>	1.622.624	10%	5%	39
<b>20.000 - 25.000</b>	480.736	3%	2%	19
<b>TOTAL</b>	<b>17.079.000</b>	<b>100%</b>	<b>56%</b>	<b>110</b>
	Population (2006)	% Population urbaine **	% Population totale	Nombre des villes
<b>&gt; 1.000</b>	3.625.290	27%	12%	
<b>200 - 1.000</b>	7.921.930	59%	26%	
<b>&lt; 200</b>	1.879.780	14%	6%	
<b>TOTAL</b>	<b>13.427.000</b>	<b>100%</b>	<b>44%</b>	

\* Repartition selon FAO/ONEP : Assainissement en milieu rural

\*\* Repartition selon [www.citypopulation.de/Morocco\\_d.html](http://www.citypopulation.de/Morocco_d.html)

### 3.5 Economie

Le Maroc a adopté une économie libérale caractérisée par une grande ouverture sur l'extérieur. C'est une économie en développement à composante agricole importante bien que seuls 20% de la superficie totale soient cultivés. Il est à noter qu'à partir de l'année 2000, et avec l'émergence de nouveaux secteurs porteurs tels que les télécommunications, l'électronique et les services d'une part, et le bon comportement des secteurs des mines, des industries manufacturières, du commerce et du transport d'autre part, l'activité économique devient de moins en moins dépendante des aléas climatiques, comme en témoigne la réduction de la volatilité du PIB global. La structure de l'économie marocaine est restée relativement stable dans l'ensemble au cours des cinq dernières années. Le secteur des services (commerce et tourisme principalement) contribue à plus de la moitié de la création de richesses intérieures avec plus de 65% (38,9% + 26,2% autres), suivi par l'industrie (20,3%) et le secteur agricole (14,6%) (voir Tableau 5).



Tableau 5 : Données économiques du Maroc <sup>32</sup>

	2008	2009	2010	2011
<b>Produit Interieur Brut (PIB, nominale)</b>				
<i>Mrd. DH</i>	688,9	736,2	766,9*	819,6*
<i>Mrd. US \$</i>	88,9	91,4	103,5*	100,3*
<b>PIB par habitant</b>				
<i>DH</i>	22.095	23.361	24.079*	25.464*
<i>US \$</i>	2.827	2.899	3.249*	3.117*
<b>Croissance économique:</b>				
Développement du PIB, réel	5,6	4,9	3,2*	3,9*
<b>Composition du PIB 2009 (%)</b>				
<i>Agriculture &amp; Pêche</i>		14,6		
<i>Industrie</i>		14,1		
<i>Construction</i>		6,2		
<i>Transport</i>		3,5		
<i>Commerce</i>		9,8		
<i>Tourisme</i>		3,2		
<i>Autres services</i>		22,4		
<i>Autres</i>		26,2		
<b>Taux d'inflation (%):</b>	+3,9	-1,0	+1,0	+2,9*
<b>Taux de chômage (%):</b>	9,6	9,1	9,0	8,9*

\* estimation

Dans le domaine minier, le Maroc renferme des réserves importantes en phosphate. Il est le deuxième producteur après les Etats-Unis et le premier exportateur à l'échelle mondiale. D'autres branches de l'économie contribuent aux exportations du pays à savoir la pêche, l'agro-alimentaire et le textile.<sup>33</sup>

### 3.5.1 Industrie

L'industrie au Maroc est caractérisée par les secteurs des mines, de construction et de l'industrie manufacturière.

Depuis l'année 2006 le Maroc poursuit le Plan d'Emergence pour développer le secteur industriel du pays. L'objectif est d'augmenter la compétitivité des secteurs traditionnels (textile, agro-alimentaire et pêche) et des nouveaux secteurs (offshoring, automobile, industrie électrique, industrie de sous-traitance dans l'aviation).

### 3.5.2 Agriculture

A côté de l'agriculture traditionnelle vivrière, le Maroc a bâti une agriculture moderne et relativement performante. En effet, et grâce au développement de l'irrigation, le Maroc fournit désormais des produits agricoles à haute valeur ajoutée notamment les fruits et légumes dont une partie importante est exportée principalement vers le marché européen.

Le plan d'action national dans le secteur agricole établi en 2008, le Plan Maroc Vert (PMV), vise l'augmentation de l'apport de l'agriculture au produit intérieur brut (PIB), la création d'emplois,

<sup>32</sup> Chambre Allemande du Commerce et d'Industrie au Maroc: Wirtschaftsdaten Kompakt, Marokko, Avril 2011

<sup>33</sup> SEEE: Plan Nationale de l'Eau, 2009, p.2

l'augmentation des profits générés par l'exportation des produits agricoles et le renforcement de la lutte contre la pauvreté dans les zones rurales. Par les changements dans l'organisation des agriculteurs et diverses mesures dans les productions animale et végétale la valeur ajoutée du secteur agricole doit s'accroître de 160% à l'horizon 2020.

Actuellement, le secteur agricole marocain est responsable de plus de 85 % de la consommation d'eau et influence de loin majoritairement le bilan hydrique national annuel. Une étude internationale estime que la consommation d'eau en 2010 était de 13,9 milliards de m<sup>3</sup>. Plus de 3/4 de ce volume d'eau, c'est-à-dire 11 milliards de m<sup>3</sup>, a été utilisé dans le secteur agricole. Cette eau d'irrigation comportait environ 30 % d'eau souterraine et 70 % d'eau de surface.<sup>34</sup>

Ces chiffres montrent l'importance de l'irrigation des cultures agricoles au Maroc. L'irrigation est souvent le seul moyen disponible pour réaliser des rendements élevés et garantir la qualité des produits agricoles étant donné que les précipitations sont rares (moyenne annuelle : 346 mm) et soumises à d'importantes fluctuations saisonnières et interannuelles. L'agriculture Marocaine est exposée à des fluctuations de rendements considérables. Ainsi, le rendement des céréales moyen annuel au niveau national est par exemple compris entre 2 et 10 millions de tonnes par an.<sup>35</sup> L'irrigation agricole joue un rôle important aussi bien dans la stabilisation de la production agricole que dans le domaine de la sécurité alimentaire.

Depuis les années 1960, le gouvernement soutient considérablement l'agriculture irriguée par la préparation de vastes zones, l'installation de systèmes d'irrigation et la gestion de l'approvisionnement en eau. Sur les 1.459.000 hectares de surfaces irriguées (environ 17 % des surfaces cultivées au Maroc), 70 % ont été établies par les services publics.<sup>36</sup>

Initialement, la gestion des infrastructures d'irrigation et l'approvisionnement en eau étaient placés sous la direction des Offices Régionaux de Mise en Valeur Agricole (ORMVA). Vers la fin des années 1980, le gouvernement marocain a changé sa politique d'irrigation agricole: Ainsi, il a décidé de mettre l'accent sur les approches participatives (par exemple dans le cadre de la gestion participative en irrigation, GPI). Les agriculteurs des périmètres irrigués, qui s'étaient organisés dans les Associations d'Usagers des Eaux Agricoles (AUEA), ont été impliqués de manière conséquente dans l'aménagement hydro agricole avenir et dans la gestion des systèmes d'irrigation.<sup>37</sup>

La plus grande partie (1.209.000 ha, ca. 81 %) des 1,5 million d'hectares de superficie agricole, qui étaient équipées en 2004 avec des infrastructures d'irrigation, étaient équipées avec le système d'irrigation gravitaire. Sur les 246.000 hectares restants, l'irrigation par aspersion a été utilisée sur environ 152.000 hectares, l'irrigation localisée sur environ 98.000 hectares et l'irrigation par les inondations (« spate irrigation ») sur 26.000 hectares.<sup>38</sup>

Alors que les céréales, les olives et les amandes sont très souvent cultivés sans être irrigués, l'irrigation est primordiale pour la culture de légumes, d'agrumes et pour les cultures industrielles

---

<sup>34</sup> AHT Group : Identification et élimination des goulets d'étranglement pour l'utilisation des eaux usées dans le cadre de l'irrigation ou autres usages, 2009

<sup>35</sup> Le blé est cultivé sur 68% des surfaces cultivées non irriguées.

<sup>36</sup> AHT Group : Identification et élimination des goulets d'étranglement pour l'utilisation des eaux usées dans le cadre de l'irrigation ou autres usages, 2009

<sup>37</sup> Herzenni, A. : Les ORMVA, les AUEA et la gestion participative de l'irrigation, 2002

<sup>38</sup> FAO: Aquastat, Country Profile Morocco, 2005

(betterave, canne à sucre, coton).<sup>39</sup> Dans le cadre du Plan Vert, on prévoit de multiplier les cultures arboricoles ou de légumes au détriment de celles des céréales.

Les développements décrits ci-dessus indiquent le grand besoin en eau du secteur agricole. Le chapitre 5.11 présente un aperçu de l'utilisation actuelle des fertilisant dans le secteur agricole au Maroc et donne une autre raison à la nécessité de la valorisation des eaux usées dans le secteur agricole.

### 3.5.3 Tourisme

Le Maroc dispose de monuments culturels, de nombreuses spécialités pittoresques et possibilités de loisir. C'est pour cette raison que, ces dernières années, le développement du secteur touristique au Maroc s'est accru continuellement.

- Le secteur touristique a contribué en 2009 à 3,2 % au PIB du Maroc.
- De 2001 à 2008 la capacité d'hébergement a augmenté 97.000 à 153.000 lits.
- De 2001 à 2009 les nuitées dans les établissements classés ont augmentées de 12,7 à 16,2 millions.<sup>40</sup>

La Vision 2020 du secteur touristique au Maroc vise les objectifs suivants:

- Doubler les capacités d'hébergement, avec la construction de 200.000 nouveaux lits pour offrir aux visiteurs une expérience touristique riche et dense.
- Doubler en conséquence les arrivées de touristes, en doublant les parts de marché sur les principaux marchés européens traditionnels et en attirant 1 million de touristes issus des marchés émergents.
- Tripler également le nombre de voyages domestiques, avec l'objectif de démocratiser le tourisme au Maroc.<sup>41</sup>

Plusieurs grands projets touristiques ont été réalisés ou sont actuellement en développement et entraînent en vue du secteur de l'eau entre autres

- Un environnement propre et exigeant, une gestion durable et intégrée des déchets et des eaux usées ;
- Une demande saisonnière en eau potable et en assainissement ;
- Une demande continue en eau d'irrigation pour l'arrosage des espace verts et des terrains de golfs.

Le Plan AZUR est un projet qui a été mis en place pour permettre le développement de nouvelles stations touristiques balnéaires selon les principes du développement durable et d'une valorisation rationnelle des ressources naturelles, socio culturelles et économiques.

---

<sup>39</sup> FAO: Aquastat, Country Profile Morocco, 2005

<sup>40</sup> <http://www.tourisme.gov.ma/francais/5-Tourisme-chiffres/ChiffresCles.htm>

<sup>41</sup> <http://www.tourisme.gov.ma/francais/2-Vision2010-Avenir/1-en-bref/enbref.htm>

Ainsi, le secteur touristique offre des opportunités considérables en ce qui concerne une gestion intégrée des ressources en eau.

### 3.6 Energie

Le développement économique associé à une croissance démographique constante et de mode de vie ainsi qu'une faible production énergétique intérieure ont engendré l'augmentation de l'importation énergétique du Maroc au cours de ces dernières années. Le pays consomme énormément d'énergie fossile, dont plus que 93% doit être importée.

Le Tableau 6 présente l'évolution de la balance énergétique du Maroc en ktep.

**Tableau 6 : Evolution de la balance énergétique en ktep**<sup>42</sup>

	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
<b>Production</b>	<b>330</b>	<b>478</b>	<b>528</b>	<b>346</b>	<b>370</b>	<b>365</b>	<b>374</b>	<b>819</b>	<b>1133</b>
Pétrole et Gaz Naturel	61	57	64	45	66	60	59	49	60
Hydraulique	219	375	414	251	256	235	238	668	902
Eolien	50	46	50	50	48	70	77	102	171
<b>Consommation</b>	<b>10 461</b>	<b>10 961</b>	<b>11 511</b>	<b>12 190</b>	<b>12 901</b>	<b>13 734</b>	<b>14 764</b>	<b>15139</b>	<b>16147</b>
Produits Pétroliers	6445	6681	6982	7582	7713	8069	9068	9106	9918
Charbon	3337	3439	3620	3716	3878	3910	3740	3475	3498
Hydraulique	219	375	414	251	256	235	238	668	902
Gaz Naturel	48	46	45	379	479	540	533	586	633
Electricité importée	362	374	400	212	527	910	1108	1202	1024
Eolien	50	46	50	50	48	70	77	102	171
<b>Part des Produits Pétroliers (%)</b>	<b>61,6</b>	<b>61</b>	<b>60,6</b>	<b>62,2</b>	<b>59,8</b>	<b>58,8</b>	<b>61,4</b>	<b>60,1</b>	<b>61,4</b>
<b>Dépendance (%)</b>	<b>96,8</b>	<b>95,6</b>	<b>95,4</b>	<b>97,2</b>	<b>97,1</b>	<b>97,3</b>	<b>97,5</b>	<b>94,6</b>	<b>93,0</b>

Le tableau montre clairement que le Maroc, étant non producteur de ressources énergétiques, dépend de l'extérieur pour la quasi-totalité de son approvisionnement énergétique. La consommation moyenne reste relativement faible (0,4TEP/habitant, 480 kWh/habitant).

L'énergie au Maroc est utilisée essentiellement comme facteur de production de biens & services donc l'augmentation de cette consommation doit malgré tout être appréciée positivement, car synonyme de développement industriel et économique, et de production de richesses et de valeur ajoutée.

La facture énergétique pèse sur les équilibres économiques et financiers (26 Milliards de DH) et actuellement, le renchérissement spectaculaire des cours du pétrole ne fait qu'aggraver cette situation.

Ainsi plusieurs actions sont menées par l'Etat pour faire face à cette situation. L'un des objectifs de ces actions est d'encourager l'exploration et le développement des ressources locales notamment l'utilisation des énergies renouvelables (biomasse, énergie solaire, éoliennes, etc.). En 2009 les énergies renouvelables ne couvraient qu'environ 5% des besoins énergétiques. Elles doivent atteindre à hauteur de 10% des besoins globaux en énergie et 18% de la production d'électricité à l'horizon 2012.<sup>43</sup> Afin de parvenir aux objectifs escomptés et pour réduire la dépendance énergétique

<sup>42</sup> MINENV, Département de l'Energie et des Mines: Secteur de l'énergie, chiffres clés, année 2010

<sup>43</sup> Cp. Bundesagentur für Außenwirtschaft: Marokko richtet Energiepolitik neu aus, 2007

de l'extérieur, le Maroc opte en particulier pour l'énergie solaire et l'énergie éolienne, mais la biomasse a également un potentiel important et efficace si on applique les technologies modernes.

## 4 Politiques & législations dans le secteur de l'eau et d'assainissement au Maroc

### 4.1 Cadre réglementaire

La législation marocaine dans le domaine de l'eau remonte à 1914, date de promulgation du dahir sur le domaine public qui, complété par les dahirs de 1919 et 1925, intègre toutes les eaux au domaine public hydraulique. De nombreux textes relatifs à l'eau ont été promulgués par la suite, en fonction des besoins qui se sont fait sentir.

#### 4.1.1 Loi 10-95 sur l'eau <sup>44</sup>

Afin de regrouper les différents textes législatifs portant sur l'eau et de doter le pays d'un cadre réglementaire moderne le gouvernement marocain a promulgué en 1995 la Loi n°10-95 sur l'Eau.

Cette loi a consolidé la domanialité publique de l'eau en définissant de manière plus précise le Domaine Public Hydraulique (DPH) qui, à l'exception des droits acquis et reconnus sur l'eau, comprend entre autres

- les cours d'eau et les ressources qui leurs donnent naissance,
- les lacs, étangs, lagunes et marais salants,
- les puits artésiens jaillissants, les puits et abreuvoirs publics et
- les canaux de navigation, d'irrigation ou d'assainissement exécutés comme travaux publics.

La Loi 10-95, qui a jeté les bases d'une gestion intégrée, décentralisée et participative des ressources en eau, avec la création des ABH auxquelles est attribué ce rôle dans le cadre d'une unité géographique naturelle qui est le bassin hydrographique, constitue la référence de la politique de gestion et de planification des ressources en eau.

En effet, l'article 19 de la Loi sur l'eau et le décret n°2.05.1534 ont défini, respectivement, le contenu et la procédure d'élaboration et de révision des Plans Directeurs d'Aménagement Intégré des Ressources en Eau (PDAIRE) et du Plan National de l'Eau (PNE) (voir 4.4.1).

De même, une grande importance a été accordée à la valorisation des ressources en eau et à leur protection contre la pollution. En effet, la Loi 10-95 a précisé

- les conditions d'octroi des autorisations de déversements,
- la définition des objectifs de qualité,
- la fixation des valeurs limites de rejet et des normes de qualité,
- l'élaboration de l'inventaire du degré de pollution.

D'autres outils sont prévus par la Loi sur l'eau en l'occurrence, les zones de protection et les incitations financières pour la réutilisation des eaux usées.

---

<sup>44</sup> SEEE : Projet du Plan National de l'Eau, Version provisoire, 2009

La loi a aussi traité les aspects liés aux phénomènes extrêmes, en particulier, la sécheresse et les inondations. En effet, elle a permis à l'administration d'édicter des réglementations locales et temporaires en situation de pénurie d'eau. Dans le domaine de la protection contre les inondations, la loi a donné aux ABH le pouvoir d'intervenir, en partenariat avec les collectivités locales, pour entreprendre des projets de protection de la population et des biens contre les inondations.

L'innovation majeure de la Loi 10-95 est l'instauration d'instruments financiers en appliquant les principes « préleveur-payeur » et « pollueur-payeur ». Ces instruments constituent des leviers efficaces pour assurer la conservation et la préservation quantitative et qualitative des ressources en eau.

Par ailleurs, la loi n°10-95 sur l'eau réserve une place importante aux aspects liés au contrôle de l'utilisation des ressources en eau, et ce à travers la mise en place d'un système de dissuasion (police de l'eau et sanctions).

Jusqu'en 2009 69 textes d'application dont 25 décrets et 44 arrêtés ont été adoptés et publiés au Bulletin Officiel.<sup>45</sup> Les textes d'application portant sur les sujets de la présente étude sont :

- Arrêté n° 1607-06 portant sur la fixation des valeurs limites spécifiques de rejet domestique (voir 4.1.2)
- Arrêté n° 1276-01 portant sur la fixation des normes de qualité des eaux destinées à l'irrigation (voir 4.1.3)

#### 4.1.2 Arrêté 1607-06 portant sur la fixation des valeurs limites spécifiques de rejet domestique

L'arrêté 1607-06 établit les valeurs limites spécifiques de rejet domestique, applicables aux déversements d'eaux usées des agglomérations urbaines. Le Tableau 7 montre les valeurs limites pour les rejets domestiques à partir de l'année 2013 et à partir de l'année 2017.

**Tableau 7 : Valeurs limites spécifiques de rejet domestique<sup>46</sup>**

Paramètres	Valeurs limites spécifiques de rejet domestique	
	à partir de 2017	à partir de 2013
DBO5 mg O <sub>2</sub> /l	120	300
DCO mg O <sub>2</sub> /l	250	600
MES mg/l	150	250

<sup>45</sup> SEEE : Projet du Plan National de l'Eau, Version provisoire, 2009

<sup>46</sup> Arrêté 1607-06 portant sur la fixation des valeurs limites spécifiques de rejet domestique

### 4.1.3 Arrêté 1276-01 portant fixation des normes de qualité des eaux destinées à l'irrigation

L'article 2 de l'arrêté 1276-01 dit que toute eau destinée à l'irrigation doit satisfaire aux normes de qualité fixées au tableau suivant.

Paramètres		Valeurs limites
<b>Paramètres bactériologiques</b>		
1	Coliformes fécaux	1000/100 ml
2	Salmonelle	Absence dans 5 l
3	Vibrion Cholérique	Absence dans 450 ml
<b>Paramètres parasitologiques</b>		
4	Parasites pathogènes	Absence
6	Œufs, Kystes de parasites, Larves d'Ankylostomides	Absence
7	Fluococercaires de Schistosoma hoematobium	Absence
<b>Paramètres toxiques</b>		
8	Mercure (Hg) en mg/l	0,001
9	Cadmium (Cd) en mg/l	0,01
10	Arsenic (As) en mg/l	0,1
11	Chrome total (Cr) en mg/l	0,1
12	Plomb (Pb) en mg/l	5
13	Cuivre (Cu) en mg/l	0,2
14	Zinc (Zn) en mg/l	2
15	Sélénium (Se) en mg/l	0,02
16	Fluor (F) en mg/l	1
17	Cyanures (Cn) en mg/l	1
18	Phénols en mg/l	3
19	Aluminium (Al) en mg/l	5
20	Béryllium (Be) en mg/l	0,1
21	Cobalt (Co) en mg/l	0,05
22	Fer (Fe) en mg/l	5
23	Lithium (Li) en mg/l	2,5
24	Manganèse (Mn) en mg/l	0,2
25	Molybdène (Mo) en mg/l	0,01
26	Nickel (Ni) en mg/l	0,2
27	Vanadium (V) en mg/l	0,1
<b>Paramètres physico-chimiques</b>		
28	Salinité totale (STD) en mg/l	7680
	Conductivité électrique (CE) mS/cm à 25°C	12
29	Coefficient d'absorption du sodium (SAR)	
	0 – 3 et CE=	< 0,2
	3 – 6 et CE=	< 0,3
	6 – 12 et CE=	<0,5
	12 – 20 et CE=	< 1,3
	20 – 40 et CE=	< 3
<b>Ions toxiques (affectant les cultures sensibles)</b>		
30	Sodium (Na)	
	Irrigation de surface (SAR)	9
	Irrigation par aspersion (mg/l)	69
31	Chlorure (Cl)	
	Irrigation de surface (mg/l)	350
	Irrigation par aspersion (mg/l)	105
32	Bore (B) en mg/l	3
<b>Effets divers (affectant les cultures sensibles)</b>		
33	Températures en °C	35
34	Ph	6,5 – 8,4
35	Matières en suspension en mg/l	
	Irrigation de surface	2.000
	Irrigation par aspersion et localisée	100
36	Azote nitrique ( N-NO3-) en mg/l	30
37	Bicarbonate (HCO3-) irrigation par aspersion en mg/l	518
38	Sulfate (SO42-) en mg/l	250

Tableau 8 : Normes de qualité des eaux destinées à l'irrigation<sup>47</sup>

<sup>47</sup> SEEE/Département de l'Eau : Etude des possibilités de réutilisation des eaux usées épurées, Diagnostique, 2009



L'article 4 de l'arrêté définit les critères pour la délivrance des autorisations d'utilisation des eaux usées (conformément au décret susvisé n° 2-97-875 du 6 chaoual 1418, 4 février 1998) qui sont présentés ci-après :

**Tableau 9 : Recommandations pour la réutilisation des eaux usées épurées – OMS 1989<sup>48</sup>**

Niveau sanitaire	Conditions de réutilisation	Groupes exposés	Œufs d'helminthes	Coliformes thermotolérants	Procédés de traitement des eaux usées susceptibles d'assurer la qualité microbiologique voulue
<b>A</b>	Irrigation de cultures destinées à être consommées crues, des terrains de sport, des jardins publics (c)	Ouvriers agricoles, Consommateurs, Public	Absence	>1000 (d)	Une série de bassins de stabilisation conçus de manière à obtenir la qualité microbiologique voulue ou tout autre traitement équivalent
<b>B</b>	Irrigation de cultures céréalières, industrielles et fourragères, des pâturages et des plantations (d)	Ouvriers agricoles	Absence	Aucune norme n'est recommandée	Rétention en bassin de stabilisation pendant 8-10 jours ou tout autre procédé permettant une élimination équivalente des helminthes et des coliformes fécaux
<b>C</b>	Irrigation localisée des cultures de la catégorie B si les ouvriers agricoles et le public ne sont pas exposés	Aucun	Sans objet	Sans objet	Traitement primaire

- (a) En fonction de la technique d'irrigation mais au moins une décantation Ascaris, trichuris et ankylostomes
- (b) Durant la période d'irrigation
- (c) Une directive stricte (>200 coliformes fécaux par 100 ml) est justifiée pour les pelouses avec lesquelles le public peut avoir un
- (d) Dans le cas des arbres fruitiers, l'irrigation doit cesser deux semaines avant la cueillette et aucun fruit tombé ne doit être

#### 4.1.4 Lois relatives à la protection et à la mise en valeur de l'environnement (Loi n°11-03) et les études d'impact sur l'environnement (Loi n°12-03)

Dans le domaine de l'environnement, le gouvernement a promulgué en 2003 deux lois importantes à savoir la Loi n°11-03 relative à la protection et à la mise en valeur de l'environnement et la Loi n°12-03 relative aux Etudes d'Impact sur l'Environnement (EIE).

Ces lois visent respectivement à préciser les règles de base et les principes généraux de la politique nationale dans le domaine de la protection et de la mise en valeur de l'environnement et à soumettre les projets qui risquent de produire des impacts négatifs sur le milieu biophysique et humain à la réalisation préalable d'études d'impact sur l'environnement. Ces dernières sont examinées par un comité, institué auprès de l'autorité gouvernementale chargée de l'environnement, qui donne son avis sur l'acceptabilité environnementale des projets.<sup>49</sup>

<sup>48</sup> SEEE/Département de l'Eau : Etude des possibilités de réutilisation des eaux usées épurées, Diagnostique, 2009

<sup>49</sup> SEEE : Projet du Plan National de l'Eau, Version provisoire, 2009

#### 4.1.5 Code des Investissements Agricoles

Le Code des Investissements Agricoles, qui est un ensemble de textes législatifs et réglementaires, a été adopté en 1969 dans le but de préciser le cadre d'intervention des Offices Régionaux de Mise en Valeur Agricoles (ORMVA) en matière d'aménagement hydro-agricole et de gestion de l'irrigation dans les grands périmètres (Grande Hydraulique) équipés et gérés de manière collective.

Le Code des Investissements Agricoles a institué le cadre de régulation des relations entre l'Etat, les promoteurs d'aménagements hydro-agricoles, et les agriculteurs bénéficiaires de ces aménagements. Il précise notamment, le système de tarification de l'eau d'irrigation et par conséquent, le partage du coût entre l'Etat et les agriculteurs bénéficiaires. Ces derniers ne sont appelés à participer qu'à concurrence de 40% des coûts des équipements y compris la mobilisation, déduction faite de la part imputable à la production de l'énergie hydroélectrique et l'approvisionnement en eau potable pour les barrages à buts multiples.<sup>50</sup>

#### 4.1.6 Charte Communale

La Charte Communale de 2002 qui a actualisé et remplacé celle de 1976 confère la responsabilité des services publics communaux notamment dans les domaines de l'eau potable et de l'assainissement liquide et solide aux collectivités locales en leur donnant la possibilité de choisir le mode de gestion qui leur convient entre :

- la régie directe,
- la régie autonome
- la délégation à un opérateur spécialisé.

Cette même charte confère aux communes d'importantes attributions en matière de lutte contre les inondations et la pollution. Le conseil communal et le président de ce conseil peuvent prendre des mesures pour la réalisation d'infrastructures et l'exécution de travaux de curage pour la protection contre les inondations.<sup>51</sup>

#### 4.1.7 Loi n°54-05 relative à la gestion déléguée des services publics

Dans le but d'unifier et de mettre à niveau les procédures relatives aux concessions et de promouvoir l'intervention du secteur privé dans la gestion des services publics, le Gouvernement a adopté en 2005 la Loi n°54-05 relative à la gestion déléguée des services publics. Cette loi a défini les règles qui régissent la relation entre l'Etat, les Collectivités Locales ou Etablissements Publics (dénommés délégués) d'une part et les sociétés concessionnaires (dénommées délégataires) d'autre part.

---

<sup>50</sup> SEEE : Projet du Plan National de l'Eau, Version provisoire, 2009

<sup>51</sup> SEEE : Projet du Plan National de l'Eau, Version provisoire, 2009

Les contrats de concession définissent les principales obligations contractuelles des délégants et des délégataires en donnant à ces derniers le droit de percevoir des redevances auprès des usagers du service public de nature économique concédé.<sup>52</sup>

#### **4.1.8 Cadre réglementaire relatif aux eaux pluviales**

Ce chapitre présente les dispositions les plus importantes en ce qui concerne la gestion des eaux pluviales au Maroc.

##### **4.1.8.1 Loi 10-95 sur l'eau**

L'article 25 de la loi 10-95 sur l'eau définit le droit d'usage des eaux pluviales et fait référence au décret fixant les conditions d'accumulation artificielle des eaux concernant l'autorisation des telles installations.

L'article 25 dit que « les propriétaires ont le droit d'user des eaux pluviales tombées sur leurs fonds. Les conditions d'accumulation artificielle des eaux sur les propriétés privées sont fixées par voie réglementaire ».

##### **4.1.8.2 Décret fixant les conditions d'accumulation artificielle des eaux**

L'article premier du décret définit que « l'accumulation artificielle des eaux [...] est soumise à autorisation délivrée par le directeur de l'agence du bassin hydraulique concernée dans les conditions fixées par le présent décret. Les ouvrages d'accumulation artificielle des eaux d'un volume inférieur à 2.000 m<sup>3</sup> d'eaux sont soumis à une simple déclaration ».

##### **4.1.8.3 Projet de décret portant approbation du règlement général de construction**

Le décret du règlement général de construction porte entre autres sur l'intégration des espaces verts, la récupération des eaux pluviales et sur la façon de traiter les eaux usées dans le cadre de l'intégration de l'efficacité énergétique dans les villes nouvelles.

##### Article 98 : Grille de surfaces des espaces verts

Pour la réalisation de chaque lotissement et groupe d'habitations, la surface réservée aux espaces verts doit être au minimum de 7% par rapport à la surface nette cessible du lotissement ou groupe d'habitations

---

<sup>52</sup> SEEE : Projet du Plan National de l'Eau, Version provisoire, 2009

### Article 85 : Récupération des eaux de pluie (EP)

Les eaux pluviales, après leur évacuation de la toiture, peuvent, soit être déversées directement dans le réseau d'assainissement ou être stockées dans un bassin de rétention, où, elles vont être utilisées après pompage et filtration.

Le stockage temporaire évite la surcharge des réseaux d'assainissement et donc des stations d'épuration lors des périodes pluvieuses. Il sert aussi à éviter les inondations, un moyen de préserver les ressources naturelles et une source d'économie non négligeable. Il s'agit de récupérer, utiliser et gérer l'EP.

L'installation de récupération et/ou de rétention de l'eau de pluie comprend :

- Une surface de récolte : éviter la collecte en aval des toitures en métal, en plomb ou en amiante-ciment...
- Un réseau de collecte (les gouttières),
- Un volume de stockage, aérien ou enterré : Les citernes de surface doivent être protégées des UV par un abri en dur, les cuves doivent être fermées par un couvercle solide et sécurisé, traitées pour éviter un développement bactérien et nettoyées une fois par an,
- Un dispositif de pompage, de filtration de distribution et d'aération.

La récupération de l'eau de pluie doit respecter les conditions d'installation, d'usage, d'entretien et de surveillance des équipements.

L'usage peut être soit intérieur (les WC, le lavage des sols, le lave linge..) soit extérieur (arrosage des espaces verts, robinets collectifs pour caves, sous-sols et terrasses), avec une signalisation et un pictogramme indiquant « eau non potable ».

L'usage intérieur implique la coexistence d'un double réseau, celui de l'eau potable et celui de l'eau de pluie.

En cas de forte pluie, le système de trop-plein doit pouvoir évacuer la totalité du débit maximal d'alimentation du réservoir dans le réseau.

### Article 206: Efficacité énergétique dans les villes nouvelles

En plus des articles contenus dans ce présent Règlement Général de Construction, certaines dispositions sont à prendre en considération dans les villes nouvelles notamment les suivantes:

- [...] ;
- Traitement des eaux usées : Prévoir des réseaux séparatifs avec récupération des eaux de pluie et traitement des eaux usées pour l'arrosage des espaces verts, voir pour certains usages domestiques, avec possibilité de produire de l'électricité.

#### 4.1.8.4 Le Plan National de Lutte contre les Inondations

Pour cerner le problème des inondations, le Secrétariat d'Etat chargé de l'Eau et de l'Environnement (SEEE) a mené une étude nationale de protection des villes et centres contre les inondations (Plan National de lutte contre les Inondations).

Cette étude a pour ambition d'avoir une vision synthétique et complète à l'échelle de la totalité du territoire national de l'ensemble des risques réels et potentiels d'inondation en vue de dégager et de planifier les différentes mesures qui permettront d'y faire face. Ces mesures pourront être physiques par la réalisation d'ouvrages de protection tels que les barrages, les endiguements, le calibrage et l'entretien des lits des cours d'eau ou les systèmes de lutte contre l'érosion,... mais aussi préventives, réglementaires, organisationnelles, et de sensibilisation ;...

Dans le cadre de cette étude, 391 sites ont été inventoriés, visités et ont fait l'objet d'étude et d'analyse. Parmi ces sites, 50 ont été classés prioritaires. Sur la base de ces études, un programme de prévention et de protection contre les inondations des sites inventoriés est en cours de finalisation.

## 4.2 Cadre institutionnel

### 4.2.1 Ministère de l'Energie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement (MEMEE) et le Secrétariat d'Etat chargé de l'Eau et de l'Environnement (SEEE)

Le Ministère de l'Energie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement (MEMEE) et le Secrétariat d'Etat chargé de l'Eau et de l'Environnement (SEEE) exercent, entre autres, la tutelle de

- l'Office National de l'Electricité (ONE) qui utilise l'eau pour produire l'énergie à l'aide des usines hydro-électriques installées principalement au pied des barrages,
- l'Office National de l'Eau Potable (ONEP) qui produit et distribue l'eau potable,
- les Agences de Bassins Hydrauliques (ABH) qui ont pour mission la gestion et la protection des ressources en eau au niveau régional.

Les missions de suivi, d'évaluation, de planification, de mobilisation et de gestion des ressources en eau sont du ressort du Secrétariat d'Etat auprès du MEMEE, chargé de l'Eau et de l'Environnement. Ce département assure la tutelle et regroupe plusieurs structures:

- le Département de l'eau comprenant la Direction de la Recherche et de la Planification de l'Eau (DRPE) et la Direction des Aménagements Hydrauliques ;
- le Département de l'Environnement avec ses quatre directions centrales ;
- la Direction de la Météorologie Nationale ;
- l'Office National de l'Eau Potable (ONEP), établissement public autonome. Cet Office est chargé de la production d'eau potable à l'échelle nationale et assure la distribution de l'eau potable et l'assainissement à travers les délégations de service par les communes ;

- les sept Agences de Bassins Hydrauliques (ABH) de la Moulouya, du Loukkos qui couvre aussi les bassins côtiers méditerranéens, du Sebou, du Bou Regreg et de la Chaouia, du Tensift, du Souss-Massa-Drâa et les ABH du Guir-Ziz-Rhérès et du Sakia El Hamra-Oued Eddahab.<sup>53</sup>

#### 4.2.2 Autres départements ministériels

Les départements ministériels, organismes et établissements publics intervenant dans le secteur de l'eau sont:

- Le Ministère de l'Agriculture et de la Pêche Maritime chargé d'élaborer et de mettre en œuvre la politique agricole à l'échelle nationale. Il a la tutelle des Offices Régionaux de Mise en Valeur Agricole qui sont chargés de l'aménagement hydroagricole et de la gestion de l'irrigation des périmètres de la grande hydraulique;
- Le Ministère de l'Intérieur qui assure la tutelle et l'assistance technique aux collectivités locales en matière d'assainissement et de distribution de l'eau potable par le biais de la direction de l'eau et de l'assainissement et la direction des régions et des services concédés;
- Le Haut Commissariat aux Eaux et Forêts dont la mission couvre la gestion du domaine forestier, le reboisement, la protection des bassins versants et l'octroi des amodiations de pêche dans les eaux continentales;
- Le Ministère de la Santé chargé des aspects sanitaires liés à l'eau ;
- Le Ministère délégué aux Affaires Economiques et Générales, qui assure la présidence de la Commission Interministérielle des Prix, intervient dans la réglementation des tarifs de l'assainissement et de l'eau potable à la production et à la distribution ;

Le secteur privé intervient dans la gestion du service de l'eau par le biais de sociétés concessionnaires qui sont des sociétés privées de droit marocain chargées d'opérer dans les secteurs de distribution d'eau potable et d'assainissement dans les grandes villes (zone côtière de Rabat - Casablanca et Tanger-Tétouan) et l'irrigation dans le périmètre d'El Guerdane.<sup>54</sup>

#### 4.2.3 Agences des bassins hydrauliques (ABH)

Les ABH qui sont des établissements publics dotés de la personnalité morale et de l'autonomie financière ont été créées par la Loi 10-95 sur l'eau. Elles ont pour mission d'assurer la gestion intégrée et participative des ressources en eau au niveau des bassins hydrauliques relevant de leurs zones d'actions respectives. Elles peuvent accorder des aides financières et l'assistance technique à toute personne physique ou morale engageant des investissements d'aménagement ou de protection des ressources en eau. Leurs ressources financières sont constituées des redevances recouvrées auprès des usagers de l'eau et du DPH et auprès des pollueurs ainsi que des emprunts, des subventions, des dons, etc.<sup>55</sup>

Les agences des bassins hydrauliques sont chargées

<sup>53</sup> SEEE : Projet du Plan National de l'Eau, Version provisoire, 2009

<sup>54</sup> SEEE : Projet du Plan National de l'Eau, Version provisoire, 2009

<sup>55</sup> SEEE : Projet du Plan National de l'Eau, Version provisoire, 2009

- D'élaborer le Plan Directeur d'Aménagement Intégré des Ressources en Eau (PDAIRE) relevant de sa zone d'action ;
- De veiller à l'application du PDAIRE à l'intérieur de sa zone d'action ;
- De délivrer les autorisations et concessions d'utilisation du domaine public hydraulique prévues dans le PDAIRE de sa zone d'action ;
- De fournir toute aide financière et toute prestation de service, notamment d'assistance technique aux personnes publiques ou privées qui en feraient la demande, soit pour prévenir la pollution des ressources en eau, soit en d'un aménagement ou d'une utilisation du domaine public hydraulique ;
- De réaliser toutes les mesures piézométriques et de jaugeages ainsi que les études hydrologiques, de planification et de gestion de l'eau tant au plan quantitatif que qualitatif ;
- De réaliser toutes les mesures de qualité et d'appliquer les dispositions de la présente loi et des lois en vigueur relatives à la protection des ressources en eau et à la restauration de leur qualité, en collaboration avec l'autorité gouvernementale chargée de l'environnement ;
- De proposer et d'exécuter les mesures adéquates, d'ordre réglementaire notamment, pour assurer l'approvisionnement en eau en cas de pénurie d'eau, déclaré conformément au chapitre X de la présente loi ou pour prévenir des risques d'inondation ;
- De gérer et contrôler l'utilisation des ressources en eau mobilisées,
- De réaliser des infrastructures nécessaires à la prévention et à la lutte contre les inondations ;
- De tenir un registre des droits d'eau reconnus et des concessions et autorisations de prélèvement d'eau accordés.<sup>56</sup>

#### 4.2.4 Institutions pour la gestion de l'irrigation

La gestion des ressources en eau à usage agricole est assurée par

- Le Ministère de l'Agriculture et des Pêches Maritimes (MAPM) à travers notamment l'Administration du Génie Rural (AGR) au niveau central,
- Les Offices Régionaux de Mise en Valeur Agricole (ORMVA) au niveau des grands périmètres irrigués et
- Les Directions Provinciales de l'Agriculture (DPA) dans les zones d'action non couvertes par les ORMVA.

L'AGR est chargée de coordonner les actions d'aménagements hydro-agricoles et fonciers et de gestion de l'irrigation.

Les ORMVA, au nombre de neuf, sont des établissements publics et ont pour missions principales dans leurs zones d'action :

- L'aménagement (étude et équipement des périmètres d'irrigation et des zones de l'agriculture pluviale) ;
- La gestion des ressources en eau à usage agricole et des réseaux d'irrigation ;

---

<sup>56</sup> Loi 10-95 sur l'eau, section 3, article 20

- Le développement agricole (développement des productions végétales et animales, encadrement et formation des agriculteurs...);

Le département de l'Agriculture assure également la tutelle des associations des usagers des eaux agricoles.<sup>57</sup>

#### 4.2.5 Institutions dans le secteur de l'eau potable et l'assainissement

La production d'eau potable est assurée principalement par l'ONEP alors que la distribution de l'eau potable et l'assainissement dans les villes est du ressort des communes qui décident des modes de gestion de ces services publics. L'ONEP intervient pour le compte des communes dans la distribution en eau potable et dans l'assainissement dans la plupart des centres urbains.

Les régies autonomes qui sont au nombre de 12 sont des établissements publics locaux dotés de l'autonomie financière et assurent l'assainissement et la distribution de l'eau potable dans les grandes villes. Actuellement, cette forme de gestion a lieu dans dix sept villes et centres: Agadir, Fès, Oujda, Marrakech, Béni Mellal, Meknès, El Jadida, Kenitra, Larache, Settat, Safi, Taza, Soualem, Sahel, Sidi Rahal Chatii et Droua.

La gestion déléguée aux concessionnaires privés a été confiée, pour gérer les services de la distribution de l'eau potable et d'assainissement en plus de ceux de l'électricité dans le cadre de contrats de concession dans le Grand Casablanca, la zone de la Wilaya de Rabat-Salé et les villes de Tanger et Tétouan avec sa zone côtière.

La réalisation du Programme d'Alimentation en Eau Potable en Milieu Rural (PAGER) était jusqu'à une date récente partagée entre la Direction Générale de l'Hydraulique (points d'eau aménagés et gérés par des associations d'usagers) et l'ONEP (piquages sur adductions urbaines desservant des bornes-fontaines gérées par des gardiens-gérants). Depuis janvier 2004, l'alimentation en eau potable des populations rurales relève dans sa grande majorité de la responsabilité de l'ONEP; la direction générale de l'hydraulique n'intervient désormais plus que dans les zones du rural profond.<sup>58</sup>

### 4.3 Instances d'orientation et de coordination

#### 4.3.1 Conseil Supérieur de l'Eau et du Climat

La loi sur l'eau 10-95 a institutionnalisé le Conseil Supérieur de l'eau et du Climat (CSEC) qui a commencé en fait à fonctionner depuis 1981. Huit sessions ont été tenues avant la promulgation de la loi 10-95 ; elles ont été consacrées essentiellement aux plans directeurs d'aménagement intégré des ressources en eau.

Le CSEC est chargé de formuler les orientations générales de la politique nationale en matière d'eau et de climat (article 13 de la loi 10-95) et donner notamment, son avis sur la stratégie nationale

<sup>57</sup> SEEE : Projet du Plan National de l'Eau, Version provisoire, 2009

<sup>58</sup> SEEE : Projet du Plan National de l'Eau, Version provisoire, 2009



d'amélioration de la connaissance du climat, le Plan National de l'Eau (PNE) et les Plans Directeurs d'Aménagement Intégré des Ressources en Eau (PDAIRE).

#### 4.3.2 Conseil Nationale de l'Environnement

Le Conseil National de l'Environnement (CNE) a été créé par décret en 1995 dans le but d'assurer la protection et l'amélioration de l'environnement et du cadre de vie. Il est chargé d'orienter et de coordonner les activités relatives à la protection de l'environnement et l'information et la sensibilisation du public dans ce domaine.

#### 4.3.3 Commission préfectorale ou provinciale de l'eau

Au niveau de chaque préfecture ou province, une commission préfectorale ou provinciale de l'eau composée pour moitié des représentants de l'Etat et des établissements publics placés sous sa tutelle et chargés de la production de l'eau potable, de l'énergie hydroélectrique et de l'irrigation, et pour moitié des représentants des corps élus (collectivités locales, ethniques et chambres professionnelles).

La commission préfectorale ou provinciale de l'eau est chargée de:

- Apporter son concours à l'établissement des plans directeurs d'aménagement intégré des eaux du bassin hydraulique;
- Encourager l'action des communes en matière d'économie de l'eau et de protection des ressources en eau contre la pollution;
- Entreprendre toute action susceptible de favoriser la sensibilisation du public à la protection et à la préservation des ressources en eau.

### 4.4 Plans et stratégies: Orientations gouvernementales et stratégies dans le secteur de l'eau (usée)

#### 4.4.1 Plan National de l'Eau

Le Plan National de l'Eau établi par le département chargé de l'eau sur la base des résultats et conclusions des Plans Directeurs d'Aménagement Intégré des Ressources en Eau, constitue un outil permettant d'avoir une vision globale et cohérente de la stratégie nationale en matière de planification, de gestion et de préservation des ressources en eau.<sup>59</sup>

Le PNE dresse l'état des lieux, le bilan des réalisations et présente les grandes orientations, les programmes des actions à entreprendre à moyen et long termes et les mesures d'accompagnement ainsi qu'un programme de suivi de réalisation du plan.

Les principales contraintes et problèmes identifiés dans le cadre du PNE sont :

---

<sup>59</sup> SEEE : Projet du Plan National de l'Eau, Version provisoire, 2009

- La détérioration de la qualité des ressources en eau
- La raréfaction des ressources en eau
- L'érosion et perte de capacités des retenues de barrage
- La problématique des phénomènes extrêmes
- Gestion non-durable des systèmes fragiles
- Contraintes et performances sous sectorielles : irrigation, eau potable et assainissement
- Difficultés dans la mise en œuvre de la gestion intégrée des ressources en eau
- Contraintes de financement du secteur de l'eau.

Généralement, les orientations et les objectifs du PNE reposent sur les principes suivants :

- L'eau est un droit pour tous mais également une responsabilité de chacun;
- L'eau doit être gérée dans une perspective de développement durable, en satisfaisant les besoins actuels sans porter préjudice aux intérêts des générations futures ;
- L'eau a une dimension économique en recherchant le recouvrement des coûts, mais également sociale et environnementale tout en assurant un développement équitable et solidaire entre les citoyens et les régions.

Les grandes orientations stratégiques du plan d'actions visent d'une part la consolidation des acquis et d'autre part le rattrapage des retards enregistrés en matière d'assainissement et de lutte contre la pollution et la valorisation de l'eau notamment en agriculture. Les grands axes de ces orientations sont:

- Valorisation des ressources en eau et gestion de la demande en eau
  - Economie d'eau en irrigation,
  - Valorisation des ressources en eau mobilisées,
  - Amélioration de l'efficacité des réseaux de distribution d'eau potable et industrielle,
  - Valorisation de l'énergie hydraulique.
- Préservation des ressources en eau et lutte contre la pollution
  - Modernisation du réseau de mesure et l'inventaire de toutes les sources de pollution,
  - Accélération du rythme de mise en œuvre du programme national d'assainissement et d'épuration des eaux usées,
  - Accélération du rythme de la dépollution industrielle,
  - Accompagnement à la généralisation de l'accès à l'eau potable en milieu rural,
  - Engagement d'un programme de développement de l'assainissement.
- Gestion durable des ressources en eau souterraine
  - Maîtrise des demandes en eau et des prélèvements à partir des nappes surexploitées,
  - Substitution des prélèvements à partir des nappes surexploitées par les eaux de surface et/ou la **réutilisation des eaux usées épurées**: Substitution des prélèvements à partir des nappes surexploitées, lorsque cela est possible, par les eaux de surface et/ou la réutilisation des eaux usées épurées en irrigation et l'arrosage des golfs et des espaces verts, voire le dessalement de l'eau de mer pour les nappes côtières menacées par l'intrusion marine.

- Renforcement des moyens d'exercice de la police de l'eau et la coordination des actions de la police de l'eau et des autres corps de contrôle,
- Révision des incitations financières à travers l'instauration d'une tarification dissuasive et incitatrice à l'économie d'eau et la suppression des subventions favorisant la surexploitation des nappes,
- Renforcement de la reconnaissance des nappes profondes,
- **Recharge artificielle des nappes** : Il est impératif de reconstituer au moins en partie le stock des ressources en eau souterraine par la recharge artificielle des nappes qui permettrait la restauration de l'équilibre de ces nappes ou, du moins, l'atténuation des déficits enregistrés. Les investigations menées ont identifié 20 nappes qui connaissent une surexploitation avancée pouvant faire l'objet de la recharge artificielle afin d'atténuer les déficits enregistrés dans ces aquifères, voire la reconstitution de leur stock. Le volume total pouvant être injecté dans l'ensemble de ces nappes est évalué à près de 240 millions de m<sup>3</sup>.
- Sensibilisation des usagers.
- Gestion et développement de l'offre
  - Gestion durable des infrastructures hydrauliques,
  - Mobilisation des ressources en eau nouvelles,
  - **Mobilisation des ressources en eau non conventionnelles** : En accompagnement à la mise en œuvre du programme national d'assainissement et d'épuration des eaux usées, il est prévu de renforcer la phase d'épuration par le niveau tertiaire pour assurer la réutilisation des eaux usées épurées en particulier dans le domaine de l'irrigation et l'arrosage des golfs et des espaces verts. Le potentiel de réutilisation des eaux usées épurées est évalué au moins à 300 Mm<sup>3</sup>/an. Les principales villes concernées sont les suivantes : Marrakech, Oujda, Nador, Tanger, Tétouan, Agadir, Béni Mellal, Safi, Khouribga, El Jadida, Fès, Meknès, Kénitra, Grand Casablanca, Rabat-Salé.
  - Transferts d'eau interbassins.
- Réduction de la vulnérabilité aux risques naturels liés à l'eau et adaptation aux changements climatiques
  - Lutte contre les inondations,
  - Lutte contre les effets de la sécheresse.
- Protection et conservation des bassins versants et des zones sensibles
  - Poursuite des réformes réglementaires et institutionnelles
  - Développement de la recherche et de l'expertise
  - Communication, éducation et sensibilisation.
- Poursuite des réformes réglementaires et institutionnelles

Les objectifs spécifiques fixés dans le cadre de ce plan sont:

- Généraliser l'accès à l'eau potable en milieu rural à l'horizon 2012 et atteindre un taux de branchements individuels de 90% 2030 ;
  - atteindre en milieu urbain un taux de desserte par branchements individuels d'au moins 95% en 2010, 98% en 2015 et 100% en 2020 ;
  - atteindre un rendement au niveau des réseaux de distribution d'eau potable de 80% en 2020 et 90% en 2030.

- Reconstituer le stock stratégique des nappes d'eaux souterraines à hauteur de 100% en 2030.
- Atteindre en 2030 un taux de raccordement au réseau d'assainissement de 90%, un taux d'épuration des eaux usées de 90% et la réutilisation de 100% des eaux usées épurées.
- Résorber en moins de 10 ans le retard enregistré dans l'équipement des périmètres dominés par les barrages réalisés notamment dans le bassin du Sebou.
- Développer les techniques d'irrigation économes en eau sur près de 70% de la superficie globale irriguée.
- Consolider l'effort de mobilisation des eaux de surface par la réalisation d'une quarantaine de barrages structurants et des petits barrages et lacs collinaires à but local.
- Mettre en service des stations de dessalement d'eau de mer dans les zones côtières d'Agadir, Casablanca-Safi et Hoceima-Saidia.
- Etablir un plan national de sauvegarde des zones humides.
- Réaliser la première phase de transfert interbassins de l'eau pour un volume transféré de 400 Mm<sup>3</sup> à partir du bassin de Sebou vers les bassins de Bouregreg, Oum ErBia et Tensift.
- Réduire le taux d'envasement des retenues de barrages de l'ordre de 20 à 25%.
- Promulguer tous les textes de loi en souffrance et adapter le contexte réglementaire aux besoins de la mobilisation des eaux non conventionnelles, notamment le dessalement de l'eau de mer.
- Réaliser la deuxième phase de transfert interbassins de l'eau pour un volume transféré de 400 Mm<sup>3</sup> à partir des bassins de Laou, Loukkos et Sebou vers les bassins de Bouregreg, Oum ErBia et Tensift ;

#### 4.4.2 Stratégie Nationale de Développement du Secteur de l'Eau (SNE)

Pour consolider les acquis et relever les défis du secteur de l'eau au Maroc, une nouvelle impulsion visant le renforcement de la politique de l'eau a été amorcée et présentée dans le cadre de la Stratégie Nationale de Développement du Secteur de l'Eau.

L'élaboration de la stratégie s'est basée sur trois leviers à savoir :

- Des objectifs beaucoup plus ambitieux pour satisfaire de façon pérenne les besoins en eau, mais aussi se protéger durablement face aux effets du réchauffement climatique
- Un changement radical des comportements (d'utilisation et de gestion de la ressource) à travers une gestion coordonnée de la demande et de la ressource
- Une véritable gestion à long terme de l'eau

Les grandes orientations de cette stratégie portent sur les axes suivants:

- La gestion de la demande en eau et la valorisation de l'eau
  - Eau d'irrigation
    - Reconversion à l'irrigation localisée : potentiel de 2 Milliards m<sup>3</sup>/an avec un rythme de conversion de 40.000 ha/an ;
    - Amélioration des rendements des réseaux d'adductions vers les périmètres irrigués: potentiel de 400 millions de m<sup>3</sup> par an ;

- Adoption d'une tarification basée sur un comptage volumétrique ;
    - Sensibilisation et encadrement des agriculteurs pour les techniques d'économies d'eau.
  - Eau potable
    - Amélioration du rendement des réseaux : 80% comme moyenne nationale ;
    - Normalisation et incitation au recours aux technologies appropriées d'économies d'eau : conduites, équipement sanitaire, etc.
    - Révision du système tarifaire : une tarification qui incite à une utilisation plus rationnelle de l'eau potable et un meilleur recouvrement des coûts ;
    - Amélioration de l'efficacité de l'utilisation de l'eau en industrie et dans les unités touristiques et incitation au recyclage de l'eau ;
    - Prise en compte des meilleures pratiques d'économie d'eau dans les normes de construction ;
- La gestion et le développement de l'offre
  - La mobilisation des nouvelles ressources en eau
    - la réalisation d'une cinquantaine de grands barrages d'ici à 2030 : 1.7 Milliards de m<sup>3</sup> comme volume additionnel mobilisé à terme.
    - le transfert Nord-Sud pour le soutien du développement socioéconomique des bassins de Bouregreg, Oum Er Rbia et du Tensift : 1ère phase 400 Mm<sup>3</sup>/an à partir du Sebou, 2ème phase 400 Mm<sup>3</sup>/an à partir du Loukkos-Laou ;
  - La **mobilisation de ressources en eau nouvelles à petite échelle**
  - La mobilisation des ressources en eau non conventionnelles est inéluctable par
    - le dessalement d'eau de mer et déminéralisation des eaux saumâtres : objectif d'équipement d'un potentiel de production de près de 400 Mm<sup>3</sup> d'eau potable par an.
    - **la réutilisation des eaux usées épurées: 300 Mm<sup>3</sup>/an des eaux usées épurées à réutiliser dans l'arrosage des golfs et des espaces verts et dans l'irrigation des cultures qui s'y apprêtent.**
- La préservation et la protection des ressources en eau, du milieu naturel et des zones fragiles
  - Protection de la qualité des ressources en eau et lutte contre la pollution
    - Accélérer le rythme de mise en œuvre du programme national d'assainissement et d'épuration des eaux usées: taux d'accès à l'assainissement de 90% en 2030;
    - Programme National d'Assainissement Rural : taux d'accès à l'assainissement de 90% en 2030;
    - Programme National de Prévention et de lutte contre la Pollution Industrielle;
    - Mise en œuvre du plan national de gestion des déchets ménagers et assimilés.
  - Sauvegarde et reconstitution des nappes
    - Renforcement du système de contrôle et sanctions en cas de surexploitation;
    - Limitation des pompages dans les nappes (révision de la tarification, élimination de subventions incitatives à la surexploitation, périmètres d'interdiction et restriction des pompages, techniques économes...)

- Renforcement de la responsabilité des ABH dans la gestion des nappes et généralisation des contrats de nappe;
  - Recours systématique aux **ressources en eau de substitution conventionnelles et non conventionnelles** pour soulager la pression sur les eaux souterraines;
  - Programmes de **recharge artificielle des nappes** (stockage de 180 Mm<sup>3</sup>/an);
  - Réinjection des eaux usées après traitement pour les nappes côtières utilisées pour l'irrigation (100 Mm<sup>3</sup> à l'horizon 2030);
  - Substitution des volumes prélevés par l'ONEP et régies à partir des eaux souterraines en eau de surface (90 Mm<sup>3</sup>/an à l'horizon 2020).
- Sauvegarde des bassins versants, oasis, et zones humides
- La réduction de la vulnérabilité aux risques naturels liés à l'eau et l'adaptation aux changements climatiques
  - Amélioration de la protection des personnes et des biens contre les inondations
  - Lutte contre les effets de la sécheresse : plans de gestion de sécheresse par bassin hydraulique
- La poursuite des réformes règlementaires et institutionnelles
  - Le parachèvement du dispositif réglementaire nécessaire à la mise en application de l'ensemble des dispositions de la loi 10-95 sur l'eau
    - La prévention et lutte contre les inondations
    - La déclaration de l'état de pénurie d'eau et la gestion de l'eau en période de sécheresse
    - Mise en œuvre du principe pollueur-payeur
  - La relecture de la loi sur l'eau et ses textes d'application afin d'intégrer les aspects non couverts par la loi
    - Les rejets d'eaux usées en mer
    - Le dessalement de l'eau de mer,
    - L'économie de l'eau,
- La modernisation des systèmes d'information et le renforcement des moyens et des compétences
  - La modernisation de l'Administration et développement des systèmes d'information
  - La modernisation des réseaux de mesures
  - Le renforcement de la recherche et du développement
  - Le développement des compétences.

Les mesures proposées dans la stratégie sont regroupées en six plans d'actions intégrés, séquencés et chiffrés:

- Plan d'Action environnemental portant sur la gestion, la préservation et protection des ressources en eau
  - Epuration des eaux usées domestiques et industrielles
  - Réduction de la pollution agricole
  - Protection des eaux souterraines
  - Protection des zones fragiles
- Plan d'action relatif à la gestion efficiente de la demande en eau
  - Irrigation efficiente

- Valorisation de l'eau
  - Révision de la tarification et du système de comptage
  - Renforcement du contrôle et de la police d'eau
- Plan d'action pour la réalisation des aménagements de mobilisation des ressources en eau
  - Réalisation des barrages
  - Dessalement de l'eau de mer
  - Déminéralisation des eaux saumâtres
  - Le transfert d'eau à partir des bassins du Nord vers le Sud
  - **L'épuration et la réutilisation des eaux usées et**
  - **Projets pilotes de captage des eaux de pluie**
- Mise en place d'une organisation opérationnelle permettant de faire face aux sécheresses extrêmes et aux inondations
- Amélioration de la structure et des pratiques de recouvrement des coûts des infrastructures de mobilisation, de gestion et de distribution de l'eau
- Mesures institutionnelles et d'accompagnement nécessaires au déploiement à moyen terme de la stratégie de développement du secteur de l'eau.

La Figure 4 montre le bilan global des actions de la stratégie de développement du secteur de l'eau

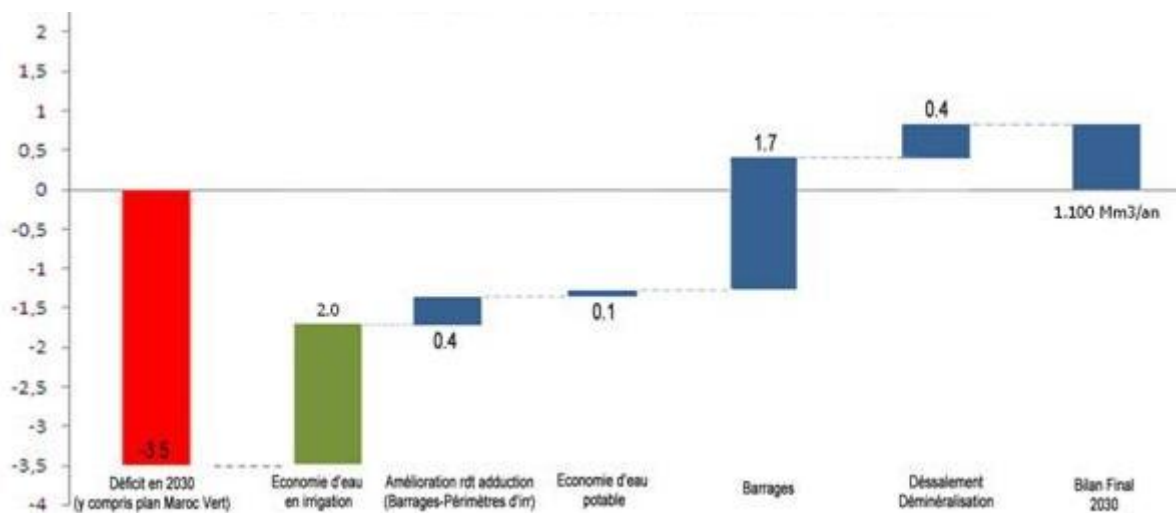


Figure 4 : Bilan global des actions de la stratégie de développement du secteur de l'eau

#### 4.4.3 Programme National d'Assainissement Liquide et d'Épuration des Eaux Usées (PNA)

Le Programme National d'Assainissement vise à contribuer à la mise à niveau des infrastructures d'assainissement et d'épuration pour répondre aux objectifs suivants :

- Atteindre un taux de raccordement global au réseau d'assainissement de plus de 80% en milieu urbain à l'horizon 2020;
- Rabattre la pollution de 60% au moins à l'horizon 2020.

Dans l'objectif de pallier aux lacunes de ce secteur, le programme proposé comprend:

- Des investissements en assainissement avec réhabilitation et extension des réseaux et branchements, et renforcement du réseau pluvial;
- Des investissements en épuration avec prétraitement, traitement primaire, secondaire, tertiaire et émissaire en mer selon les cas;
- Le renouvellement des équipements ;
- L'acquisition de matériel d'exploitation.

Globalement, ce programme définit les coûts de réalisation et de maintenance dans le secteur d'assainissement et d'épuration et présente une classification des différents centres selon les priorités.

Le montant du programme d'investissement est de l'ordre de 43 milliards de dirhams TTC (hors fonctionnement) qui se décomposent de la manière suivante :

- 16,1 milliards de DH (38% du total) pour la réalisation des infrastructures liées à l'extension et la réhabilitation des réseaux, les ouvrages d'interception, de pompage, d'acheminement des eaux usées vers les stations d'épuration ;
- 11,9 milliards de DH (28% du total) pour la réalisation des stations d'épuration ;
- 5,6 milliards de dirhams (13% du total) pour le renouvellement ;
- 2,6 milliards de dirhams (6% du total) pour le matériel d'exploitation ;
- 6,8 milliards de dirhams (15% du total) pour les quartiers périphériques et les zones rurales dont une partie est ciblée par l'Initiative Nationale pour le Développement Humain.

#### 4.4.4 Plans Directeurs d'Aménagement Intégré des Ressources en Eau<sup>60</sup>

Le décret no. 2-05-1534 relatif aux conditions et modalités d'élaboration et de révision des plans directeurs d'aménagement intégré des ressources en eau et du Plan National de l'Eau définit entre outre les responsabilités pour l'élaboration des PDAIREs ainsi que leurs contenu.

Les PDAIREs sont élaborés par les Agences des Bassins Hydrauliques pour chaque bassin ou ensemble de bassins hydrauliques relevant de sa zone d'action.

Les PDAIREs comportent les informations suivantes :

- L'évaluation et l'évolution quantitative et qualitative des ressources en eau et des écosystèmes aquatiques,
- L'analyse des acquis, atouts, et contraintes dans le domaine de l'eau
- L'évaluation et l'évolution des besoins en eau et des utilisations potentielles des ressources en eau et des écosystèmes aquatiques
- L'étude de préservation de la qualité des ressources en eau, des écosystèmes aquatiques et des infrastructures hydrauliques,
- L'analyse des risques d'inondation, l'identification et évaluation des besoins en protection contre les inondations

<sup>60</sup> Décret no. 2-05-1534 relatif aux conditions et modalités d'élaboration et de révision des plans directeurs d'aménagement intégré des ressources en eau et du Plan National de l'Eau



- Les orientations en matière de développement des ressources en eau et du secteur de l'eau et des objectifs à atteindre
- L'identification et évaluation technique, économique et environnementale des
  - possibilités de développement et de mise en valeur des ressources en eau,
  - actions de préservation de ces ressources et des écosystèmes aquatiques
  - des possibilités d'économie d'eau et de valorisation des eaux non-conventionnelles
  - des mesures de protection contre les inondations ;
- un plan de financement du PDAIRE,
- un plan d'action pour le suivi de la mise en œuvre du PDAIRE.

#### 4.4.5 Plan Maroc Vert

En 2008, un plan d'action national dans le secteur agricole, appelé Plan Maroc Vert (PMV), a été mis en place pour promouvoir l'énorme potentiel de l'agriculture marocaine. Les principaux objectifs du PMV sont d'accroître l'apport de l'agriculture au produit intérieur brut (PIB), la création d'emplois, l'augmentation des profits générés par l'exportation des produits agricoles et le renforcement de la lutte contre la pauvreté dans les zones rurales.

À cet effet, des changements dans l'organisation des agriculteurs (une agrégation renforcée, la formation des associations et coopératives) et diverses mesures dans les productions animale et végétale sont prévus. Outre le changement effectué dans la composition des cultures, il est également prévu de promouvoir les technologies modernes et efficaces (par exemple la micro-irrigation) et de renforcer l'éducation et la formation professionnelle des agriculteurs.

Généralement, le PMV se base sur deux piliers :

- Pilier I : Le pilier I vise le développement accéléré d'une agriculture moderne et compétitive à travers la concrétisation d'un millier de nouveaux projets à haute valeur ajoutée et/ou productivité tant dans les productions que dans les industries agro-alimentaires, répondant aux règles du marché en s'appuyant sur les investissements privés.
- Pilier II : Le pilier II vise l'accompagnement solidaire de la petite agriculture à travers la réalisation de 545 projets d'intensification ou de professionnalisation des petites exploitations agricoles dans les zones rurales difficiles.<sup>61</sup>

Les impacts prévisionnels du PMV à l'horizon 2020 sont résumés dans le Tableau 10.

**Tableau 10 : Impacts prévisionnels à l'horizon 2020<sup>62</sup>**

		2008	2020	Variation
<b>Valeur ajoutée</b>	<i>Mds DH</i>	38	99	+160%
<b>Emploi</b>	<i>millions d'emplois supplémentaires</i>		1,5	+40%
<b>Export</b>	<i>millions de tonnes par an</i>	1,35	4,6	+340%
<b>Irrigation localisée</b>	<i>milles hectares</i>	154	692	+350%
<b>Utilisation d'engrais</b>	<i>millions de tonnes par an</i>	0,9	1,6	+78%
<b>Utilisation des semences</b>	<i>millions de quintaux par an</i>	0,7	1,8	+144%

<sup>61</sup> La Vie éco : Spécial – Plan Maroc Vert, Avril 2009

<sup>62</sup> La Vie Eco : La révolution agricole commence, 2009

Le tableau montre que l'accroissement de la valeur ajoutée, de l'emploi et de l'export se base sur la reconversion de 538.000 hectares en irrigation localisée (variation de 350%) et une augmentation de la consommation des engrais de 0,9 à 1,6 millions de tonnes d'engrais par an (variation de 78%).

Le Plan National de l'Eau prévoit une diminution de la consommation de l'eau d'irrigation dans le secteur agricole de 11,8 Mds m<sup>3</sup> en 2010 à 11,2 Mds m<sup>3</sup> en 2020 et à 10,6 Mds m<sup>3</sup> en 2030.

En plus, la Stratégie Nationale de l'Eau vise une économie de l'eau d'irrigation de 2 Mds m<sup>3</sup>/a par la reconversion à l'irrigation localisée et une économie de 400 millions m<sup>3</sup>/a par l'amélioration des rendements des réseaux d'adduction.

Les tableaux suivants montrent la répartition régionale de la reconversion en irrigation localisée et de la consommation en engrais à l'horizon 2020.

**Tableau 11 : Répartition régionale de la reconversion en irrigation localisée<sup>63</sup>**

Région du Maroc	Reconversion en irrigation localisée (ha) *		
	Situation actuelle	Projections 2020	Evolution %
Chaouia-Ouardigha	4.500	21.600	380%
Doukkala-Abda	6.500	96.300	1380%
Fès-Boulemane	-	30.000	-
Gharb-Chrarda-Beni Hssen	500	86.500	17200%
Grand Casablanca	500	5.500	1000%
Guelmim-Es Smara	-	-	-
Laâyoune-Boujdour-Sakia el Hamra	-	-	-
Marrakech-Tensift-Al Haouz	24.000	110.000	358%
Meknès-Tafilalet	25.100	38.600	54%
L'Oriental	8.000	46.500	478%
Oued Ed-Dahab-Lagouira	-	-	-
Rabat-Salé-Zemmour-Zaër	22.000	40.000	82%
Souss-Massa-Drâa	47.500	97.500	105%
Tadla-Azilal	10.660	83.030	679%
Tanger-Tétouan	3.125	21.525	589%
Taza-Al Hoceima-Taounate	2.000	15.000	650%
<b>Total</b>	<b>154.385</b>	<b>692.055</b>	<b>348%</b>

<sup>63</sup> La Vie Eco : La révolution agricole commence, 2009

Tableau 12 : Répartition régionale actuelle et projetée de la consommation des engrais au Maroc<sup>64</sup>

Région du Maroc	Utilisation d'engrais (t) *		
	Situation actuelle	Projections 2020	Evolution %
Chaouia-Ouardigha	34.600	46.000	33%
Doukkala-Abda	231.000	388.000	68%
Fès-Boulemane	32.000	48.000	50%
Gharb-Chrarda-Beni Hssen	66.307	179.727	171%
Grand Casablanca	20.800	27.600	33%
Guelmim-Es Smara			-
Laâyoune-Boujdour-Sakia el Hamra			-
Marrakech-Tensift-Al Haouz	8.630	47.000	444%
Meknès-Tafilalet	150.000	253.353	69%
L'Oriental	90.830	107.685	19%
Oued Ed-Dahab-Lagouira	675	2.175	222%
Rabat-Salé-Zemmour-Zaër	33.000	60.000	82%
Souss-Massa-Drâa	71.800	97.300	36%
Tadla-Azilal	64.000	100.000	56%
Tanger-Tétouan	18.000	130.000	622%
Taza-Al Hoceima-Taounate	35.400	160.000	352%
<b>Total</b>	<b>857.042</b>	<b>1.646.840</b>	<b>92%</b>

#### 4.4.6 Plan National de Reboisement & Plan Directeur de Reboisement

##### Plan National de Reboisement

Le Plan National de Reboisement date de l'année 1970 et visait essentiellement à renforcer et compléter le rôle des forêts naturelles dans leur triple fonction

- de production de différents assortiments ligneux nécessaire à l'économie nationale,
- de protection des terres agricoles et des différentes infrastructures (barrages, routes, habitations et autres) et
- de récréation.

Plus de 500.000 ha ont été reboisés depuis 1970, mais le taux d'échec fut, en moyenne, très élevé (plus de 40%) notamment pour les raisons climatiques, mais aussi parfois du fait de techniques mal maîtrisés.

##### Plan Directeur de Reboisement

Le Plan Directeur de Reboisement du Maroc, qui fait suite au Plan National de Reboisement de 1970 et à l'Opération Nationale de reboisement de 1988, veut à la fois manifester une continuité dans l'intérêt de l'état pour son domaine vert, promouvoir le reboisement comme facteur de développement économique et social, et engendrer un nouveau sursaut en faveur de la nature.

<sup>64</sup> La Vie Eco : La révolution agricole commence, 2009

Les grands objectifs de cette stratégie sont directement liés aux principaux enjeux. La politique de reboisement devra contribuer à :

- Protéger l'eau, les sols, la biodiversité : Le contrôle du régime des eaux et de l'érosion dans les principaux bassins versants, et la lutte contre l'envasement des barrages et contre l'ensablement ;
- Rationaliser et maîtriser le pastoralisme : L'établissement d'un équilibre sylvopastoral durable, favorable à la forêt et bénéfique aux populations, dans les zones de parcours ;
- Produire du bois d'œuvre, du bois d'industrie, et du bois de feu : La consolidation et le développement du potentiel de production forestière, en quantité et en qualité, en vue d'accroître la valeur ajoutée de la filière bois du Royaume et de mieux maîtriser l'économie du bois d'énergie ;
- Améliorer le cadre de vie : La prise en compte des espaces boisés comme facteur d'équilibre social et culturel dans le développement de l'urbanisme et des infrastructures au Maroc.

Ces priorités doivent également contribuer à la promotion et la maîtrise du potentiel écologique des espaces, à leur biodiversité, et à leur gestion durable.

Les objectifs concrets de surfaces de reboisement sont présentés dans le Tableau 13.

**Tableau 13 : Objectifs de reboisement du Plan Directeur de Reboisement<sup>65</sup>**

	<b>10 années (Plan d'urgence)</b>	<b>30 années</b>	<b>Très long terme</b>
	<b>[ha]</b>	<b>[ha]</b>	<b>[ha]</b>
<b>Production</b>	230.000	950.000	1.800.000
<b>Protection</b>	210.000	300.000	2.000.000
<b>Reboisement sylvopastoral</b>	45.000	250.000	1.000.000
<b>Reboisement récréatif</b>	15.000	45.000	800.000
<b>TOTAL</b>	<b>500.000</b>	<b>1.545.000</b>	<b>5.600.000</b>

#### 4.4.7 Plan Azur

Le Plan Azur est un projet qui a été mis en place pour permettre le développement de nouvelles stations touristiques balnéaires selon les principes du développement durable et d'une valorisation rationnelle des ressources naturelles, socio culturelles et économiques, et ce dans le but de remédier au déficit qualitatif et quantitatif en capacité d'accueil touristique et particulièrement en matière de structures hôtelières.

Dans le souci d'un équilibre régional de développement régional et pour créer une nouvelle génération de stations intégrées selon les principes du développement durable et une valorisation rationnelle des atouts naturels, socioculturels et économiques, le projet a porté, en première priorité, sur les sites présentés dans le Tableau 14.

<sup>65</sup> Ministère de l'Agriculture et de la Mise en Valeur Agricole/Administration des Eaux et Forêts et de la Conservation des Sols : Plan Directeur de Reboisement, Document Provisoire

**Tableau 14 : Caractéristiques des stations balnéaires du Plan Azur**

	Province	Capacité litière	Superficie (ha)	Besoin en eau Potable (l/s)	Nombre de Golfs (18 trous)	Besoin arrosage golfs (l/s)
<b>Saïdia</b>	Berkane	29.610	713	170	3	120
<b>Lixus</b>	Larache	11.860	460	120	2	80
<b>Mazagan</b>	El Jadida	7.576	500	110	2	80
<b>Mogador</b>	Essaouira	10.600	580	59	3	120
<b>Taghazout</b>	Agadir	23.000	620	170	2	80
<b>Plage Blanche</b>	Guelmim	30.000	695	170	2	80

Les nouvelles stations balnéaires prévues dans le cadre du Plan Azur entraînent une demande élevée en eau pour l’approvisionnement des hébergements en eau potable et en eau d’irrigation pour les espaces verts et les golfs par exemple. L’eau d’irrigation pourra en partie être approvisionnée par les eaux usées épurées.

En plus, les stations en cours de planification offrent la possibilité d’application des nouveaux systèmes sanitaires (chasses d’eau à basse consommation d’eau, aérateur de robinet, urinoirs secs, traitement naturel des eaux usées par filtre planté de roseau, séparation des eaux grises, etc. → voir partie 2 de l’étude) pour l’économie d’eau et une gestion durable des eaux usées.

## 5 Analyse de flux de matériaux et évaluation du secteur de gestion de l'eau (usée) au Maroc

### 5.1 Les ressources en eau

#### 5.1.1 Ressources en eau renouvelables

Le Maroc reçoit chaque année près de 154 milliards m<sup>3</sup> de précipitations sur son territoire.<sup>66</sup> Près de 80% de cette ressource, environ 123 milliards m<sup>3</sup>, retournent dans l'atmosphère sous forme de vapeur d'eau.

Par conséquent, les ressources en eau renouvelables sont évaluées à 22 milliards m<sup>3</sup>/an, dont 18 milliards m<sup>3</sup>/an d'eaux de surface et 4 milliards m<sup>3</sup>/an d'eaux souterraines, soit l'équivalent de près de 730 m<sup>3</sup> par habitant et par an, largement en deçà du seuil de 1.000 m<sup>3</sup>/hab/an, communément admis comme seuil critique indiquant l'apparition de pénuries et de crises latentes. Cette pénurie ira en augmentant avec la croissance démographique et les changements climatiques si les prévisions des modèles se confirmaient.<sup>67</sup>

Sur l'ensemble des ressources en eau renouvelables, les ressources potentielles mobilisables dans les conditions techniques et économiques actuelles sont estimées à 20,7 milliards m<sup>3</sup>/an dont 13 milliards m<sup>3</sup> sont actuellement mobilisés.

La capacité de stockage assurée par les grands barrages est estimée à 17 milliards de m<sup>3</sup>.<sup>68</sup>

Les ressources superficielles sont très inégalement réparties: les bassins du Loukkos, du Sebou et de l'Oum Er Rbia réunissent 71,5 % des ressources exploitables nationales. En revanche, les ressources souterraines sont relativement mieux distribuées sur le territoire.<sup>69</sup>

**Tableau 15 : Ressources en eau renouvelables<sup>70</sup>**

		<b>2000</b>
Précipitations moyennes	Mm <sup>3</sup>	154.000
Evaporation	Mm <sup>3</sup>	123.000
Ressources en eau renouvelables	Mm <sup>3</sup>	22.000
<i>Eau de surface</i>	<i>Mm<sup>3</sup></i>	<i>18.000</i>
<i>Eau souterraine</i>	<i>Mm<sup>3</sup></i>	<i>4.000</i>
Ressources en eau renouvelables par habitant	m <sup>3</sup> /an	730
Ressources potentielles mobilisables	Mm <sup>3</sup>	21.000
Ressources mobilisées	Mm <sup>3</sup>	13.000
Capacité totale des barrages	Mm <sup>3</sup>	17.000

<sup>66</sup> FAO: Aquastat, Country Profile Morocco, 2005

<sup>67</sup> SEEE : Projet du Plan National de l'Eau, Version provisoire, 2009

<sup>68</sup> SEEE : Projet du Plan National de l'Eau, Version provisoire, 2009

<sup>69</sup> FAO: Aquastat, Country Profile Morocco, 2005

<sup>70</sup> SEEE : Projet du Plan National de l'Eau, Version provisoire, 2009 & FAO: Aquastat, Country Profile Morocco, 2005 & BEI (éd.) : Identification et élimination des goulets d'étranglement pour l'utilisation des eaux usées, 2009

### 5.1.2 Eaux superficielles

Les eaux de surface contribuent à hauteur de 80% aux ressources en eau renouvelables (18 milliards m<sup>3</sup>/an).

Les écoulements superficiels sont tributaires des précipitations. Les crues, généralement violentes et rapides, constituent l'essentiel des apports des cours d'eau. En moyenne, elles sont enregistrées sur des périodes de 10 à 20 jours pour les bassins du Sud et de 20 à 30 jours pour les bassins du Nord.

Le régime hydrologique de l'ensemble des bassins est caractérisé par une très grande variabilité intra-annuelle et inter-annuelle marquée par l'alternance des séquences humides et sèches, intercalées par des années de forte hydraulité ou de sécheresse sévère.

La grande disparité régionale des précipitations induit également une grande variabilité spatiale des écoulements d'eau de surface. Les bassins du nord (Loukkos, Tangérois et Côtiers méditerranéens) et le Sebou qui couvrent 7,4 % de la superficie du pays produisent 51% des ressources en eau, alors que le reste (92,6 % de la superficie) ne contribue que de 49%.

Le Maroc a connu plusieurs sécheresses dont une dizaine a concerné la majeure partie du pays. Au cours de ces années de sécheresse, la situation pluviométrique s'est caractérisée par un déficit important qui a atteint dans certaines régions 50 à 60%. Sur le plan hydrologique, les déficits ont atteint dans certaines régions plus de 70% à 80%. Au cours de ces périodes, des baisses importantes des débits de sources et des débits d'étiage des cours d'eau ont été observées, généralement au cours des mois de juillet et août. Cette situation a été parfois aggravée avec la disparition des nappes qui jadis en s'essorant alimentaient l'étiage.

En général, une diminution des apports d'eau de surface de 15 à 20 % a déjà été enregistrée durant ces 30 dernières années.<sup>71</sup> (cf. chapitre 3.2.1)

### 5.1.3 Eaux souterraines

Au Maroc, l'eau souterraine constitue une ressource en eau stratégique et joue un rôle important dans le développement socioéconomique du pays. Elle représente environ 20% du potentiel de ressources en eau du pays, soit l'équivalent de 4 Milliards m<sup>3</sup>/an.

Cependant, ces ressources sont gérées d'une manière non durable. En effet, le suivi de l'évolution des niveaux d'eau de la quasi-totalité des nappes du pays montre une baisse continue atteignant parfois des valeurs alarmantes pouvant dépasser 2 m/an.

Les baisses quasi-générales des niveaux des nappes ont atteint des valeurs alarmantes qui perturbent l'équilibre socio-économique et le développement de certaines zones (le cas de la région du Saïss et de Sebt El Guerdane dans le bassin du Souss).

Le coût économique et social de la poursuite de la tendance actuelle risque d'être très important car il conduit à l'abandon de terres agricoles, à des pertes d'emplois et au renchérissement du coût de

---

<sup>71</sup> SEEE : Projet du Plan National de l'Eau, Version provisoire, 2009

production de l'eau potable par le recours à des ressources en eau de plus en plus éloignées et coûteuses à mobiliser.

Le développement du secteur agricole en irrigué et de ceux de l'industrie et du tourisme, a provoqué une exploitation incontrôlée des eaux souterraines. Or, le creusement des puits se fait à un rythme rapide et 30% des prélèvements sont clandestins.

Plusieurs difficultés d'exploitation se posent actuellement sur le terrain:

- l'approfondissement continu des puits suivant le rythme d'abaissement du niveau de la nappe, ce qui occasionne des dépenses supplémentaires
- la disparition de la nappe des secteurs où le substratum est le moins profond (certaines parties de piémont à recouvrement sédimentaire réduit).
- le risque d'invasion du système aquifère par des eaux salées marines.

La recharge naturelle de certaines nappes a par ailleurs beaucoup baissé à cause de la sécheresse. En s'aggravant cette situation aboutira à une désertification relative, puisque plusieurs cultures irriguées, l'arboriculture notamment, peuvent disparaître.

La méconnaissance de tous les prélèvements opérés, résultat d'une exploitation abusive et non-contrôlée, ne permet pas d'identifier avec exactitude le niveau d'exploitation actuel.

Toutefois, une étude de la FAO qui date de l'année 2000 donne des estimations concernant le taux d'exploitation des eaux souterraines dans les différentes régions. Elle montre que bien qu'il y ait une surexploitation globale des eaux souterraines renouvelables, le niveau d'exploitation diffère largement entre types de nappes et entre bassins versants. En moyenne, le taux d'exploitation des nappes phréatiques est de 114,1 % et il varie de 75,4 % dans le bassin de Bouregreg à 179,6 % dans le bassin du Souss. Le taux d'exploitation des nappes profondes est de 80,4 % et il va de 48,2 % dans le bassin du Loukkos à 130,1 % dans le bassin du Tensift.

Cette tendance à la surexploitation des nappes ne fera que s'aggraver et il est prévu qu'à l'horizon 2020 le taux d'exploitation projeté des nappes phréatiques atteindra 120,1 % et celui des nappes profondes 89,5 %.

Les conséquences directes de la surexploitation des nappes sont :

- L'assèchement des cours d'eau, des lacs,
- Le tarissement des résurgences et des ouvrages traditionnels de captage d'eau,
- L'augmentation des hauteurs de pompages,
- La baisse de pression dans les aquifères captifs,
- L'intrusion marine,
- La détérioration de la qualité chimique de l'eau,
- etc.



### 5.1.4 Ressources en eau non-conventionnelle

Le potentiel des eaux usées était évalué à près de 640 millions de m<sup>3</sup> en 2010 et devrait atteindre 1.039 millions de m<sup>3</sup> en 2030 (Tableau 16). Le potentiel des eaux usées en milieu rural est estimé à 300 Mm<sup>3</sup>. Par rapport au volume des eaux usées, le volume des eaux usées traitées reste encore faible : le volume produit en 2011 par les STEPs achevés s'élève à 182 Mm<sup>3</sup>.

La réutilisation des eaux usées au Maroc, notamment pour l'irrigation des terres agricoles et surtout des espaces verts, est au stade expérimental et entravée par des contraintes notamment d'ordre législatif. Plus d'informations sur l'état actuel de la réutilisation des eaux usées épurées au Maroc sont données dans le chapitre 5.10.

Actuellement, le recours au dessalement de l'eau de mer et à la déminéralisation des eaux souterraines saumâtres pour l'approvisionnement en eau potable des villes et des centres déficitaires est limité aux zones sahariennes du sud du Maroc (Laâyoune, Boujdour). Il était d'environ 7 millions de m<sup>3</sup> en 2000, avec une prévision de 51,4 millions de m<sup>3</sup> en 2020 (Tableau 16).<sup>72</sup>

**Tableau 16 : Ressources en eau non conventionnelles<sup>73</sup>**

Ressources en eau non conventionnelles en Mm <sup>3</sup>			Source
Volume d'eaux usées produit en milieu urbain	2010	640	SEEE
	2015	750	SEEE
	2020	870	SEEE
	2030	1.039	SEEE
Volume d'eaux usées produit en milieu rural	2010	300	calculé
Volume d'eaux usées traité	1999	40	FAO
- projets achevés	2011	182	ONEP
- projets en cours		59	ONEP
- projets programmés		66	ONEP
L'eau déssalé produite	2000	7	FAO
	2010	51	FAO
Eaux pluviales (précipitations après déduction de l'évaporation)	2010	31.000	FAO/SEEE

Au Maroc, près du quart des nappes d'eau souterraines renferment, totalement ou partiellement, des eaux saumâtres. Ces nappes sont situées pour la plupart dans les régions arides et semi-arides du pays. La mise en valeur des ressources en eau saumâtre a commencé depuis les années 1970 avec la mise en place d'une dizaine de petites stations de déminéralisation de l'eau saumâtre totalisant une capacité de production de plus de 480 m<sup>3</sup>/j d'eau potable. Cette capacité de production d'eau déminéralisée est plus importante actuellement avec la réalisation d'autres stations dans les villes de Tarfaya, Smara et Tantan.

Outre, la production d'eau potable par déminéralisation d'eau saumâtre, l'alimentation en eau domestique directement par les eaux saumâtres a été expérimentée dans la ville de Laâyoune qui est desservie en eau saumâtre et en eau douce. Les eaux saumâtres sont également utilisées en irrigation soit directement avec une dose supplémentaire pour lessivage des sols, soit indirectement après mélange à une eau moins chargée en sels. En ce qui concerne le dessalement de l'eau de mer,

<sup>72</sup> FAO: Aquastat, Country Profile Morocco, 2005; SEEE : Projet du Plan National de l'Eau, Version provisoire, 2009 ; Liste des STEPs, Projets achevés, ONEP, 2011

<sup>73</sup> FAO: Aquastat, Country Profile Morocco, 2005

le Maroc a opté pour cette alternative pour l’approvisionnement en eau potable des provinces du sud en raison de leur faible potentiel en ressources en eau conventionnelle. La capacité de production actuelle reste cependant marginale et les installations réalisées jusqu’à aujourd’hui sont de petite taille.<sup>74</sup>

Toutefois la limitation des ressources en eau dans certaines régions conduit à envisager le recours au dessalement d’eau de mer. C’est ainsi que des études de faisabilité de réalisation de stations de dessalement de tailles plus importantes sont en cours pour l’approvisionnement en eau potable des villes de Tantan et Agadir et à plus long terme pour d’autres zones côtières notamment El Jadida-Casablanca et Hoceima-Saidia.

En plus, il faut considérer les eaux pluviales comme ressource en eau non conventionnelles. Le potentiel théorique en eau pluviale (précipitations après déduction de l’évaporation) s’élève à 31.000 Mm<sup>3</sup>. Les eaux pluviales peuvent servir, directement ou après un traitement simple, à l’arrosage, à la recharge de la nappe ou bien être utilisé comme eau de service (chasses d’eau de toilettes, etc.).

### 5.1.5 Mobilisation des ressources en eau

La mobilisation des ressources en eau au Maroc s’effectue grâce à un important patrimoine hydraulique:

- 125 grands barrages d’une capacité totale de 17 milliards m<sup>3</sup> régularisant 7,6 milliards m<sup>3</sup>.
- Une centaine de petits barrages visant la satisfaction des besoins locaux d’eau potable, d’irrigation et d’abreuvement de cheptel. La capacité totale de ces barrages est évaluée à près de 100 Mm<sup>3</sup>.
- 13 ouvrages de transferts d’eau entre bassins versants permettent d’acheminer plus de 2,7 milliards de m<sup>3</sup>.
- Les eaux de surface sont également utilisées par les prélèvements au fil de l’eau. Ces prélèvements sont estimés en moyenne à plus de 1,7 milliards de m<sup>3</sup> par an.
- Un important réseau de forages, de puits et de captages de sources consent la mobilisation de 5 milliards m<sup>3</sup> d’eaux souterraines.<sup>75</sup>

## 5.2 La demande en eau

La demande potentielle en eau, telle qu’exprimée par les secteurs usagers (eau potable et industrielle, irrigation, environnement), était estimée à près de 13,9 milliards m<sup>3</sup> pour l’année 2010. La demande sera de 13,7 milliards m<sup>3</sup> en 2020 et 13,4 milliards m<sup>3</sup> en 2030. Le Tableau 17 présente la répartition de la demande en eau selon les trois secteurs usagers.<sup>76</sup>

<sup>74</sup> Par exemple Laâyoune: Osmose inverse, 13.000 m<sup>3</sup>/jour; Boujdour : Osmose inverse : 3.200 m<sup>3</sup>/jour.

<sup>75</sup> FAO: Aquastat, Country Profile Morocco, 2005

<sup>76</sup> La demande en eau pour l’environnement concerne l’eau qui est utilisée pour la préservation des régimes hydrologiques dans les oueds et pour préserver les nappes d’eau souterraine et les lacs.

**Tableau 17 : Evolution de la demande en eau<sup>77</sup>**

		2010	2020	2030
<b>Demande en eau</b>				
Eau potable et industriel	Mm <sup>3</sup>	1.410	1.799	2.151
<i>Milieu urbain</i>	Mm <sup>3</sup>	976	1.187	1.437
<i>Milieu rural</i>	Mm <sup>3</sup>	222	299	370
<i>Industries et tourisme</i>	Mm <sup>3</sup>	212	313	344
Irrigation	Mm <sup>3</sup>	11.827	11.236	10.571
<i>GH</i>	Mm <sup>3</sup>	5.198	5.214	5.080
<i>PMH</i>	Mm <sup>3</sup>	3.678	3.701	3.641
<i>Irrigation privée</i>	Mm <sup>3</sup>	3.118	3.071	2.893
Environnement	Mm <sup>3</sup>	670	670	670
<b>Demande en eau total</b>		<b>13.907</b>	<b>13.705</b>	<b>13.392</b>

L'utilisation des ressources en eau est marquée par la part prépondérante de l'usage en irrigation qui reste le principal consommateur en eau prélevée. En effet, l'irrigation consomme près de 85% ; 10% de la consommation est destinée à l'alimentation en eau potable et industrielle et 5% représente la demande en eau environnementale (préservation du milieu hydrique).

Pour l'eau potable il s'ensuit une demande moyenne en eau potable par habitant d'environ 105 l/hab/j en 2010 et d'environ 130 l/hab/j en 2030. Si on compare le milieu urbain au milieu rural, il s'ensuit au niveau urbain une consommation d'eau potable de 152 l/hab/j et une consommation de 44 l/hab/j au niveau rural (pour l'année 2010). Les valeurs de la consommation en eau actuellement prise en considération au Maroc pour le dimensionnement des STEPs s'élèvent à

- 60 l/hab/j pour les petits centres (< 20.000 hab),
- 80 l/hab/j pour les moyens centres (20.000 – 100.000 hab),
- 100 l/hab/j pour les grands centres ( $\leq$  1.000.000 hab)
- 120 l/hab/j pour les très grands centres (> 1.000.000 hab).

### 5.3 Prix de l'eau et de l'assainissement

Le système actuel de tarification de l'eau potable et d'assainissement est basé sur le principe de recouvrement des coûts d'exploitation et de maintenance des services et une partie des coûts d'installation. En effet, le système de tarification maintient les prix de vente de l'eau à un niveau inférieur au prix de revient.<sup>78</sup>

Le tarif de l'eau potable comporte une partie fixe qui est fixée selon le type d'usage et une partie variable qui est calculée sur la base des volumes d'eau consommés. Les montants forfaitaires hors TVA par trimestre et par usage pour l'eau potable s'élèvent à

- 18 DH pour l'usage domestique ;
- 30 DH pour l'usage industriel, préférentiel et hôtelier ;
- 30 DH pour les administrations.<sup>79</sup>

<sup>77</sup> SEEE : Projet du Plan National de l'Eau, Version provisoire, 2009

<sup>78</sup> Programme National d'Assainissement

<sup>79</sup> <http://www.onep.ma/facturation/FACT-TARIF-EAU.pdf>

Les tarifs variables par tranche volumétrique sont présentés dans le tableau suivant.

**Tableau 18 : Tarif à la distribution de l'eau potable en Dirhams hors TVA<sup>80</sup>**

	Usage domestique				Usage		
	0-18 m <sup>3</sup> /trimestre	18-60 m <sup>3</sup> /trimestre	60-120 m <sup>3</sup> /trimestre	sup à 120 m <sup>3</sup> /trimestre	Préférentiel	Industrie	Hôtels
Petits centres ONEP	2,37	7,39	10,98	11,03	7,2	6,68	6,68
Nador	2,37	7,39	10,98	11,03	7,2	6,68	6,68
Essaouira	2,65	6,44	11,17	11,23	6,36	5,94	5,94
Khouribga	3,07	7,4	11,22	11,27	7,16	6,57	6,57
Chafchaouen	1,79	4,71	6,61	6,66	2,79	4,41	4,41

Le tarif d'assainissement comporte aussi une partie fixe et une partie variable dont l'assiette est la consommation d'eau potable.

Les montants forfaitaires hors TVA par trimestre et usage pour l'assainissement sont :

- 9 DH pour les particuliers domestiques
- 18 DH pour les administrations, collectivités locales et organismes publics
- 36 DH pour les industriels, bains maures et établissements assimilés ou à caractère commercial.<sup>81</sup>

Le tableau suivant montre les tarifs d'assainissement par tranche.

**Tableau 19 : Redevance proportionnelle d'assainissement<sup>82</sup>**

	Groupe I	Groupe II	Groupe III	Groupe IV
<b>Particuliers domestiques</b>				
Tranche 1 [0 à 18 m <sup>3</sup> par trim]	0,56	0,65	0,75	0,75
Tranche 2 [18 à 60 m <sup>3</sup> par trim]	1,40	1,60	1,80	1,80
Tranche 3 [à partir 60 m <sup>3</sup> ]	2,25	2,62	3,00	3,00
<b>Administrations, collectivités locales et organismes publics :</b>				
	1,40	1,95	2,50	2,50
<b>Industriels, Bains maures et Etablissements assimilés ou à caractère commercial</b>				
	2,25	2,62	3,00	3,00

En effet, les résultats de l'Enquête Nationale sur les Niveaux de Vie des Ménages, confirmés par la note de politique sectorielle de l'eau et de l'assainissement, montrent que la dépense moyenne pour l'eau des ménages marocains, même dans la catégorie des revenus les plus faibles, se situe bien en dessous des seuils recommandés par l'Organisation Mondiale de la Santé.<sup>83</sup>

En ce qui concerne les tarifs d'assainissement, la revue stratégie du PNA élaborée par la KfW/Banque Mondiale constate qu'une récente analyse des comptes de 42 systèmes d'assainissement et d'épuration exploités par l'ONEP montre que le tarif d'assainissement ne permet de recouvrer

<sup>80</sup> <http://www.onep.ma/facturation/FACT-TARIF-EAU.pdf>

<sup>81</sup> <http://www.onep.ma/facturation/FACT-TARIF-ASS.pdf>

<sup>82</sup> <http://www.onep.ma/facturation/FACT-TARIF-ASS.pdf>

<sup>83</sup> Programme National d'Assainissement

qu'environ 70% des charges courantes et 22% du coût complet<sup>84</sup> ce qui nécessite un ajustement tarifaire.

L'eau d'irrigation en Grande, Petite et Moyenne Hydraulique est facturée en moyenne entre 0,17 et 0,63 DH/m<sup>3</sup>. Le coût de l'eau d'irrigation par pompage en nappe varie en fonction de la profondeur des puits et de l'amortissement du matériel entre 0,60 et 3 DH/m<sup>3</sup>. Concernant l'eau usée épurée, parmi les quelques expériences de réutilisation, trois cas dont les données sont disponibles (Settat, Marrakech et Imzouren-Beni Bouayach) présentent des coûts d'eaux réutilisées variant entre 0,90 et 1,80 DH/m<sup>3</sup>, si tous les volumes traités sont réutilisés.<sup>85</sup>

## 5.4 Bilans hydrauliques

Le Plan Nationale de l'Eau inclut des bilans hydrauliques par bassin hydraulique à l'horizon actuel (2009) préalablement à l'élaboration des plans d'actions. Ces bilans hydrauliques correspondent à la confrontation entre les ressources en eau mobilisées et les besoins potentiels en eau, exprimés par les différents secteurs usagers.

Les ressources en eau mobilisées correspondent pour les eaux de surface aux volumes régularisés par les barrages structurants et les prélèvements au fil de l'eau et pour les eaux souterraines au niveau de prélèvements actuels bien que ces derniers dépassent largement les volumes renouvelables. Le graphique ci-après présente de manière synthétique les résultats des bilans.

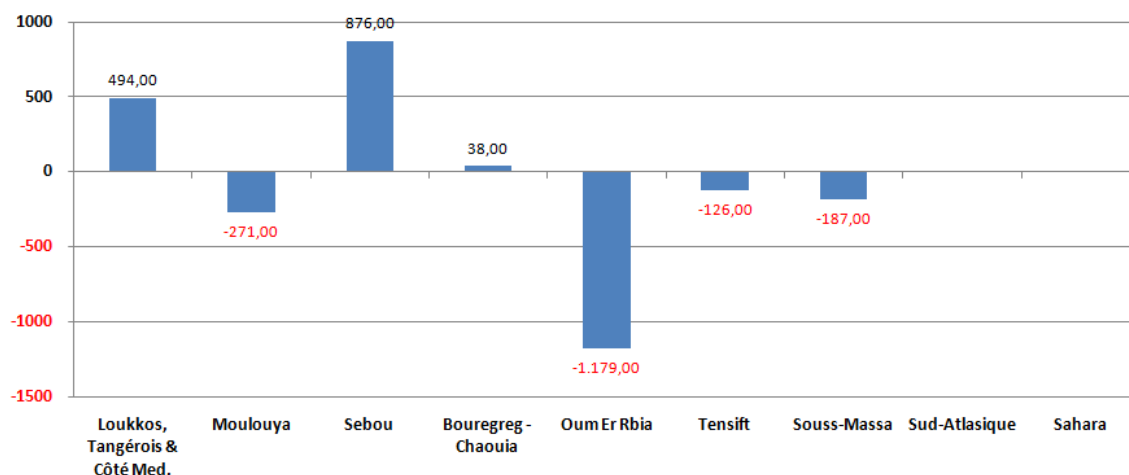


Figure 5 : Bilan actuel ressources – besoins en eau<sup>86</sup>

Les déficits sont structurels dans les bassins de Souss-Massa, du Tensift et de la Moulouya à cause de la limitation des ressources en eau naturelle renouvelable. Pour le bassin de l'Oum Er Rbia, le déficit est généré par le fort développement et l'aménagement hydro-agricole réalisés dans le bassin qui dépasse sa capacité hydraulique ainsi que les transferts d'eau vers des zones situées à l'extérieur du bassin, celles du Haouz et d'Abda-Doukkala.

<sup>84</sup> KfW/Banque Mondiale : Revue Stratégique PNA, 2008

<sup>85</sup> SEEE/Département de l'Eau : Etude des possibilités de réutilisation des eaux usées épurées, Diagnostique, 2009

<sup>86</sup> SEEE : Projet du Plan National de l'Eau, Version provisoire, 2009

## 5.5 Qualité des ressources en eau

Les ressources hydriques sont de plus en plus menacées par la pollution qui prend des dimensions de plus en plus alarmantes. Trois principales raisons sont à l'origine de cette dégradation:

- Le contexte de la rareté et l'irrégularité des régimes hydrologiques au Maroc et la faiblesse des écoulements limitent la capacité d'auto-épuration et de dilution des cours d'eau, ce qui les rend plus vulnérables à la pollution ;
- La concentration des activités socio-économiques dans des espaces restreints et le développement de l'agriculture intensive génèrent des pollutions multiples qui dépassent largement la capacité d'auto-épuration du milieu récepteur ;
- Les retards dans l'assainissement et l'épuration des eaux usées.<sup>87</sup>

La qualité des eaux de surface connaît une dégradation continue sous l'effet des rejets urbains et industriels. Les zones où les ressources en eau sont les plus polluées sont notamment les zones des rejets urbains de Fès, des rejets industriels dans le Sebou aval, des rejets des sucreries dans le bassin de Oum Er Rbia et la basse Moulouya.

Il faut également noter que les rejets riches en sels nutritifs (azote et phosphore) conjugués à la répartition saisonnière des pluies, aux températures élevées et à une insolation prolongée constituent la principale cause d'eutrophisation des retenues de barrages.

La dégradation de la qualité des eaux souterraines se pose de plus en plus avec acuité à cause de la pollution par les nitrates (fertilisants) et l'intrusion saline par les produits phytosanitaires.<sup>88</sup>

## 5.6 Les eaux usées

### 5.6.1 Volumes des eaux usées

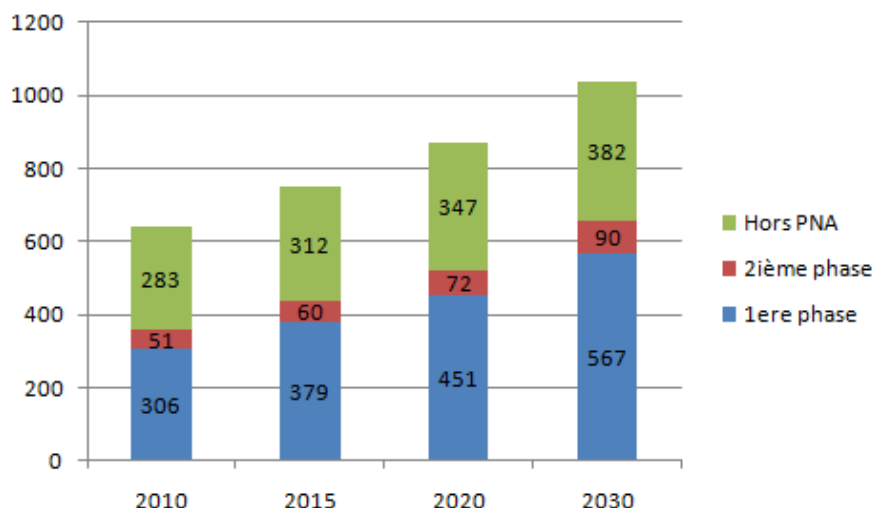
L'évacuation et l'épuration des eaux usées au Maroc ont pris du retard et le taux d'épuration du volume des eaux usées produites ne dépasse pas les 15 %.<sup>89</sup> Le volume des eaux usées brutes produit est estimé actuellement à environ 640 Mm<sup>3</sup> et atteindra plus de 1.000 Mm<sup>3</sup> à l'horizon 2030. La Figure 5 montre l'évolution des volumes d'eaux usées brutes au Maroc jusqu'à l'année 2030.

---

<sup>87</sup> SEEE : Projet du Plan National de l'Eau, Version provisoire, 2009

<sup>88</sup> Les nappes les plus touchées se situent généralement dans les régions où les eaux de surface sont également polluées. La pollution par les nitrates a pour origine essentielle les activités agricoles, surtout dans les périmètres irrigués. Les aquifères pour lesquels la pollution par les nitrates est prononcée sont Tadla, Berrechid, Triffa, Doukala, R'mel etc. Le problème de salinité des eaux des nappes côtières se pose avec acuité surtout pour les nappes de Nekor, Kert, Gareb, Chaouia côtière. (SEEE : Plan Nationale de l'Eau, 2009, p.22f)

<sup>89</sup> SEEE : Etude pour l'élaboration de la Stratégie nationale de gestion des boues des stations d'épuration des eaux au Maroc, 2010



**Figure 6 : Evolution des volumes d'eaux usées brutes domestiques au Maroc en Mm<sup>3</sup>**<sup>90</sup>

Actuellement, ces eaux usées sont soit déversées directement dans le réseau hydrographique ou épandues sur le sol pour les rejets situés à l'intérieur du pays, soit rejetées en mer pour les rejets situés dans les zones littorales. Les rejets littoraux sont localisés au niveau des principales agglomérations de la côte atlantique marocaine. Les rejets intérieurs sont concentrés dans les bassins du Sebou et du Tensift.<sup>91</sup>

En milieu rural, la pollution est plus diffuse. Les rejets se font en général dans des puits perdus. Le taux de couverture en mode d'assainissement autonome, est estimé actuellement à environ 30%.<sup>92</sup>

Le chapitre 5.8 donne plus d'informations sur le traitement actuel des eaux usées au Maroc.

### 5.6.2 Les eaux usées industrielles

Le volume des eaux usées rejeté dans le milieu récepteur par le secteur industriel s'élève à plus de 964 millions de m<sup>3</sup>. Une proportion importante de ce volume, soit près de 97 %, est rejetée par le secteur des industries chimiques et parachimiques. Ces rejets représentent environ 83 % du volume d'eau utilisé. Les contributions relatives à ce volume global sont rapportées dans le tableau suivant.

<sup>90</sup> SEEE : Etude pour l'élaboration de la Stratégie nationale de gestion des boues des stations d'épuration des eaux au Maroc, 2010

<sup>91</sup> Ministère de l'Intérieur/MATEE : PNA, 2006

<sup>92</sup> Ministère de l'Intérieur/MATEE : PNA, 2006

**Tableau 20 : Volume d'eau utilisé et rejetée par les principaux secteurs industriels<sup>93</sup>**

Secteurs industriels	Volumes d'eau utilisée (Mm <sup>3</sup> )	Volumes rejetés	
	(Mm <sup>3</sup> )	(Mm <sup>3</sup> )	%
Industries chimiques et parachimiques	1050	931	89
Industries textiles et cuir	23	10	96
Industries agroalimentaires	11	22	91
Industries métallurgiques, mécaniques et électriques	2,1	Faible rejet mais contenant des substances toxiques comme le cyanure	<95

Dans le secteur de textile et cuir, les processus de fabrication sont très diversifiés, ce qui rend la caractérisation des principales composantes des rejets liquides difficile. Ce secteur travaille avec de la sulfure, de la chaux vive, du sulfate, de l'acide formique, de l'acide sulfurique et du chrome et contribue à la totalité de la pollution engendrée par le chrome et les sulfures, polluants et particulièrement dangereux pour l'environnement.

Les rejets liquides générés par ce secteur sont généralement chargés d'éléments à traces métalliques et par des produits chimiques provenant des opérations de laminage, de décapage et de dégraissage. Certaines activités relevant de ce secteur génèrent des substances dangereuses dont le cyanure, avec une quantité d'environ 2 tonnes annuellement.

Dans l'industrie agro-alimentaire c'est par exemple le secteur d'extraction d'huile d'olive qui influence considérablement les charges polluantes du secteur. La culture de l'olive a une importance relativement particulière au Maroc en raison de son potentiel de création de valeur ajoutée. Lors de l'extraction de l'huile, se sont surtout les résidus liquides qui causent des problèmes environnementaux. L'eau résiduelle (« margines »: eau de fruit, eau du procédé) qui apparaît lors de la séparation entre la partie eau et la partie huile est souvent déversée directement dans les cours d'eau. Si les eaux usées de ce secteur sont traitées avec les eaux usées municipales, elles causent souvent des problèmes dans les stations d'épuration à cause des charges élevés pendant la saison de récolte et de traitement des olives et en plus les caractéristiques des eaux usées causent par exemple de la corrosion au niveau de l'équipement de la STEP.

Les résultats d'estimation de la charge polluante globale, ainsi que le taux de leur accroissement, au cours d'une étude menée par le FODEP sur la pollution industrielle sont représentés dans le tableau suivant.

<sup>93</sup> DRPE, Mars 2002, Elaboration des dossiers techniques relatifs aux valeurs limites de rejets industriels dans le domaine public hydraulique, dans : SEEE : Etude pour l'élaboration de la Stratégie nationale de gestion des boues des stations d'épuration des eaux au Maroc, 2010



Tableau 21 : Estimation de la pollution industrielle total au Maroc<sup>94</sup>

Composantes de pollution industrielle total	1993	2000	Taux d'accroissement
<b>DBO5 (t/a)</b>	76.000	99.680	3,45
<b>DCO (t/a)</b>	140.500	186.285	3,59
<b>MES (t/a)</b>	29.400	39.656	3,81
<b>Effluents liquides (m<sup>3</sup>/a)</b>	45.000.000	58.706.000	3,38

Malgré la prise de conscience nationale en matière des risques environnementaux engendrés par les rejets, à l'état brut, des effluents industriels, que ce soit dans le réseau d'assainissement domestique, ou dans le milieu naturel, on peut constater que les industriels accumulent un retard significatif en matière de traitement de leurs effluents.

## 5.7 Infrastructure d'assainissement

### 5.7.1 Assainissement au milieu urbain

Le Programme National d'Assainissement (PNA) a indiqué les importants retards en matière d'assainissement liquide au Maroc.

Le taux de raccordement global au réseau d'assainissement est estimé actuellement à environ 70% ce qui signifie que 4,5 millions d'habitants urbains ne sont pas encore raccordés au réseau d'assainissement.<sup>95</sup>

Les systèmes d'assainissement peuvent être divisés en l'assainissement collectif et l'assainissement autonome.

- *Assainissement collectif*: Collecte des eaux usées et pluviales effluentes de plusieurs habitats. Celles-ci sont collectées, regroupées et acheminées vers un exutoire en passant par diverses installations dépendant du système d'assainissement adopté.
- *Assainissement autonome/individuel/non-collectif*: Ce système consiste à traiter les eaux pluviales et usées directement sur le terrain à assainir.

Le secteur de l'assainissement en milieu urbain se caractérise par la dominance de l'assainissement collectif qui concerne 80% des centres urbains abritant 97% de la population urbaine. L'assainissement autonome ou individuel concerne donc 20% des centres urbains.<sup>96</sup>

Les trois principaux types de réseau d'assainissement sont le système séparatif, le système unitaire et le système pseudo-séparatif.

<sup>94</sup> Etude sectorielle sur la pollution industrielle - FODEP, 2002 -Clean Tech /FiW, dans : SEEE : Etude pour l'élaboration de la Stratégie nationale de gestion des boues des stations d'épuration des eaux au Maroc, 2010

<sup>95</sup> Ministère de l'Intérieur/MATEE : PNA, 2006

<sup>96</sup> MATEE : PNA, 2006

- *Système unitaire* : L'évacuation de l'ensemble des eaux usées et pluviales est assurée par un seul réseau généralement pourvu de réservoirs permettant en cas d'orage le rejet direct, par surverse, d'une partie des eaux dans le milieu naturel.
- *Système séparatif* : Le réseau séparatif distingue la collecte des eaux usées de celles des eaux de pluie. Une canalisation est donc réservée à l'évacuation des eaux usées domestiques, auxquelles peuvent se joindre sous certaines conditions des eaux industrielles.
- *Système pseudo-séparatif* : C'est un système séparatif modifié qui permet d'admettre dans le réseau d'eaux usées des concessions les eaux de ruissellement provenant des toitures, des cours, des jardins et des eaux domestiques. Par contre les eaux de ruissellement des voies publiques et espaces libres sont évacuées séparément dans un réseau pluvial.

Les types de réseau d'assainissement prépondérant dans les centres urbains sont des réseaux unitaires. Ces types de réseaux concernent 68 % des centres abritant 83 % de la population urbaine. Le réseau séparatif ou pseudo-séparatif concerne uniquement 5% de la population urbaine, répartie dans 16 % des centres. Le reste des centres dispose d'un réseau mixte avec généralement une dominance de l'unitaire. Les inondations répétées dans divers milieux urbains font état du mauvais fonctionnement de ce réseau.<sup>97</sup>

Le linéaire total du réseau d'assainissement avoisine actuellement 11.000 km, soit un ratio de 0.84 ml par habitant et 1.14 ml/habitant raccordé.

En milieu rural, l'assainissement accuse un retard considérable. En effet, la proportion de la population équipée par un dispositif d'assainissement ne dépasse pas 35%.

**Tableau 22 : Hypothèse d'évolution des taux de raccordement au réseau d'assainissement en fonction de la taille des centres<sup>98</sup>**

	2010	2015	2020	2025	2030
Grandes villes Population > 100.000 habitants	76%	80%	85%	90%	95%
Villes moyennes Population 20.000 - 100.000 habitants	62% 67%*	70%	75%	80%	85%
Petites villes Population < 20.000 habitants	50% 40%*	60%	65%	70%	75%

\* Données du PNA

En ce qui concerne la gestion de l'assainissement liquide au Maroc, les formes les plus rencontrées sont au nombre de quatre:

- *Gestion par Régie Directe* : La réalisation des installations d'assainissement, leur exploitation et leur entretien sont assurés par les services communaux.
- *Gestion par Régie Autonome* : La gestion des installations d'assainissement est assurée par des Régies Autonomes de Distribution d'Eau et d'Electricité.
- *Gestion déléguée aux concessionnaires privés* : Le service d'assainissement (en plus de ceux de l'eau potable et de l'électricité) est confié, dans le cadre d'un contrat de concession, à des sociétés privées.

<sup>97</sup> MATEE : PNA, 2006

<sup>98</sup> SEEE : Etude pour l'élaboration de la Stratégie nationale de gestion des boues des stations d'épuration des eaux au Maroc, 2010

- Gestion par l'ONEP : Depuis septembre 2000, l'ONEP a été chargé de l'assainissement dans certains centres où il assure la gestion des services de distribution de l'eau potable, lorsque la gestion de ces services lui est confiée par les communes.

Le secteur de l'eau potable et de l'assainissement au Maroc a vu depuis les dernières décennies, un important changement. La distribution d'eau est déléguée à des opérateurs privés dans quatre villes — Casablanca (LYDEC), Rabat/Salé (Redal), Tanger et Tétouan (Amendis) — tandis qu'elle est assurée par des régies municipales dans douze autres villes et par l'Office national de l'eau potable (ONEP) dans 532 petites et moyennes villes. L'ONEP assure également la production d'eau qui est revendue aux régies et opérateurs privés. Elle assure aussi l'assainissement dans une soixantaine de communes.

### 5.7.2 Assainissement en milieu rural

La population rurale a été recensé à 13,5 Million d'habitants en 2004 ce qui représentait environ 45% de la population totale du Royaume. Elle atteindra selon les projections 14,6 Millions habitants en 2015. Cette population se répartit par type d'habitat, sur 32 000 douars (villages ruraux) comme le montre le Tableau 23.

**Tableau 23 : Répartition de la population rurale en fonction du type d'habitat**

Typologie de l'habitat	% de population	Nombre d'habitants
Groupé	38%	5.102.668
Semi groupé	34%	4.565.545
Dispersé	28%	3.759.861

Sur base de ces données, on constate que la population rurale marocaine est majoritairement regroupée au niveau d'habitats groupés ou semi groupés (72% de la population rurale) dont la localité comprend moins de 1.000 habitants (69% de la population rurale).

Selon les données relatées par une présentation de Madame Bourziza (ONEP), le taux d'accès à l'assainissement est réparti comme suit :

- Latrines à fosse: 36,4%
- Réseaux collectifs d'assainissement: 1,7%

Il semble que si l'on ne tient compte que des systèmes améliorés (les latrines sèches traditionnelles non comprises), le taux d'accès à l'assainissement serait d'environ 11%.

Sur les 32.000 douars, on compte environ 38% qui sont pourvus de dispositifs d'évacuation d'excrétas où on assiste à un assainissement par évacuation des excréta. L'évacuation des eaux ménagères s'opère dans 88% des cas directement dans la nature.

En ce qui concerne l'assainissement des communes rurales, on compte près de 9% de connexion sur un réseau collectif.

L'étude de l'ONEP – FAO a permis d'identifier les principales contraintes associées au développement de l'assainissement rural au Maroc qui sont succinctement rapportées ci-après :

- Contraintes juridiques et réglementaires: l'analyse du cadre juridique de l'assainissement autonome souligne la grande dispersion des textes qui ne ciblent pas spécifiquement et en bloc l'assainissement rural. En effet, l'essentiel des dispositions réglementaires se présente sous formes de fragments dans des législations régissant l'hygiène publique, le régime des eaux, l'urbanisme et les établissements classés, ou d'autres secteurs en relation avec les infrastructures publiques, soit à des règlements de voirie locaux)
- Contraintes institutionnelles: Malgré que la charte communale attribue la responsabilité de la mise en œuvre de l'activité « assainissement » à la commune, il semble que jusqu'à récemment, l'assainissement rural ne s'affichait pas parmi ses priorités.
- Contraintes financières: la faible capacité financière découle de l'absence de porteur de programme d'assainissement et manque de stratégie en la matière.

## 5.8 Systèmes actuelles de traitement des eaux usées

Jusqu'à fin 2010, la capacité journalière de traitement des eaux usées au Maroc s'élevait à 500.000 m<sup>3</sup>/j, soit l'équivalent de 182,5 Mm<sup>3</sup>/a, ce qui équivaut à un taux d'épuration de 28%. Ne sont pas comptabilisés les eaux usées qui subissent un simple prétraitement avant rejet dans la mer au niveau de Casablanca (300.000 m<sup>3</sup>/j) et de Tanger (82.000 m<sup>3</sup>/j).

Les projets en cours de réalisation et ceux programmés représentent des capacités respectives d'environ 162.000 m<sup>3</sup>/j (60 Mm<sup>3</sup>/a) et 182.000 m<sup>3</sup>/j (70 Mm<sup>3</sup>/a); il est à signaler que des rejets importants de grandes villes côtières (Tétouan, Rabat, ...) qui subiront un simple prétraitement avec émissaire en mer ne sont pas comptabilisés (Tableau 24). Il est à signaler que ces calculs sont effectués sur la base de la liste des stations d'épuration exploitées par l'ONEP et les régions.

**Tableau 24 : Répartition des capacités de traitement des eaux usées selon le type de traitement (m<sup>3</sup>/a)**

Procédé de traitement	Projets achevés		Projets en cours		Projets programmés	
	Nombre	Volume [m <sup>3</sup> /a]	Nombre	Volume [m <sup>3</sup> /a]	Nombre	Volume [m <sup>3</sup> /a]
Lagunage	0	0	7	5.744.370	13	8.566.185
Lagunage A	7	39.456.500	0	0	0	0
Lagunage A+F	27	30.194.990	9	14.771.550	14	7.058.735
Lagunage A+F+M	11	30.357.050	6	5.613.700	2	1.934.500
Lagunage aéré	2	2.153.500	5	16.717.000	0	0
Boues activées	5	52.990.700	2	11.189.075	6	16.327.910
Lit bactérien	1	65.700	3	3.306.900	14	12.735.945
Fosse + lit percolateur	0	0	0	0	1	224.110
Infiltration-percolation	4	27.083.000	0	0	0	0
n.d.	0	0	1	1.639.945	9	19.472.750
<b>TOTAL</b>	<b>57</b>	<b>182.301.440</b>	<b>33</b>	<b>58.982.540</b>	<b>59</b>	<b>66.320.135</b>

Le parc des stations d'épuration a évolué sensiblement depuis 2000 et surtout après 2005, date du lancement du PNA. Dans le cadre de la mise en œuvre du PNA, beaucoup de STEP sont actuellement en phase d'étude ou de construction. Par contre, beaucoup des anciennes STEP sont soit hors de service, soit non raccordées ou même non fonctionnelles.

L'évolution rapide du parc peut s'expliquer par:

- La forte volonté politique pour la protection de l'environnement. En effet, une stratégie politique est mise en œuvre pour faire face à la rareté et à la dégradation de la qualité des ressources en eau et elle est soutenue par le choix stratégique de développement touristique ;
- L'introduction de l'ONEP comme acteur opérationnel à partir de 2000 ;
- L'appui financier de l'Etat.

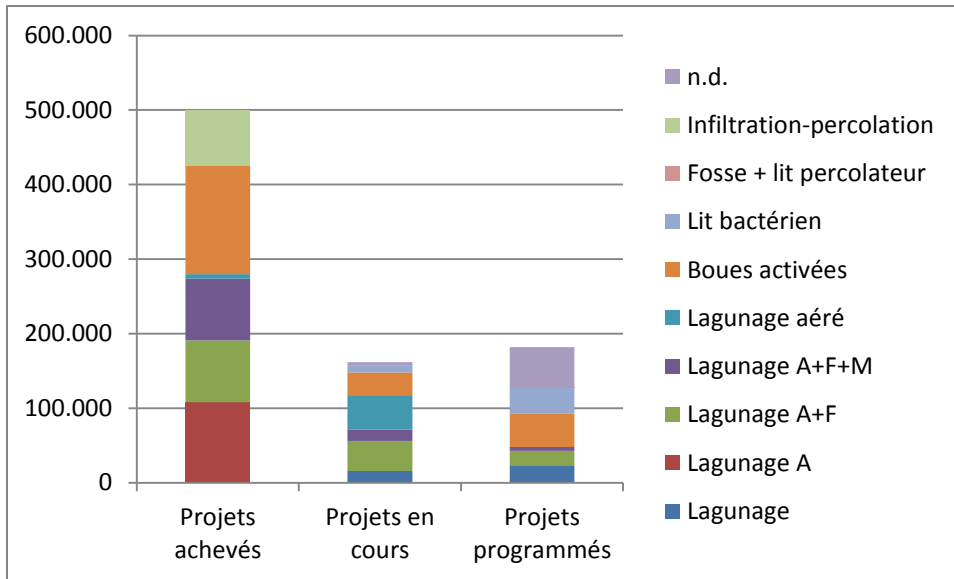
Au Maroc, le parc des stations est dominé par les systèmes extensifs (environ 90%) notamment le lagunage avec ses différentes variantes (plus de 80%) (Figures 1 et 2). Cette dominance persistera pendant les années à venir puisque le lagunage reste le système de traitement le plus préconisé dans les projets en cours ou programmés (Figures 3 à 6). Ces systèmes sont peu coûteux en investissement et relativement simple en exploitation.

Les systèmes intensifs sont peu utilisés au Maroc ; ils ne constituent que 11% de l'ensemble des stations du pays. En effet, les stations d'épuration par boues activées sont limitées à quelques grandes villes: Marrakech, Fès et Nador. Ce sont des systèmes très coûteux en termes d'investissement et de fonctionnement.

Par ailleurs, dans les grandes villes qui ont délégué la gestion de « l'eau et l'assainissement » à des concessionnaires privés, les eaux usées ne subissent pas de traitement proprement dit ; c'est un simple prétraitement et un émissaire en mer et ça concerne actuellement un volume quotidien très important (382 000 m<sup>3</sup>) à Casablanca (sud) et Tanger et bientôt un volume encore plus important avec le fonctionnement des stations de prétraitement en cours d'installation ou d'études (Rabat-Salé Témara, Tétouan, Casa).

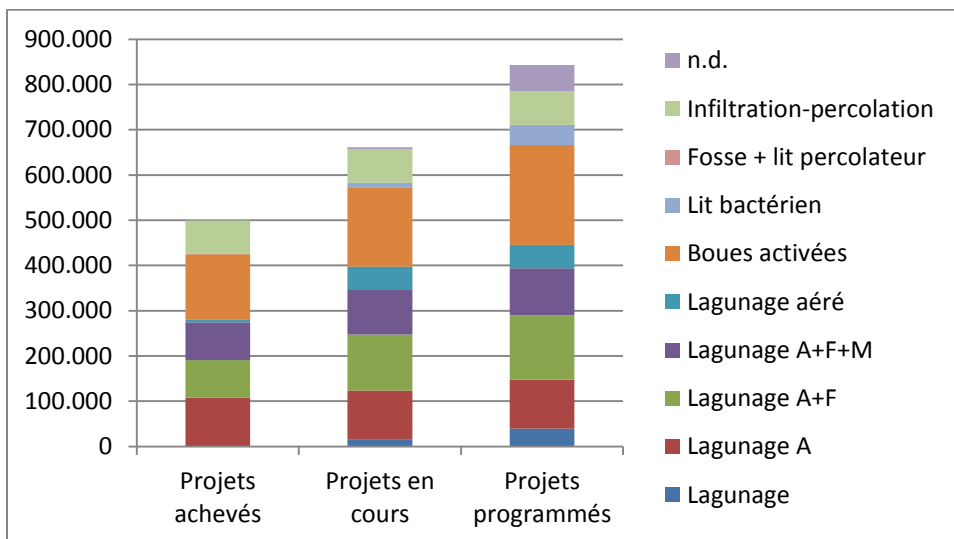
La majorité des stations traitent les eaux usées de population de 1.000 à 100.000 habitants. Seules trois stations de plus de 500.000 habitants existent sur le territoire (Marrakech, Agadir et Meknès). Environ le quart du parc des stations traitent les eaux usées de moins de 10.000 habitants.

La Figure 7 montre la répartition des STEPs au Maroc selon le type de traitement et selon les projets achevés, en cours, et programmés en m<sup>3</sup>/j.



**Figure 7 : Répartition des STEP selon le type de traitement (en m³/j)**

La Figure 8 montre les STEP de manière cumulée. On peut remarquer que dans l'avenir aussi plus de la moitié des STEP sont représentés par les différents types de lagunage. 25% des eaux usées seront épurées à l'aide des systèmes de boues activées.



**Figure 8 : Répartition des STEP selon le type de traitement (cumulée, en m³)**

Dans ce qui suit seront décrits brièvement les systèmes de traitement des eaux usées les plus répandus au Maroc.

### 5.8.1 Lagunage

Le lagunage est le système d'épuration des eaux usées le plus utilisé au Maroc. Il représente actuellement plus de 82% des stations d'épuration réalisées selon le nombre des STEP réalisés et 56% selon le volume traité des eaux usées (Tableau 24).

Le *Lagunage naturel* est un procédé extensif à culture libre. Il est constitué d'une série de bassins artificiels, ou étangs imperméables, dans lesquels les eaux usées passent successivement et naturellement par gravitation pendant une longue durée de séjour. La filière lagunage peut consister en différents assemblages de ces bassins et différents temps de séjour en fonction de divers paramètres, tels que les conditions locales, les exigences sur la qualité de l'effluent final et le débit à traiter. La composition de la filière détermine le type de lagunage.

Au Maroc, on distingue différents types de lagunages :

- *Lagunage naturel A, Lagunage anaérobique, Lagunage primaire* : Le lagunage A constitue la première composante de la filière lagunage. Il s'agit d'un bassin profond (bassin anaérobique) où se déroule une décantation des MES et une digestion anaérobique des matières décantées. C'est un bassin qui fonctionne sous des taux de charge organique élevés pour maintenir l'état d'anaérobiose (charge surfacique CS > 1000 kg/ha/j).
- *Lagunage naturel A+F, Lagunage secondaire* : Le lagunage secondaire comporte les deux premières composantes de la filière lagunage. Il est constitué d'un bassin profond anaérobique (décantation des MES, digestion anaérobique des matières décantées) suivi d'un bassin facultatif (moins profond) où se déroulent l'oxydation des matières organiques biodégradables par une association des algues et des bactéries hétérotrophes et une digestion anaérobique au fond du bassin.
- *Lagunage naturel A+F+M, Lagunage tertiaire* : Le lagunage tertiaire comporte toutes les composantes de la filière lagunage. Il est constitué d'un bassin profond anaérobique (décantation des MES, digestion anaérobique des matières décantées), d'un bassin facultatif, moins profond (oxydation des matières organiques biodégradables par une association des algues et des bactéries hétérotrophes et une digestion anaérobique au fond du bassin) et d'un ou de deux bassins de maturation dont le rôle est l'abatement des nutriments (azote et phosphore) et des pathogènes grâce à sa faible profondeur, au rayonnement solaire et à l'activité des algues .
- *Lagunage aéré* : C'est un lagunage avec une aération artificielle au niveau de la lagune secondaire (plus profonde que celle du lagunage non aéré) afin de stimuler l'activité bactérienne et gagner ainsi sur la superficie requise. Cette aération s'effectue à l'aide d'un aérateur mécanique de surface (turbine) ou placé en profondeur (diffusion de bulles fines)



Figure 9 : Lagunage naturel à Tiznit et lagunage aéré à Oujda

Bien que le PNA doive rester ouvert sur toutes les techniques d'épuration susceptible d'être compétitivement transposables aux conditions du Maroc, l'épuration par lagunage s'envisage comme une solution de base dans les centres de moins de 100.000 habitants. Le lagunage se justifie par ses avantages économiques. Pour les petits et les moyens centres d'habitation, l'expérience montre cependant que la performance des lagunages chute souvent au bout de quelques années, en raison de l'accumulation de boues dans les bassins. Cette dernière se traduit par une perte de capacité épuratoire et des risques accrus de dégagement d'odeurs.<sup>99</sup>

Cette tendance vers le lagunage peut être expliquée par plusieurs raisons :

- Le lagunage naturel est une recommandation du SDNAL (Schéma Directeur National d'Assainissement Liquide). En effet, Le SDNAL recommande que pour la mise en œuvre des systèmes d'épuration les études devraient être orientées en priorité vers les techniques extensives et plus particulièrement vers le lagunage naturel.
- Les stations de type intensif installées sont peu ou non fonctionnelles
- Les normes marocaines sont alignées sur le lagunage
- l'utilisation médiocre de l'énergie électrique
- Il s'agit d'un système qui s'adapte mieux au contexte marocain (climat favorable, la disponibilité des terrains pour les petites et moyennes villes, le prix de revient dynamique compatible avec les tarifs appliqués)

#### Cas de la STEP de Biougra

La station d'épuration de Biougra est construite pour traiter les eaux usées de la ville de Biougra en utilisant le procédé du «lagunage naturel».

- Le coût global de la station s'élève à 14,7 millions de dirhams.
- La population raccordée est de l'ordre de 17.304 EH.
- Le débit journalier est de l'ordre de 1.156.m<sup>3</sup>/j.

**Tableau 25 : Rendement épuratoire de la STEP de Biougra<sup>100</sup>**

Paramètres	Unité	Entrée de la STEP	Sortie de la STEP	Rendement %
Débit moyen	m <sup>3</sup> /j	750		
MES totales	mg/L	390	170	56%
MVS totales	mg/L	300	130	56%
DBO5 brute	mgO <sub>2</sub> /L	440	55	87%
DCO Brute	mgO <sub>2</sub> /L	1100	280	74%
Azote total	mg N/L	158	85,6	45%
Phosphore total	mg P/L	25,8	16,6	35%
Oeufs d'helminthes	nb/L	13	0	100%

<sup>99</sup> Banque Mondiale/KfW: Révue stratégique du PNA

<sup>100</sup> Données recueillis à la visite de la STEP en décembre 2009.



### Cas de la STEP d'Oujda

La station d'épuration d'Oujda, exploitée par la Régie Autonome Intercommunale de Distribution d'Eau et d'Électricité d'Oujda (R.A.D.E.E.O.), applique le procédé du « lagunage aéré » et a été mise en service en 2010.

- La capacité de traitement s'élève à 40.000 m<sup>3</sup>/d (530.000 personnes).
- La station d'épuration s'étend sur une surface totale de 90 ha (56 ha + 34 ha de surface d'extension)
- La STEP dispose des installations suivantes :
  - Grille
  - Dessablage
  - Traitement anaérobie
  - Traitement aérobie <sup>101</sup>
  - Bassins de maturation
  - Lits de séchage pour les boues d'épuration.

Les eaux usées de la ville présentent les caractéristiques suivantes :

- DBO5 : 142 à 400 mg/l
- DBO5/jour : 16 000 kg
- DCO : 336 à 1 400 mg/l
- Conductivité : 2,29 ms/cm
- pH : 9,58
- MES : 540 mg/l.<sup>102</sup>

Actuellement, les eaux assainies de la ville d'Oujda sont évacuées dans l'Oued Bounaim. Le Ministère de l'Agriculture étudie actuellement les possibilités d'exploiter les eaux assainies pour l'irrigation dans le secteur agricole, dans la mesure où les eaux transformées par la station sont de qualité A conformément aux directives de l'OMS. De plus, une étude consacrée à « la valorisation des eaux usées de la ville d'Oujda à travers l'irrigation de *Jatropha curcas* avec ces eaux » est actuellement en cours pour déterminer les répercussions de ce mode d'irrigation de *Jatropha curcas* avec les eaux usées (biologie, cycle de reproduction, paramètres de croissance, développement et rendement en graines et huiles).<sup>103</sup>

On estime qu'au terme de deux ans d'exploitation, la station aura produit un volume de 40.000 m<sup>3</sup> de boues d'épuration, avec un taux de MS d'environ 80% après le processus de séchage évoqué plus haut.

### **5.8.2 Boues Activées**

Ce système constitue 9% du parc des stations au Maroc jusqu'à fin 2010. Il traite environ 30% du volume des eaux usées traitées au Maroc, l'équivalent d'un volume quotidien de 145.180 m<sup>3</sup>. Il est à

<sup>101</sup> Le traitement aérobie est assuré par 76 ventilateurs, à une puissance de 11 kW.

<sup>102</sup> Réunion d'experts, Monsieur Hsini, RADEEO, Oujda, 25/10/2010

<sup>103</sup> Note officielle, Wafae Mokhtari, 21/01/2010

signaler que plusieurs stations de ce type ont fermé leurs portes à cause des frais de fonctionnement onéreux. Parmi les stations en cours, quatre stations de type boues activées sont en construction pour le traitement d'un volume quotidien de 65.255 m<sup>3</sup> et six stations de ce type sont programmées, dans le cadre du PNA, pour le traitement d'un volume quotidien de 44.730 m<sup>3</sup> environ.

Le système à boues activées est un procédé intensif à culture libre. C'est un traitement biologique aérobie qui consiste à mettre en contact l'eau usée prétraitée avec une biomasse active par brassage pour dégrader la matière organique dans un réacteur où une aération artificielle importante est assurée. La biomasse est séparée de l'eau traitée au niveau d'un clarificateur où une importante quantité de cette biomasse est recyclée vers le réacteur aéré.

Le traitement par boues activées proprement dites, constitue l'étape de traitement secondaire dans les stations d'épuration des eaux usées. Cette étape vise l'élimination de la charge carbonée. Certaines variantes de ce procédé sont conçues pour permettre, en plus, un enlèvement biologique des nutriments soit par nitrification-dénitrification ou par enlèvement biologique du phosphore.

#### Cas de la station du Grand Nador

S'étendant sur une superficie de 10 hectares, la station d'épuration du Grand Nador est construite pour traiter les eaux usées de Nador en utilisant le procédé « boues activées »

- Le coût global de la station s'élève à 267 millions de dirhams.
- La population raccordée est de l'ordre de 71.600 EH pour l'année 2009 et de 115.000 EH pour l'année 2018
- Le débit journalier est de l'ordre de 14.100 m<sup>3</sup>/j

Le tableau suivant montre les caractéristiques des eaux usées à l'entrée de la STEP ainsi que les performances attendues :

**Tableau 26 : Caractéristiques des eaux usées et rendement épuratoire à la STEP de Nador**

Paramètres		Rendement filière complète
Population	71.600	
Volume d'eaux usées	14.100 m <sup>3</sup> /jour	
MES	6.500 kg/jour	90%
DBO5	4.300 kg/jour	80%
DCO	10.700 kg/jour	75%
NTK	990 kg/jour	70%
PT	285 kg/jour	80%
Coliformes fécaux	Abattement de 4 unités log	
Streptocoques fécaux (entérocoques)	Abattement de 4 unités log	

En ce qui concerne la destination des sous-produits issus de l'épuration des eaux, les produits de dégrillage sont compactés et stockés. Les sables extraits des ouvrages de traitement sont lavés et égouttés par un classificateur. Ces sous-produits sont évacués dans les bennes de stockage, vers la décharge de Nador, située à environ 25 km du site d'épuration. Les graisses sont recueillies et

traitées biologiquement à la station. Les boues en excès, une fois épaissies et déshydratées mécaniquement, sont chaulées et stockées dans des bennes et ensuite évacuées vers la décharge de Nador.

### Cas de la station de Marrakech

S'étendant sur une superficie de 10 hectares, la station d'épuration du Marrakech est construite pour traiter les eaux usées de la ville en utilisant le procédé « boues activées », se dotant d'un système de production d'électricité à partir du biogaz de la station.

- Le coût global de la station s'élève à 650 millions de dirhams.
- La population raccordée est de l'ordre de 1.300.000 EH.
- Le débit journalier est de l'ordre de 90.000 m<sup>3</sup>/j.

**Tableau 27 : Performances du traitement de la STEP de Marrakech**

Paramètres	Eau brute mg/l	Traitement primaire mg/l	Traitement secondaire mg/l	Traitement tertiaire mg/l	Rendement filière complète
MES	584	200	30	5	99%
DBO5	640	430	30	10	98%
NTK	120	120	5	5	96%
PT	22	22	20	10	55%

### 5.8.3 Lit bactérien

C'est un système de traitement qui n'est pas utilisé au Maroc, une seule installation de type lit bactérien est réalisé à Tafoghalt ; il s'agit d'une petite station traitant un volume quotidien d'eau usée de 180 m<sup>3</sup>.

Cependant, il est à signaler que 5 stations de ce type sont parmi les projets en cours, pour le traitement d'un débit quotidien de 13.550 m<sup>3</sup> et parmi les projets programmés, 14 installations de type lit bactérien sont prévues pour le traitement de 35.000 m<sup>3</sup> d'eau usée par jour.

Le lit bactérien est un procédé de traitement à biomasse fixée, l'effluent prétraité est uniformément réparti par un dispositif d'arrosage sur un bassin généralement circulaire rempli de pierres concassées, pouzzolane, mâchefers ou de garnitures plastiques. Pendant son ruissellement, la matière organique est oxydée par les bactéries hétérotrophes du biofilm qui se développe à la surface des matériaux. Pour assurer l'apport en oxygène, l'alimentation en eau usée du bassin est séquentiellement interrompue. L'oxygénation des dispositifs à écoulement vertical est également assurée par les cheminées d'aération des drains inférieurs.

### 5.8.4 Infiltration-percolation

Quatre stations de type infiltration percolation sont fonctionnelles actuellement, elles traitent un débit quotidien de 74.200m<sup>3</sup>, la majorité sont situées à Agadir

Aucune station de type infiltration percolation n'est listée parmi les projets en cours ou même programmée dans le cadre du PNA.

L'infiltration-percolation est un procédé extensif à culture fixée. Il consiste à infiltrer les eaux usées issues de traitements primaires ou secondaires dans des bassins de faible profondeur creusés dans le sol en place ou remplis de massifs sableux. Les matières en suspension sont arrêtées à la surface du massif filtrant, leur accumulation entraînant un colmatage qui doit être géré en alternant des phases d'infiltration et des phases de séchage et la matière organique est dégradée par la biomasse développée au niveau du massif formant ainsi un biofilm.

Deux mécanismes sont mis en jeu :

- L'infiltration superficielle : son but est de stopper les matières en suspension et une fraction de la matière organique (la DCO particulaire). Le massif filtrant souvent constitué de sable avec une granulométrie comprise entre 0,25mm et 0,40mm, laisse percoler l'eau tout en arrêtant les particules les plus grosses.
- L'oxydation : le milieu granulaire constitue un réacteur biologique servant de support aux bactéries aérobies responsables de l'oxydation de la matière organique dissoute. Ce développement bactérien doit être contrôlé afin d'éviter un colmatage biologique ou encore un décrochage de la biomasse dus à une charge hydraulique trop importante.

Le système d'alimentation est conçu de manière à obtenir une distribution uniforme de la lame d'eau à infiltrer sur la totalité de la surface disponible. L'alimentation est séquencée afin de permettre le maintien d'une concentration suffisante d'oxygène par diffusion d'air entre deux bâchées.

Le massif filtrant est constitué d'une superposition de couches de matériaux de granulométrie croissante sur une hauteur de 80 à 100 cm avec en partie haute une épaisseur de sables ni trop fine pour éviter un colmatage, ni trop épaisse pour éviter un passage trop rapide. Habituellement, le dispositif construit est composé de trois massifs filtrants, un en service, les deux autres au repos avec alternance hebdomadaire. L'aération est assurée par convection à partir du déplacement des lames d'eau et par diffusion de l'oxygène depuis la surface des filtres mais aussi des cheminées d'aération vers l'espace poreux.

La surface des massifs filtrants est déterminée sur la base de 1,5 m<sup>2</sup> par habitant pour un traitement secondaire. Elle est subdivisée en au moins deux unités d'infiltration, de manière à permettre l'alternance des phases de fonctionnement et de séchage. L'épaisseur de sable peut varier de 0,7 m à 3 m. Une épaisseur importante est généralement requise pour permettre un abattement microbiologique significatif.

#### Cas de la station de M'Zar (Agadir).

Le mode d'épuration dans la station d'épuration de M'Zar Agadir se fait en deux stades successifs de traitement : la décantation anaérobie (traitement primaire) puis l'infiltration percolation sur sable (traitement secondaire).

- La population raccordée est de l'ordre de 769.231 EH.

- La capacité de traitement est de l'ordre de 50.000 m<sup>3</sup>/j au niveau du traitement primaire et de l'ordre de 10.000m<sup>3</sup>/j au niveau du traitement secondaire.

Le traitement secondaire consiste en l'infiltration lente à travers le massif de sable (vitesse d'infiltration 1m/j). Le processus mis en jeu est un mécanisme physique, c'est-à-dire une rétention des MES en surface des filtres et un mécanisme biologique par la dégradation de la matière organique par les microorganismes fixés sur les grains de sable. Le débit traité du traitement secondaire s'élève à 10 000m<sup>3</sup>/j qui sont traitées sur 24 filtres, dont la surface de chaque filtre s'élève à environ 5.000m<sup>2</sup> (1 m<sup>2</sup> par équivalent habitant). Le mode d'alimentation consiste en un apport séquentiel en alternant les périodes d'alimentation (3 jours) et les périodes d'arrêt (2jours).

Les performances de la STEP sont présentées dans le Tableau 28.

**Tableau 28 : Performances du traitement secondaire de la STEP M'Zar à Agadir**

Paramètres	Entrée	Sortie	Rendement filière complète
MES	755	4	99%
DBO5	700	4	99%
DCO	1500	32	98%
NTK	129	13	90%
P <sub>total</sub>	19	10	47%
Coliformes fécaux	2,00E+07	1,00E+04	

La production des boues d'épuration s'élève à 3.000 m<sup>3</sup>/a à partir du traitement primaire et à 2-5 tonnes par jour de boues récupérées à la surface des filtres après le traitement secondaire.



**Figure 10 : Lit d'infiltration-percolation de la STEP M'Zar à Agadir**

### 5.8.5 Autres

Outre les types de STEPs décrit ci-dessus le Maroc dispose aujourd'hui d'autres systèmes d'épuration qui sont appliqués dans le cadre des projets pilotes ou au niveau des projets à petite échelle. Le chenal algal, des fosses avec les lits percolateurs, des filtres plantés ainsi que les installations pour un traitement anaérobie des eaux usées (et d'autres matières organiques) sont des exemples.

Une fosse avec un lit percolateur est un système de traitement préconisé généralement pour l'assainissement autonome. Il consiste à faire percoler une eau usée prétraitée dans une fosse septique à travers un matériau naturel (sol ou pierre) sur lequel se développent les bactéries qui constituent alors un biofilm sur ce support.

Le chenal algal à haut rendement (CAHR) est un dispositif d'épuration basé sur un réacteur de type algo-bactérien, potentiellement fort intéressant pour les pays chauds. Il consiste en un bassin rectangulaire subdivisé en pistes où l'eau est maintenue en agitation et en circulation permanente.

La station d'épuration des eaux usées de la ville de Ouarzazate mis en place en 1991 pour traiter l'équivalent de 4.320 équivalent habitants comporte, en plus de deux filières de bassins de stabilisation (lagunage naturel), une filière à base de Chenal Algal à Haut Rendement (CAHR). Le CAHR occupe une superficie de 3.023 m<sup>2</sup> avec une profondeur de 0,4 m et un volume de 1.209 m<sup>3</sup>. Le CAHR traite un débit de 345 m<sup>3</sup>/j en un temps de séjour de 3,5 jours.

Le système du chenal algal ainsi qu'un traitement anaérobie et un filtre planté est aussi appliqué au niveau du Centre de Formation et de Démonstration de l'IAV Hassan II à Rabat. L'infrastructure des installations pilote de l'institut comporte trois unités d'épuration, deux prototypes de technologie compacte à boues activées l'un à membrane et le second un réacteur biologique séquentiel, ainsi qu'un terrain réservé aux expérimentations sur l'irrigation (réutilisation eau et boues) et sur l'arrosage des espaces verts.



**Figure 11 : Chenal algal au Centre de Formation et de Démonstration de l'IAV Hassan II à Rabat**

Un projet pilote d'assainissement écologique a été réalisé par la GIZ dans la ville Dayet Ifrah en 2011. Le projet inclut des salles de bain avec des Toilettes de Déshydratation à Séparation d'Urine (TDSU), un digesteur à biogaz pour le traitement anaérobie des eaux usées (eaux noires) et du fumier d'une petite ferme, des filtres plantés pour la dépollution des eaux usées et pour le traitement des eaux grises, des jardins pédagogiques d'essai ainsi qu'une citerne pour le captage et le stockage des eaux pluviales (23 m<sup>3</sup>).



Figure 12 : Filtre planté et digesteur à Dayet Ifrah<sup>104</sup>

### 5.8.6 Prétraitement et émissaire en mer

Il s'agit d'un simple prétraitement des eaux usées avant leur évacuation en mer par l'intermédiaire d'un long émissaire.

C'est un système adopté par les gestionnaires de l'eau et de l'assainissement de grandes villes côtières marocaines comme Tétouan Tanger Casablanca et Rabat. Il concerne un volume important des eaux usées marocaines.

C'est le moyen utilisé dans les villes côtières pour se débarrasser des nuisances occasionnées par les eaux usées notamment les mauvaises odeurs. Toutefois, l'effluent de ce système reste non traité et par conséquent il n'a pas la qualité minimum requise pour un rejet sans risque pour l'écosystème marin. En plus, cette pratique fait perdre un potentiel hydrique énorme étant donné que les villes concernées produisent de grands volumes d'eau usée (environ 60% du volume national des eaux usées est produit au niveau des villes côtières).

#### Cas de Tanger

Le traitement au niveau de cette station consiste en un dégrillage suivi d'une étape d'élimination des sables et huiles. La station permet d'éliminer 80 à 90% des graisses et des matières flottantes. A la sortie, l'eau est pompée dans un émissaire marin de 2,3 kilomètres pour être rejetée en mer à 42m de profondeur.

- Le coût global de la station s'élève à 400 millions de dirhams.
- La capacité de traitement est de l'ordre de 150.000 m<sup>3</sup>/j.
- Le système de traitement permettra un abattement de 30% de la charge de pollution organique exprimée en DBO5 complété par l'autoépuration en mer assurée par l'émissaire.

<sup>104</sup> GIZ ; AGIRE Maroc

### 5.8.7 Investissement

En général, il est difficile d'indiquer l'investissement des stations d'épuration dû aux conditions assez variable selon le site de l'installation (coûts de terrain, coûts de construction, taux d'importation de la machinerie, etc.).

Quand même le Tableau 29 résume des informations sur les coûts d'investissement de différents types de STEP au Maroc. Les données présentées dérivent surtout des communiqués de presse de l'ONEP ou bien des présentations sur les différentes STEPs. Les investissements réels peuvent éventuellement varier.

Les valeurs indiquées montrent les variations considérables si on considère l'investissement par EH connecté.

- L'investissement du lagunage naturel varie entre 32 et 87 €/EH (moyenne : 54 €/EH)
- L'investissement du lagunage aéré varie entre 43 et 262 €/EH (moyenne : 135 €/EH)
- L'investissement du système d'infiltration-percolation varie entre 23 et 98 €/EH (moyenne : 52 €/EH)
- L'investissement des STEPs à boues activés varie entre 45 et 290 €/EH (moyenne : 125 €/EH)
- L'investissement d'un lit bactérien s'élève à 122 €/EH
- L'investissement pour le prétraitement et émissaire en mer varie entre 11 et 14 €/EH (moyenne : 12 €/EH)



Tableau 29 : Investissement de différentes STEPs (sans réseau) au Maroc<sup>105</sup>

STEP	Débit STEP	Nombre EH	Procédé de traitement	Investissement	Investissement	Coûts d'exploitation	Coûts d'exploitation
	m <sup>3</sup> /j			€	€/EH	€/a	€/m <sup>3</sup>
Biougra	1.600	24.615	Lagunage naturel	1.312.500	53		
Tiznit	4.900	75.385	Lagunage naturel	3.660.714	49		
Ouarzazate	430	6.615	Lagunage naturel	446.429	67	9.688	0,06
Oued Zem	7.000	107.692	Lagunage naturel	4.464.286	41		
Bejaad	3.000	46.154	Lagunage naturel	4.017.857	87		
Skhirat	6.000	63.500	Lagunage naturel avec digestion anaérobie des boues	3.125.000	49	83.036	0,04
Meknes	96.000	1.476.923	Lagunage anaérobie avec boues activées à moyenne charge	47.321.429	32		
<b>Moyenne Lagunage naturel</b>					<b>54</b>		
Ben Slimane	5.600	86.154	Lagunage aéré	8.610.714	100	83.482	0,04
Oujda	40.000	530.000	Lagunage aéré	22.767.857	43		
Oualidia	2.500	13.000	Lagunage aéré	3.410.714	262		
<b>Moyenne Lagunage aéré</b>					<b>135</b>		
MZar Agadir	50.000	769.231	Infiltration-percolation	17.678.571	23		0,045
Ben Sergao	750	11.538	Infiltration-percolation	446.429	39	27.455	0,10
Drarga	1.180	18.154	Infiltration-percolation	1.785.714	98	23.214	0,05
<b>Moyenne Infiltration-percolation</b>					<b>52</b>		
Marrakech	90.720	1.300.000	Boues activées	58.035.714	45	308.393	0,01
Grand Nador	20.600	245.000	Boues activées	23.839.286	97		
Chefchaouen	5.000	53.000	Boues activées	7.142.857	135		
Al Houceima	9.600	147.692	Boues activées avec traitement tertiaire aux ultra-violet	10.714.286	73		
Benguerir		112.000	Boues activées	13.392.857	120		
Fes	120.000	1.200.000	Boues activées	69.732.143	58	3.855.179	0,09
Mediouna	2.800	43.077	Boues activées de type membrane	12.500.000	290		
Khouribga	18.000	200.000	Boues activées	17.857.143	89		
Fnideq	51.600	170.000	Boues actives à moyenne charge	37.500.000	221		
<b>Moyenne Boues activées</b>					<b>125</b>		
Khénifra	5.260		Lits bactériens	9.866.071	122		
<b>Moyenne Lits bactériens</b>					<b>122</b>		
Tanger	218.000		Prétraitement et émissaire en mer	35.714.286	11		
Martil	211.680	850.000	Prétraitement et émissaire en mer	44.642.857	14		
<b>Moyenne Prétraitement et émissaire en mer</b>					<b>12</b>		

<sup>105</sup> ONEP: Communiqués de presse et différents présentations

## 5.9 Analyse des boues d'épuration des eaux usées domestiques

### 5.9.1 Les gisements de boues

L'étude d'élaboration de la stratégie nationale de gestion des boues (SEEE/DE/DEPP, 2010) a estimé la production actuelle et projetée des gisements des boues issues des stations d'épuration sur la base des données et paramètres cités ci-dessous et qui sont détaillés dans les rapports de ladite étude :

- Les données du PNA et ses objectifs en termes de taux de raccordement au réseau urbain et en termes de taux de dépollution avec différents scénarios ;
- Les données issues de l'étude de réutilisation des eaux épurées réalisées au niveau du SEEE/DRPE (2010) ;
- La liste des 423 centres représentant une population de 21,6 millions d'habitants à l'horizon 2010 et de 30,7 millions d'habitants à l'horizon 2030. ;
- Les estimations de population aux horizons 2010, 2015, 2020, 2025 et 2030 sont extraites des données traitées par l'étude de la DRPE qui a estimé une population à partir des projections des besoins en eau potable issus des différentes études en cours de réalisation ; et
- Les données relatives aux quatre scénarios de calcul des quantités de boues produites correspondant à trois hypothèses, basse, moyenne et haute, avec un ratio moyen respectif de production de boues de 20 ; 40 et 60 g MS/hab/jour. Un quatrième scénario correspondait à une moyenne pondérée tenant compte des proportions des systèmes extensifs et ceux intensifs au Maroc.

Les gisements de boues calculés sont ainsi rapportés dans le Tableau 30. Le tableau présente la production des boues en tenant compte de la situation actuelle et des objectifs de PNA pour l'horizon 2020 qui sont: un taux de raccordement global au réseau de plus de 80% en milieu urbain et un taux d'épuration d'au moins 60%. Les projections couvrent les horizons 2010, 2015, 2020, 2025 et 2030.

**Tableau 30 : Production de boues (en tonnes de MS/an) selon différentes hypothèses<sup>106</sup>**

Hypothèse		2010	2015	2020	2025	2030
Hypothèse basse	20gMS/hab.jour	21 775	55 099	90 043	105 405	200 841
Hypothèse moyenne	40gMS/hab.jour	43 550	110 198	180 085	210 809	401 681
Hypothèse haute	60gMS/hab.jour	65 325	165 297	270 128	316 214	602 522
Hypothèse avec pondération	2010 - 2020: 70% extensif et 30% intensif 2025 - 2030: 30% extensif et 70% intensif	34 840	88 158	144 068	252 971	482 017

Ces gisements sont répartis à travers les régions dans le Tableau 31 (SEEE/DE/DEPP, 2010). Cette répartition permettra de superposer les gisements des boues par rapport à la faisabilité des options d'élimination et de valorisation offertes par les différentes régions en fonction du climat, de la proximité des décharges contrôlées de déchets ménagers, de la proximité des cimenteries, de la demande potentielle et réelle en amendement des sols en agriculture ou sylviculture, etc.

<sup>106</sup> SEEE : Etude pour l'élaboration de la Stratégie nationale de gestion des boues des stations d'épuration des eaux au Maroc, 2010

**Tableau 31 : Production des boues par région de 2010 à 2030 (en Tonnes de MS/an)<sup>107</sup>**

	2010	2015	2020	2025	2030
Chaouia - Ouardigha	3 168	6 911	5 814	9 949	19 428
Doukkala - Abda	0	116	6 308	10 998	21 006
Fès - Boulmane	190	11 221	8 949	15 564	29 450
Gharb-Chrarda-Beni Hssen	71	6 439	6 715	11 860	22 263
Grand Casablanca	0	2 243	27 377	46 954	87 597
Guelmim Es-smara	1 244	2 971	2 279	4 166	7 964
Laâyoune-Boujdour-SakiaEl Hamra	37	2 938	2 163	3 875	7 464
Marrakech - Tensift - El Haouz	8 603	12 514	9 576	17 149	32 519
Meknès-Tafilalet	6 037	9 276	9 772	17 361	33 075
Oriental	3 363	10 999	10 912	19 104	36 472
Oued Eddahab - Lagouira	0	822	1 035	2 310	6 190
Rabat - Salé - Zemmour - Zaer	497	3 372	17 125	29 907	56 527
Souss- massa - Draa	8 732	13 461	14 760	26 418	51 215
Tadla - Azilal	2 078	2 811	4 648	7 943	14 557
Tanger - Tétouan	0	355	13 457	23 831	45 821
Taza-Al Hoceïma - Taounate	821	1 710	3 212	5 581	10 470
<b>TOTAL</b>	<b>34 840</b>	<b>88 158</b>	<b>144 103</b>	<b>252 971</b>	<b>482 017</b>

Cette répartition est candidate à une variation notable si la faisabilité de l'étude récemment lancée sur la réutilisation des eaux usées déversées en mer conclut l'épuration des eaux usées de certaines grandes villes côtières.

En ce qui concerne la destination actuelle des boues, on constate que dans les STEP où les boues sont évacuées suite à l'opération de curage des bassins ou des surfaces massifs sableux (cas du procédé d'infiltration – percolation), les boues sont essentiellement séchées naturellement et déposées à proximité des stations d'épuration ou acheminées vers les décharges publiques (cas de la STEP de Drarga, d'Al Hoceïma, Agadir, Marrakech, etc.) ou dans certains cas répandus directement sur les sols avoisinants la STEP (cas de la STEP de Skhirat).

Des essais d'incinération des boues dans les cimenteries sont en cours notamment à Nador. Les essais réalisés ne permettent pas encore de tirer des conclusions sur ce type de valorisation.

## 5.9.2 Caractérisation des boues

Les données d'analyse des boues au Maroc sont encore limitées. On se propose de présenter ci-après une synthèse des principales caractéristiques physico-chimiques des boues marocaines issues de différentes STEP (M'Zar du Grand Agadir, Bouregreg, Drarga, Mrirt, Skhirat, Taoujdate, Tafoghalte, Taourirt, Tiznit, Ouarzazate, etc.). Les tableaux suivants présentent une synthèse de ces données.

<sup>107</sup> SEEE : Etude pour l'élaboration de la Stratégie nationale de gestion des boues des stations d'épuration des eaux au Maroc, 2010

**Tableau 32 : Caractéristiques physico-chimiques des boues marocaines** <sup>108 109 110 111 112 113</sup>

	pH	MS (%)	MO (%)*	C (%)*	N (%)*	P (%)*
Moyenne	7,13	89,47	46,43	23,87	2,19	0,93
Maximum	7,97	94	77,78	37,89	3,81	1,89
Minimum	6,67	80,2	23,99	13,95	1,29	0,26
Ecart-type	0,35	4,97	15,48	7,39	0,8	0,5

\* : % de MS

**Tableau 33 : Caractéristiques physico-chimiques des boues au Maroc selon le type de traitement** <sup>114 115 116 117 118 119</sup>

		pH	MS (%)	MO (%)*	C (%)*	N (%)*	P (%)*
Lagunage naturel	Moyenne	7,34	89,82	50,79	26,28	2,3	0,9
	Max	7,97	93,6	77,78	37,89	3,53	1,89
	Min	7,1	82	30,34	17,64	1,29	0,26
Boues activées	Moyenne	6,95	80,2	36,63	22,56	2,06	0,72
	Max	7,2		56,7	36,75	3,81	1,03
	Min	6,67		23,99	13,95	1,3	0,42
Lagunage aéré		6,7	93,8	38,6	19,3	1,47	0,33
Infiltration-percolation	Moyenne	7,24	89,5	58,68	27,38	2,72	1,21
	Max	7,61	92	62,05	31,06	2,78	1,31
	Min	6,87	87	55,3	23,7	2,66	1,11
Lit bactérien		7,4	94	47,43	23,71	2,09	1,49

\* : % de MS

Il ressort de ces tableaux que :

- Le pH des boues marocaines analysées se situe autour de la neutralité dans un intervalle allant de 6,67 à 7,97 avec une moyenne de 7,13 ;
- La MO est présente avec une moyenne de 46,43 % de MS, cette quantité est assez importante ce qui favorise l'utilisation agricole des boues par rapport aux autres voies d'élimination ;
- La teneur des boues en éléments fertilisants N et P est considérée intéressante ce qui favorise l'option de valorisation verte (en agriculture, en sylviculture ou pour la réhabilitation des sols dégradés).

<sup>108</sup> Hamdani, I. : Gestion des boues des stations d'épuration au Maroc, 2008

<sup>109</sup> Baati, A. : Compostage des boues de traitement des eaux usées de la ville de Settat, 2009

<sup>110</sup> Jemali, A. : Etude de la valeur fertilisante Azotée des eaux Usées et des Boues Résiduaire de la Station Expérimentale de Lagunage d'Ouarzazate, 1995

<sup>111</sup> Boussehaj, K. : Etude du potentiel Fertilisant (N et P) de Deux Stations d'Épuration par Lagunage Anaérobie et par Boues Activées, 1996

<sup>112</sup> Echab, A. : Aspect Ecotoxicologique de la valorisation Agricole des boues de Station d'Épuration des Eaux Usées, 2002

<sup>113</sup> Jouraiphy, A. : Compostage des boues activées-déchets verts, 2007

<sup>114</sup> Hamdani, I. : Gestion des boues des stations d'épuration au Maroc, 2008

<sup>115</sup> Baati, A. : Compostage des boues de traitement des eaux usées de la ville de Settat, 2009

<sup>116</sup> Jemali, A. : Etude de la valeur fertilisante Azotée des eaux Usées et des Boues Résiduaire de la Station Expérimentale de Lagunage d'Ouarzazate, 1995

<sup>117</sup> Boussehaj, K. : Etude du potentiel Fertilisant (N et P) de Deux Stations d'Épuration par Lagunage Anaérobie et par Boues Activées, 1996

<sup>118</sup> Echab, A. : Aspect Ecotoxicologique de la valorisation Agricole des boues de Station d'Épuration des Eaux Usées, 2002

<sup>119</sup> Jouraiphy, A. : Compostage des boues activées-déchets verts, 2007

Le Tableau 34 relate une série d'autres macroéléments et éléments essentiels.

**Tableau 34 : Moyennes des teneurs d'éléments majeurs des boues<sup>120</sup>**

STEP	Al (mg/kg)	Ca (mg/kg)	Fe (mg/kg)	K (mg/kg)	Mg (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Na (mg/kg)	Ka (mg/kg)
Agadir	32.277	75.708	908	9.103	10.402	350	7.331	13.098
Skhirat	27.775	85.837	842	7.345	8.757	278	2.480	8.512
Drarga	29.238	76.460	863	6.362	9.143	276	2.608	11.130
Bouregreg	26.938	71.246	889	8.483	9.267	257	3.899	10.286
Mriret	26.134	64.926	882	6.315	9.494	298	3.447	14.768
Taoujdate	43.976	74.409	844	10.201	5.607	328	1.607	6.435
Tafoghalte	30.989	60.765	987	6.515	6.741	331	2.343	14.853
Taourirt	11.978	32.386	810	2.438	5.181	280	2.347	18.886
Tiznit	34.623	71.396	1.043	13.040	10.755	294	8.240	7.457
<b>Moyenne</b>	<b>29.325</b>	<b>68.126</b>	<b>896</b>	<b>7.756</b>	<b>8.372</b>	<b>299</b>	<b>3.811</b>	<b>11.714</b>

En ce qui concerne les éléments traces métalliques (ETM), le Tableau 35 relate les valeurs moyennes et extrêmes trouvées dans les boues d'une dizaine de stations d'épuration au Maroc.

**Tableau 35 : Teneurs en ETM dans les boues marocaines (en mg / kg de MS)<sup>121 122 123 124 125 126</sup>**

	Cr	Cd	Cu	Ni	Pb	Zn
moyenne	46,82	2,97	193,35	22,53	125,58	1070,51
max	60,9	9,83	368,1	33,4	235,5	2980
min	34,6	0,7	21,28	10,58	25,87	156

La teneur en éléments à traces métalliques des boues marocaines comparée aux normes de l'union européenne et celles de la Tunisie reste largement inférieure aux valeurs limites. Donc une valorisation agricole par épandage direct ne représente pas un grand danger de pollution du sol par ces éléments.

### 5.9.3 Stratégie actuelle d'élimination et de valorisation des boues au Maroc

L'aspect de l'élimination et de valorisation des boues d'épuration au contexte marocain a été bien développé par l'étude relative à l'élaboration de la stratégie nationale de gestion des boues (SEEE/DE/DEPP, 2010)<sup>127</sup>. De manière très succincte, les options de traitement, d'élimination et de valorisation examinées et proposées selon une hiérarchisation et selon une catégorisation des boues sont :

- (i) les traitements classiques d'épaississement, de déshydratation et de séchage dans la STEP ou à sa proximité,

<sup>120</sup> SEEE : Etude pour l'élaboration de la Stratégie nationale de gestion des boues des stations d'épuration des eaux au Maroc, 2010

<sup>121</sup> Hamdani, I. : Gestion des boues des stations d'épuration au Maroc, 2008

<sup>122</sup> Baati, A. : Compostage des boues de traitement des eaux usées de la ville de Settat, 2009

<sup>123</sup> Jemali, A. : Etude de la valeur fertilisante Azotée des eaux Usées et des Boues Résiduelles de la Station Expérimentale de Lagunage d'Ouarzazate, 1995

<sup>124</sup> Bouselhadj, K. : Etude du potentiel Fertilisant (N et P) de Deux Stations d'Epuration par Lagunage Anaérobie et par Boues Activées, 1996

<sup>125</sup> Echab, A. : Aspect Ecotoxicologique de la valorisation Agricole des boues de Station d'Epuration des Eaux Usées, 2002

<sup>126</sup> Jouraiphy, A. : Compostage des boues activées-déchets verts, 2007

<sup>127</sup> SEEE : Etude pour l'élaboration de la Stratégie nationale de gestion des boues des stations d'épuration des eaux au Maroc, 2010

- (ii) les voies d'élimination représentées essentiellement par la mise en décharge dans les décharges contrôlées mixtes (déchets ménagers et boues) ou dans les mono-décharges et
- (iii) la valorisation verte en agriculture, en sylviculture et pour la réhabilitation des sols dégradés ainsi que pour les opérations de végétalisation.

Ces différentes options ont été modulées selon la chronologie de leur adoption qui dépend des conditionnalités institutionnelles et réglementaires.

La valorisation verte des boues (en agriculture, en sylviculture et pour la réhabilitation des sols dégradés) constitue une des options les plus écologiquement durable et économiquement viable pour le Maroc. En effet, si cette option s'affiche comme étant la plus privilégiée dans le monde comme le montre le Tableau 36, elle se justifie encore davantage pour le Maroc étant donnée sa vocation agricole, le taux croissant de dégradation des sols et l'avancée du fléau de désertification. Cette valorisation permettra aussi, comme nous allons le voir plus loin, de générer des gains économiques en termes d'économie des engrais et d'amélioration de la qualité des sols et donc de leur productivité.

**Tableau 36 : Proportions de valorisation agricole des boues dans quelques pays<sup>128</sup>**

Pays	% des boues valorisées
France	59.1% (2002) <sup>1</sup>
Suisse	14% <sup>1</sup>
Royaume Uni	62 % (2006) <sup>2</sup>
Allemagne	40 % <sup>3</sup>
Belgique	90 % <sup>3</sup>

La révision de la Directive Européenne 86/278/EU (2001) ; lors de la conférence sur les boues à Bruxelles, a rapporté les éléments de l'analyse coûts – avantages (internalités et externalités) explicités dans le Tableau 37.

**Tableau 37 : Analyse coût-bénéfice de la valorisation des boues**

	Internes	Externes	Coût Global
<b>Coûts</b>	Coût d'investissement	Impacts sur les changements climatiques ; les	Coût global = Coûts internes + Coûts externes
	Coût d'exploitation (main d'œuvre, énergie, etc.)		
<b>Bénéfices</b>	Economie des engrais	Impacts évités :	
	Recouvrement énergétique	Substitution des engrais	
		Recouvrement énergétique	
<b>Coût net</b>	Coût net = Coûts – bénéfices		

<sup>128</sup> Sources : 1 : De Cavel, (2007) ; 2 : Water UK, 2007) 3 : De Lachaise et al. (2003).

## Principales recommandations de l'étude d'élaboration de la stratégie de gestion des boues

Un certain nombre d'actions prioritaires sont ainsi recommandées :

- i. Mettre en place des arrangements institutionnels et des cahiers de spécifications techniques pour la mise en œuvre des deux filières (co-incinération en cimenteries et mise en décharge) pouvant résorber les boues d'ici à l'horizon 2015);
- ii. Accélérer le processus d'élaboration des décrets et arrêtés relatifs aux conditions d'utilisation et de manutention des boues et aux normes des différents usages ;
- iii. Elaborer un guide de bonnes pratiques de valorisation agricole des boues en s'appuyant sur les résultats des essais pilotes de valorisation agricole des boues dans différents types de sols et pour différentes cultures et différentes formes de valorisation verte ;
- iv. Réaliser sur le terrain des projets pilotes de valorisation des boues (co-incinération et valorisation verte) en expérimentant les différentes options de prétraitement des boues dans différents contextes (taille des STEP, contexte climatique, contexte agricole, présence ou absence de cimenteries, etc.).

## **5.10 Valorisation actuelle des eaux usées (épurées) au Maroc**

### **5.10.1 Situation actuelle de réutilisation pour les STEP en exploitation**

Le Maroc dispose actuellement d'un potentiel plus ou moins important des eaux usées épurées. Par contre le volume des eaux usées épurées réutilisées est relativement faible, il est de l'ordre de 17,4 millions de m<sup>3</sup> par an.<sup>129</sup> Cette quantité est obtenue grâce aux différents projets de réutilisation des eaux usées épurées que le Maroc a mis en place et ce depuis déjà une dizaine d'années. Une grande partie de ces projets a concerné la réutilisation des eaux usées pour l'irrigation des espaces verts notamment les golfs. Le Tableau 38 fait un cliché de l'expérience de réutilisation des eaux usées au Maroc. Rappelons qu'il s'agit d'expériences qui ne sont pas encore évaluées et dont certaines ont été initiées mais interrompues par la suite. Le goulot d'étranglement assez bien documenté réside dans les lacunes du cadre institutionnel.

---

<sup>129</sup> SEEE, Département de l'Eau : Etude des possibilités de réutilisation des eaux usées épurées, Diagnostique, 2009

**Tableau 38 : Volume des eaux usées épurées réutilisées au niveau de certains centres** <sup>130</sup>

Projet	Volume réutilisé [m <sup>3</sup> /j]	Utilisation	Surface irriguée	Commentaires
Drargua	411	Agriculture	8 à 16 ha	Gain en fertilisants mis en avant, Expérience interrompue
Ben Sergao	750	Agriculture	<10 ha	Station pilote, Plusieurs essais agronomiques ont été réalisés
Ben Slimane	5600	Golf		- Gestion filière par exploitant du golf, Bonne expérience à évaluer et documenter
Biougra	1 156	Recharge des nappes		- Réalisé par l'ONEP, Insuffisance en fonctionnement : colmatage des bassins, Une valuation de la qualité des eaux infiltrées mérite d'être faite
Essaouira	9 250	Golf		- Contrat de prestation entre l'ONEP et Golf
Nador	10 000	Pépinière		- Une partie est utilisée en pépinière municipale
M'ritt	2 200	Agriculture	350 ha	15 agriculteurs satisfaits du fonctionnement
Bejaâd	3500	Agriculture		- Cultures maraîchères
Ourzazate	9 000	Agriculture		- Essais sur 4 types d'irrigation
Ben ahmed	370	Agriculture		- Capacité de 1850 m <sup>3</sup> /j mais faible débit, manque de branchement
El Gara	1 384	Agriculture	<10 ha	Problème de qualité de l'eau
Skhirat	3 500	Agriculture	<10 ha	Potentiel peu utilisé, REDAL relance une étude en cours
Soualem	325	Agriculture		- Faible débit des eaux épurées manque de branchement
<b>Total</b>	<b>47 446</b>			

### 5.10.2 Les projets en cours de réalisation

A coté de la réutilisation en agriculture, une grande partie des projets en cours de réalisation a concerné la réutilisation des eaux usées pour l'irrigation des espaces verts urbains et les golfs notamment dans les grandes villes telle que Marrakech et Agadir (Tableau 39).

<sup>130</sup> Inspirées et adaptées selon SEEE, Département de l'Eau : Etude des possibilités de réutilisation des eaux usées épurées, Diagnostique, 2009



**Tableau 39 : Les différents projets en cours de réalisation de la réutilisation des eaux usées au Maroc<sup>131</sup>**

Site	Description du projet
<b>Marrakech</b>	La station d'épuration est prévue pour traiter les rejets d'environ 1 million d'habitant. La RADEEMA a confié à SGI Ingenieurie l'étude de faisabilité de REUE orientée vers les golfs existants, futurs (un total de 12) et la palmeraie. La STEP produira environ 90 000 m <sup>3</sup> /j.
<b>Guelmim</b>	La procédé de traitement est un lagunage à deux bassins qui peut traiter 5 560 m <sup>3</sup> /j. Un projet d'irrigation de 175 ha avec association des agriculteurs et pilotage du ministère de l'Agriculture est en cours de travaux.
<b>Settat</b>	La RADEEC a lancé une étude (ADI) en 2007, pour la réalisation d'un projet de réutilisation des eaux épurées. Une station d'épuration ayant le lagunage de 3 bassins peut traiter environ 200 000 EH et donc un volume d'environ 5 million de m <sup>3</sup> /an.
<b>Meknès</b>	La station d'épuration est en cours de finition pour un traitement d'environ 96 000 m <sup>3</sup> /j par un lagunage à 2 étages. L'étude de réutilisation est en cours.
<b>Nouaceur</b>	La station est de type « boues activées ». le projet de réutilisation des eaux usées envisage l'arrosage des espaces verts de l'espace aéroportuaire, le nettoyage des locaux et le reste de valorise en irrigation.
<b>Berrechid</b>	L'ABHBC a confié une étude au bureau d'étude SCET-SCOM pour la réutilisation des eaux usées épurées. La station d'épuration dont les bassins de maturation sont en projet aura une capacité d'environ 200 000 EH soit 17 000 m <sup>3</sup> /j. A l'horizon 2015 un périmètre d'environ 500 hectares sera aménagé.
<b>Agadir</b>	La première tranche des travaux de la station d'épuration de M'Zar permet de traiter 50 000 m <sup>3</sup> /j en traitement primaire et 10 000 m <sup>3</sup> /j avec un traitement par filtration sur le sable. Une étude a déterminé les besoins des golfs (environ 600 hectares soit 19 000 m <sup>3</sup> /j) et de tous les espaces verts de l'agglomération( environ 1 500 hectares soit 17 000 m <sup>3</sup> /j). Un problème juridique et un problème du salinité ont arrêté le continuation du projet.

A côté de ces projets, il y a aussi le projet de Tiznit, de Benimellal et de Imzouren Benibouyach qui participent dans l'accroissement du potentiel des eaux usées au Maroc, qui va atteindre environ 180.000 m<sup>3</sup>/j soit 65,7 millions de m<sup>3</sup> par an, prévu pour 2015.<sup>132</sup> Rappelons aussi à ce niveau que le projet de réutilisation à Tiznit est ficelé, le périmètre de réutilisation est presque aménagé, le traitement tertiaire est adéquat mais le vide institutionnel constitue encore une fois un facteur de blocage.

Pour la réutilisation des eaux usées pour l'irrigation des espaces verts, plusieurs projets sont à l'étude, comme par exemple le projet de Rabat-Temara-Salé-Bouknadel dont l'étude est lancée par la REDAL pour l'arrosage des espaces verts sur une partie des effluents, et aussi le projet de Dar Bouazza pour l'arrosage des espaces verts.<sup>133</sup>

### 5.10.3 Les extrapolations des productions des eaux usées épurées

Ayant conscience de la problématique de l'insuffisance de collecte et de dépollution des eaux usées et du déficit d'assainissement au Maroc, la commission interministérielle d'eau demande la mise en place du plan national d'assainissement liquide qui inaugure un réengagement de l'état dans le secteur de l'alimentation en eau potable et de l'assainissement. Ce plan vise à donner accès à

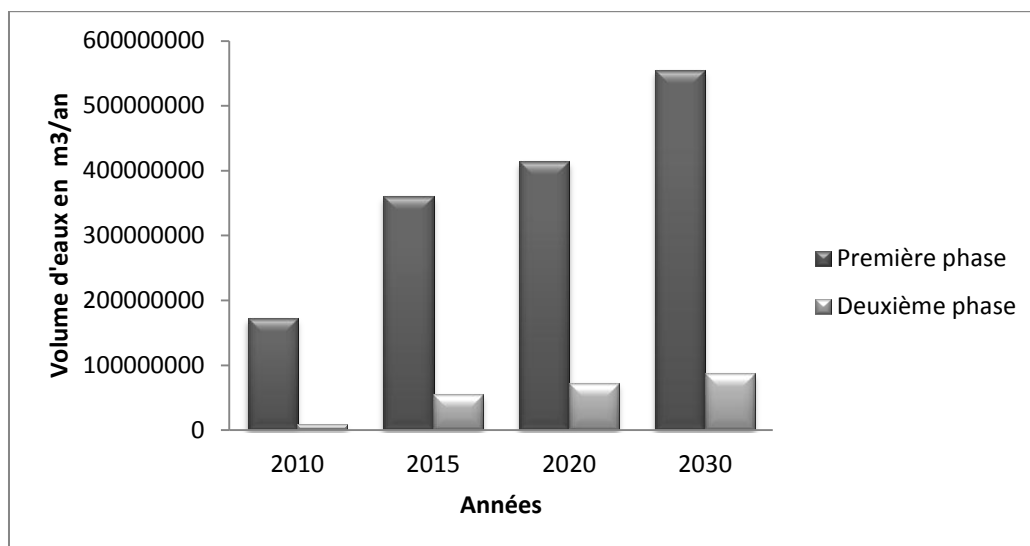
<sup>131</sup> SEEE, Département de l'Eau : Etude des possibilités de réutilisation des eaux usées épurées, Diagnostique, 2009

<sup>132</sup> SEEE, Département de l'Eau : Etude des possibilités de réutilisation des eaux usées épurées, Diagnostique, 2009

<sup>133</sup> SEEE, Département de l'Eau : Etude des possibilités de réutilisation des eaux usées épurées, Diagnostique, 2009

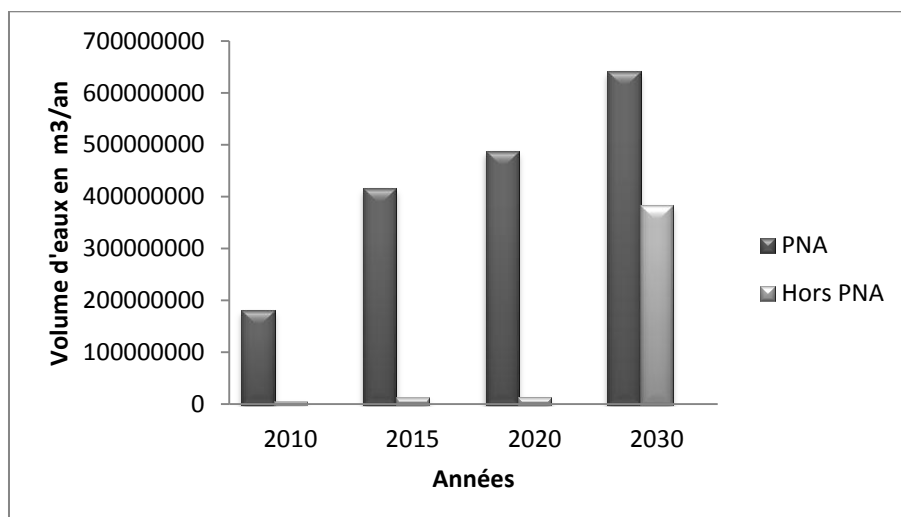
l'assainissement collectif à 80% de la population urbaine et à épurer 60 % de la pollution des eaux usées d'ici 2020.<sup>134</sup>

Ce plan permet de définir des centres prioritaires en matière d'équipement d'assainissement. Ils sont 338 répartis en deux phases.<sup>135</sup> Compte tenu du retard actuel du PNA, les volumes pour 2010 restent relativement faibles, autour de 181 Mm<sup>3</sup>. Cependant, dès que les stations d'épuration seront mises en place, les volumes deviendront vite significatifs, pour atteindre 415 Mm<sup>3</sup> dès 2015 (Figure 13).



**Figure 13 : Evolution des potentiels de production des eaux usées épurées pour les centres relevant du PNA<sup>136</sup>**

En tenant compte des centres hors PNA, le volume total augmente pour atteindre 1 023 millions de mètres cubes à l'horizon 2030 (Figure 14). Cette augmentation est attribuée principalement à l'augmentation du taux de branchement au réseau d'assainissement.



**Figure 14 : Evolution des potentiels de production des eaux usées épurées pour les centres hors PNA et relevant du PNA<sup>137</sup>**

<sup>134</sup> KfW/Banque Mondiale: Révue Stratégique PNA, 2008

<sup>135</sup> SEEE : Etude pour l'élaboration de la Stratégie nationale de gestion des boues des stations d'épuration des eaux au Maroc, 2010

<sup>136</sup> SEEE : Etude pour l'élaboration de la Stratégie nationale de gestion des boues des stations d'épuration des eaux au Maroc, 2010

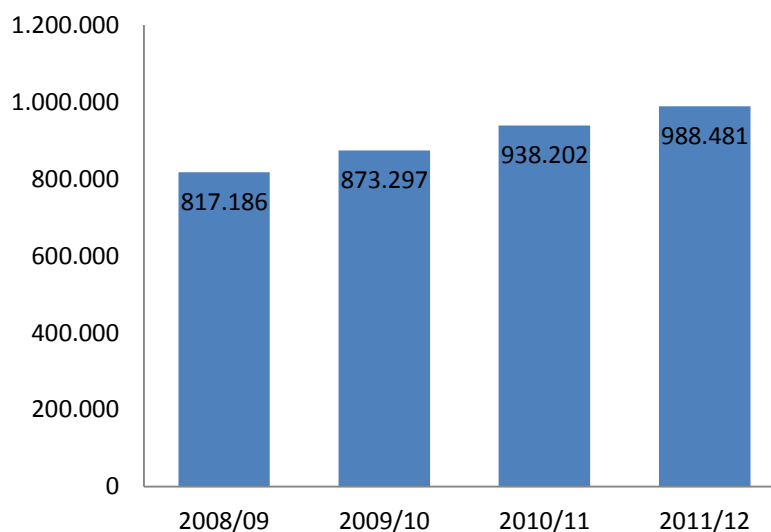
## 5.11 Utilisation des fertilisants dans le secteur agricole au Maroc

Ce volet constitue une vue d'ensemble sur les données relatives à la consommation actuelle et future des engrais minéraux au Maroc et à la répartition de cette consommation à travers les principaux systèmes de culture et les régions. Ces données permettront d'apprécier les taux potentiels et réalisables de substitution des engrais minéraux commercialisés par les éléments nutritifs véhiculés par les eaux usées épurées et par les gisements des boues. Ces données peuvent aussi servir de base pour estimer les gains énergétiques qui résulteraient de cette substitution en termes d'économie d'énergie pour la fabrication des engrais. Sous l'angle d'atténuation des changements climatiques, ces calculs pourront aussi se traduire en termes de réduction des gaz à effet de serre (GES).

### 5.11.1 Evolution de la consommation des engrais

#### *Tonnage « engrais »*

La Figure 15 montre la quantité totale des engrais consommée durant ces quatre dernières années. Nous constatons que la consommation d'engrais a subi une légère augmentation de l'ordre de 6 à 8% à partir de la campagne 2009–2010<sup>138</sup>. Actuellement, on estime à environ 990.000 tonnes la consommation en engrais. Il semble, selon les projections de la FAO, que les besoins réels sont estimés à 2,5 millions de tonnes.



**Figure 15 : Evolution du tonnage global en engrais consommé au Maroc durant la période 2008 – 2012**

Rapportée à l'hectare cultivé, cette consommation représente environ 45 Kg ou UF/ha et demeure relativement faible comparée à d'autres pays (82 UF/ha en Espagne, 161 UF/ha en Italie et 300 UF/ha en France). Toutefois, cette moyenne (de 45 UF/ha ou d'environ 1.3 ql d'engrais/ha) se caractérise par un grand écart – type lorsqu'on considère que les doses d'engrais appliquées par hectare peuvent varier de moins de 45 kg/ha à quelques centaines de kg/ha pour des cultures à haute valeur ajoutée en zones irriguées. Rappelons cependant que les systèmes de cultures

<sup>137</sup> SEEE : Etude pour l'élaboration de la Stratégie nationale de gestion des boues des stations d'épuration des eaux au Maroc, 2010

<sup>138</sup> MAPM : Service Régulation et Surveillance des Marchés, 2011

caractérisées par des doses élevées par hectare couvrent des superficies beaucoup plus faibles (de l'ordre de 5% de la Superficie Agricole Utile (SAU)). En effet, la céréaliculture par exemple consomme des doses unitaires plus faibles mais couvre une superficie qui dépasse les 60% de la SAU (cultivable).

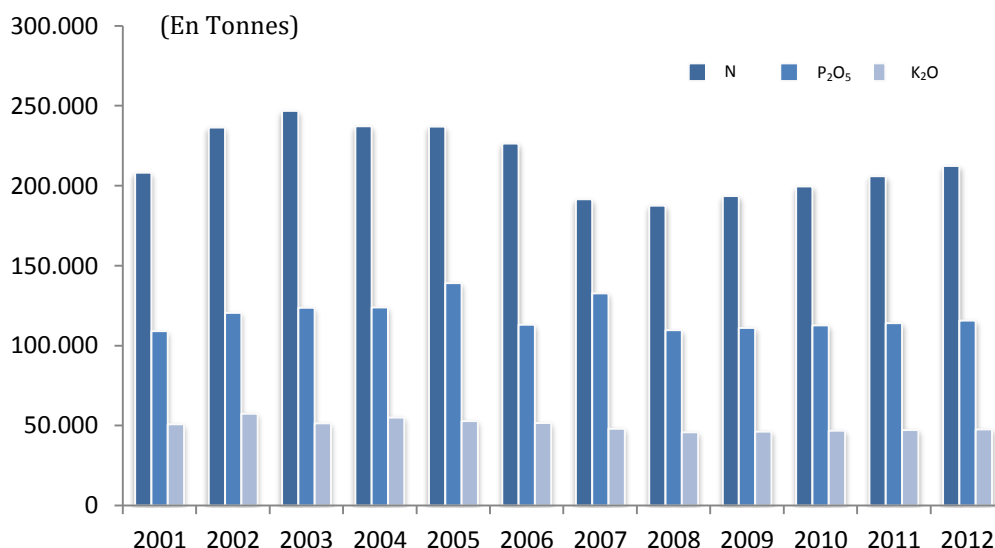
D'après les statistiques communiquées par le MAPM<sup>139</sup>, le tonnage global consommé se répartit comme suit :

- Céréales : environ 40%,
- Agrumes, Cultures sucrières et maraîchères : > 30% et
- Autres cultures : environ 25%.

Ajoutons aussi que les zones irriguées qui ne représentent que près de 10% de la SAU totale consomment plus de 50% de la consommation total des engrais au Maroc<sup>140</sup>. Ceci s'explique par le niveau de production et la valeur ajoutée des cultures pratiquées dans ces zones. Il est aussi important de souligner à ce niveau le risque potentiel de pollution nitrique des eaux souterraines dans ces zones.

#### Quantité totale d'engrais consommée en termes d'Unités Fertilisantes

Seront considérés ici les engrais correspondant aux éléments majeurs (N, P et K) qui sont quantitativement les plus consommés par les cultures. Sur la période 2000 – 2012, l'évolution de la consommation des engrais, est illustrée par la Figure 16.



**Figure 16 : Evolution de la consommation des engrais azotés (N), phosphatés (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) et potassiques (K<sub>2</sub>O) au Maroc<sup>141</sup>**

Cette figure nous permet de constater que la consommation des engrais reste pratiquement stagnante durant ces dernières années avec une faible variation autour des moyennes (en chiffres

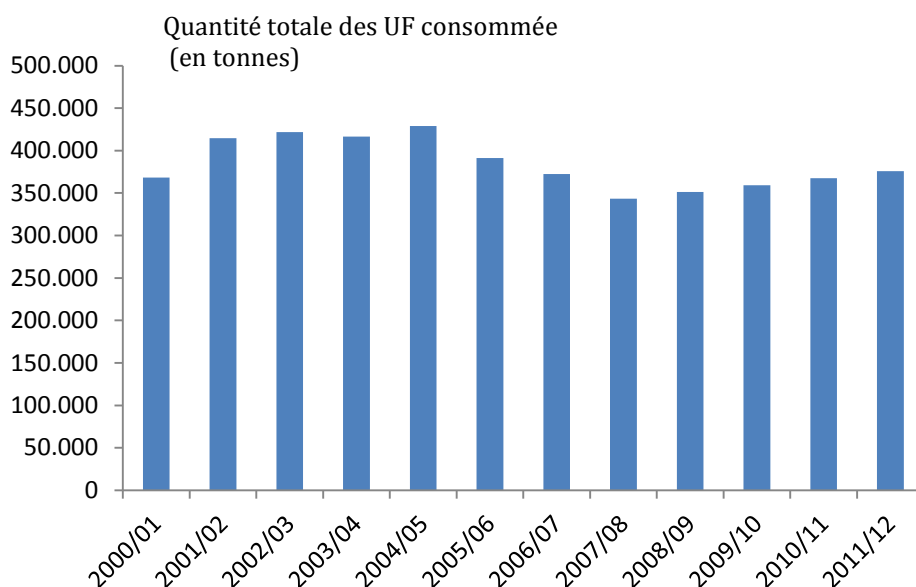
<sup>139</sup> MAPM : Service Régulation et Surveillance des Marchés, 2011

<sup>140</sup> FAO : Utilisation des engrais par culture au Maroc, 2006

<sup>141</sup> Consommation exprimée en unités fertilisantes (UF) azotée (N), phosphatée (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) et potassique (K<sub>2</sub>O)

ronds) de 200.000 t/an ; 100.000 t/an et 50 000 t/an respectivement pour l'azote, le phosphore et le potassium. On peut considérer un ratio de consommation N : P : K de 1 :0.5 :0.25.

La quantité totale consommée évolue comme le montre la Figure 17. Elle est évaluée à en moyenne évaluée à environ 385 000 tonnes d'unités fertilisantes.



**Figure 17 : Evolution du tonnage total d'engrais consommé**

#### Répartition régionale de la consommation des engrais

Selon les mêmes données communiquées par le MAPM<sup>142</sup>, la répartition régionale de la consommation des engrais actuelle et projetée pour l'horizon 2020 est rapportée dans le Tableau 40. Nous constatons que les régions qui consomment la part importante des engrais sont : Doukkala – Abda, Meknès – Tafilalet, l'Oriental, Tadla – Azilal et Souss – Massa.

<sup>142</sup> MAPM : Service Régulation et Surveillance des Marchés, 2011

**Tableau 40 : Répartition régionale actuelle et projetée de la consommation des engrais au Maroc**

REGION	Consommation (en qx)		
	Situation actuelle	Projection 2020	Accroissement %
Taza-Al Hoceima-Taounate	354 000	1 600 000	352
<i>Oriental</i>	<i>908 300</i>	<i>1 076 850</i>	<i>19</i>
Tanger-Tétouan	180 000	1 300 000	622
Gharb CBH	663 070	1 797 270	171
<i>Mek nès-Tafilalet</i>	<i>1 500 000</i>	<i>2 533 530</i>	<i>69</i>
Fès-Boulemane	320 000	480 000	50
Casablanca	208 000	276 000	33
Rabat-Salé-Zemmour-Zaër	330 000	600 000	82
<i>Doukkala Abda</i>	<i>2 310 000</i>	<i>3 880 000</i>	<i>68</i>
Chaouia Ouardigha	346 000	460 000	33
Marrakech-Tensift-Al Haouz	86 300	470 000	445
<i>Tadla-Azilal</i>	<i>640 000</i>	<i>953 600</i>	<i>49</i>
Laâyoune-Boujdour-Sakia Al Hamra			
Guelmim-Esmara			
<i>Souss-Massa-Drâa</i>	<i>718 000</i>	<i>973 000</i>	<i>36</i>
Oued Eddahab-Lagouira	6 750	21 750	222
<b>TOTAL (en quintaux)</b>	<b>8 570 420</b>	<b>16 422 000</b>	<b>92</b>

Ainsi, suite à la dynamique instaurée par le Plan Maroc Vert, l'accroissement de la consommation affiché d'ici à l'horizon 2020 est de l'ordre de 92%.

### 5.11.2 Types et prix des principaux engrais utilisés

Les principaux types d'engrais utilisés sont répartis comme le montre le Tableau 41.

**Tableau 41 : Formules d'engrais apportant les éléments majeurs (N, P et K) utilisés au Maroc**

Produit	Consommation Moyenne	%
SUL. AMM (21%)	77 000	9
AMMO (33,5%)	212 000	24
UREE (46%)	148 000	16
<b>TOTAL (1)</b>	<b>437 000</b>	<b>48</b>
KCL (60%)	1 700	0
SUL. POT (50%)	37 000	4
<b>TOTAL (2)</b>	<b>38 700</b>	<b>4</b>
TSP 46%	16 200	2
ASP (19-38-0)	27 500	3
14-28-14	215 000	24
MAP (11-55-0)	9 800	1
DAP (18-46-0)	44 430	5
SSP (18%)	38 000	4
AUTRES (MELANGE)	74 000	8
<b>TOTAL (3)</b>	<b>424 930</b>	<b>47</b>
<b>TOTAL (1+2+3)</b>	<b>900 630</b>	<b>100</b>
N	211 000	56
P	110 000	29
K	52 000	14
<b>TOTAL UF</b>	<b>373 000</b>	<b>100</b>

Nous constatons sur le Tableau 41 que les deux éléments majeurs les plus consommés sont l'azote et le phosphore sous différentes formes simples, binaires et ternaires. Ces deux éléments partagent plus de 50% de la consommation globale avec environ 5% pour les engrais à base de potassium. Ceci est attribué aux besoins des cultures généralement plus importants pour le N et P par rapport au potassium (K) et parfois à la richesse intrinsèque des sols en ce dernier élément.

Ainsi, nous ne considérons dans cette étude que les deux éléments N et P et ce pour deux raisons essentielles : la proportion prépondérante de leur usage et leurs teneurs relativement importantes dans les boues et les eaux usées épurées.

Les prix des engrais chimiques commerciaux sont variables étant donné que la proportion de 50% de la consommation totale des engrais importée demeure tributaire aux variations des cours mondiaux. Les prix moyens des unités fertilisantes N et P qui seront adoptés dans ce rapport sont respectivement en moyenne de 11,9 DH/kg de N et 3,8 DH/kg de P (1,07 €/kg N ou bien 0,34 €/kg P).

### 5.11.3 Impacts environnementaux potentiels au Maroc

Deux impacts potentiels peuvent être générés par une fertilisation azotée et phosphatée non raisonnée : la pollution nitrique des eaux souterraines et l'eutrophisation. Les propos suivants permettront d'apprécier de manière très générique ces risques dans le contexte marocain.

### Pollution nitrique

Cette pollution constitue au Maroc un facteur important de détérioration de la qualité des eaux souterraines. En plus des causes liées aux infiltrations des eaux usées brutes et à d'autres formes de pollution ponctuelle, la fertilisation azotée non rationnelle, notamment dans les périmètres irrigués, contribue de manière significative à la pollution nitrique. Les diagnostics et études effectués dans ce domaine ont montré que ce phénomène commence à affecter plusieurs nappes au Maroc :

- Les nappes de Souss – Massa et de Chtouka Aït Baha dans le bassin hydrographique de Souss-Massa
- Les nappes de Mnasra et de Saïs dans le bassin de Sebou
- La nappe de Triffa dans le bassin de la Moulouya
- Les nappes de Béni Amir et de Béni – Moussa dans le bassin d'Oum er Rbia
- La nappe de la Bahira dans le bassin de Tensift

Le Tableau 42 montre une appréciation globale de la qualité des eaux souterraines au Maroc (Rapport sur la qualité des eaux, SEEE/DRPE (2009)).



Tableau 42 : Qualité globale des eaux souterraines dans les principaux bassins hydrographiques<sup>143</sup>

Bassins	Nappes	Classe de qualité	Problème
<b>Sebou</b>	Nappe de Fès-Meknès par endroit	Mauvaise	Nitrate
	Nappe du Gharb par endroit	Bonne à Moyenne	-
	Nappe Maamoura par endroit	Mauvaise	Nitrate
	Nappe de Taza	Bonne à Moyenne	-
<b>Oum Er Rbia</b>	Nappe de Beni Amir	Très Mauvaise	Nitrate+ Conductivité
	Nappe de Beni Moussa	Moyenne à Mauvaise	Nitrate
<b>Loukkos</b>	Nappe du Charf El Akab	Bonne à Moyenne	
	Nappe de Martil	Moyenne à Mauvaise	Nitrate
	Nappe de Smir	Moyenne	Conductivité
	Nappe de R'Mel	Mauvaise à Très Mauvaise	Nitrate
	Nappes de Laou	Bonne	
	Nappe de Nekor	Mauvaise à Très Mauvaise	Conductivité
<b>Moulouya</b>	Nappe des Triffa (Nord de Berkane)	Très Mauvaise	Conductivité+ Nitrate
	Nappe de Guercif	Moyenne à Mauvaise	Conductivité
	Nappes des Angad	Moyenne à Mauvaise	Nitrate
	Nappes du Kert, Gareb et Bou Areg	Très Mauvaise	Conductivité
	Nappe de Beni Mathar	Moyenne	Conductivité
<b>Bouregreg</b>	Nappe de Berrechid	Très Mauvaise	Nitrate + Conductivité
	Nappe de la Chaouia Côtière	Très Mauvaise	Nitrate + Conductivité
	Nappe de Témara	Très Mauvaise	Nitrate
<b>Tensift</b>	Nappe du Haouz	Moyenne	Conductivité
	Nappe des Abda Doukkala	Mauvaise	Nitrate+ Conductivité
	Nappe de la Bahira	Moyenne à Mauvaise	Nitrate+Conductivité
	Nappe d'essaouira	Mauvaise à Très Mauvaise	Nitrates
<b>Souss-Massa</b>	Nappe du Souss	Bonne	
	Nappe de Massa-Chtouka	Moyenne à Mauvaise	Nitrate+ Conductivité
	Nappe de Zagora	Bonne	
	Nappe de Guelmim	Moyenne	Nitrate + Conductivité
	Nappe de Tantan	Moyenne	Nitrate+ Conductivité
	Nappe de Tata	Moyenne	Nitrate + Conductivité
<b>Ziz-Guir-Rheris</b>	Nappe d'Errachidia	Moyenne à Mauvaise	Conductivité
	Nappe de Tadighoust-Goulmima	Moyenne à Mauvaise	Conductivité
	Nappe de Tafilalt	Très Mauvaise	Conductivité
	Nappe de Toudra-Fkouk-Frkla	Moyenne à Mauvaise	Nitrate +Conductivité

Les études d'écobilan azotés réalisées par Souidi et al. (1996 – 2000)<sup>144,145</sup> dans les régions de Tadla, de Loukkos, de Souss Massa, Ouled Teima, etc. ont montré que les facteurs qui déterminent cette pollution nitrique, à des degrés différents selon les régions, sont :

- Les facteurs physiques et physico-chimiques liés au type de sol ;
- Les facteurs climatiques ; et
- Les pratiques agricoles: irrigation, fertilisation organique et minérale, travail du sol, gestion des résidus de récolte, succession culturale, etc.

<sup>143</sup> SEEE : Projet du Plan National de l'Eau, Version provisoire, 2009

<sup>144</sup> GIZ/ONEP : Projet de Protection des Ressources en eau – ONEP

<sup>145</sup> Projet MRT –USAID [Management des Ressources de Tadla

A titre d'exemples, la méthode Ecobilan, basée sur un calcul des flux entrants et sortants d'azote par les diverses voies dans le système sol – plante – eau, a permis d'évaluer dans la nappe de Rmel (Loukkos) une perte annuelle d'azote par lixiviation sous forme nitrique d'environ 309 tonnes sur une superficie d'environ 8.000 ha. Ce tonnage est délivré à la nappe. Pour le cas de la nappe de Mnasra (zone côtière du périmètre du Gharb), la perte totale annuelle d'environ 2.800 tonnes a été estimée à environ 2.800 tonnes. Ces pertes sont générées par l'excès des doses d'azote appliquées à certaines cultures notamment les cultures maraichères, légumières etc. et à la non comptabilisation de l'azote provenant de l'eau de nappe utilisée pour l'irrigation, des amendements organiques et de la minéralisation de l'azote organique natif du sol.

En termes monétaires, ces pertes annuelles sont estimées à 1.9 et 17 Millions de Dirhams respectivement pour la nappe de Rmel et de Mnasra. Cette perte économique s'accompagne aussi d'une détérioration de la qualité des eaux. Ainsi, en termes de coût total, les pertes sont énormes.

### Eutrophisation

En plus des facteurs abiotiques, les deux éléments nutritifs responsables de l'eutrophisation sont l'azote et le phosphore. Les paramètres retenus dans la grille de qualité adoptée par la DRPE sont le : NH<sub>4</sub><sup>+</sup> et le Phosphore total (Pt). Au Maroc, quelques retenues de barrages connaissent des problèmes de dégradation de leur qualité d'eau notamment suite aux apports des nutriments (N et P). La DRPE conduit depuis les années 80 un programme de surveillance de la qualité des eaux des retenues de barrage en intégrant les paramètres indicateurs de ce phénomène d'eutrophisation.

Les contributions relatives à la fertilisation azoto-phosphatée, des rejets des eaux usées et de l'érosion à ce phénomène sont mal élucidés. En effet, l'étude des impacts des activités agricoles sur la qualité de l'eau de la retenue Sidi – Mohamed Ben Abdellah a montré que la zone immédiate et intermédiaire entourant cette retenue a été sous-fertilisée malgré un début d'eutrophisation constaté. Celle-ci s'explique par un apport de phosphore et d'azote sous forme particulière par érosion. Il s'agit davantage d'azote et de phosphore natifs du sol que ceux apportés par fertilisation minérale<sup>146</sup>.

Ainsi, par rapport à l'objet de cette étude, l'objectif de valorisation des eaux usées épurées et des boues devra être réalisé avec beaucoup d'attention notamment les terrains des bassins versants vulnérables à l'érosion et qui sont à l'amont des retenues de barrages. Suite aux réflexions menées au niveau du HCEFLCD et à un diagnostic plus approfondi dans le cadre du Plan National d'Aménagement des Bassins versants (PNA – BV), 22 bassins ont été classés prioritaires en matière d'interventions du PNA – BV sur la base du degré de risque d'érosion à l'amont et de la situation des barrages à l'aval. Ces bassins totalisent une superficie d'environ 15 millions d'hectares dont près de 11 millions d'hectares affichent un risque élevé d'érosion.

---

<sup>146</sup> Soudi, B. : Impact des activités agricoles sur la qualité des eaux de la retenue de Sidi Mohamed Ben Abdellah, 1996 & GIZ/ONEP : Projet de Protection des Ressources en eau – ONEP

### 5.11.4 Energie et économie des fertilisants

Il est unanimement connu que la production des engrais consomme de l'énergie à travers quatre voies :

- L'énergie contenue dans les matières premières ;
- L'énergie pour générer des hautes températures et pressions requises par les réactions chimiques mises en jeu dans la formulation des engrais ;
- L'énergie pour l'emballage, le transport et l'application des engrais sur les sols ; et
- L'énergie nécessaire pour le fonctionnement des équipements.

L'input énergétique moyen dans les engrais minéraux est rapporté dans le Tableau 43. On se propose de retenir, pour des éventuels calculs déductifs, les valeurs moyennes des inputs énergétiques de 78.700 kJ pour l'azote (N), 27.900 kJ/kg pour le P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> et de 9.300 kJ pour le K<sub>2</sub>O.

**Tableau 43 : Consommation moyenne totale de l'énergie par les engrais incluant la fabrication, le transport, l'emballage & conditionnement, l'application**<sup>147 148</sup>

Type d'engrais	Energie totale consommée (kJ/kg d'UF)
Ammoniaque (82% N) Azote pure de basse	65 000
Urée (45% N) 0.575 tonne d'ammoniaque par tonne de nitrate d'ammonium	88
Nitrate d'ammonium (34% N) 0.434 tonne d'ammoniaque par tonne de nitrate d'ammonium	83 000
Triple Super Phosphate (TSP) (46% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) Granulaire	27 900
Muriate de potassium ou KCl (61% K <sub>2</sub> O)	9 300

Si on considère les 373.000 tonnes d'UF consommées actuellement au Maroc dont le N et P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> partagent près de 95% du total consommé avec 5% pour le K<sub>2</sub>O, l'input énergétique total de cette quantité totale consommée est estimé à environ 0,444 Mtep<sup>149</sup> (0,33 pour N, 0,11 pour P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> et 0,004 pour K<sub>2</sub>O). Cet input énergétique total représente près de 3% de la consommation totale de l'énergie commerciale (13.6 Mtep<sup>150</sup>) et près de 15% la consommation du bois de feu (3 tep).

<sup>147</sup> Hessel, Z.R.: Energy in Plant Nutrition and Pest Control, 1987

<sup>148</sup> 1 Mtoe = 41.868.000.000 MJ

<sup>149</sup> Mégatonne équivalent pétrole (MTEP). La tonne d'équivalent pétrole (symbole tep) est une unité d'énergie d'un point de vue économique et industriel. D'après Wikipédia, elle vaut, par définition, 41,868 GJ (10 Gcal), ce qui correspond au pouvoir calorifique d'une tonne de pétrole. Elle sert aux économistes de l'énergie pour comparer entre elles des formes d'énergie différentes.

<sup>150</sup> Taoumi, M. 2008. Les Énergies Renouvelables au Maroc : Potentialités et marchés. Présentation par le CDRE - Misión de Acercamiento Tecnológico a Marruecos. Energías Renovables, Medio Ambiente y Agua

### 5.11.5 Résumé

Ce chapitre, consacré à l'utilisation des engrais au Maroc, a été abordé de manière à fournir les éléments et données de base pour étayer les options de valorisation des eaux usées épurées et des boues des stations d'épuration. Les propos relatés montrent que la consommation totale des engrais demeure relativement faible à l'échelle nationale avec une concentration d'usage dans les zones irriguées et pour les cultures à niveau de productivité et valeur ajoutée élevées. Il a été aussi constaté que la consommation des engrais connaît un accroissement important évalué en moyenne à plus de 50% d'ici l'horizon 2020 suite à la dynamisation du secteur déclenchée par le Plan Maroc Vert.

Comme nous allons le voir dans les chapitres relatifs à la valorisation des eaux usées et des boues, il serait impossible de valoriser la totalité des éléments nutritifs véhiculés par les eaux usées épurées et les boues. Ce constat peut être argumenté par la différence des potentialités de valorisation à travers les régions du Maroc et par la non-superposition des sites de forte production de ces deux sous – produits avec les zones potentielles de valorisation. D'autres conditionnalités agronomiques et environnementales peuvent aussi réduire le taux de valorisation.

Il a été également montré que l'utilisation abusive ou non raisonnée des éléments nutritifs peut générer des impacts négatifs en termes de détérioration de la qualité des eaux. Cette pollution correspond aussi à une perte économique si on considère le coût des engrais. Pour le cas d'eutrophisation, en plus de la dégradation générale des eaux de surface et de la menace de la vie aquatique, on peut assister à un surcoût de traitement lorsque les eaux sont exploitées pour l'alimentation en eau potable.

Ce chapitre fournit aussi, pour les autres parties du rapport, des éléments de base pour l'évaluation des taux potentiel et réalisable de valorisation de la matière (nutritive ou organique) et énergétique des deux sous-produits de l'assainissement : les eaux usées épurées et les boues pour le cas des technologies centralisées et les urines et fèces pour l'assainissement écologique décentralisé.

## 5.12 Systèmes actuelles de gestion des eaux pluviales

« On définit la gestion des eaux pluviales comme étant une approche multidisciplinaire et intégrée visant à développer et à mettre en œuvre des solutions structurales et non structurales pour les problèmes reliés aux eaux de ruissellement et à leur évacuation en milieu urbain ou rural. Le terme gestion des eaux pluviales regroupe les concepts et techniques permettant de corriger et surtout de prévenir les impacts hydrologiques causés par l'urbanisation, en considérant en plus des aspects techniques les aspects sociaux, économiques et environnementaux. » (G. Rivard).

Au Maroc le réseau d'assainissement s'est construit depuis un siècle dans le plus grand désordre, et n'a longtemps aucunement été considéré comme une priorité. Aujourd'hui les 250.000 km de réseau d'assainissement constituent un maillage assez compliqué. Cet héritage historique de maillages des eaux usées et eaux pluviales entraîne des insuffisances en matière d'évacuation des eaux pluviales constatées à l'occasion d'évènements pluvieux.<sup>151</sup>

L'augmentation des volumes d'eaux ruisselées du à l'accroissement des surfaces imperméabilisées (croissance démographique, urbanisation rapide, occupation croissante des zones vulnérables par l'essor économique, agricole, industriel et touristique) ainsi que l'aggravation des phénomènes extrêmes suite aux changements climatiques (forts orages localisés, crues rapides et violentes) aggravent ce problème.

Le phénomène des inondations au Maroc a commencé à être ressenti plus fortement durant les deux dernières décennies : Les photos suivantes montrent des inondations à Casablanca et Mohammedia en 1996 et 2002.



**Figure 18 : Inondations à Casablanca et Mohammedia**

La problématique du pluvial a été prise en compte en imposant les systèmes séparatifs, des exutoires, des collecteurs, puis bassins de rétention, pour répondre à des inondations récurrentes dans des sections ou sous-sections de bassins versants. Ce qui fut fait pour s'apercevoir cinq ans plus tard que les dits bassins, construits par les aménageurs, n'étaient pas entretenus, ni infiltration de faite, ni réutilisation de leurs eaux n'est prise en considération.

Souvent les bassins de rétention sont en dysfonctionnement total et sont source de nuisance. On injecte autant de pluvial que possible dans les réseaux des eaux usées (et stations d'épuration), mais comme on dépasse très vite les capacités nominales, on rejette le flux eau usée/eau pluviale dans le milieu naturel sans traitement.

<sup>151</sup> Ministère de l'Intérieur/MATEE : PNA, 2006

Une analyse des bassins de rétention des eaux pluviales à l'exemple de la ville de Casablanca montre les dysfonctionnements les plus fréquents.

Les ouvrages ont été réalisés dans des contextes différents, certains sont réalisés comme solutions provisoires en attendant la réalisation du réseau d'infrastructure de la zone, tandis que d'autres ouvrages sont réalisés pour être pérennes. Plusieurs anomalies sont observées au niveau de ces bassins :

- *Bassins réalisés étanches sans être raccordés au réseau* : Lors du diagnostic des bassins de rétention des eaux pluviales on a relevé des cas où les eaux récupérées étaient en état de stagnation. Les seules possibilités d'évacuation des eaux pour ce type de bassins sont l'infiltration, l'évaporation et la vidange par pompage. Il en ressort qu'un tel bassin court des risques de débordement au cours de fortes averses étant donné qu'il ne fait que se remplir. Il ne joue alors plus son rôle de lutte contre les inondations d'une manière efficace.
- *Bassins d'infiltration sans conviction* : Certains bassins sont censés fonctionner en infiltration sans étude préalable basée sur les données hydrogéologiques (perméabilité actuelle/future, bassin versant raccordé, etc.) où non-maîtrise des risques de débordements dans le futur.
- *Bassins à paroi raides* : Plusieurs ouvrages sont réalisés avec des parois raides, non-stabilisées, sans cunettes pour évacuer les faibles débits, pas de rampe d'accès, les clôtures - si elles sont réalisées - sont détériorées et le bassin devient une source de dangers (chutes, etc.).
- *Bassins sans trappe* : Dans les bassins enterrés et fermés, les regards de visites doivent être soigneusement couverts pour éviter des risques d'accidents. Le diagnostic des bassins existants a montré, malheureusement, que certains d'entre eux sont dépourvus de trappe.
- *Bassins laissés à l'abandon* : Il est constaté que la majorité des ouvrages sont laissés à l'abandon, remplis de déchets : l'image qui en résulte est choquante et rend l'intégration de tels ouvrages à leur environnement et leur acceptation de ce type de solutions encore plus difficile.
- *Bassins pollués par les eaux usées* : La pollution par des eaux usées entraîne des mauvaises odeurs ainsi que des risques sanitaires.



**Figure 19 : Différents formes de dysfonctionnement des bassins de rétention des eaux pluviales à l'exemple de Casablanca**<sup>152</sup>

Au Maroc, à part quelques cas rares et dispersés à travers le royaume, les critères de conception ne couvrent pas les aspects du développement durable et en particulier les quatre aspects suivants:

- Contrôle quantitatif (inondation/refoulement);
- Potentiel d'érosion dans les cours d'eau;

<sup>152</sup> Bassin de Mestouna, Carrière Schneider, Bassin enterré de DIAR LISSASFA, Bassin Al Wafaa, Bassin de l'Atlantique

- Contrôle qualitatif (charge de polluant, habitat aquatique, usages récréatifs, esthétique, capacité de dilution en fonction des objectifs de rejet) ;
- Cycle hydrologique (recharge de la nappe phréatique, maintien des débits d'étiage).

Les dégâts causés par les inondations et le dysfonctionnement des systèmes de gestion des eaux pluviales sont estimés à 1,343 milliards de Dirham par an.

Soulignons que la gestion des eaux pluviales au Maroc doit changer et doit impliquer un recours plus important à des principes d'infiltration et à une gestion à la source, contrairement au modèle traditionnel de drainage, qui sous-tend une évacuation rapide des eaux de ruissellement.

Une répartition de la pluviométrie au Maroc indiquant un potentiel en eau récupérable encourageant dans certaines régions (notamment celles du nord), une réglementation permettant la récupération des eaux pluviales et une expérience ancienne en récupération des eaux pluviales, même si celle-ci reste traditionnelle (utilisation de metfias) représentent des conditions favorables pour le développement des solutions durables de gestion des eaux pluviales.

En matière de réglementation sur l'eau, la 10-95 est la référence. Dans son chapitre V, Conditions générales d'utilisation de l'eau, elle signale que «les propriétaires ont le droit d'user des eaux pluviales tombées sur leurs fonds ». La loi s'arrête sur cette déclaration en matière des eaux pluviales. Les textes complémentaires, même s'ils existent, ne sont pas jusqu'ici officiellement appliqués. Les usages réservés aux eaux de pluie ne sont pas prédéfinis par voie réglementaire. Pas de réglementation spécifique concernant l'évacuation des eaux pluviales. Il n'y a pas de servitude liée à l'écoulement des eaux pluviales au niveau des plans d'aménagement. Pour plus d'informations sur le cadre réglementaire dans le domaine des eaux pluviales voir chapitre 4.1.8.

## 6 Conclusion

Les ressources hydrauliques dont dispose le Maroc sont limitées. Cette limitation est d'abord naturelle, en raison de la situation géographique du pays. Mais elle est accentuée par les besoins du développement démographique, le gaspillage des ressources et par la rareté des précipitations en relation avec le changement climatique. Ces pressions sur les ressources en eau s'accompagnent d'une dégradation croissante et de plus en plus grave de leur qualité dû à leur surexploitation et au sous-équipement en assainissement.

La figure suivante résume les flux de matières dans le secteur de l'eau (usée) au Maroc.

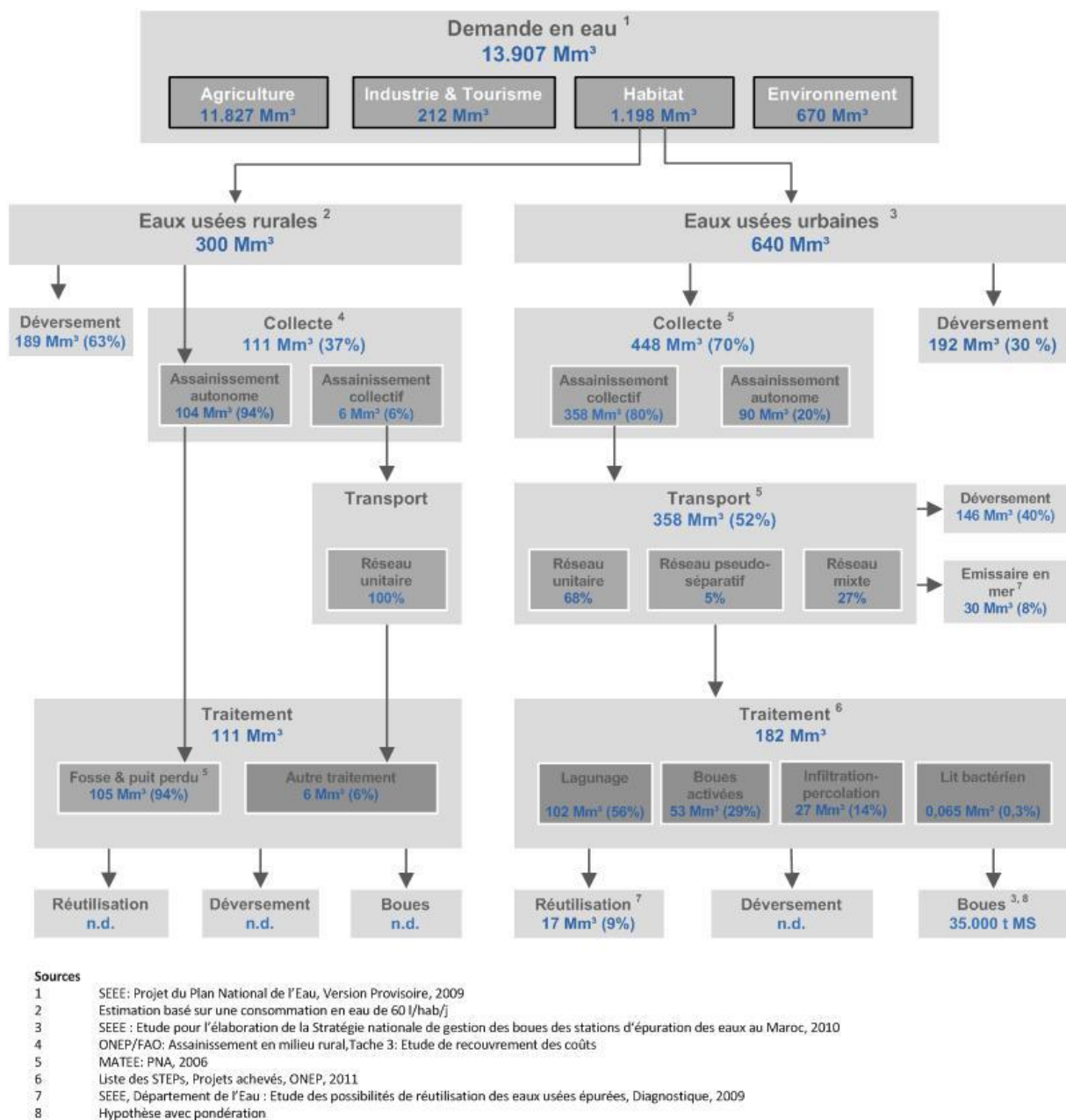


Figure 20 : Résumé des flux de matières dans le secteur de l'eau au Maroc

L'utilisation des ressources en eau est marquée par la part prépondérante de l'usage en irrigation. En effet, l'irrigation consomme près de 85% des ressources en eau; 10% de la consommation est



destinée à l'alimentation en eau potable et industrielle et 5% de la consommation sont représentés par la demande en eau environnementale.

Même si le Plan National de l'Eau prévoit une diminution de la consommation de l'eau d'irrigation dans le secteur agricole de 11,8 Mds m<sup>3</sup> en 2010 à 10,6 Mds m<sup>3</sup> en 2030 le secteur agricole reste le plus gros consommateur en eau prélevée. Cette demande en eau s'accompagne d'une demande croissante en fertilisants.

Les eaux usées, à travers leur valeur hydrique et leur potentiel en nutriments, ainsi que les boues d'épuration pourraient servir à couvrir partiellement cette demande.

En 2010, le volume des eaux usées au milieu urbain s'élevait à 640 Mm<sup>3</sup>. Jusqu'à fin 2010, seulement 28% (182,5 Mm<sup>3</sup>/an) des ces eaux usées étaient traitées et seulement 3% étaient valorisées dans le cadre de différents projets de réutilisation (irrigation des espaces verts, golfs, agriculture). Il est estimé que le volume des eaux usées urbains augmente pour atteindre 1.023 Mm<sup>3</sup> à l'horizon 2030.

Au milieu rural, le volume d'eau usée est estimé à 300 Mm<sup>3</sup>, parmi lesquelles seulement 37% sont collectés et soumis à un traitement, surtout par l'assainissement autonome (fosse et puits perdu).

Le parc des stations d'épuration pour le traitement des eaux usées urbaines est dominé par les systèmes extensifs, notamment le lagunage avec ses différentes variantes. Il représente actuellement plus de 82% des stations d'épuration réalisées et 56% selon le volume traité des eaux usées. Cette dominance persistera pendant les années à venir puisque le lagunage reste le système de traitement le plus préconisé dans les projets en cours ou programmés.

L'étude d'élaboration de la stratégie nationale de gestion des boues projette un développement des gisements des boues issues des stations d'épuration de 35.000 t en 2010 à 480.000 t à l'horizon 2030 (hypothèse avec pondération). En ce qui concerne la destination actuelle des boues, on constate que, les boues sont essentiellement séchées naturellement, déposées à proximité des stations d'épuration ou acheminées vers les décharges publiques ou dans certains cas épandus directement sur les sols avoisinants des STEPs.

Même si le Maroc est doté depuis certaines années d'un cadre réglementaire moderne et des plans et stratégies visant des objectifs ambitieux en ce qui concerne la valorisation des ressources en eau non-conventionnelles et des sous-produits de l'assainissement (p.ex. atteindre en 2030 la réutilisation de 100% des eaux usées épurées), des difficultés dans l'application empêchent encore le développement planifié de la réutilisation des eaux usées et des boues de stations d'épuration.

En passant en revue les différentes données relatives à la situation actuelle de l'eau et de l'assainissement au Maroc, une dégradation des ressources naturelles générée entre autres par la surexploitation des ressources et le sous-équipement en assainissement et une perte des ressources précieuses comme l'eau et les matières nutritives peuvent être identifiées et obligent le Maroc à s'orienter vers une gestion intégrée des ressources en eaux non conventionnelle.

La partie 2 de cette étude présente ainsi

- les principes de base des concepts de la gestion durable et intégrée des ressources en eau ;

- des technologies alternatives pour la collecte, le traitement et les possibilités de valorisation des eaux usées épurées en considérant les principes de la gestion des flux de matières
- des possibilités de traitement ou de valorisation des boues d'épuration et
- des technologies pour la valorisation des eaux pluviales.

## Bibliographie

**Abou Kheira, A.A. and N.M.M. Atta** [Response of *Jatropha curcas* L. to water deficit: yield, water use efficiency and oilseed characteristics, 2008]: Response of *Jatropha curcas* L. to water deficit: yield, water use efficiency and oilseed characteristics, *Biomass and Bioenergy* 33 (10):1343-1350, 2008

**Allen, R.G., L.S. Pereira, D. Raes, and M. Smith** [Crop evapotranspiration, 1998]: Crop evapotranspiration, FAO Irrigation and Drainage Paper 56, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 1998

**Ayers, R.S. and D.W. Westcot** [Water quality for agriculture, 1985]: Water quality for agriculture. FAO Irrigation and Drainage Paper 29 (Rev. 1). Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 1985.

**Baati, A.** [Compostage des boues de traitement des eaux usées de la ville de Settat, 2009] : Compostage des boues de traitement des eaux usées de la ville de Settat, mémoire, Faculté des Sciences et Techniques Settat, 2009

**Banque Européen d'Investissement (éd.)** [Identification et élimination des goulets d'étranglement pour l'utilisation des eaux usées, 2009]: Identification et élimination des goulets d'étranglement pour l'utilisation des eaux usées dans le cadre de l'irrigation ou autres usages, Rapport Nationale Maroc, 2009

**Barton, L., L.A. Schipper, G.F. Barkle, M. McLeod, T.W. Speir, M.D. Taylor, A.C. McGill, A.P. van Schaik, N.B. Fitzgerald, and S.P. Pandey** [and Application of domestic effluent onto four soil types: Plant uptake and nutrient leaching, 2005]: Land Application of domestic effluent onto four soil types: Plant uptake and nutrient leaching. *Journal of Environmental Quality* 34: 635-643, 2005

**Bauerfeld, K., Dockhorn, T., Dichtl, N.** [Leitfaden zur Abwassertechnologie in anderen Ländern, 2010] Leitfaden zur Abwassertechnologie in anderen Ländern (BMBF), Kapitel 3.5: Klärschlammbehandlung und -verwertung, 2010

**Beckereit, M.** [Kosten der anaeroben Abwasserbehandlung, 1988]: Kosten der anaeroben Abwasserbehandlung. Schriftenreihe des Instituts für Siedlungswasserwirtschaft der Universität Hannover, Band 71

**Berger Biotechnik GmbH** [TerraNova Komposttoilettenanlage, 2006]: TerraNova Komposttoilettenanlage, 2006, <http://www.berger-biotechnik.de/downloads/terrakovakomposttoilettenanlage.pdf>

**Bischofsberg, W., Dichtl, N., Rosenwinkel, K.-H., Seyfried, C. F., & Böhnke, B.** [Anaerobtechnik, 2005]: Anaerobtechnik, Springer, Berlin Heidelberg, 2005

**Bonnier, S.** [Etat de la valorisation du biogaz sur site de Station d'épuration en France et en Europe, 2008] : Synthèse technique : Etat de la valorisation du biogaz sur site de Station d'épuration en France et en Europe, Lyonnaise de l'Eau, 2008

**Bousselhaj, K.** [Etude du potentiel Fertilisant (N et P) de Deux Stations d'Épuration par Lagunage Anaérobie et par Boues Activées, 1996] : Etude du potentiel Fertilisant (N et P) de deux Stations d'Épuration par Lagunage Anaérobie et par Boues Activées, Thèse, Université Cadi Ayyad Marrakech, 1996

**Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit** [Wassersparende Toilettenspülung]: Wassersparende Toilettenspülung,  
<http://www.bmu.de/binnengewasser/verbrauchertipps/doc/4222.php>

**Chambre Allemande du Commerce et d'Industrie au Maroc** [Wirtschaftsdaten Kompakt, Marokko, Avril 2011] : Wirtschaftsdaten Kompakt, Marokko, April 2011,  
[http://ahk.de/fileadmin/ahk\\_ahk/GTal/marokko.pdf](http://ahk.de/fileadmin/ahk_ahk/GTal/marokko.pdf), 29.04.2011

**Décret** no. 2-05-1534 relatif aux conditions et modalités d'élaboration et de révision des plans directeurs d'aménagement intégré des ressources en eau et du Plan National de l'Eau

**Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ)** [Marokko: Nutzung und Management der Wasserressourcen]: Marokko: Nutzung und Management der Wasserressourcen,  
<http://www.GIZ.de/de/weltweit/maghreb-naher-osten/marokko/2777.htm>

**Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ)** [Nutzung und Management der Wasserressourcen] : Nutzung und Management der Wasserressourcen ,  
<http://www.gtz.de/de/weltweit/maghreb-naher-osten/marokko/2777.htm>

**Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ)** [Worldwide list of documented ecosan projects by various organisations, 2011]: Worldwide list of documented ecosan projects by various organisations, 2011, [www.gtz.de/en/dokumente/giz2011-en-worldwide-ecosan-project-list.pdf](http://www.gtz.de/en/dokumente/giz2011-en-worldwide-ecosan-project-list.pdf)

**Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ)/ONEP** [Projet de Protection des Ressources en eau – ONEP] : Projet de Protection des Ressources en eau – ONEP : Impacts des activités agricoles sur la qualité des eaux

**Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ)/TBW** [Förderung der Anaerobtechnologie zur Behandlung kommunaler und industrieller Abwässer und Abfälle, 1998]: Förderung der Anaerobtechnologie zur Behandlung kommunaler und industrieller Abwässer und Abfälle – Zusammenfassung wichtiger Ergebnisse. Eschborn, Germany, 1998

**Direction de la Météorologie Nationale** [Les Changements climatiques au Maroc, 2007] : Les Changements climatiques au Maroc, dans : HCP/CGDA : Prospective Maroc 2030 : Agriculture 2030 – Quels avenir pour le Maroc ?, Avril 2007

**Dockhorn, T.** [Rückgewinnung von Phosphat aus Abwasser und Klärschlamm mit dem Peco-Verfahren, 2007] Rückgewinnung von Phosphat aus Abwasser und Klärschlamm mit dem Peco-Verfahren, Müll und Abfall, 08/2007

**Dockhorn, T.** [Stoffstrommanagement und Ressourcenökonomie in der kommunalen Abwasserwirtschaft, 2007]: Stoffstrommanagement und Ressourcenökonomie in der kommunalen Abwasserwirtschaft, Institut für Siedlungswasserwirtschaft, technische Universität Braunschweig, 2007

**DWA** [Anaerobe Verfahren zur Behandlung von Industrieabwässern , 1994]: DWA-Fachausschuss 7.5 Anaerobe Verfahren zur Behandlung von Industrieabwässern, Geschwindigkeitsbestimmende Schritte beim anaeroben Abbau von organischen Verbindungen in Abwässern. Korrespondenz Abwasser 41, 1994

- DWA** [Arbeitsbericht „Personalbedarf für den Betrieb kommunaler Kläranlagen, 1994]: DWA-Arbeitsbericht „Personalbedarf für den Betrieb kommunaler Kläranlagen“, KA Korrespondenz Abwasser, Abfall, 1994 (41)
- DWA** [Aufbereitungsstufen für die Wasserwiederverwendung, 2008]: Aufbereitungsstufen für die Wasserwiederverwendung, 2008
- DWA** [Bemessung von einstufigen Belebungsanlagen, 2000]: DWA-Merkblatt ATV-DVWK-A 131 Bemessung von einstufigen Belebungsanlagen, 2000
- DWA** [Biologische Stabilisierung von Klärschlamm, 2003]: DWA-Merkblatt ATV-DVWK-M 368 Biologische Stabilisierung von Klärschlamm, 2003
- DWA** [Ergebnisse der DWA-Klärschlammhebung, 2003], Ergebnisse der DWA-Klärschlammhebung 2003. KA Korrespondenz Abwasser, Abfall, 2005 (52) Nr. 10
- DWA** [Maschinelle Schlammwässerung, 2000]: DWA-Merkblatt ATV-DVWK-M 366 Maschinelle Schlammwässerung, 2000
- DWA Arbeitsgruppe KA-1.8** [Bedarf für Forschung und Entwicklung im Bereich Neuartiger Sanitärsysteme, 2011]: Arbeitsgruppe „Forschungs- und Entwicklungsbedarf“ Bedarf für Forschung und Entwicklung im Bereich Neuartiger Sanitärsysteme (NASS), 2011
- DWA Fachausschuss KA-1** [Neuartige Sanitärsysteme, 2008]: DWA-Themen: Neuartige Sanitärsysteme, 2008
- Echab, A.** [Aspect Ecotoxicologique de la valorisation Agricole des boues de Station d’Epuration des Eaux Usées, 2002] : Aspect Ecotoxicologique de la valorisation Agricole des boues de Station d’Epuration des Eaux Usées : Comportement des métaux lourds, Thèse, Université Cadi Ayyad Marrakech, 2002
- El Hamouri, B.** [Anaerobic reactor high-rate pond combined technology, 2004]: Anaerobic reactor high-rate pond combined technology for sewage treatment in small communities, Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, 2004
- El Hamouri, B. ; Regelsberger, M.** [Centre de formation et de démonstration de l’IAV Hassan II - Rabat, 2007]: Centre de formation et de démonstration de l’IAV Hassan II - Rabat, , Zer0-M Journal Sustainable Water Management, 2-2007
- Fair, G.-M., Moore, E.-W.** [Observations on the digestion of a sewage sludge over a wide range of temperatures, 1937] Observations on the digestion of a sewage sludge over a wide range of temperatures. Sewage works journal 7, 1937
- FAO** [Aquastat, Country Profile Morocco, 2005]: Aquastat, Country Profile Morocco, 2005
- FAO** [Modernization of irrigation schemes: past experiences and future options, 1997]: Modernization of irrigation schemes: past experiences and future options. FAO Technical Paper No. 12, Rome, 1997
- FAO** [Unlocking the water potential of agriculture, 2003]: Unlocking the water potential of agriculture. Rome, 2003

**FAO** [Utilisation des engrais par culture au Maroc, 2006] : Utilisation des engrais par culture au Maroc, Service de la gestion des terres et de la nutrition des plantes Division de la mise en valeur des terres et des eaux, Rome, 2006

**Feigin, A., I. Ravina, and J. Shalhevet** [Irrigation with treated sewage effluent: Management for environmental protection, 1991]: Irrigation with treated sewage effluent: Management for environmental protection. Springer-Verlag, Berlin, 1991

**Fulford, B.** [The composting greenhouse at new alchemy institute, 1986]: The composting greenhouse at new alchemy institute: A report on two years of operation and monitoring, Research Report N°.3, Alchemy Institute, 1986

**FUCHS GmbH** : Message écrite concernant le dimensionnement d'un lagunage aéré pour 6.000 EH au Maroc, y inclus le dimensionnement des quatre aérateurs, 2012

**Gate/GTZ** [Anaerobic treatment of municipal wastewater in UASB-reactors, 2001]: Anaerobic treatment of municipal wastewater in UASB-reactors. Technical Information W6e, GTZ, Eschborn, Germany, 2001

**Ghazy, M.R.M.** [Sustainable sewage sludge management in Egypt, 2011]: Sustainable sewage sludge management in Egypt based on life cycle assessment. Schriftenreihe des Instituts für Siedlungswasserwirtschaft der technischen Universität Braunschweig, Band 80, 2011

**Gloaguen, T.V., M.C. Forti, Y. Lucas, C.R. Montes, R.A.B. Gonçalves, U. Herpin, and A.J. Melfi** [solution chemistry of a Brazilian Oxisol irrigated with treated sewage effluent, 2007]: Soil solution chemistry of a Brazilian Oxisol irrigated with treated sewage effluent. Agricultural Water Management 88: 119–131, 2007

**Graaff, M. S., Temmink, H., Zeeman, G., Buisman, C. J. N.** [Anaerobic Treatment of Concentrated Black Water in a UASB Reactor at a Short HRT, 2010]: Anaerobic Treatment of Concentrated Black Water in a UASB Reactor at a Short HRT. Water 2010

**Hamdani, I.** [Gestion des boues des stations d'épuration au Maroc, 2008] : Gestion des boues des stations d'épuration au Maroc : Quantification, caractérisation et options de traitement et de valorisation, Mémoire, Institut Agronomique et vétérinaire Hassan II, 2008

**Hanaeus, A., Hellström, D., Johansson, E.** [Conversion of urea during storage of human urine, 1996]: Conversion of urea during storage of human urine, Vatten 52 (4), Lund, 1996

**Haut Commissariat au Plan** [RGPH, 2004]: RGPH 2004, Conditions d'habitation des ménages aux national, régional, provincial et communal selon le milieu de résidence, 2004

**Helsel, Z.R.** [Energy in Plant Nutrition and Pest Control, 1987]: Energy in Plant Nutrition and Pest Control, Energy in World Agriculture, Vol. 2. Elsevier Science Publishing Co., Inc., NY, 1987

**Jönsson et al** [Guidelines on the use of urine and faeces in crop production, 2004]: Guidelines on the use of urine and faeces in crop production, EcoSanRes Publication Series, Stockholm Environment Institute, Sweden, 2004

**Kleinhenz, K.** [Growth and Development of bamboo]: Growth and Development of bamboo, <http://www.volkerkleinhenz.de/presentations/How-to-manage-bamboo-growth.php#.T6t8VMXjkzQ>

**Kleinhenz, K.** [How to manage bamboo growth]: How to manage bamboo growth, <http://www.volkerkleinhenz.de/presentations/How-to-manage-bamboo-growth.php#.T6t8VMXjkzQ>

**Kleinhenz, K.** [Aspects of bamboo agronomy]: Aspects of bamboo agronomy, <http://www.volkerkleinhenz.de/presentations/How-to-manage-bamboo-growth.php#.T6t8VMXjkzQ>

**Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW)/Banque Mondiale** [Révue Stratégique PNA, 2008] : Royaume du Maroc, Revue Stratégique du Programme National d'Assainissement, Rapport Final, Mai 2008

**Kuttig, U.** [Mehrstufige anaerobe Abwasserreinigung mit integrierter Auskristallisation von Ammonium, 1991]: Mehrstufige anaerobe Abwasserreinigung mit integrierter Auskristallisation von Ammonium. Dissertation im Fachbereich 10 der TU Berlin, 1991

**La Vie Eco** [La révolution agricole commence, 2009]: La révolution agricole commence, Spécial: Plan Maroc Vert, N° 4 507, Avril 2009, <http://www.lavieeco.com/Nosgrandsdossiers/pdf/Plan-Maroc-vert-Avril-2009.pdf>

**Lado, M. and M. Ben-Hur** [Treated domestic sewage irrigation effects on soil hydraulic properties in arid and semiarid zones: a review, 2009]: Treated domestic sewage irrigation effects on soil hydraulic properties in arid and semiarid zones: a review. Soil & Tillage Research 106: 152-163, 2009

**Laloë, J.** [Biogaz de Station d'épuration] Biogaz de Station d'épuration : Potentiel Réunionnais. Agence Régionale de l'Énergie, La Réunion

**Lemonnier, S.** Discussion sur le PCI de différentes biomasses (Présentation ppt communiquée par l'auteur)

**Leschber, R., Loll, U.** [ATV-Handbuch Klärschlamm, 1996): ATV-Handbuch Klärschlamm, 4. Auflage, **Loi 10-95** sur l'eau

**Maurer, M., Schwegler, P., Larsen, T. A.** [Nutrients in urine: energetic aspects of removal and recovery, 2003]: Nutrients in urine: energetic aspects of removal and recovery, Water Science and Technology, 48 [1]

**Ministère de l'Agriculture et de la Mise en Valeur Agricole/Administration des Eaux et Forêts et de la Conservation des Sols** [Plan Directeur de Reboisement, Document Provisoire] : Plan Directeur de Reboisement (Document Provisoire)

**Ministère de l'Agriculture et de la Pêche Maritime (MAPM)** [Service Régulation et Surveillance des Marchés, 2011] : Service Régulation et Surveillance des Marchés/ Division de la Filière Végétale/ Direction de Développement des Filières de Production

**Ministère de l'énergie, des mines, de l'eau et de l'environnement (MINENV)** [Etat de l'Environnement - Eau] : Etat de l'Environnement – Eau, [http://www.minenv.gov.ma/8\\_etat\\_de\\_l-environnement/eau.htm](http://www.minenv.gov.ma/8_etat_de_l-environnement/eau.htm)

**Ministère de l'Intérieur/ Ministère de l'Aménagement du Territoire, de l'Eau et de l'Environnement (MATEE)** [PNA, 2006] : Programme National d'Assainissement Liquide et d'Épuration des Eaux Usées, Janvier 2006

**Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (MUNLV)** [Phosphorrecycling – Rückgewinnung von industriell bzw. landwirtschaftlich verwertbaren Phosphorverbindungen aus Abwasser und Klärschlamm, 2007]: Abschlussbericht zum Forschungsvorhaben „Phosphorrecycling – Rückgewinnung von industriell bzw. landwirtschaftlich verwertbaren Phosphorverbindungen aus Abwasser und Klärschlamm“, Aachen, Mai 2007

**Montag, D.**, [Phosphorrückgewinnung bei der Abwasserreinigung, 2008]: Phosphorrückgewinnung bei der Abwasserreinigung – Entwicklung eines Verfahrens zur Integration in kommunale Kläranlagen, 2008]: GWA Band 212, Hrsg.: Prof. Dr.-Ing. J. Pinnekamp, Institut für Siedlungswasserwirtschaft der RWTH; D. Montag, Dissertation Aachen, 2008

**Morel, A., Diener, S.** [Greywater Management in Low and Middle-Income Countries, 2006] Greywater Management in Low and Middle-Income Countries, Review of different treatment systems for households or neighborhoods. Duebendorf: Swiss Federal Institute of Aquatic Science (EAWAG), Department of Water and Sanitation in Developing Countries (SANDEC), 2006

**Office National de l'Eau Potable** [Les tarifs de l'assainissement]: Facturation des clients particuliers, Consommation : Les tarifs de l'assainissement, <http://www.onep.ma/facturation/FACT-TARIF-ASS.pdf>

**Office National de l'Eau Potable** [Les tarifs de l'eau potable]: Facturation des clients particuliers, Consommation : Les tarifs de l'eau potable, <http://www.onep.ma/facturation/FACT-TARIF-EAU.pdf>

**ONEP/FAO** [Assistance technique au programme de développement de l'alimentation en eau potable rurale et de l'assainissement, 1995]: Assistance technique au programme de développement de l'alimentation en eau potable rurale et de l'assainissement : Proposition d'orientation stratégique relative à l'assainissement en zones rurales, 1995

**Paris, S., Schlapp, C., Netter, T.** [A contribution to sustainable growth by research and development, 2007]: A contribution to sustainable growth by research and development. IWA-Symposium: Water supply and sanitation for all – obligation of the water professionals for our common future, September 27-28, Berching, 2007

**Pescod, M. B.** [Wastewater treatment and use in agriculture, 1992]: Wastewater treatment and use in agriculture, 1992

**Pescod, M.B. 1992.** Wastewater treatment and use in agriculture. FAO Irrigation and Drainage Paper 47. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.

**Phocaidis, A. 2000.** Technical handbook on pressurized irrigation techniques. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.

**Pollice, A., Lopez, G. Laera, P. Rubino, and A. Lonigro. 2004.** Tertiary filtered municipal wastewater as alternative water source in agriculture: a field investigation in Southern Italy. Science of the Total Environment 324: 201–210.

**Projet MRT –USAID** [Management des Ressources de Tadla] : Management des Ressources de Tadla: rapports de diagnostic de la qualité des sols et des eaux et mise en place d'un système de suivi et de surveillance de la qualité des sols et des eaux



**Roediger et al.** [Anaerobe alkalische Schlammfäulung, 1990]: Anaerobe alkalische Schlammfäulung. Oldenbourg Verlag, München, 1990

**Sackewitz, M., Maier, K.-H.** [Strippverfahren zur Teilstrombehandlung auf Kläranlagen, 1999] Strippverfahren zur Teilstrombehandlung auf Kläranlagen. WLB Wasser, Luft und Boden 1-2, 1999

**Secrétariat d'Etat auprès du Ministère de l'Energie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement Chargé de l'Eau et de l'Environnement (SEEE)** [Etude pour l'élaboration de la Stratégie nationale de gestion des boues des stations d'épuration des eaux au Maroc, 2010]: Etude pour l'élaboration de la Stratégie nationale de gestion des boues des stations d'épuration des eaux au Maroc, Rapport Phase 1, Version définitive, Mars 2010

**Secrétariat d'Etat auprès du Ministère de l'Energie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement Chargé de l'Eau et de l'Environnement (SEEE)** [Projet du Plan National de l'Eau, Version provisoire, 2009] : Projet du Plan National de l'Eau, Version Provisoire, Février 2009

**Secrétariat d'Etat auprès du Ministère de l'Energie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement Chargé de l'Eau et de l'Environnement (SEEE), Département de l'Eau** [Stratégie Nationale de Développement du Secteur de l'Eau, Note de synthèse, 2010] : Stratégie Nationale de Développement du Secteur de l'Eau, Note de synthèse, Janvier 2010

**Secrétariat d'Etat auprès du Ministère de l'Energie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement Chargé de l'Eau et de l'Environnement (SEEE), Département de l'Eau** [Etude des possibilités de réutilisation des eaux usées épurées, Diagnostique, 2009] : Etude des possibilités de réutilisation des eaux usées épurées, Diagnostic de la situation existante de la réutilisation des eaux usées épurées, Rapport Finale, Mission 1, Décembre 2009

**Soudi, B.** [Problématique de gestion de la matière organique des sols, 1999] : Problématique de gestion de la matière organique des sols : cas de périmètres irrigués des Doukkala. In : Bulletin de Transfert de Technologie en Agriculture, No 54, 1999

**Soudi, B.** [Impact des activités agricoles sur la qualité des eaux de la retenue de Sidi Mohamed Ben Abdellah, 1996] : Impact des activités agricoles sur la qualité des eaux de la retenue de Sidi Mohamed Ben Abdellah, Rapport pour GTZ-ONEP, Projet de protection des ressources en eau – ONEP, 1996

**Stumpf, D.** [Phosphorrecycling durch MAP-Fällung im kommunalen Faulschlamm, 2007]: Phosphorrecycling durch MAP-Fällung im kommunalen Faulschlamm. TU Berlin, Publikation des Umweltbundesamtes

**Tabatabaei, S.H. and P. Najafi** [Effects of irrigation with treated municipal wastewater on soil properties in arid and semi-arid regions, 2009]: Effects of irrigation with treated municipal wastewater on soil properties in arid and semi-arid regions. Irrigation and Drainage 58: 551-560, 2009

**Tachibana, R., Y. Ozaki et K.Fujie** [Material an Energy Flow Analysis in Sewage Sludge, 2011]: Material an Energy Flow Analysis in Sewage Sludge: Incineration and composting treatment processes; In Journal of Chemical Engineering, 2011

- Tettenborn, F., Behrendt, J., Otterpohl, R.** [Nutrient recovery from source separated urine, 2008] Nutrient recovery from source separated urine – steam stripping in demo scale, In Conference Proceeding IWA World Water Congress and Exhibition, IWA, Vienna, Austria, 2008
- Thomè-Kozmiensky, K.J.** [Klärschlamm Entsorgung, 1998]: Klärschlamm Entsorgung, Enzyklopädie der Kreislaufwirtschaft, Neuruppin, TK-Verlag
- Tilley, Elizabeth et al,** [Compendium of Sanitation Systems and Technologies, 2008]: Compendium of Sanitation Systems and Technologies, Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (Eawag). Dübendorf, Switzerland, Première édition (anglaise 2008), édition française 2009
- Toze, S.** 2006. Reuse of effluent water-benefits and risks. *Agricultural Water Management* 80: 147–159.
- Trösch, W.** [Dezentrales urbanes Infrastruktursystem DEUS 21, 2008]: Dezentrales urbanes Infrastruktursystem DEUS 21. DWA Bundestagung, 17.–18.09.2008, Mannheim
- University of Bonn** [Closing Nutrient Cycles in Decentralised Water Treatment Systems in the Mekong Delta, 2009]: Closing Nutrient Cycles in Decentralised Water Treatment Systems in the Mekong Delta, SANSED – PROJECT Final Report, April 2009
- Urban, I.** [Anaerobe Kommunalabwasserbehandlung Einsatz und Bemessung von UASB-Reaktoren, 2009]: Anaerobe Kommunalabwasserbehandlung Einsatz und Bemessung von UASB-Reaktoren, Schriftenreihe des Instituts für Siedlungswasserwirtschaft der Universität Hannover, Band 143, 2009
- Van Haandel A.C., Lettinga G.** [Anaerobic sewage treatment, 1994]: Anaerobic sewage treatment, A practical guide for regions with a hot climate, John Wiley & Sons Ltd, Chichester, England, 1994
- Verordnung** über Anforderungen an das Einleiten von Abwasser in Gewässer (Abwasserverordnung - AbwV), <http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/abwv/gesamt.pdf>
- Wang, Z.; A.C. Chang; L. Wu, L., and D. Crowley** [Assessing the soil quality of long-term reclaimed wastewater-irrigated cropland, 2003]: Assessing the soil quality of long-term reclaimed wastewater-irrigated cropland. *Geoderma*, 114 (3-4): 261-278, 2003
- Wendland, C.** [Anerobic Digestion of Blackwater and Kitchen Refuse, 2008]: Anerobic Digestion of Blackwater and Kitchen Refuse. *Hamburger Berichte zur Siedlungswasserwirtschaft* 66, 2008
- Werner, C.; Fall, P.; Schlick, J.; Mang, H.-P.** [Raisons pour et principes de l'Assainissement Écologique, 2008]: Raisons pour et principes de l'Assainissement Écologique, 2008, <http://www.agire-maroc.org/uploads/media/BP68-SuSanA-principes-de-assainissement-e%CC%81cologique-2008-fr.pdf>
- WHO** [Guidelines for the safe use of wastewater excreta and greywater, 2006]: Guidelines for the safe use of wastewater excreta and greywater. Volume 4: Excreta and greywater use in agriculture, 2006