



**Institut für angewandtes
Stoffstrommanagement (IfaS)**

**Umwelt-Campus Birkenfeld
Fachhochschule Trier**

Client



**Deutsche Gesellschaft für Technische
Zusammenarbeit (GTZ)**

**Dag-Hammarskjöld-Weg 1-5
D-65760 Eschborn**

Etude sur les potentiels de biomasse pour la région Souss-Massa-Drâa et la province d'Essaouira



Birkenfeld/Allemagne, Janvier 2010

Note préliminaire juridique des mandants

Dans le cadre de la présente étude, l'Institut de la Gestion des Flux de Matériaux (IfaS) a réalisé une collecte et une analyse de données à grande échelle. Un soin particulier a été apporté au traitement des données. La GTZ et les auteurs ne peuvent se porter garants de l'exactitude des données de cette étude; en outre, ils n'engagent aucune responsabilité concernant toute perte ou dommage résultant de l'utilisation de ces données.

Cependant il n'est pas à exclure que, vu la disponibilité réduite de données dans la région, l'étude présente des carences ou des erreurs.

Aussi nous demandons aux lecteurs spécialisés dans ce domaine de faire parvenir à la GTZ et aux auteurs toutes indications complémentaires. Merci de vous adresser à : Katharina.Hay@gtz.de

La GTZ est l'unique propriétaire de cette étude, quelle que soit la forme sous laquelle elle sera exploitée. Toute photocopie ou reproduction totale ou partielle de l'étude (y compris sa transmission sur un support de données) et sa diffusion à des fins non commerciales ne sont autorisées que si la GTZ et les auteurs sont mentionnés comme la source du document.

Toutes autres démarches, y compris la photocopie, la reproduction ou la transmission de toute ou partie de l'étude à des fins commerciales, nécessitent l'accord préalable écrit de la GTZ et des auteurs.

Client:

Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit– Coopération Technique Allemand
(GTZ)

Mandataire:

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

Université des Sciences Appliqué de Trêves - Umwelt-Campus Birkenfeld

Gestion de projet:

Prof. Dr. Peter Heck (Geschäftsführender Direktor IfaS)

Moulay Radi El Harrak (Geschäftsführender Direktor IfaS Maghreb)

Elaboré par:

Marco Angilella, Dipl.-Betriebswirt (FH)

Jörg Böhmer, Dipl.-Ing. agr.

Oussama Kdadri, B. Eng.

Ralf Köhler, Dipl.-Forst-Ing. (FH)

Adam Mahamat Ali

Alexander Reis, Dipl.-Ing. (FH)

Nina Runge, Dipl.-Betriebswirtin (FH), M.Sc. International Cooperation Policy

Nele Sutterer, B.Sc. agr.

Contenue

Liste des figures.....	V
Liste des tableaux	VII
Liste d'abréviations.....	X
1 Introduction.....	1
1.1 Contexte	1
1.2 Objectifs.....	2
2 Description du projet.....	3
2.1 Client.....	3
2.2 Mandataire	3
2.3 Durée du projet.....	4
2.4 Démarche	4
2.4.1 Délimitation de la zone d'étude	4
2.4.2 La définition de la notion du potentiel.....	5
2.4.3 Analyse des flux de matériaux.....	7
2.4.4 Détermination du terme tonne d'équivalent pétrole.....	8
2.4.5 Détermination des équivalents de CO ₂	8
3 Economie circulaire.....	10
3.1 Contexte générale	10
3.2 Approches d'économie circulaire dans le secteur de l'eau	12
3.3 Approches d'économie circulaire dans le secteur des déchets	14
3.4 Approches d'économie circulaire dans le secteur d'énergie	16
4 Biomasse.....	18
4.1 Formes de biomasse	18
4.2 Anwendungen.....	21
5 Stratégies nationales.....	25
5.1 Energies renouvelables	27
5.2 Agriculture.....	29
6 La zone d'étude.....	32
6.1 Géographie	32
6.2 Climat.....	35
6.3 Ressources.....	36
6.3.1 Eau	36
6.3.2 Sol.....	41
6.4 Economie.....	42

7	Analyse des flux de matériaux.....	44
7.1	Agriculture.....	44
7.1.1	Aperçu général	44
7.1.2	Acteurs.....	45
7.1.3	Démarche	45
7.1.4	Potentiels.....	48
7.1.4.1	Potentiel des cultures céréalières.....	48
7.1.4.2	Résidus provenant de la culture sous serre	51
7.1.4.3	Bois défriché provenant des cultures fruitières et des cultures arboricoles	56
7.1.4.4	Excréments issus de l'élevage d'animaux.....	58
7.1.4.5	Autres matières premières issues du domaine agricole.....	60
7.1.5	Conclusion.....	61
7.2	Sylviculture	65
7.2.1	Aperçu général	65
7.2.2	Acteurs.....	67
	Potentiels.....	69
7.2.3	Conclusion.....	74
7.3	Gestion des déchets.....	75
7.3.1	Aperçu général	75
7.3.2	Acteurs.....	78
7.3.3	Déchets ménagers.....	79
7.3.3.1	Démarche	79
7.3.3.2	Potentiels.....	80
7.3.4	Déchets du secteur touristique.....	82
7.3.4.1	Démarche	83
7.3.4.2	Potentiels.....	84
7.3.5	Déchets de l'industrie agro-alimentaire	85
7.3.5.1	Industrie de pêche	86
7.3.5.2	Production de l'huile d'olive.....	90
7.3.5.3	Traitement des fruits et des légumes	93
7.3.5.4	Industrie laitière	94
7.3.5.5	Abattoirs.....	95
7.3.5.6	Potentiels.....	97
7.3.6	Résumé	98
7.4	Traitement des eaux usées	100
7.4.1	Aperçu général	100
7.4.2	Acteurs.....	105
7.4.3	Démarche	106
7.4.4	Potentiels.....	109
7.4.5	Conclusion.....	111

8	Résumé et évaluation des potentiels	115
8.1	Potentiels des parties de la zone d'étude.....	115
8.1.1	<i>Agadir-Ida Outanane, Chtouka-Ait-Baha et Inezgane-Ait-Melloul.....</i>	<i>115</i>
8.1.2	<i>Taroudannt</i>	<i>118</i>
8.1.3	<i>Tiznit</i>	<i>119</i>
8.1.4	<i>Ouarzazate et Zagora.....</i>	<i>120</i>
8.1.5	<i>Essaouira.....</i>	<i>122</i>
8.2	Potentiel de la zone d'étude totale	123
8.3	Détermination des besoins en énergie.....	124
8.3.1	<i>Énergie électrique.....</i>	<i>124</i>
8.3.2	<i>Énergie thermique</i>	<i>126</i>
8.4	Évaluation des potentiels.....	127
8.4.1	<i>Classement des potentiels dans les besoins régionaux en énergie</i>	<i>127</i>
8.4.2	<i>Disponibilité et la possibilité d'activation des potentiels</i>	<i>129</i>
9	Esquisses de projet.....	131
9.1	Unité de méthanisation des déchets organiques avec approvisionnement énergétique des entreprises industrielles à Ait Melloul	131
9.1.1	<i>Aperçu général</i>	<i>131</i>
9.1.2	<i>Flux de matière</i>	<i>131</i>
9.1.3	<i>Technologie</i>	<i>133</i>
9.1.4	<i>Analyse du site / Dimensionnement</i>	<i>134</i>
9.1.5	<i>Aspects économiques</i>	<i>135</i>
9.1.6	<i>Aspects environnementaux et sociaux.....</i>	<i>136</i>
9.1.7	<i>Transférabilité.....</i>	<i>136</i>
9.2	Bosquets villageois.....	137
9.2.1	<i>Aperçu général</i>	<i>137</i>
9.2.2	<i>Etablissement des bosquets villageois.....</i>	<i>140</i>
9.2.3	<i>Intégration d'une gestion des eaux usées locale</i>	<i>144</i>
9.2.4	<i>Conclusion et recommandation.....</i>	<i>145</i>
9.3	Plan de gestion des déchets de la province de Tiznit	148
9.3.1	<i>Aperçu général</i>	<i>148</i>
9.3.2	<i>Mesures d'optimisations</i>	<i>148</i>
9.3.3	<i>Principaux points de travail.....</i>	<i>151</i>
9.3.4	<i>Objectif général du projet</i>	<i>155</i>
9.3.5	<i>Transférabilité.....</i>	<i>155</i>
9.4	Petites installations de biogaz sur la base des résidus.....	156
9.4.1	<i>Aperçu général</i>	<i>156</i>
9.4.2	<i>Flux de matières</i>	<i>157</i>
9.4.3	<i>Technologie</i>	<i>157</i>
9.4.4	<i>Analyse d'emplacement et dimensionnement.....</i>	<i>159</i>

9.4.5	Aspects économiques	160
9.4.6	Aspects écologiques et sociaux	160
9.4.7	Perspective	161
9.5	Fabrication de briquettes de déchets de bois provenant de l'industrie du bois	161
9.5.1	Aperçu général	161
9.5.2	Flux de matières	161
9.5.3	Technologie	162
9.5.4	Analyse d'emplacement, dimensionnement et économie	164
9.5.5	Perspectives	165
9.6	Conception d'un système d'information sur la biomasse et d'un portail web.....	167
9.6.1	Aperçu général	167
9.6.2	Aspects techniques	168
9.6.3	Perspective	170
9.7	Projet de recherche : Production de biogaz à partir des résidus de l'industrie du poisson. 171	
9.7.1	Aperçu général	171
9.7.2	Flux de matières	171
9.7.3	Aspects techniques	172
9.7.4	Analyse du site	173
9.7.5	Perspective	175
9.8	Valorisation énergétiques des boues d'épuration	175
9.9	Autres endroits et les approches	177
10	Aspects de durabilité de la biomasse	178
10.1	Valeur ajoutée régionale par l'utilisation des résidus	178
10.2	Création d 'emplois	178
10.3	Choix de formes d'utilisation de terres appropriées	179
10.4	Valeur ajoutée par hectare pour des concepts à multiple utilisation.....	180
10.5	Substitution des engrais chimiques par le recyclage des déchets organiques.....	182
10.6	Réutilisation des nutriments issus des eaux usées résiduelles	185
10.7	Sécurité d'approvisionnement énergétique et indépendance par rapport aux combustibles fossiles.....	186
10.8	Prévention de la pollution	187
10.9	Le changement climatique, le potentiel d'évitement de CO ₂	187
10.10	Transfert du savoir faire pour une économie durable.....	189
11	Recommandations pour la mise ne œuvre	190
	Bibliographie	192

Liste des figures

Figure 1: Les catégories de potentiel	5
Figure 2: Exemple d'un système d'économie circulaire	12
Figure 3: Classement des catégories de biomasse d'après les groupes d'acteur et de matière.....	21
Figure 4: Possibilités de classement, utilisation et transformation de biomasse	22
Figure 5: Emplacement de la région Souss-Massa-Drâa & la province d'Essaouira (zone d'étude du master plan)	33
Figure 6: Découpage administrative de la zone d'étude	35
Figure 7: Bassins hydrauliques de la zone d'étude.....	38
Figure 8: Culture de la banane et restes après récolte	53
Figure 9: Production de lait et compostage de fumier a Souss-Massa.....	59
Figure 10 : Combustion des résidus de presse issus de la production d'huile d'olive.	61
Figure 11: Potentiel énergétique issu de l'agriculture	63
Figure 12: Répartition forestière dans la région de Souss-Massa-Drâa	65
Figure 13: Répartition des espèces d'arbres en pourcentage dans la Région de Souss-Massa-Drâa	67
Figure 14: Organigramme de la foresterie dans la région de Souss-Massa-Drâa.....	69
Figure 15: Ressources forestières des différentes provinces en pourcentage des terres.....	69
Figure 16: Potentiel énergétique issu du secteur forestier.....	74
Figure 17: Décharge Bikarane Agadir	78
Figure 18: Schéma et exemple d'un centre de traitement des déchets.....	81
Figure 19: Vue d'ensemble des nuitées du Grande Agadir	82
Figure 20: Matières résiduelles de poisson dans le port d'Agadir.....	89
Figure 21: Potentiels énergétique des déchets	98
Figure 22: Réseau d'assainissement du Grand Agadir.....	103
Figure 23: Récupération de biogaz dans un lagunage (Bensergao, Agadir)	110
Figure 24: Potentiels énergétiques des boues d'épuration	112
Figure 25: Aperçu du potentiel en TEP (Agadir, Chtouka-Aït-Baha et Inezgane-Aït-Melloul)	117
Figure 26: Aperçu du potentiel en TEP (Taroudannt)	119
Figure 27: Aperçu du potentiel en TEP (Tiznit)	120
Figure 28: Aperçu sur le potentiel en TEP (Ouarzazate et Zagora)	121
Figure 29: Aperçu du potentiel (en TEP) Essaouira.....	122
Figure 30: Potentiel total énergétique en tonnes équivalent pétrole	124
Figure 31: Consommation d'énergie électrique dans les provinces et les préfectures de la région Souss-Massa-Drâa (moyenne 2004/05)	125
Figure 32: Chaudières typiques de production de vapeur industrielle ou de séchage	127
Figure 33: Contribution au potentiel totale de production de l'énergie électrique à partir du biogaz des différentes parties de la zone d'étude	129
Figure 34: Emplacement de l'unité pilote de production de biogaz pour les substances de déchets industriels.....	135

Figure 35: Bosquets villageois dans la région de Souss-Massa-Drâa.....	141
Figure 36: Forêt utilisable d'acacia avec irrigation par eaux usées à l'ouest d'Afrique.....	143
Figure 37: La part des émissions des gaz à effet de serre dans différents secteur de gestion de déchets en 2003	156
Figure 38: Exemple d'une petite unité de biogaz, conformément à la procédure de fermentation garage.....	158
Figure 39: Fabrication de briquettes de déchets de bois	163
Figure 40: Exemple de séchage solaire et des tunnels de séchage du bois	165
Figure 41: Emplacement possible de l'unité pilote de biogaz	174
Figure 42: Concept à multiple utilisation dans un système agro-forestier	181
Figure 43: Potentiels régionaux d'évitement de CO ₂	188

Liste des tableaux

Tableau 1: Plans d'action nationale au Maroc	26
Tableau 2: Objectifs de l'application des énergies renouvelables à l'horizon 2012/2020 au Maroc.....	28
Tableau 3: Aperçu du développement agricole à Souss-Massa-Drâa à l'horizon 2020	31
Tableau 4: Données générales de la zone d'étude.....	34
Tableau 5: Répartition hydraulique de la zone d'étude, les bassins hydrauliques et leurs apports moyens	39
Tableau 6: Caractéristiques des bassins hydrauliques de la zone d'étude	40
Tableau 7: Caractéristique de la zone d'étude.....	43
Tableau 8: Aperçu du potentiel de la paille en tant que combustible.....	48
Tableau 9: Paille en tant que combustible, présentation par Province/ Préfecture	49
Tableau 10: Aperçu du potentiel des résidus de céréales en tant que combustible.....	50
Tableau 11: Aperçu du potentiel des résidus de céréales en tant que substrat de biogaz	51
Tableau 12: Résidus de céréales en tant que combustibles, présentation par province/préfecture	51
Tableau 13: Aperçu du potentiel : Résidus de récolte et restes de végétaux issus de la culture de légumes et autres cultures sous serres.....	55
Tableau 14: Résidus de récolte et restes végétaux de la culture de légumes et autres cultures sous serres, classement par province	55
Tableau 15: Aperçu du potentiel des branchages et bois défriché issus des cultures fruitières et autres cultures arboricoles	57
Tableau 16: Branchages et bois défriché issus des cultures fruitières et autres cultures arboricoles, classement par province/ préfecture	58
Tableau 17: Aperçu du potentiel: Excréments de l'élevage bovin en tant que substrat pour la production de biogaz	59
Tableau 18: Excréments de l'élevage bovin, classement par province/ préfecture	60
Tableau 19: Aperçu du potentiel: Résidus des cultures agricoles	62
Tableau 20: Aperçu du potentiel des résidus agricoles et issus de l'élevage, classement par province/ préfecture en tonnes équivalent pétrole	62
Tableau 21: Aperçu du potentiel des résidus agricoles et de l'élevage, classement par province/ préfecture, UGB, masse, quantité d'énergie et tonnes équivalent CO ₂	64
Tableau 22: Potentiel en bois brut de la région Souss-Massa-Drâa.....	71
Tableau 23: Potentiel en bois brut et énergétique classé par province/ préfecture	71
Tableau 24: Potentiel annuel de bois d'ouvrage issu des plantations de dattiers	72
Tableau 25: Nombre d'habitants dans les provinces de Souss-Massa-Drâa (2008).....	79
Tableau 26: Potentiel théorique de biogaz de la partie organique des déchets ménagers	80
Tableau 27: Potentiels totaux des déchets ménagers	81
Tableau 28: Acteurs/Institutions clés dans le secteur touristique	83
Tableau 29: Nombre des nuitées (2002 – 2006).....	84
Tableau 30: Potentiel théorique et technique des déchets du secteur touristique.....	84

Tableau 31: Entreprises de l'industrie de pêche	87
Tableau 32: Acteurs clés de l'industrie de pêche.....	88
Tableau 33: Quantités de pêche des portes principales de la zone d'étude	88
Tableau 34: Production des produits de pêche des deux grandes portes d'après les types de poisson en 2005	89
Tableau 35: Production des résidus au traitement des poissons	89
Tableau 36: Potentiels de l'industrie de traitement des poissons	90
Tableau 37: Nombre et capacité des unités de l'huile d'olive	91
Tableau 38: Potentiels énergétique de la production de l'huile d'olive	92
Tableau 39: Entreprises du secteur de traitement des fruits et des légumes.....	93
Tableau 40: Potentiels dans le secteur de traitement des fruits et légumes.....	94
Tableau 41: Laiteries à Souss-Massa-Drâa	94
Tableau 42: Potentiels de l'industrie laitière.....	95
Tableau 43: Abattoirs à Souss-Massa-Drâa	96
Tableau 44: Nombre et poids des animaux abattus à Souss-Massa-Drâa (abattoirs contrôlés)	96
Tableau 45: Abattis en tonnes.....	96
Tableau 46: Potentiels énergétiques des abattoirs	97
Tableau 47: Potentiels totaux du secteur des déchets	97
Tableau 48: Taux de raccordement à un réseau d'assainissement dans la zone d'étude	101
Tableau 49: Vue d'ensembles des stations d'épuration de la zone d'étude	104
Tableau 50: Caractéristiques des boues d'épuration à Agadir (station M'Zar)	106
Tableau 51: Potentiel théorique du rendement de biogaz à partir des boues d'épuration	107
Tableau 52: Potentiels techniques de biogaz à partir des boues d'épuration.....	108
Tableau 53: Potentiel théorique de la valeur calorifique des boues d'épuration.....	109
Tableau 54: Potentiel technique de la valeur calorifique des boues d'épuration	109
Tableau 55: Valeurs fertilisantes des boues d'épuration au Maroc	113
Tableau 56: Valeurs fertilisantes des boues d'épuration relative au potentiel théorique.....	114
Tableau 57: Valeurs fertilisantes des boues d'épuration relative au potentiel technique	114
Tableau 58: Résumé du potentiel à Agadir Chtouka-Ait Baha et Inezgane-Ait Melloul.....	116
Tableau 59: Aperçu du potentiel (Taroudannt)	118
Tableau 60: Aperçu du potentiel de la province de Tiznit	119
Tableau 61: Aperçu du potentiel d'Ouarzazate et Zagora (zone d'Action ORMVAO)	121
Tableau 62: Aperçu du potentiel d'Essaouira	122
Tableau 63: Potentiels totaux de biomasse dans la région Souss-Massa-Drâa et Essaouira selon les différents secteurs	123
Tableau 64: Production nette d'électricité dans la région SMD, en 2004 et 2005	125
Tableau 65: Consommation d'énergie, potentiel de biogaz des résidus et potentiels de production d'électricité ainsi que la couverture des besoins propres dans les différentes parties de la zone d'étude	128
Tableau 66: Potentiels en biogaz et énergie.....	133

Tableau 67: Caractéristiques de l'unité de biogaz	136
Tableau 68: Espèces possibles pour la création de bosquets villageois	142
Tableau 69: Coûts potentiels et les revenus d'un bosquet villageois	145
Tableau 70: Réduction du CO ₂ par des mesures de boisement	146
Tableau 71: Revenus potentiels de vente de certificats de CO ₂	147
Tableau 72: Matériaux d'entrée possibles et les quantités de gaz produit	157
Tableau 73: Caractéristiques d'une unité de biogaz	160
Tableau 74: Caractéristiques briquetage	163
Tableau 75: Comparaison entre le butane et les briquettes de bois.....	166
Tableau 76: Interface graphique du calculateur de biomasse	169
Tableau 77: Les participants du marché dans le secteur de la biomasse selon leur fonction.....	170
Tableau 78: Calcul de la valeur fertilisant du compost.....	183
Tableau 79: Calcul de valeur fertilisante du résidu du processus de fermentation.....	184

Liste d'abréviations

a	an
ABH	Agence de Bassin Hydraulique
ABHSM	Agence du Bassin Hydraulique du Souss-Massa
BEI	Banque Européenne d'Investissement
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
Ca	Calcium
CCISA	Chambre de Commerce et d'Industrie d'Agadir
CDER	Centre de Développement des Energies Renouvelables
CER	Certified Emission Reduction
CH₄	Méthane
cm	Centimètre
CMA	Centrale Marketing-Gesellschaft der Deutschen Agrarwirtschaft
CO₂	Dioxyde de carbone
CO_{2eq}	Equivalent de CO ₂
COPAG	Coopérative des Agrumes et des Primeurs
DCO	Demande chimique en oxygène
DPA	Direction Provinciale d'Agriculture
DREF-SO	Direction Régionale des Eaux et Forêts du Sud Ouest
EEG	Erneuerbare Energien Gesetz (Loi des énergies renouvelables en Allemagne)
EH	Equivalent-Habitant
FAO	Food and Agriculture Organisation of the United Nations
IfaS	Institut für angewandtes Stoffstrommanagement
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
GJ	Gigajoule
GTZ	Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit
h	Heure
ha	Hectare
K	Kalium

KrW-/AbfG	Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz
KTBL	Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft
kW	Kilowatt
kWh	Kilowattheure
LULUCF	Land Use, Land Use Change, Forestry
m³	Mètre cube
MDP	Mécanisme de Développement Propre
MF	Matière fraîche
Mio.	Million
MJ	Mégajoule
mm	Millimètre
MOS	Matière organique sèche
MS	Matière sèche
MW	Mégawatt
MWh	Mégawattheure
N	Azote
ONE	Office Nationale de l'Electricité du Maroc
ONP	Office Nationale des Pêches
ONEP	Office Nationale de l'Eau Potable
ORMVA	Office Régional de Mise en Valeur Agricole
ORMVAO	Office Régional de Mise en Valeur Agricole d'Ouarzazate
ORMVASM	Office Régional de Mise en Valeur Agricole de Souss-Massa
P	Phosphore
PDAIRE	Plan Directeur d'Aménagement Intégré des Ressources en Eau
PNE	Plan National de l'Eau
PNA	Programme National d'Assainissement
PIB	Produit Intérieur Brut
R.A.M.S.A.	Régie d'Aménagement Multi Service d'Agadir
RBA	Réserve de Biosphère de l'Arganeraie
SEEE	Secrétariat d'Etat chargé de l'Eau et de l'Environnement

SMD	Souss-Massa-Drâa
t	Tonnes
TEP	Tonnes Equivalent Pétrole
UNESCO	United Nations Educational, Scientific, and Cultural Organization
UNFCCC	United Nation Framework Convention on Climate Change
USAID	United States Agency for International Development
w₀	Teneur en eau: 0%

1 Introduction

1.1 Contexte

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 96% doit être importée¹. Ainsi, le Maroc projettera d'orienter récemment sa politique énergétique et d'accroître l'utilisation des énergies renouvelables.

Actuellement les énergies renouvelables ne couvrent que 4% 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 2012.² Afin de parvenir aux objectifs escomptés et pour réduire la dépendance énergétique de l'extérieur, le Maroc opte en particulier pour l'énergie solaire et l'énergie éolienne, mais également la biomasse est un potentiel important et efficace si on applique les technologies modernes.

Outre l'exploitation des sites potentiels spécifiques pour l'énergie solaire et éolienne au Maroc, l'utilisation de la biomasse comme source d'énergie renouvelable est essentielle à l'élaboration d'une politique énergétique durable. L'utilisation des résidus organiques ou des cultures énergétiques pour la production d'énergie est très variée, car la biomasse peut être utilisée sous les formes solides, liquides ou gazeuses, soit pour la production de chaleur et l'électricité ou pour la production de biocarburants certifiés. Outre la possibilité de transformer les déchets et résidus organiques de différents secteurs en ressources (énergétiques), la revalorisation énergétique de biomasse permet une production énergétique (électricité, chaleur, froid) qui est neutre sur le plan de l'émission de CO₂. La rentabilité économique des installations de valorisation énergétique de la biomasse sera établie par des faibles coûts d'exploitation constants, malgré des investissements légèrement élevés au début et la nécessité d'établir une structure logistique pour le transport et la mise en place de la biomasse.

L'utilisation et la valorisation énergétique de la biomasse peuvent contribuer considérablement à l'augmentation de la valeur ajoutée régionale, étant donné que par l'utilisation de la bioénergie – qui est une ressource régionale - des ressources financières qui sont dépensés pour l'énergie restent dans la région.

¹ Cp. Benkadhra, A.: Stratégie énergétique Maroc, 2009

² Cp. Bundesagentur für Außenwirtschaft: Marokko richtet Energiepolitik neu aus, 2007

Les agriculteurs et exploitants forestiers, les secteurs publics ainsi que les entreprises qui produisent les résidus organiques peuvent devenir dans le cadre des stratégies d'utilisation et de la gestion efficace de la biomasse régionale des fournisseurs importants d'énergie.

Le but de cette étude vise à évaluer le potentiel théorique et la technique de la biomasse existante dans la région Souss-Massa-Drâa et la province d'Essaouira au Maroc à l'aide de l'approche de la gestion de flux des matières (voir chapitre 3). Après l'identification des potentiels énergétiques dans les différentes zones d'étude, des esquisses de projets pour l'exploitation de ces potentialités seront développées. De même, les effets économiques, écologiques et sociaux de la stratégie de l'utilisation de la biomasse seront expliqués et sa contribution à la valeur ajoutée régionale sera présentée.

1.2 Objectifs

La zone de l'étude sur les potentiels de la biomasse, est composée de la région de Souss-Massa-Drâa et la province d'Essaouira. Le but de l'étude est d'identifier le potentiel en biomasse disponible dans la zone d'étude et de développer à la base de ces données des stratégies efficaces et durables d'utilisation pour les différents secteurs. Par l'utilisation efficace de la biomasse locale pour l'approvisionnement en énergie, l'économie régionale sera soutenue et une plus grande indépendance des énergies fossiles sera possible.

En particulier, dans le cadre de l'étude de la biomasse, les potentiels du secteur agricole, de la sylviculture, du secteur de la gestion des déchets (déchets ménagers, déchets du secteur touristique, industrie agro-alimentaire) et du secteur des eaux usées doivent être saisis pour pouvoir étudier les possibilités d'une valorisation durable. Les effets économiques, écologiques et sociaux de la stratégie de l'utilisation optimisée de la biomasse seront expliqués et leur contribution à une politique énergétique efficace au Maroc seront exposés.

À long terme, sur la base de l'étude les objectifs suivants sont ambitionnés:

- Le renforcement économique de la région par l'utilisation des ressources disponibles localement
- La création d'une infrastructure d'une économie circulaire orientée dans le domaine de l'utilisation de biomasse et la fermeture des circuits économiques régionales
- La création d'emplois et des investissements locaux
- L'amélioration de la qualité de vie de la population locale par des activités équitables au niveau sociale et respectueux de l'environnement

2 Description du projet

2.1 Client

Le client de cette étude est la Coopération Technique Allemande (Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit, GTZ). La GTZ est déjà depuis les années 1960 actif au Maroc. La collaboration technique est exécutée par la GTZ sous l'ordre du ministère fédéral pour la coopération économique et le développement. Les priorités de la coopération et de développement au Maroc sont:

- Le développement économique durable,
- La politique environnemental, la protection de l'environnement et des ressources naturelles,
- La gestion des ressources en eau.³

La réalisation de l'étude sur les potentiels de biomasse pour la région de Souss-Massa-Drâa et la province d'Essaouira entre dans le cadre du projet de «la promotion des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique pour un développement durable au Maroc» (GTZ-PEREN). Ce projet poursuit un concept intégré qui contient la consultation politique, le soutien professionnel des institutions, y compris le transfert de savoir-faire et l'interconnexion de la recherche appliquée à l'efficacité énergétique et aux énergies renouvelables.

2.2 Mandataire

Le mandataire de l'étude sur les potentiels de biomasse est l'Institut de la Gestion des Flux de Matériaux (IfaS). IfaS est un institut à l'Université des Sciences Appliquées de Trèves, situé sur le siège du campus de l'environnement à Birkenfeld. IfaS a été créé en 2001 à l'initiative des plusieurs professeurs des disciplines de l'écologie, des sciences économiques, du génie de procédés et de la communication avec la réclamation de faire développer des systèmes d'optimisation durable des flux de matière dans des projets pratiques. L'analyse détaillée de la situation actuelle, la structuration des réseaux d'acteur pour le développement des solutions interdisciplinaire, la combinaison de technologies innovantes et éprouvées, ainsi que le développement de nouveaux instruments et méthodes de financement sont les priorités d'IfaS.

³ Cp. GTZ: Marokko

Sur cette base, les projets d'IfaS visent à joindre l'augmentation de la valeur ajoutée régionale avec la protection des ressources naturelles et la protection du climat.

Outre les projets en Allemagne et dans les pays voisins européens, IfaS gère, entre autres, des projets de recherche internationaux en Asie, en Amérique du Sud, en Afrique du Nord et dans les anciens pays du bloc de l'Est. Des exemples de ces projets sont de nombreux projets de zéro émission sur le niveau communal, le projet de recherche «parcs zéro émission» pour le développement des parcs industriels avec une gestion optimisée des flux de matière, le développement des master plans de biomasse en Afrique du Nord, un master plan pour l'implémentation des énergies renouvelables dans les provinces chinoises ou l'optimisation de la gestion des déchets dans villes en Turquie et en Amérique du Sud.

2.3 Durée du projet

En septembre 2008 la GTZ a confié à IfaS l'élaboration d'une «étude sur les potentiels de biomasse pour la région de Souss-Massa-Drâa et la province d'Essaouira » qui représente la base d'une stratégie nationale de la gestion de la biomasse. La durée du projet comprend 11 mois.

Alors que la zone d'étude était fixée d'abord seulement sur les deux préfectures Agadir-Ida Outanane et Inezgane-Aït Melloul ainsi que les quatre provinces de Chtouka-Aït Baha, Taroudannt, Tiznit et Essaouira, en mars 2009 l'étude était élargie sur les deux provinces d'Ouarzazate et Zagora et le délai de validité de projets était prolongé.

2.4 Démarche

2.4.1 Délimitation de la zone d'étude

La zone d'étude s'étend sur la région du Souss-Massa-Drâa, composée de deux préfectures et cinq provinces, ainsi que la province d'Essaouira, située au nord de la région Souss-Massa-Drâa. La province d'Essaouira⁴ appartient à la région du Marrakech - Tensift El Haouz et était ajoutée dans le cadre de cette étude sur la demande du client.

Les préfectures et les provinces suivantes étaient donc examinées :

- Préfectures
 - Agadir-Ida Outanane

⁴ La province d'Essaouira est identique géographiquement avec la réserve de la biosphère créée en 1998 à la protection de l'Arganeraie «Réserve de Biosphère de l'Arganeraie RBA»

- Inezgane-Aït-Melloul
- Provinces
 - Chtouka-Aït Baha
 - Essaouira
 - Ouarzazate
 - Taroudannt
 - Tiznit
 - Zagora

Pour plus d'informations sur la zone d'étude voir chapitre 6.

2.4.2 La définition de la notion du potentiel

Pour estimer les possibilités de l'utilisation d'une matière énergétique déterminée, la disponibilité de ressources doit aussi être considérée à côté des conditions techniques de la valorisation énergétique. Par la suite quatre catégories de potentiel seront décrites à l'instar de la définition de Kaltschmitt⁵.

Dans le schéma ci-dessous, les quatre catégories de potentiel sont représentées. En partant d'un potentiel total théorique, trois autres catégories de potentiel, qui résultent des restrictions techniques, écologiques et économiques, sont définies.

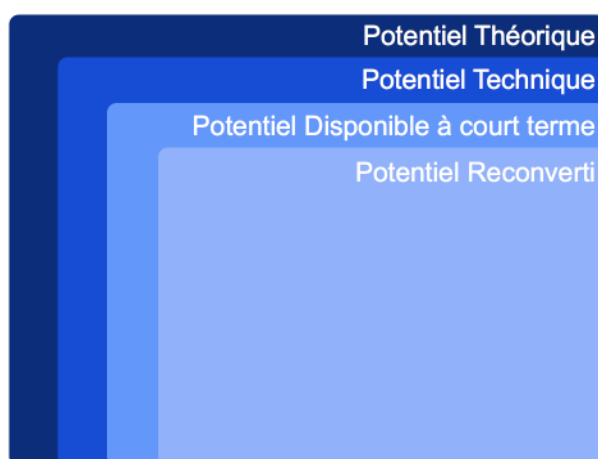


Figure 1: Les catégories de potentiel ⁶

⁵ Cp. Kaltschmitt, Hartmann: Energie aus Biomasse, 2001, p.10f.

⁶ Réalisé par IfaS

Le potentiel théorique désigne d'après les lois physiques la quantité des flux énergétiques ou de substance existantes, quelles que soient les obstacles techniques ou d'organisation. Le potentiel théorique représente donc le cadre générale du potentiel énergétique, mais n'est pas pertinent pour la mise en œuvre des projets de biomasse.

Dans le cadre de l'étude de la biomasse pour la région de Souss-Massa-Drâa et la province d'Essaouira notamment le potentiel technique sera pris en considération. Cela porte sur le potentiel énergétique de l'énergie primaire.

Le potentiel technique représente la part réellement utilisable du potentiel théorique avec les techniques existantes et prend en considération les possibilités de saisir les différents matières (par exemple le raccordement à un réseau d'assainissement, nécessité d'établir un système de collecte et de transport pour la biomasse) ainsi que les restrictions écologiques (par exemple le taux maximum de défrichage dans la sylviculture). Ce potentiel est aussi limité par des différentes influences économiques, politiques et sociales.

Ce sont notamment les aspects financiers, comme par exemple les investissements élevés au début d'un projet d'utilisation de biomasse ou les efforts élevés pour la mise à disposition des carburants, qui représentent toujours des principaux obstacles de la réalisation d'un projet d'utilisation de biomasse. Par contre, souvent les aides d'état pour l'investissement dans ou l'opération des unités d'utilisation de biomasse sont disponibles. En plus, les coûts élevés pour la mise à disposition des matières organiques sont liés à une valeur ajoutée régionale pour tous les acteurs (récolte, conditionnement, transport).

A cause du fait qu'ils existent différentes possibilités d'identifier la rentabilité d'un projet de production d'énergie, ils existent aussi différents potentiels économiques. En plus, les conditions cadres (prix des carburants fossiles, changement des conditions juridiques et fiscales, etc.) changent en permanence. Alors, le potentiel économique ne sera pas identifié dans le cadre de cette étude, à l'exception des exposés de projet dans le chapitre 9.

Le « potentiel disponible à court terme », ce qui n'est pas l'objectif de cette étude mais qui pourrait être de l'intérêt pour le développement des projets, représente le potentiel disponible actuellement et qui peut être activé à court terme (environ un à trois ans).⁷ Ce potentiel est défini surtout en raison de l'état économique, c'est-à-dire la situation actuelle du marché. Cependant, ce potentiel ne peut être mobilisé que si les acteurs, qui sont confiés à la gestion de ces quantités, seront fiables avec la mise en place de la biomasse et les projets de la valorisation énergétique. En outre, la logistique et l'organisation de la demande doivent être

⁷ Cp. IfaS: Biomasse Rheinland-Pfalz, 2004, p. 23 f.

en conformité avec le potentiel disponible. En d'autres termes, en plus du potentiel identifiés à court terme, les acteurs, la logistique et le besoin doivent être disponibles.

Le potentiel reconverti représente les quantités qui sont déjà utilisées. Avec cela, le potentiel reconverti peut être semblable au potentiel disponible à court terme si par exemple tout le potentiel est déjà valorisé énergétiquement.

2.4.3 Analyse des flux de matériaux

Dans le cadre de l'analyse de flux de matière, une analyse spécifique du potentiel existant de la biomasse dans la zone d'étude sera effectuée. L'analyse des flux de matière est la base essentielle pour l'élaboration de l'étude et pour le déroulement du projet.

En plus de l'analyse des flux de matière, également dans cette étape sera effectué l'identification et la mise en réseau des acteurs clés (l'analyse des acteurs), y inclus l'identification des approches des projets existantes et des structures organisationnelles.

Pour la zone d'étude le plan d'action était comme suit:

- Assemblage des informations générales sur les préfectures et provinces de la zone d'étude (administration et organisation, géographie, climat, économie, infrastructure, etc.)
- Evaluation des données statistiques
- L'identification des acteurs clés de la région
- Prise de contact avec les acteurs clés dans la zone d'étude et réalisation des interviews avec les experts pour l'évaluation des potentiels de la biomasse
- Quantification des principaux flux de matière organiques dans les domaines de l'agriculture, la sylviculture, la gestion des déchets (ménages, commerce & industrie, industrie agro-alimentaire, pêche) et de la gestion des eaux usées
- Evaluation du potentiel de biomasse analysé (origine, quantité et qualité des flux de matière) et l'évaluation des potentiels énergétiques de certains flux de matière
- Identification des centres de la consommation énergétiques (électricité, chaleur, froid) dans la région, si cela est possible dans les entreprises privées
- Développement des concepts technologiques pour l'utilisation de la matière organique disponible

- Evaluation de l'impact économique (p. ex. investissements), environnemental (p. ex. les émissions de CO₂) et sociale (p. ex. l'emploi) des stratégies d'exploitation de la biomasse ainsi que de leurs potentiels de contribution à la valeur ajoutée régionale.

Une mise en œuvre efficace et réalisable de la gestion des flux de matière nécessite comme une base d'action la coopération des différents acteurs d'une région. Cela n'est possible que par la communication précise, la sensibilisation et la réunion des personnes et décideurs clés dans un réseau opérationnel. La gestion des flux de matière contribue avec ces principes à créer un tissu économique écologiquement et socialement correct et une valeur ajoutée régionale.

2.4.4 Détermination du terme tonne d'équivalent pétrole

Comme tonne d'équivalent pétrole on indique la quantité de mazout qui a la même valeur calorifique d'une quantité donnée d'un autre combustible.

Avec cela, la valeur énergétique d'un combustible est convertie à l'équivalent de la valeur énergétique d'une tonne de mazout. Une tonne d'équivalent de mazout contient la valeur d'énergie suivant: 1 tonne d'équivalent de mazout = 41,855 GJ = 11.628 kilowattheures⁸.

Dans ce rapport, l'unité usuelle TEP (Tonne d'Equivalent Pétrole) sera utilisée en vue de l'application de ce terme dans les régions parlant le français.

2.4.5 Détermination des équivalents de CO₂

Le dioxyde de carbone (CO₂) est un gaz, qui se produit dans tous les processus de combustion et qui ne peut pas être mesuré comme émission, mais peut être calculé à l'aide de la composition chimique. Le CO₂ est le gaz le plus connu en ce qui concerne le changement climatique (gaz à effet de serre). Par conséquent, il est aussi souvent que les émissions des autres gaz moins connus sont converties en quantité équivalente de CO₂. L'équivalent de CO₂ (CO_{2eq}) est représenté comme l'équivalent en grammes par kWh consommé (g/kWh).⁹

Dans le cadre de cette étude l'économie potentielle en CO₂ était calculée sous les hypothèses qui suivent :

⁸ Cp. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe: Bioenergie Basisdaten Deutschland, 2008

⁹ Cp. Umwelt-Datenbank: CO₂- Äquivalent

Pour la transformation du biogaz dans les unités de cogénération, le soi-disant « Carbon Emission Factor » de 752 g/kWh, qui se base sur la production électrique du Maroc, est utilisé dans les calculs en ce qui concerne la substitution de l'énergie électrique.¹⁰ Pour la partie d'énergie thermique dans les unités de cogénération il est supposé que l'énergie renouvelable peut substituer le mazout (CEF: 280 g/kWh)¹¹. Pour la transformation du biogaz en électricité et chaleur avec une unité de cogénération un rendement minimum de 35% pour la production électrique et de 45% pour la production thermique est supposé.

Dans le cadre de cette étude dans le domaine de l'évitement des émissions seulement le « fuel switch » est considéré. D'autres potentiels d'économie des émissions en CO₂, qui pourraient être considéré comme activité de projet, seront p. ex. les émissions évitées des décharges. Pour cela, il faut quand même faire des analyses plus détaillées avec une ligne de base (« baseline »)¹² bien défini concernant le traitement de la biomasse.

Pour le calcul du potentiel d'évitement des émissions de CO₂ dans l'utilisation thermique des combustibles ligneux il est supposé que seule la quantité de CO₂ est dégagée qui était utilisé par la biomasse pour pousser. Ce fait résulte dans la neutralité des émissions de CO₂.

Pour l'incinération des carburants ligneux une CEF de 280 g/kWh est appliqué dans les calculs. Cela correspond à la quantité de CO₂ qui est produit à l'incinération de mazout. Ce carburant était identifié pendant l'analyse initiale comme base de calcul et est utilisé donc dans le cadre de cette étude.

¹⁰ Cp. UNFCCC: Clean Development Mechanism, Project Design Document - Wind power Morocco, p. 28

¹¹ Cp. Kubesa: Energiekennwerte, 1998, p. 173

¹² Une ligne de base („baseline“) représente dans le cadre d'un projet MDP la quantité des émissions de gaz à effet de serre qui sont produit en absence du projet.

3 Economie circulaire

3.1 Contexte générale

La croissance économique et l'augmentation de la prospérité de la population mondiale, en particulier dans les pays en voie de développement, conduisent à une augmentation de la consommation de l'énergie et de matières premières. Rejets de polluants dans l'air, l'eau et du sol, les extrêmes climatiques, la perte de la biodiversité et l'apparition de troubles sociaux dus à un accès de plus en plus restreint aux ressources (fossiles) en sont les conséquences. Cette évolution confronte nos sociétés modernes à des défis considérables.

Le concept de l'économie circulaire intègre l'optimisation des différents flux de matières (matières premières, biomasse, eau, déchets, énergie, etc.) dans un système et encourage les systèmes économiques qui visent une gestion « circulaire » des flux de matières basé sur le modèle de l'écosystème naturel ("cradle-to-cradle")¹³.

Les objectifs de l'approche de l'économie circulaire se décrivent comme suit:

- La protection de l'environnement par la conservation des ressources
- La substitution des énergies fossiles par les énergies renouvelables
- La réduction de la dépendance vis-à-vis des énergies fossiles
- La réduction des coûts en matières premières et en énergie
- La réduction du débit de pouvoir d'achat
- La création et le maintien des emplois locaux
- La création des réseaux de compétence
- L'augmentation de la compétitivité
- La création de valeur ajoutée régionale
- Le maintien et la stabilisation des espaces naturelles

La gestion des flux des matières convient particulièrement à l'application pratique de l'approche d'une économie circulaire. La notion « la gestion des flux de matière » englobe aussi bien l'idée de base de l'économie circulaire basé sur les principes écosystémique et dépose ces pratiques avec les principes économiques et de gestion (« Plan-Do-Check-Act ») pour former un processus d'amélioration constant.

¹³ Weizsäcker; Lovins; Lovins: Faktor vier, 1995

La gestion des flux des matériaux vise à optimiser tous les flux de matériaux dans un système défini. La méthodologie a été définie par le parlement allemand en 1994 comme suit : « l'influence visée, responsable, intégrée et efficace des systèmes de ressource en développant les secteurs écologiques et économiques sous la considération des aspects sociaux. »¹⁴.

La gestion des flux de matière exige un comportement responsable les flux de matières et d'énergie pour la contribution a un développement durable et s'oriente aux principes suivants:

- La considération globale du l'ensemble des systèmes de la société (consommation, approvisionnement, infrastructure, transport, agriculture, etc.) et de ses activités industrielles,
- Optimisation des flux de matière et d'énergie existantes et l'interconnexion des acteurs correspondants,
- L'utilisation des potentiels existants (matières premières, les matières résiduelles, procédures),
- L'utilisation accrue des énergies renouvelables et des combustibles secondaires,
- Augmentation de l'efficacité énergétique dans le secteur privé et le secteur industriel,
- La décentralisation de l'approvisionnement énergétique.

Ainsi, la gestion des flux de matière inclue les pas nécessaires et les mesures de transformation d'un système linéaire dans une économie circulaire et durable ("Circular Economy"). En outre, la gestion des flux de matière chaîne les technologies innovatrices, intelligentes et efficaces avec la planification des approches interdisciplinaires et la pensée systémique. Cela permet d'activer les potentiels économiques sur le plan micro-et macro-économique et de les transformer avec les technologies et stratégies correspondante en valeur ajoutée régionale.

Le champ d'application de la gestion des flux de matière est susceptible de s'appliquer à différents niveaux. Des applications individuelles de coopération pour une ou/et deux entreprise, sur le plan régionale en passant par des approches nationales et internationales.

L'outil de création et d'optimisation des flux de matière qui sous-tend ce travail, est «la gestion des flux de matières régionale». La gestion des flux de matière régionale prend en

¹⁴ Enquête Kommission, 1994. Die Industriegesellschaft gestalten - Perspektiven für einen nachhaltigen Umgang mit Stoff- und Materialströme. Bericht der Enquete Kommission "Schutz des Menschen und der Umwelt - Bewertungskriterien und Perspektiven für Umweltverträgliche Stoffkreisläufe in der Industriegesellschaft" des 12. Deutschen Bundestages (Bonn) Economica, p.259.

considération et optimise la gestion des flux de matières et matériaux dans un espace bien défini (administratif ou géographique). L'illustration suivante montre de façon exemplaire les flux de matières, interdépendances, et synergies possibles d'un système d'économie circulaire.

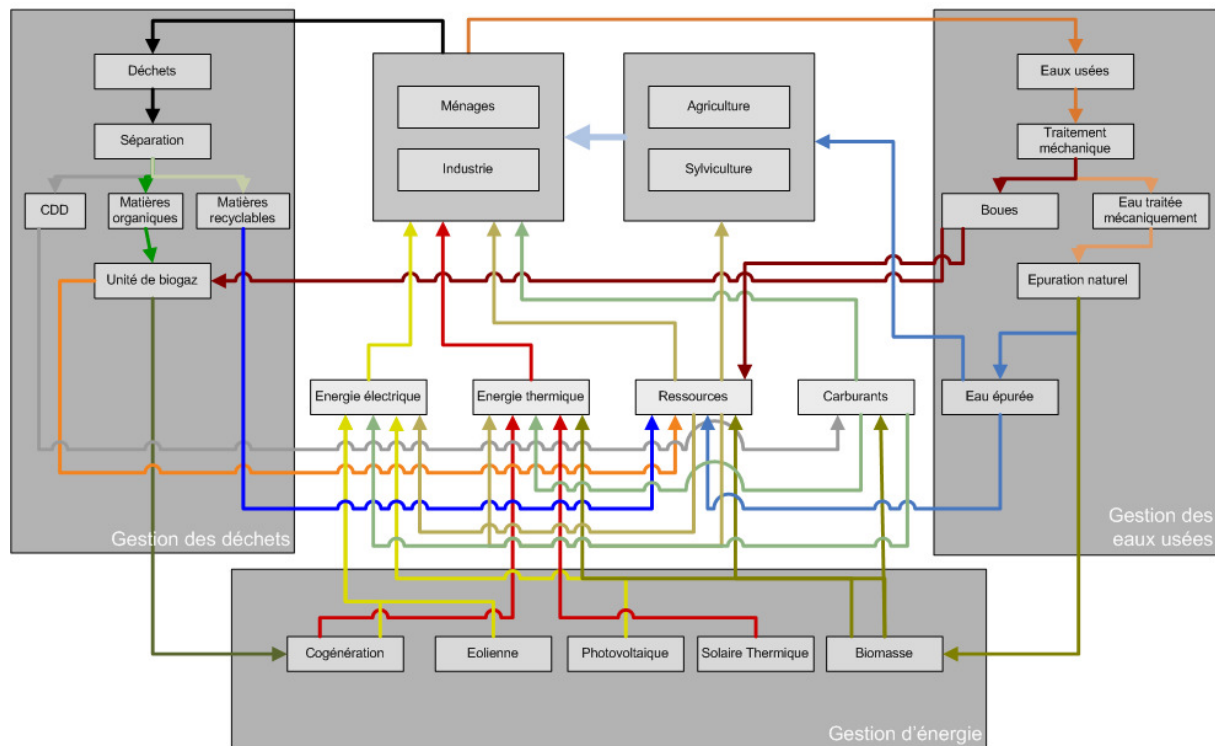


Figure 2: Exemple d'un système d'économie circulaire

Dans le cadre de cette étude les flux de matières et d'énergie dans les secteurs de l'agriculture, de la sylviculture, de l'industrie ainsi que de la gestion des eaux usées et des déchets de la région de Souss-Massa-Drâa et de la province d'Essaouira sont analysés.

Dans les chapitres 3.2 à 3.4 des approches exemplaires d'économie circulaire dans les secteurs de l'eau, d'énergie et des déchets sont présentés.

3.2 Approches d'économie circulaire dans le secteur de l'eau

La rareté de l'eau et la pollution des ressources en eau à cause des capacités de traitement insuffisantes représentent à l'échelle mondiale un défi considérable. L'urbanisation croissante, un standard élevé de mode de vie, le changement des habitudes alimentaires ainsi qu'une intensification de la production agricole (surfaces, input) causent une forte croissance de la consommation des ressources en eau.

Afin d'utiliser la ressource précieuse de l'eau de manière efficace et durable, les concepts circulaires d'utilisation d'eau, qui comprennent en plus l'économie de l'eau surtout une

utilisation intelligente de l'eau, sont proposés. Particulièrement dans le secteur agricole, qui représente dans beaucoup de pays le plus grand consommateur d'eau, un concept de réutilisation de l'eau usée permet dans le cadre de la production de biomasse de fermer les cycles de flux de matière.

En générale, les approches d'économie circulaire dans le secteur de l'eau permettent:

- La protection des eaux de surface (déversement réduit des eaux usées, réduction de la reprise de l'eau fraîche)
- La protection de la nappe phréatique (peu de reprise, recharge de la nappe par infiltration et percolation)
- Le recyclage des substances nutritives (N, P, K, etc.)
- L'augmentation du taux d'humus dans les sols pauvre en carbone (par les matières organiques de l'eau usée)

Afin d'obtenir ces objectifs, dans le cadre d'une approche d'économie circulaire différents stratégies et mesures peuvent être prises, comme par exemple :

- L'utilisation efficace de l'eau fraîche (p. ex. robinetterie efficace)
- L'utilisation des eaux pluviales (p.ex. des chasses d'eau)
- L'utilisation des pompes et des systèmes d'irrigation efficaces dans le secteur agricole
- L'épuration des eaux usées avec les systèmes à basse consommation énergétique (p. ex. filtres plantés de roseau)
- L'utilisation des eaux usées épurées pour l'irrigation
- L'utilisation énergétique et matérielle des boues d'épuration
- La séparation des eaux usées (urine, fécales, eau grise) pour une revalorisation énergétique et matérielle des différentes substances dans l'eau

Dans le cadre de cette étude sur les potentiels de biomasse notamment la revalorisation énergétique des boues d'épuration ainsi que l'utilisation des eaux usées épurées pour l'irrigation dans le secteur agricole ou forestier sont important.

L'utilisation énergétique des boues d'épuration peut être revalorisé par un traitement anaérobie, le captage du gaz de cuve et l'utilisation du biogaz pour la production d'électricité (et de chaleur) ou par le séchage et incinération des boues d'épuration (p. ex. dans l'industrie de ciment).

Le développement des cycles fermés des flux de l'eau et de matières par l'utilisation des eaux usées épurées pour l'irrigation permet l'économie d'énergie et d'engrais¹⁵, puisque les eaux usées ménagers contiennent outre les matières organiques, le phosphore et de l'azote, alors elles peuvent remplacer les engrais chimiques. Pour encourager une utilisation optimale des ressources existantes, l'utilisation des eaux usées pour la culture des « plantes énergétiques » est de plus en plus discutée. A cause du fait qu'il ne s'agisse pas des cultures directement consommable, les exigences à la qualité de l'eau sont assez basses et plutôt orientées vers les paramètres de la production végétale. La culture dans les systèmes agro-forestières et polycultures offre des nombreuses possibilités de combiner les différentes exigences de location et physiologies des plantes (utilisation des substances nutritives, ombrage des plantes, abat-vent, matière d'amendement de sol). En plus, l'irrigation avec les eaux usées offre la possibilité de produire de la biomasse sur les surfaces qui normalement ne sont pas utile pour la production agricole.

3.3 Approches d'économie circulaire dans le secteur des déchets

La pollution croissante de l'environnement ainsi que la consommation croissante des ressources demandent un traitement efficace de la ressource de déchet dans le monde. Dans quelques pays industrialisés un changement de paradigme d'une gestion d'évacuation à une économie circulaire s'est développé. Selon l'approche de l'économie circulaire tous les déchets sont premièrement à éviter, deuxièmement à réduire (réduction de la quantité et de la nocivité) et troisièmement à recycler (recyclage matériel ou énergétique).¹⁶

Particulièrement dans les pays en voie de développement l'évacuation et le stockage des déchets ménagers se passent souvent sur les décharges sauvages. Pour cela, les ressources indispensables comme le sol, l'air et les ressources en eau sont contaminées et les ressources matériels (matières recyclables) sont irrécupérablement perdues. Aussi au niveau écologique il existe une nécessité d'agir dans le secteur de la gestion des déchets. Les volumes et la qualité des déchets deviennent de plus en plus grands au niveau mondial et demandent des solutions adaptées. En plus, la pression d'appliquer les mesures d'évitement et de recyclage des déchets augmente en parallèle avec la consommation élevée des ressources. Alors, il existe un besoin de revaloriser les flux de matières régionaux avec une valeur ajoutée régionale élevée.

¹⁵ L'épuration des eaux usées pour un déversement sans risques, comme c'est pratiqué dans la plupart des pays industrialisé, résulte dans une consommation énergétique très élevé. D'après Dockhorn en Allemagne 0,35 kWh_e/kg DCO sont consommé en moyenne (Dockhorn: Stoffstrommanagement und Ressourcenökonomie in der kommunalen Abwasserwirtschaft, 2007). En plus, par l'épuration conventionnelle des eaux usées grandes potentiels de ressources par l'élimination des substances nutritives sont perdues.

¹⁶ Umweltbundesamt: <http://www.umweltbundesamt.de/abfallwirtschaft/abfallwirtschaft.htm>

Les objectifs de l'approche de l'économie circulaire dans le secteur de la gestion des déchets sont :

- L'évitement des émissions de méthane sur les décharges
- Le prolongement de la durée de vie des décharges
- La création de la valeur ajoutée régionale par une réutilisation matérielle (papier, métal, verre, etc.)
- La création de la valeur ajoutée régionale par la substitution des ressources fossiles (revalorisation énergétique)
- L'amélioration des conditions sanitaires

Afin d'atteindre ces objectifs les stratégies suivantes (hiérarchie de traitement) devront être considérées dans le cadre d'un plan de gestion des déchets:

- L'évitement des déchets
- La réduction de la quantité des déchets
- Le recyclage matériel des déchets
 - Le recyclage de plastique, papier, verre, métal etc.
- La revalorisation énergétique des déchets
 - La fermentation des déchets organiques et utilisation du biogaz pour la production d'électricité et de chaleur
 - L'utilisation des déchets non-utilisables pour un recyclage matériel pour la production des combustibles dérivés des déchets (CDD¹⁷)

Dans le cadre de cette étude, la revalorisation énergétique et matérielle de la fraction organique des déchets ménagers ainsi que les résidus organiques de l'agriculture et de l'industrie agro-alimentaire sont en particulier importantes. A cause de sa grande part dans les déchets totaux, l'utilisation de la partie organique des déchets est, en particulier dans les pays en voie de développement, une composante très importante dans l'implémentation des systèmes de la gestion des déchets. Les déchets organiques causent des grands problèmes dans les systèmes d'évacuation existants, comme par exemple les émissions de méthane sur les décharges.

La fermentation des résidus organiques pour la production d'énergie thermique et électrique utilise les potentiels contenus dans les déchets et permet une contribution à

¹⁷ Les combustibles dérivés des déchets (CDD, en anglais: Refuse Derived Fuel - RDF) sont des combustibles produits à partir des déchets combustibles (fragmentés).

l'approvisionnement d'énergie et de ressources. En plus de la vente d'électricité et d'énergie les résidus du processus de fermentation peuvent être utilisés comme engrais ou amendement dans l'agriculture. La fermentation des déchets organiques permet en plus une utilisation économique et contribue à la stabilisation des frais communaux de la gestion des déchets. La valeur ajoutée régionale, qui peut être attendu de cette approche, n'est pas seulement représenté par son valeur monétaire. Il est aussi à mentionner qu'au niveau écologique les réductions des émissions par une mise en dépôt évité des déchets organiques, la substitution des énergies fossiles ainsi que les aspects sociaux comme l'amélioration des conditions de vie de la population sont obtenues.

3.4 Approches d'économie circulaire dans le secteur d'énergie

La consommation énergétique croissante et la finitude des énergies fossiles causent une augmentation considérable des prix d'énergie. En plus, l'utilisation des énergies fossiles cause une accélération du changement climatique et réduit l'indépendance d'approvisionnement en énergie d'un grand nombre de pays.

Les approches d'économie circulaire dans le secteur d'énergie suivent les objectifs suivants :

- La réduction des émissions de gaz à effet de serre
- La réduction de l'utilisation des énergies fossiles
- La réduction de la dépendance des énergies fossiles
- La stabilisation des prix d'énergie

Les stratégies et mesures dans la production et l'approvisionnement durable d'énergie sont:

- Les mesures d'efficacité énergétique (optimisation des processus, isolation des bâtiments, cogénération, etc.) pour la réduction de la consommation énergétique
- L'application des énergies renouvelables
 - Photovoltaïque
 - Solaire thermie
 - Energie éolienne
 - Biomasse
- L'utilisation des combustibles dérivés des déchets de l'industrie, de l'agriculture ou des ménages pour la production énergétique

Dans le cadre de cette étude de potentiels de biomasse, l'utilisation de la biomasse pour la production énergétique sera traitée en particulier. L'utilisation des combustibles biogènes ou des cultures énergétiques pour la production énergétique est variée, car la biomasse peut être utilisée sous forme solide, liquide ou gazeuse pour la production d'électricité ou de chaleur. Outre la possibilité de transformer les résidus organiques de différents secteurs (agriculture, sylviculture, gestion des déchets, industrie, etc.) en ressource (énergétique), l'utilisation de la biomasse permet aussi une production énergétique « neutre en émissions de CO₂ » (électricité, chaleur, froid). La culture des « plantes énergétiques » peut causer des émissions de CO₂ plus élevées par un changement de l'occupation du sol et remettre en question le bilan climatique positif de l'utilisation de biomasse.

4 Biomasse

4.1 Formes de biomasse

La biomasse est définie en général comme étant la masse totale de matière organique dans un biotope. Elle se produit dans la nature à partir de la matière végétale vivante, ainsi que de résidus d'organismes vivants et morts. La biomasse végétale est formée par la photosynthèse, les cellules chlorophylliennes absorbent la lumière du soleil et convertissent le CO₂ pénétrant les ouvertures du stomate en composés du carbone riches en énergie. À travers l'assimilation photosynthétique du CO₂ la biomasse végétale stocke de l'énergie lumineuse sous forme d'énergie chimique.¹⁸

En tant que ressources renouvelables, la biomasse peut être utilisée à la fois matériellement et énergiquement. Les matières organiques déjà transformées, qui ne sont plus nécessaires lors d'un procédé, peuvent être encore utilisées généralement pour produire de la chaleur, l'électricité ou du carburant¹⁹. Toutefois, une valorisation de valeur supérieure est prioritaire²⁰.

Si ultérieurement la biomasse est valorisée énergétiquement, les hydrocarbures de haute densité énergétique sont convertis à nouveau en presque les mêmes quantités du dioxyde de carbone et eau qui étaient à l'origine nécessaires pour la construction de la biomasse. Puisqu'outre la logistique de mise à disposition aucune émission CO₂-supplémentaire ne se produit, l'utilisation énergétique de biomasse est approximativement CO₂-neutre et donc apporte une contribution importante à la protection climatique.

Si les résidus de la biomasse tels que les restes de récoltes se répandent à nouveau sur les terres agricoles ou d'autres zones présentant un déficit de nutriments, il est possible de fermer presque entièrement le cycle des éléments nutritifs naturels.

Dans ce sens, l'utilisation énergétique de la biomasse peut être considérée comme renouvelable et durable, puisque le cycle du carbone est soumis à un délai raisonnable. En termes de durabilité, cela signifie que seulement la quantité de la biomasse qui régénère à nouveau peut être utilisée énergétiquement dans la même période²¹, et que les émissions du changement d'occupation du sol sont omises.

La biomasse possède p. ex. des avantages par rapport à d'autres sources d'énergie renouvelables, comme l'énergie éolienne ou l'énergie hydraulique en terme de facilité

¹⁸ Lange, Nobel, 1982

¹⁹ Voir.: Bundesinitiative Bioenergie: Heimische Energiequellen in ländlichen Kommunen, 2003

²⁰ KrW-/AbfG, §4 I Nr.2

²¹ Lehmann, Preetz: Zukunftsenergien, 1995

d'utilisation, de stockage et de transportabilité ainsi que la contrôle (conditionnel) de l'approvisionnement en matériaux²². En outre, la biomasse peut généralement être convertie par différentes technologies en d'autres sources d'énergie finale utilisables par le consommateur comme la chaleur, l'électricité et le combustible²³.

Pour une systématisation nécessaire des types différents de biomasse, les éléments caractéristiques suivants doivent être analysés²⁴ :

- Selon la provenance
 - Agriculture
 - Sylviculture
 - Commerce
 - Industrie
 - Municipalité
 - Ménages, etc.
- Selon les produits primaires et secondaires
 - Les produits primaires: Ils sont produit par l'utilisation directe de l'énergie solaire (paille, cultures énergétiques, bois résiduel, etc.)
 - Les produits secondaires: Ils sont des produits de transformation des produits primaires (déchets d'organismes vivants et morts, lisier, fumier, boues d'épuration, déchets organiques, etc.)
- Après la classification comme résidu/déchets ou comme plante énergétique cultivée spécialement
 - Agriculture p. ex. résidus de céréales, paille résiduelle, le lisier, fumier, etc.
 - Foresterie p. ex. de reste du bois (bois de taille, branches, etc.)²⁵
 - Ménage p. ex. déchets organiques, déchets verts, les eaux usées, etc.
 - Commerce p. ex. résidus de bois, bagasse, résidus de filtrage, lactosérum, produits alimentaires abîmés, etc.
 - Communes p.ex. boues d'épuration, déchets verts, etc.

²² La biomasse est réduite a rivalisé avec des fluctuations temporelles de vent et de soleil seulement soumises (par exemple des cycles de moisson).

²³ CMA : Biomass, 1997

²⁴ Institut pour les futurs systèmes énergétiques (2001) a récapitulé les systèmes de classification existants. Voir également pour ce Kaltschmitt, Hartmann : Énergie de la biomasse, 2001, P. 57-122

²⁵ Dans le cadre de cette étude due au retrait nutritif et à l'apport élevé du coût seulement des forêt de bois jusqu'à un certain diamètre sont considérés.

- Plantes énergétiques
 - "Double usage" - Les plantes utilisées pour l'alimentation humaine et/ou comme une culture énergétique (betteraves sucrières, betteraves fourragères, pommes de terre, céréales, maïs, colza)
 - Plantes énergétiques (p. ex. cultures intensives sur courte rotation comme le peuplier, le pâture (C3-plantes) ou des plantes comme des miscanthus, roseau (C4-plantes)
- Selon la possibilité d'un usage directe ou indirecte
 - Directement : Combustion
 - Indirectement : Conversion en combustible solide, liquide ou gazeux
- Selon une conversion/transformation nécessaire et/ou possible procédés de raffinage/transformation pour la production des matières (énergétiques) secondaire²⁶.
 - Physico-chimique : Compression p. ex. pellets, briquettes ou extraction p. ex. de l'huile végétale, la presse, la transestérification
 - Thermo-chimique: Carbonisation (principalement l'utilisation matérielle: le charbon actif), la gazéification, la liquéfaction (p. ex: méthanol)
 - Biologie: la digestion - le biogaz, la fermentation de l'alcool, le traitement aérobie
- Selon la forme prioritaire d'approvisionnement énergétique (électricité, chaleur, combustible)
- Selon l'attribution juridique, p. ex.:
 - Conformément aux dispositions du règlement de la biomasse (biomasse admise et/ou non-admise conformément à l'annexe 1 du règlement de biomasse)
 - Conformément à la législation sur les déchets (attribution comme déchets à la valorisation ou comme déchets à l'élimination)
 - Conformément au droit d'approbation (p. ex. fixation de la procédure d'autorisation nécessaire dans la dépendance de l'attribution relative à la législation sur les déchets et/ou de la teneur de polluant)
- Selon la viabilité dans les unités centralisées ou décentralisées

²⁶ Réévaluation de la source de considération d'énergie ou de plusieurs des caractéristiques suivantes : Densité de puissance, manipulation, caractéristiques de mémoire et de transport, compatibilité environnementale, etc

- Selon la situation concurrentielle spécifique de valorisation de la matière
- Selon le principal teneur en polluants
- Selon l'état de l'art de la possibilité d'usage technologique respective.

4.2 Anwendungen

Pour l'identification des différentes matières de biomasse, il est important de traiter les caractéristiques essentielles de leur raffinage. L'Institut de gestion des flux de matériaux (IfaS) (2004) catégorise le potentiel de biomasse sur la base de la définition de la BiomasseV en Allemagne en différents groupes de secteurs et matières (voir Figure 3).

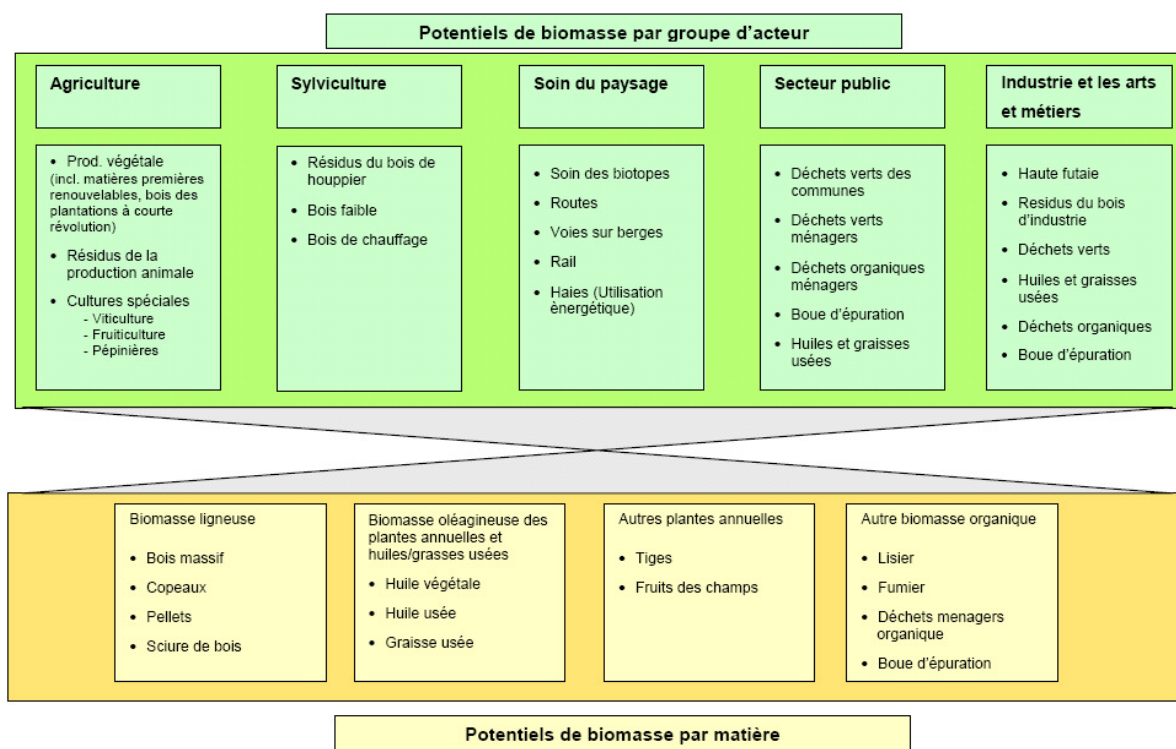


Figure 3: Classement des catégories de biomasse d'après les groupes d'acteur et de matière²⁷

Dans les analyses des potentiels techniques et son usage actuel, les potentiels qui ressortent de l'utilisation énergétique des résidus, des sous-produits et des déchets sont d'abord examinés. Une distinction est faite ici entre les sources de bioénergie solides et gazeuses. Dans la rubrique des sources d'énergies solide sont regroupés les restes des déchets industriels de bois, le bois et les résidus forestiers, y compris les déchets issus de l'agriculture, qui peuvent de préférence être utilisés dans le cadre des technologies de combustion pour le chauffage et/ou l'approvisionnement en électricité. De plus, les sources

²⁷ IfaS: Biomasse-Studie Rheinland-Pfalz, 2004, p. 12

de bioénergie gazeuse sont prises en compte, que l'on utilise principalement dans la production du biogaz.

La biomasse s'intègre dans un réseau complexe de classification, et de différentes possibilités de préparation et utilisation. Dans la Figure 4, ces corrélations sont représentées graphiquement et les différentes options techniques pour le traitement et la conversion de la biomasse sont énoncées.

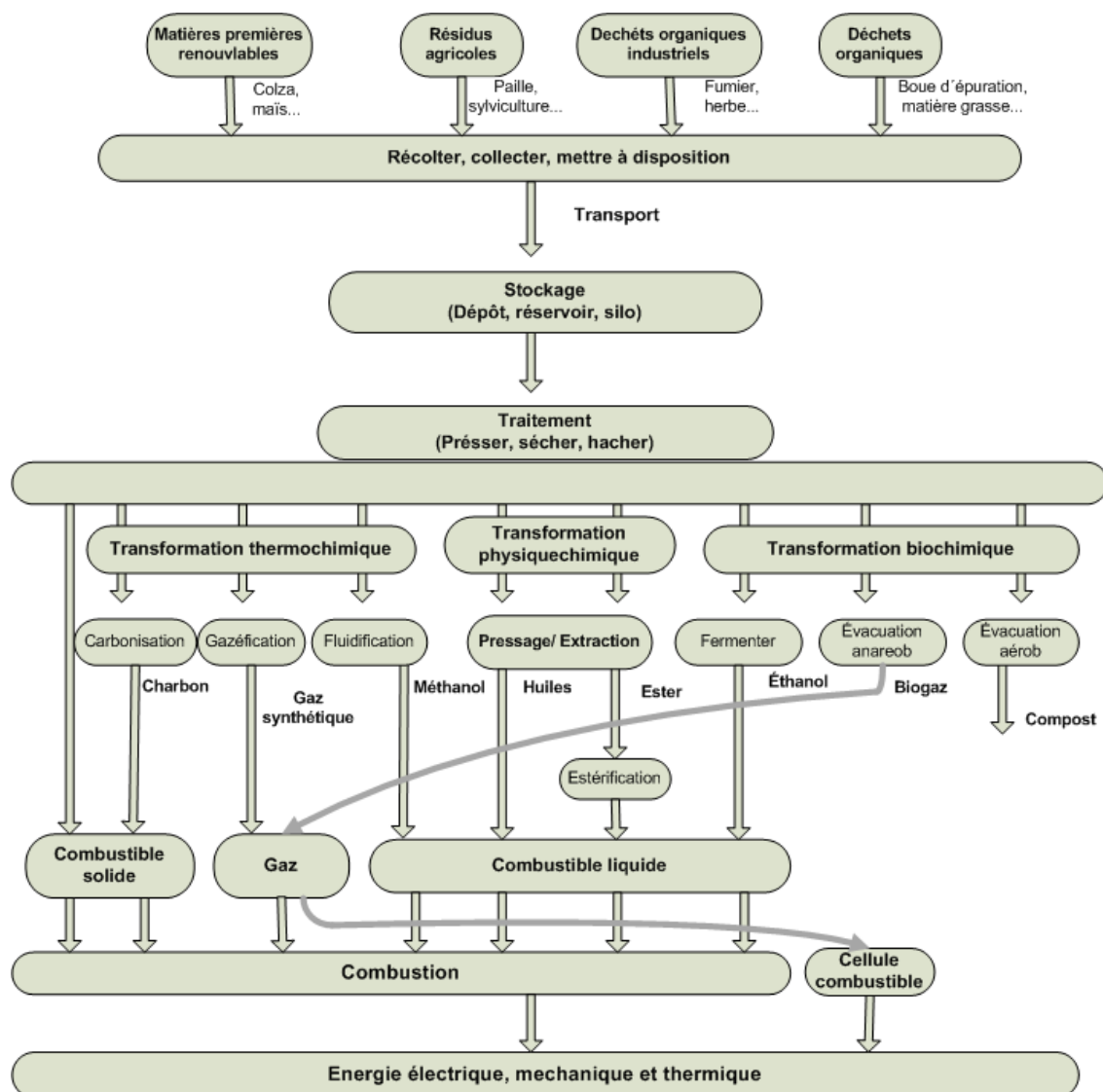


Figure 4: Possibilités de classement, utilisation et transformation de biomasse²⁸

L'utilisation énergétique des dits biocarburants (les combustibles liquides ou gazeux d'origine biogénique qui sont utilisés dans le transport comme moyens de propulsion, la production électrique ou aussi dans la production combinée de chaleur et d'électricité) n'a pas été prise en considération dans le cadre de cette étude. Grâce à l'accroissement des connaissances

²⁸ Kaltschmitt, Hartmann: Energie aus Biomasse, 2001, p.3

sur les bilans des gaz à effet de serre et les interactions dans le secteur de la production alimentaire et la protection de la nature, une discussion de plus en plus controversée sur les agro-carburants est conduite. On a renoncé à une étude détaillée des potentiels dans le domaine des cultures énergétiques, car l'objectif du présent travail se rapporte aux possibilités de production d'électricité et de chaleur alors que les biocarburants liquides sont utilisés principalement comme combustible dans le secteur du transport.

Ci-après, seulement les chaînes d'utilisation et de mise à disposition, qui s'appliquent déjà dans à grande échelle ou présentent en moyen terme un grand potentiel d'application, sont décrites. Il s'agit en particulier de l'utilisation de la biomasse solide (combustibles biogènes solides) et de l'utilisation du biogaz. La gazéification de la biomasse solide suivi d'une utilisation thermique garantie une meilleure efficacité thermique de conversion énergétique par rapport à l'utilisation thermique directe et assure une réduction des émissions toxiques dans le secteur d'approvisionnement en électricité. Toutefois, des installations de gazéification pour la production d'électricité n'existent actuellement que dans un stade expérimental.

Les sources de la bioénergie solides et gazeuses analysées peuvent contribuer à l'approvisionnement exclusif en chaleur, à l'approvisionnement exclusif en électricité ou à l'approvisionnement combiné en froid, chaleur et électricité. Avec les biocarburants solides, le chauffage des maisons avec les installations de capacité moyenne peut être réalisé. Toutefois, également l'application des installations de production d'énergie de grande capacité est habituelle; ainsi l'approvisionnement en froid ou chaleur des logements peut être réalisé avec une centrale thermique de biomasse ou une centrale à cycle combinée pour la production simultanée d'électricité et de chaleur. Au cas où il n'existe pas une demande de chaleur par des clients, une production exclusive d'électricité peut avoir lieu dans des centrales électriques de biomasse ou la co-combustion de la biomasse dans une centrale au charbon; ce dernier est certes techniquement bien possible, mais n'est pas pratiqué à cause des contraintes d'économies d'énergie actuelles.

En outre, la technique de conversion biochimique de la biomasse en biogaz est un état d'art. Le biogaz est généralement produit directement à proximité des sites de production des sources de bioénergie (par exemple, fumier, résidus de récolte, les eaux usées chargées en matière organique) et utilisé généralement dans des unités de cogénération (par exemple, les moteurs à gaz) pour produire de l'électricité et de chaleur. En général, pour des raisons économiques, le transport de la biomasse limite la production de biogaz, il s'agit ici généralement d'installations décentralisées avec une capacité relativement faible ($< 500 \text{ kW}_{el}$).

Toutes ces variantes font partie de l'état d'art technologique et sont déjà en applications. Si une utilisation sur le marché n'est pas actuellement possible pour des raisons économiques, au moins une faisabilité technique est prouvée²⁹.

5 Stratégies nationales

Le développement économique et la croissance démographique au Maroc polluent fortement les ressources naturelles du pays et conduisent à une détérioration constante des conditions environnementales.

La consommation d'énergie augmente rapidement, ce qui est couverte principalement par les sources d'énergies fossiles importés, ce qui conduit à coté de l'impact sur le changement climatique à l'intensification de la pénurie des ressources qui compromet la croissance à la hausse de l'économie marocaine. Pour réduire les pénuries d'approvisionnement et l'impact de la consommation d'énergie sur le changement climatique, le développement des énergies renouvelables devra être promu dans l'avenir, en particulier par l'adoption du projet de loi sur l'énergie renouvelable (voir section 5.1).

L'utilisation de la biomasse pour la production d'énergie montre quelques avantages importants par rapport à d'autres sources d'énergies renouvelables (soleils, vent). Ainsi, l'énergie issue de la biomasse est stockable et contrôlable selon les besoins, et se produit avec un rendement élevé. La combustion de la biomasse dégage précisément la quantité de dioxyde de carbone (CO_2) qui a été à l'origine liée à la croissance des plantes par la photosynthèse. La valorisation énergétique de la biomasse conduit à un cycle fermé de CO_2 et est alors une source d'énergie favorable pour l'environnement qui ne provoque pas de gaz à effet de serre supplémentaires.

En outre, le Maroc est concerné par la dégradation qualitative et quantitative des ressources en eau due à l'insuffisance de capacités de traitement des eaux usées et l'utilisation intensive des eaux souterraines pour l'irrigation dans l'agriculture, la salinité des sols, une gestion des déchets inadéquate et la désertification croissante. Pour surmonter ces problèmes, les autorités nationales ont mis en place en Juillet 2003 une stratégie nationale globale de l'environnement, suivie d'un plan national d'action pour l'environnement (Plan d'Action National pour l'Environnement - PANE). Dans ce plan d'action, les domaines d'action prioritaires sont spécifiés, à savoir la protection et la gestion durable des ressources en eau, des terres et des habitats naturels, la pollution de l'air, la promotion des énergies renouvelables et l'amélioration de la situation environnementale dans les villes.

D'autres plans nationaux ayant un impact sur ces secteurs sont représentés dans le tableau suivant:

Secteur	Plan d'action
Agriculture	Plan Maroc Vert
Epuration	Plan National d'Assainissement (PNA)
Gestion des déchets	Programme National de Gestion des Déchets Ménagers (PNDM)
Eau potable	Programme d'Approvisionnement Groupé en Eau potable des populations Rurales (PAGER)
Tourisme	Plan Azur
Energie solaire	Programme National de Développement des Energies Renouvelables et de l'Efficacité Energétique (PNDREE)

Tableau 1: Plans d'action nationale au Maroc

Pour les secteurs mentionnés ci-dessus, il existe des intersections et/ou synergies très forte. Ainsi, l'utilisation d'énergie solaire joue par exemple un rôle dans l'électrification rurale (PV) et peut aussi avoir une considération plus forte dans le secteur de tourisme à l'avenir (p. ex centrales solaires thermiques). Le potentiel de biomasse (p. ex. résidus) dans les secteurs de l'agriculture et de gestion des déchets peut jouer encore un rôle important dans la production des énergies renouvelables (p. ex. du biogaz).

Les principaux objectifs des programmes dans les domaines de l'eau et des déchets sont résumés ci-dessous:

- Plan Nationale d'Assainissement (PNA) ³⁰:
 - 80% de la population urbaine sera raccordée au réseau d'assainissement liquide à l'horizon 2020 et 90% à l'horizon 2030
 - Réduction de la pollution de l'eau par 60% à l'horizon 2010 et par 80% à l'horizon 2020
 - Amélioration des conditions de traitement des eaux résiduaires
- Programme Nationale de Gestion des Déchets Ménagers (PNDM) ³¹:
 - Les municipalités ont la possibilité de céder la gestion des déchets aux entreprises privées

³⁰ Ministère de l'Aménagement du Territoire, de l'Eau et de l'Environnement : Bulletin d'information, 2006

³¹ Plan Bleu – Centre d'Activités Régionales : Efficacité Energétique et Energie Renouvelable Maroc, 2007

- Mise en œuvre de plans nationaux et régionaux visant la collecte et la valorisation des déchets
- Réglementation pour un tri sélectif des déchets ménagers et industriels
- Réglementation pour l'élimination des déchets dangereux
- Programme pour le traitement des déchets solides
- Réduire les impacts négatifs de la gestion inadéquate des déchets sur la santé et l'environnement

5.1 Energies renouvelables

Le développement économique du Maroc associés à l'augmentation constante du niveau de vie de la population conduit à une forte augmentation de la demande énergétique: la consommation énergétique primaire augmente annuellement de 5%. Le pays consomme énormément d'énergie fossile, dont plus que 96% doit être importée³². Cela entraîne une forte indépendance du pays. Par conséquent, le gouvernement marocain vise dans les années à venir la réorientation de sa politique énergétique vers une diversification des sources de production d'électricité intégrant l'utilisation accrue des énergies renouvelables.

Les programmes suivants ont été mis en œuvre ces dernières années au Maroc dans les domaines des énergies renouvelables, l'efficacité énergétique et l'électrification rurale.

Cependant les valeurs quantitatives données ci-dessous ne représentent que des objectifs.

- Programme PROMASOL:
 - Promotion des systèmes solaires thermiques pour le chauffage de l'eau sanitaire
 - Objectif: La surface totale installée dans la période du projet (2000-2008) est de 100.000 m²
 - Surface installé en 2008: 140.000 m²
- Plan Bleu ³³:
 - Promotion des énergies renouvelables et efficacité énergétique
 - Application des lois visant la libéralisation du marché de production d'électricité

³² Cp. Benkadhra, A.: Stratégie énergétique Maroc, 2009

³³ Plan Bleu – Centre d'Activités Régionales : Efficacité Énergétique et Energie Renouvelable Maroc, 2007

- Programme PERG:
 - Augmentation du taux d'alimentation en électricité dans les ménages ruraux
 - Objectif : Équipement de 150.000 ménages ruraux avec des installations de photovoltaïque ainsi que de l'infrastructure nécessaire.

Dans le cadre de l'élaboration de la nouvelle stratégie énergétique, le CDER (Centre de Développement de l'Energies Renouvelables - CDER) avec le soutien de la GTZ a élaboré des objectifs du développement des énergies renouvelables à l'horizon 2020. Le centre visant le développement des énergies renouvelables au Maroc est responsable de l'application et la réalisation des études et des projets dans le domaine des énergies renouvelables et d'efficacité énergétique. Le tableau suivant montre ces objectifs pour les années 2012 et 2020.

Objectifs pour l'engagement des énergies renouvelables au Maroc		
	Objectif 2012	Objectif 2020
Energie éolienne	1.060 MW	3.260 bis 8.700 MW
Photovoltaïque	80 MW	2000 MW
Biomasse	300 MW	1.400 MW
Thermie solaire	394.000 m ²	1.700.000 m ²
Centre solaire	180 MW	800 MW

Tableau 2: Objectifs de l'application des énergies renouvelables à l'horizon 2012/2020 au Maroc³⁴

Les énergies renouvelables couvrent actuellement qu'environ 2% de la consommation d'énergie primaire. La production d'électricité à partir d'énergies renouvelables est due presque entièrement à l'expansion continue de l'hydroélectricité. Avec près de 286 MW (2009) de capacité installée d'énergie éolienne, celle-ci occupe la deuxième place dans la production des énergies renouvelables au Maroc, mais contribue seulement à 1,1% à la production énergétique nationale.

Le projet de loi pour la promotion des énergies renouvelables promu toutefois l'utilisation des énergies renouvelables.

³⁴ Institut de l'énergie et de l'environnement de la Francophonie : Liaison Energie, 2008, p. 85

Loi sur les énergies renouvelables³⁵

Le Maroc est le premier pays arabe qui a prévue une loi visant la promotion les énergies renouvelables. La réglementation devrait entrer en vigueur au début de 2010. La loi vise à accroître la part des énergies renouvelables dans la consommation énergétique d'ici 2012 de 2 à 10 % et à augmenter la part des sources renouvelables dans la production d'électricité à 18 %. Grâce au potentiel excellent du vent dans les régions côtières et l'irradiation solaire élevé, le Maroc se base principalement sur les énergies éolienne et solaire.

La loi vise principalement l'amélioration des conditions dans le secteur privé œuvrant dans le domaine des énergies renouvelables, afin de diversifier la production d'électricité mixte. Entre autres les règlements suivants ont été élaborés:

- Procédures d'autorisation: La loi fixe les conditions précises pour l'octroi des approbations et les exigences de notification des centrales dans le domaine de l'énergie éolienne, solaire et la biomasse. Une approbation est nécessaire, pour toutes les installations de capacité électrique de plus de 2 MW, tandis que pour les installations de capacité inférieure à 2 MW une déclaration simple est suffisante.
- Exportation: Une nouvelle innovation est la possibilité de pouvoir exporter à l'étranger l'électricité issue des énergies renouvelables par les producteurs au moment où les besoins nationaux sont couverts.
- Transport: La loi permet aux producteurs d'électricité à partir des énergies renouvelables, de construire les lignes électriques, si l'ONE n'est pas techniquement en mesure de le faire (cela vaut pour la production intérieure aussi bien que pour l'exportation).

5.2 Agriculture

La hausse des prix des produits agricoles dans les dernières années en raison de la demande accrue des pays émergents comme la Chine et l'Inde, la croissance de la population mondiale et de la demande pour les biocarburants exige non seulement une agriculture forte mais aussi une politique agricole appropriée. Pour cette raison, le Maroc a mis en place le programme « Plan Maroc Vert » visant la promotion de l'agriculture.

³⁵ La Vie Eco : Energie Renouvelable - Ce que contient le projet de loi, 2009

Le "Plan Maroc Vert" repose sur deux piliers. D'une part l'amélioration des techniques agricoles qui contribuent à être compétitive dans la concurrence mondiale et d'autre part lutter contre la pauvreté en augmentant le revenu des agriculteurs.

Dans l'ensemble, le Plan Vert poursuit les objectifs suivants:

- La promotion de l'agriculture marocaine au niveau national et international
- La promotion de l'investissement dans le secteur agricole de 150 milliards de dirhams
- La contribution de l'agriculture au PIB à 100 milliards de dirhams
- La protection des ressources naturelles
- Le développement d'une agriculture moderne et intensive
- Mise en œuvre des « Plans Agricoles Régionaux » (PAR) visant le développement de stratégies individuelles et la mise en œuvre de l'ensemble des actions au niveau régional
- La modernisation des petites exploitations agricoles
- La promotion de systèmes d'irrigation efficaces.

Dans la région de Souss-Massa-Drâa le Plan Vert prévoit, notamment, l'accroissement du rendement de la production agricole : tandis que la superficie des terres agricoles n'augmentera que légèrement, le revenu sera augmenté jusqu'à 87%.

Actuellement, 52% des surfaces agricoles pour la culture des céréales sont utilisées, bien que la production de céréales ne présente que 42% des ventes et ne contribue qu'à 37% à la valeur ajoutée du secteur. Seulement de faibles surfaces pour la culture des légumes et des agrumes (périmètre irrigué) sont utilisées (4,7% et 6% de la surface agricole) qui livrent toutefois une valeur ajoutée régionale élevée (98.000 DH/ha et 32.000 DH/ha). Le Plan Vert dans la région de Souss-Massa-Drâa prévoit en particulier l'amélioration des techniques de cultures de maraîchage en plein champ et dans les serres aussi bien que les agrumes. En outre, la culture des olives, des amandes, des dattes, des figues de cactus, du safran, des pommes, du caroubier, d'argan et des roses doit être améliorée. L'investissement total pour le secteur de production végétale dans le cadre du Plan Vert s'élève à environ 5 milliards de DH.

L'élevage de bétail doit être encouragé avec 1,35 milliard de DH. Par exemple la construction d'une nouvelle usine laitière et la production du fromage de chèvre, la construction des abattoirs ainsi que des améliorations dans le secteur de l'élevage sont projetées

L'accompagnement des projets doivent viser la modernisation des systèmes d'irrigation et le dessalement d'eau de mer, ainsi que la formation de 480 ingénieurs et techniciens dans le domaine de l'horticulture.

Le tableau suivant montre la production et la superficie agricole actuelle et le développement projeté à l'horizon 2020 dans les secteurs de production végétale et élevage de bétail.

		Situation actuelle		Projections 2020	
		Superficie [ha]	Production [1000 t]	Superficie [ha]	Production [1000 t]
Production végétale	Maraîchage	25.500	1.460	25.500	2.140
	Argumes	33.000	630	34.000	864
	Olivier	27.000	23	31.700	43
	Amandier	36.600	6	37.700	8
	Cactus	48.000	390	50.800	603
	Produits de terroir	47.200	67	48.000	80
		Effectif [1000 têtes]	Production [1000 t]	Effectif [1000 têtes]	Production [1000 t]
Production animale	Lait	118	246	130	361
	<i>dont race pure</i>	37		50	
	Viandes rouges	2.100	17	2.218	28
	Viandes blanches		30		40
	Apiculture				1

Tableau 3: Aperçu du développement agricole à Souss-Massa-Drâa à l'horizon 2020³⁶

³⁶ La Vie Eco : La révolution agricole commence, 2009

6 La zone d'étude

6.1 Géographie

La région de Souss-Massa-Drâa s'étend de l'ouest vers l'est dans la partie sud du Maroc. A l'ouest elle est bordée par l'océan Atlantique, et par le désert algérien à l'est (Figure 5). Les frontières nord de la région sont bordées par la chaîne montagneuse de l'Atlas, les montagnes de l'Anti-Atlas traversent le centre de la région, avec des hauteurs atteignant jusqu'à 4.000 m. La montagne d'Atlas se trouve dans la partie nord de la région avec le prolongement du haut Atlas occidental et le haut Atlas oriental, qui forment la vallée de Souss-Massa et la vallée de Dadès-Drâa. Dans la région, les régions administratives limitrophes sont les régions de Marrakech Tensift-Al Haouz et la région de Guelmin-Smara au sud.

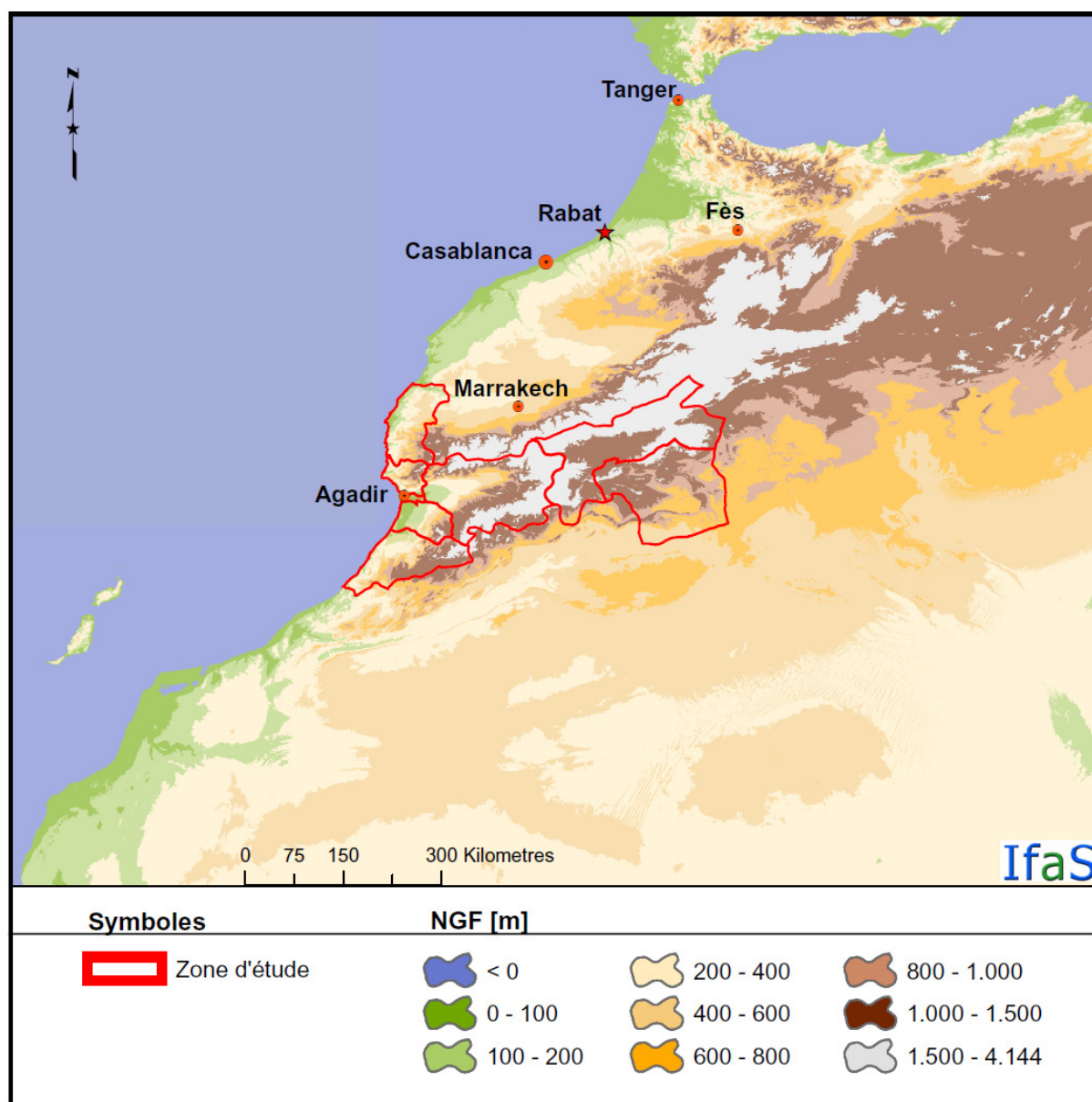


Figure 5: Emplacement de la région Souss-Massa-Drâa & la province d'Essaouira (zone d'étude) ³⁷

Le cadre géographique de l'étude de biomasse se limite à la région de Souss-Massa-Drâa et la province d'Essaouira (voir Figure 5). D'une superficie totale de 78.841 km² (Souss-Massa-Drâa: 72.506 km², Essaouira: 6335 km²), la région présente environ 11% de la superficie totale du Maroc.

Le nombre d'habitants total d'environ 3,25 de millions (Souss-Massa-Drâa: 3,2 millions d'habitants, Essaouira: 433.683 habitants) constitue un dixième de la population nationale (Tableau 4). Par sa situation centrale, la région est une place du passage et joue par conséquent un rôle stratégique dans les secteurs économie et socioculturel. La capitale de la

³⁷ Réalisé par IfaS

région Souss-Massa-Drâa est Agadir. Le Tableau 4 donne un aperçu de la superficie et la répartition démographique dans le cadre géographique de l'étude.

Préfecture/province	Superficie (km ²)	Population (2008)		Communes	
		Nbr. Habitants	Densité de population	urbaine	rurale
Agadir Ida Outanane	2.279	550.361	241 hab/km ²	1	12
Chtouka-Aït-Baha	3.523	330.883	94 hab/km ²	2	20
Essaouira	6.335	462.157	73 hab/km ²	5	52
Inezgane-Aït-Melloul	293	492.523	1.681 hab/km ²	3	3
Ouarzazate	19.464	529.476	27 hab/km ²	5	32
Taroudannt	16.500	823.695	50 hab/km ²	7	82
Tiznit	8.214	345.407	42 hab/km ²	4	40
Zagora	22.215	296.037	13 hab/km ²	2	23

Tableau 4: Données générales de la zone d'étude³⁸

La Figure 6 montre la répartition géographique des provinces administratives de la région aussi bien que les limites et les capitales des préfectures et provinces

³⁸ Cp. Région Souss-Massa-Drâa : Régions, 2006 ; Nombre d'habitants du Ministère de l'Intérieur Région Souss-Massa-Drâa : Région Souss-Massa-Drâa, 2004. Projection 2008 par IfaS.

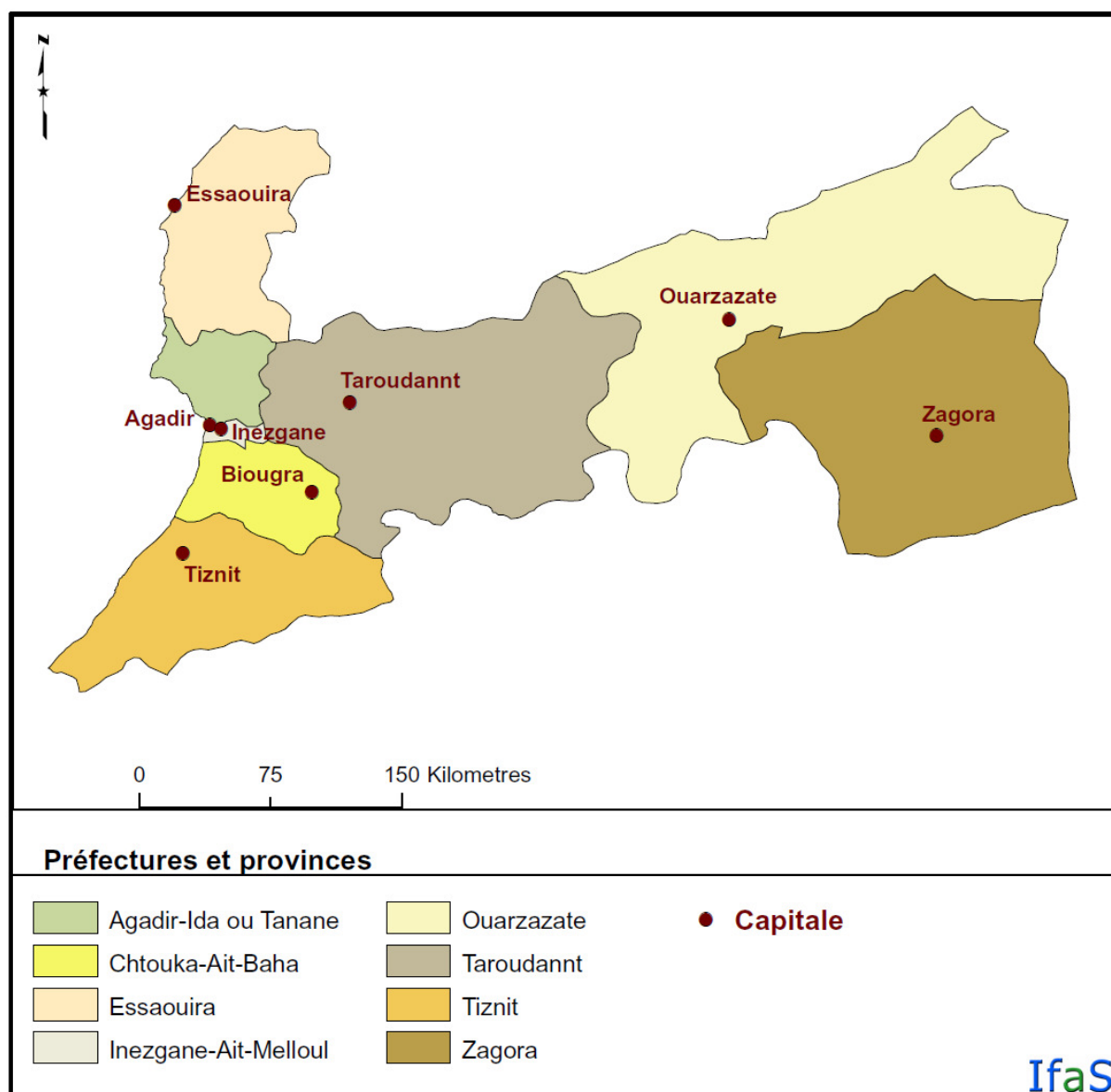


Figure 6: Découpage administrative de la zone d'étude³⁹

6.2 Climat

La région de Souss-Massa-Drâa se caractérise par un climat semi-aride et aride. On trouve deux principales caractéristiques géographiques qui causent l'hétérogénéité spatiale de la distribution de température et de précipitation: l'océan Atlantique et les montagnes de l'Atlas. A cause de la répartition des températures mensuelles moyennes et des précipitations enregistrées, la région jouit d'un climat océanique tempéré, d'influence dans la région nord-orientale et un climat continental de faibles précipitations au sud-ouest de la région.

³⁹ Réalisé par IfaS

Dans les zones côtières, les températures moyennes mensuelles varient entre 14°C en Janvier et 22°C en Juillet (Agadir), alors que dans les régions montagneuses les températures moyennes mensuelles varient entre 9°C et 30°C (ville d'Ouarzazate)⁴⁰. Les principaux facteurs dans ce cas sont la latitude, l'altitude par rapport au niveau de la mer et la distance de la côte.

Le climat subtropical de la région se caractérise par un hiver pluvieux, frais et humide et des étés chauds et secs. Il est également marqué par des fluctuations importantes de la pluviométrie annuelle. Les chaînes de montagnes de l'Atlas et Anti Atlas agissent comme des barrières pour protéger les zones côtières contre les vents du désert chaud et sec du Sahara et de séparer en même temps le flux d'air maritime humide de l'intérieur de la région. Dans les zones côtières la formation du brouillard produit de l'humidité allant jusqu'à 200 mm par an. Les précipitations moyennes au nord-ouest de la région se situent entre 280 mm (vallée du Souss) et 390 mm (bassin de Tamraght), les sommets des montagnes atteignent jusqu'à 700 mm de précipitation (Djebel M'Goun 4071 m). Au Sud et à l'ouest de la région les précipitations sont moins de <150 mm par an (par exemple 50 mm, le lac Iriki)⁴¹. Une grande partie des précipitations tombent dans 20-30 jours entre le mois d'Octobre et Mars. La durée d'ensoleillement dans la vallée du Souss est estimée à 3000 heures par an.

La région est relativement venteuse. En été et en automne, un vent chaud souffle fréquemment vers l'Est (Chergui) avec une vitesse moyenne de 3 km/h dans la plaine et 5 km/h dans les hauts plateaux de montagne.

En raison des températures élevées et des vitesses de vent un taux d'évaporation considérables est atteint. Le taux d'évaporation annuel varie en moyenne entre 1.400 mm dans la région montagneuse et/ou 2.000 mm dans les plaines du Souss, du Massa et dans la région de Tiznit.⁴²

6.3 Ressources

6.3.1 Eau

La pluviométrie dans les zones arides et semi-arides de la zone d'étude est généralement soumise à des fortes fluctuations intra- et interannuelles. La succession de plusieurs années de sécheresse avec les précipitations peu fréquente entraîne de hauts risques dans l'agriculture bour et l'insuffisance de remplissage des sources d'eau. Ceci concerne

⁴⁰ FAO: Aquastat, 2009

⁴¹ Schulz, Judex: Impetus Atlas – Morocco, 2007

⁴² ABHSM: Climat, Evaporation

principalement le secteur d'agriculture, qui représente le plus grand consommateur avec une consommation nationale de l'eau de 87%, et est alors très affecté par la forte variabilité des précipitations. Les cultures intensives répandues à l'ouest central de la région telles que les agrumes et les maraichages en plein champ ou sous serre nécessitent une irrigation suffisante. En raison de la forte évaporation et les systèmes d'irrigation inefficaces dans l'agriculture, et les canalisations d'eau endommagées, des pertes d'eau élevées apparaissent souvent et conduisent à une pénurie supplémentaire des ressources d'eau.

Des ménages contribuent seulement avec 10% à la consommation d'eau. Selon le ministère de l'environnement ou bien la Direction Générale de l'Hydraulique au Maroc, avec une consommation d'eau de 411 m³/a et une croissance démographique de 1,4% à l'horizon 2020 le Maroc fera partie des zones concernés par un manque considérable d'eau. En moyenne nationale, encore environ 600 m³ d'eau par habitants et par an sont disponibles actuellement avec une tendance baissière.⁴³ Le secteur industriel ne présente que 3% de la consommation totale d'eau au niveau national.

Les ressources d'eau dans la région Souss-Massa-Drâa peuvent être divisées en stocks souterrain et superficiel.

L'eau surfacique

Dans le domaine de l'eau de surface, les ressources en eau sont extrêmement limitées, elles sont distribuées à la fois temporellement et spatialement de façon irrégulière. Les débits des Oueds sont soumis à de fortes fluctuations annuelles. Les rivières pérennes se trouvent généralement dans les niveaux les plus élevées dans la montagne et peuvent être affectés par les inondations en cas des précipitations fortes. Dans la zone de plaines de nombreux fleuves coulent que durant les mois d'hiver, et sont secs en été (cours périodique). Certaines rivières ne sont aquifères que pendant des tempêtes extrêmes (cours épisodiques).

Les principaux bassins versant de la région sont: le bassin du Souss, le bassin de Massa, le bassin de Tensift, le bassin de Noun, le bassin du Drâa, le bassin de Dadès et le bassin de Ziz (voir Figure 7).

⁴³ Cp. Ministère de l'énergie, des mines, de l'eau et de l'environnement : Etat de l'Environnement - Eau

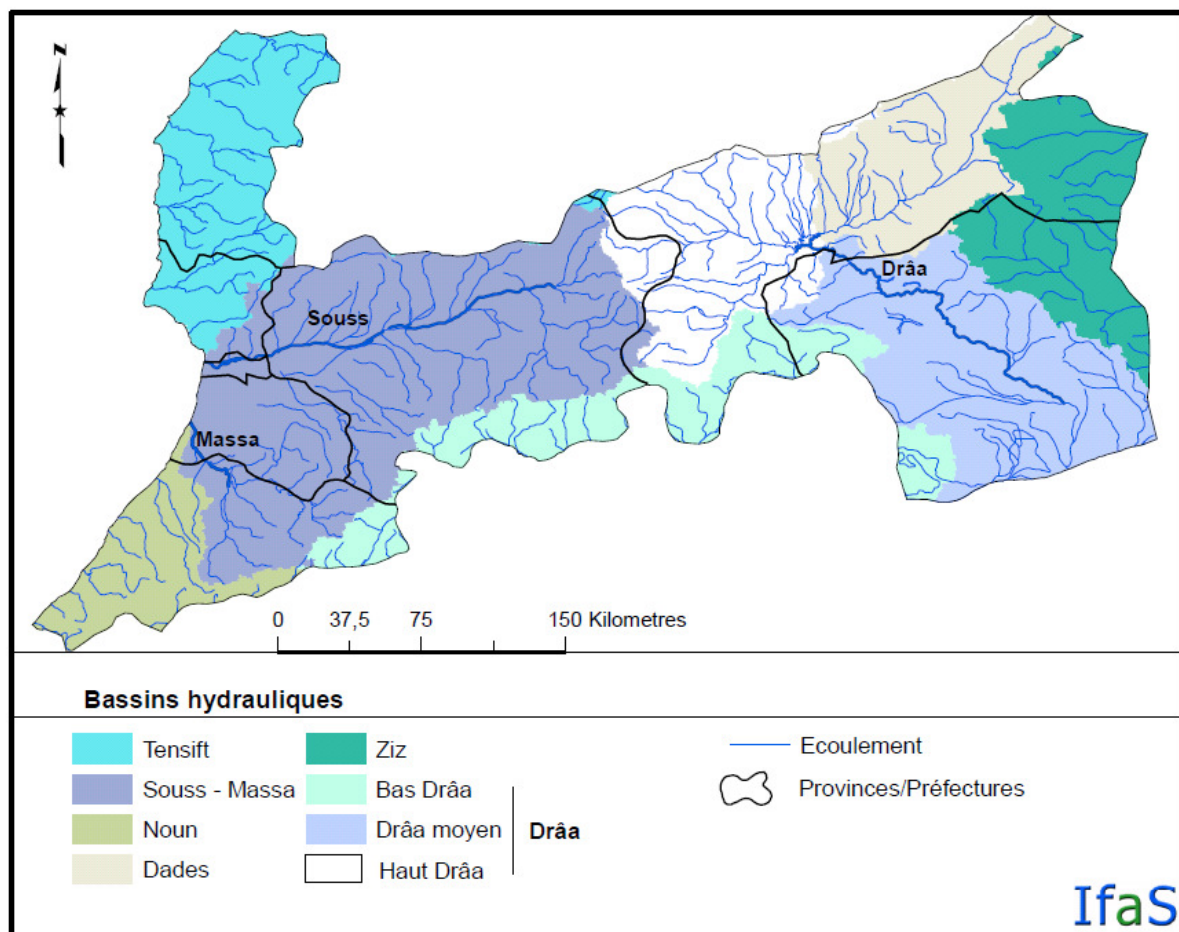


Figure 7: Bassins hydrauliques de la zone d'étude⁴⁴

L'approvisionnement en eau dans la région est possible, même pendant les saisons sèches, par l'établissement des grands réservoirs. Des précipitations plus abondantes dans les régions montagneuses et un faible taux d'évaporation conduisent à une gestion plus équilibrée des eaux de surface à des altitudes élevées. Dans les plaines sèches, l'approvisionnement en eau de la population est régulé par des vannes d'ouvertures contrôlées dans les grands barrages (lâchés). Dans le bassin du Drâa, qui fait partie des dix bassins versants arides au monde, le domaine de la production agricole dépend de manière prépondérante de l'irrigation. Celui-ci se trouve sur trois niveaux géographiques: la chaîne montagneuse du Haut-Atlas, le bassin d'Ouarzazate au-dessus du barrage Mansour l'Eddahbi et les vieux palmeraies de dattes au dessous du réservoir. Les seuls fleuves éternels de la région, le M'Goun et le Dades, sont alimentés par les sources karstiques dans le Haut-Atlas. Le barrage Mansour-Eddahbi avec le régime d'eau a été remplacé avec l'établissement d'un système contrôlé manuellement avec des vannes d'ouvertures contrôlées.

⁴⁴ Quelle: Réalisé par IfaS. Anmerkung: Keine Unterscheidung in episodischen, periodischen oder perennierenden Flussverlauf.

Les principaux bassins hydrologiques et leurs approvisionnements annuels moyens sont récapitulés dans le Tableau 5.

Bassin		Apport moyen (Mm ³ a-1)
Drâa	<i>Haut</i>	622
	<i>Bas</i>	415
Souss		422
Massa		138
Tamraght		25
Tamri		50
Adoudou-Tiznit		10,6
Sidi-Ifni		6,15
Total		1.689

Tableau 5: Répartition hydraulique de la zone d'étude, les bassins hydrauliques et leurs apports moyens⁴⁵

Réserves d'eaux souterraines

Les nappes phréatiques de la région sont des bassins spécifiques à l'égard de leur épaisseur, profondeur par rapport à l'eau souterraine, qualité de l'eau et disponibilité (voir Tableau 6). L'eau souterraine la plus importante est le bassin de Souss qui s'étend sur 4.150 km². Avec l'utilisation croissante des eaux souterraines dans l'irrigation et les reflux manquants (l'évaporation réduit l'infiltration), le niveau des nappes phréatiques baisse dramatiquement de jusqu'à 5 m par an. L'abaissement de l'eau entraîne aussi l'intrusion d'eau salée ainsi qu'une augmentation de la salinité des eaux souterraines dans les zones côtières.

⁴⁵ ABHSM : Les eaux de surface

Bassin	Affluent	Déficite	Caractérisation
Plaine du Souss	414 Mm ³	260 Mm ³	4.150 km ² Limits: Atlas (Nord), Anti-Atlas (Sud), océan Atlantique (Ouest) Sédiments (Eocène au quaternaire). Réservoir phréatique le plus important du pays. Rôle primordial dans le développement économique et social de la région du Souss.
Plaine de Chtouka	40 Mm ³	Faible	1.250 km ² Limits: Oued Massa (Sud), route d'Agadir-Biougra (Nord), Anti-Atlas (Est), océan Atlantique (Ouest). Grés dunaires à faciès sableux, Calcaires du quaternaire. Zone Nord: Baisse importante du niveau d'eau à cause de l'exploitation agricole et la succession des années de sécheresse.
Plaine de Tiznit	13,7 Mm ³	Faible	Sédiments quaternaire, nappe non-généralisée. Les niveaux d'eau par rapport au sol sont relativement stable.
Sidi-Ifni	-	Faible	Moindre importance économique. Faible ressource, moindre qualité à cause de sa lithologie (formation de socle). Salinité.
Atlas/Anti-Atlas	-	-	Besoins en eau potable, d'irrigation de petites superficies et l'abreuvement du cheptel se fait par de petites nappes alluviales ou perchées localisées et limitées. Les sources inventoriées dans cette zone sont de très faible débit et sont vulnérables à la sécheresse.

Tableau 6: Caractéristiques des bassins hydrauliques de la zone d'étude⁴⁶

Problématique dans le secteur de l'eau

Principaux problèmes rencontrés dans le secteur de l'eau sont due à la forte variabilité climatique ce qui en résulte des niveaux d'eau des rivières irrégulier. Le manque des précipitations et de l'approvisionnement à partir des montagnes de l'Atlas au cours des dernières années, a conduit à un remplissage incomplet des barrages (par exemple, Mansour Eddahbi dans le bassin Drâa), réduisant le nombre des vannes d'ouvertures contrôlées (lâchés) et induisant un manque d'eau dans les réservoirs et oasis raccordées en série. En raison de la disponibilité réduite de l'eau de surface, les eaux souterraines sont de plus en plus utilisées dans l'irrigation, même si l'utilisation des eaux souterraines est coûteuse. D'autres problèmes découlent de la perte de capacité des barrages (par sédimentation), la baisse du niveau des eaux souterraines et l'augmentation de la salinité dans les zones irriguée. Un facteur clé pour la pénurie d'eau est le taux d'évaporation élevé, puisque le taux évaporation de l'eau des surfaces ouvertes atteint jusqu'à 80%.

Grâce à l'utilisation de l'eau saline dans l'irrigation, l'irrigation inadéquate des terres ou l'absence de drainage augmente la salinité des terres dans la zone racinaire. Dans ce cas des pertes de revenus considérables sont dues à l'augmentation du stress hydrique des plantes et des effets écotoxique des sels. Dans la région de Drâa les terres agricoles sont de plus en plus abandonnées et les conditions de subsistance de l'agriculture n'existent plus,

⁴⁶ ABHSM : Ressources en eau – Les eaux souterraines

comme par exemple le fait que les palmeraies languissent induite par la salinité dans les zones situées au sud de Zagora.

La politique actuelle de l'environnement réagit à la pénurie croissante en eau due à une croissance démographique et l'amélioration du niveau de vie, à la détérioration de la qualité de l'eau ou également au changement de climat par l'orientation de la politique vers le domaine de préservation des eaux et du sol. Au niveau national, le Secrétariat d'Etat chargé de l'Eau et de l'Environnement (SEEE) fondés en 2002 est responsable de la préservation de l'eau et la protection de l'environnement. Il élabore des programmes pour la mobilisation, la distribution et la préservation des ressources en eau et est chargé du suivi de la mise en œuvre du plan d'eau national (Plan National de l'Eau, PNE), qui vise par exemple la promotion des techniques d'irrigation modernes pour économiser la consommation de l'eau et pour le développement d'une législation pour la gestion des eaux souterraines. Avec l'adoption du programme national d'assainissement (Programme National d'Assainissement, PNA), les investissements futurs et la réglementation pour le traitement et la réutilisation des eaux usées, qui restent en grande partie actuellement inutilisés, ont été déterminés.

Au niveau régional, le Maroc est divisé en neuf bassins versants, chacun est assigné à une agence de bassin hydraulique régionale (Agence de Bassin Hydraulique, ABH). Les ABH responsable pour la région de Souss-Massa-Drâa et la province d'Essaouira sont respectivement l'ABH Souss-Massa-Drâa et ABH Tensift. Les tâches des ABH autonome est d'assurer une utilisation intégrée et durable de l'eau. Le plan lancé par L'ABH est appelé (Plan Directeur d'Aménagement Intégré des Ressources en Eau, PDAIR) et traite la relation entre les besoins en eau et l'approvisionnement en eau concernant les conditions générales, les lieux et l'usage de la ressource eau. Le PDAIR pour chaque bassin hydraulique est intégré dans le PNE. En particulier, dans la région du Drâa, la réglementation des prélèvements d'eau par pompage et les vannes d'ouverture contrôlée (lâchés) sont des points importants dans la discussion actuelle.

6.3.2 Sol

La formation de sol est généralement influencée par cinq facteurs: la roche mère, le climat, la topographie, la Biota et le temps. L'interaction de ces facteurs conduit à la formation des sols sur des sites spécifiques avec des potentiels et des limites. La région de Souss-Massa-Drâa peut être dérivée du point de vue agro-écologique en deux principales formes de relief et leurs types de sol correspondant. D'un côté, les régions montagneuses dans lesquelles l'érosion joue un rôle clé à cause de l'énergie du relief élevé durant le développement des sols. La surface de sol et sa substance organique sont érodées par des précipitations rares

et parfois fortes. Le matériel arrive comme colluvions dans les vallées, ou est transportée par les fleuves. La haute teneur en sédiments dans l'eau conduit à une réduction de la capacité de stockage dans les barrages. Les régions sur la pente des montagnes sont fréquemment caractérisées par les sols peu profonds et pierreux avec une faible teneur d'humus dont le potentiel agricole est faible et le risque d'érosion est élevé (leptosols, regosols). L'utilisation potentielle des terres plus marginales se situe essentiellement dans les zones de pâturages ou forestières.

Les vallées, les plaines côtières ou à côté des rivières se caractérisent souvent par un sol profond et riche en nutriments qui se sont développées sur les colluvions et les alluvions. Par exemple la vallée du Souss est dominée par des sols riches en humus (par exemple Kastanozems) de la roche mère calcaire avec la disponibilité d'une réserve importante de nutriments. La région fait partie des zones agricoles du pays, dans laquelle des productions intensives sont produites, en particulier les légumes primeurs, les agrumes et les céréales.

Une part croissante des terres agricoles est caractérisée par la dégradation croissante des sols (salinisation, désertification, érosion) et par une productivité décroissante. En raison de la pénurie d'eau et des mauvaises pratiques d'irrigation une grande partie des terres arables deviennent inutiles pour la production végétale à cause de la salinité élevée du sol. À la suite de l'augmentation de forage des puits et le pompage, le niveau de la nappe d'eau souterraine diminue particulièrement dans les zones de production agricole intensive (p. ex. la vallée du Souss). Le gouvernement marocain prévoit désormais la subvention des actions visant l'économie d'eau comme par exemple l'irrigation par goutte à goutte.

6.4 Economie

Les principales industries de la région de Souss-Massa-Drâa sont le tourisme et l'agriculture. Toutefois, les préfectures et les provinces de la zone d'étude montrent par la distribution hétérogène des ressources des différentes priorités économiques. Dans les régions où il y a accès à la mer, par exemple, la pêche et le traitement des ressources halieutiques est une source importante de revenus. Ceci s'applique également dans le domaine du tourisme. Environ 85% des unités industrielles sont concentrées dans les préfectures d'Agadir-Ida Outanane et d'Inezgane-Aït Melloul. Dans l'intérieur de la région, en particulier l'agriculture et l'élevage jouent un rôle important, d'autres activités importantes sont entre autres la production d'huile d'olive et d'argan, la distillation des roses, et la production de produits laitiers. Le tableau suivant donne un aperçu général des activités économiques des différentes provinces.

Préfecture/ province	Superficie (km ²)	Population (2008)		Accent économique
Agadir Ida Outanane	2.279	550.361	241 hab/km ²	Aéroport international, 1er port de pêche du Maroc, Industrie de pêche, Parc naturel Souss-Massa, Tourisme
Chtouka-Aït-Baha	3.523	330.883	94 hab/km ²	Première bourse des primeurs du Maroc, 90.000 ha surface forestière, dont 84.000 ha Argan (420.000 l de l'huile d'Argan par ans)
Essaouira	6.335	462.157	73 hab/km ²	Tourisme
Inezgane-Aït-Melloul	293	492.523	1.681 hab/km ²	Agriculture, Logistique, Service
Ouarzazate	19.464	529.476	27 hab/km ²	Tourisme (patrimoine mondial de l'UNESCO Kasbah Aït-Ben-Haddou), Agriculture (e.a. Safran, roses, henné)
Taroudannt	16.500	823.695	50 hab/km ²	Agriculture (surtout les agrumes), Industrie de jus de fruit, Mines d'argent
Tiznit	8.214	345.407	42 hab/km ²	Pêche (120 km de côtes), Agriculture (Olives, Amandes, Menthe)
Zagora	22.215	296.037	13 hab/km ²	Agriculture (céréales, dattier, maraîchage)

Tableau 7: Caractéristique de la zone d'étude⁴⁷

Tandis que le secteur de tourisme contribue à 21% au produit intérieur brut de la région, le secteur agricole présente 13%. L'industrie ainsi que l'industrie des produits de la mer contribuent à 6% chacune au PIB local. Le secteur industriel est marqué surtout par les industries de transformation agro-alimentaire (conservation et traitement du poisson, industrie d'emballage etc.) mais aussi les industries de la chimie et la métallurgie, du cuir et du textile

La région de Souss-Massa-Drâa est la région la plus importante dans la production des primeurs au Maroc et contribue à hauteur de 95% des exportations nationales de tomates. En outre, la production d'agrumes est un secteur important: 50% des exportations d'oranges marocaines proviennent de la région. En outre, chaque année environ 21.000 tonnes de dattes sont produites dans la région de Souss-Massa-Drâa, ce qui représente 63% de la production nationale.

⁴⁷ Réalisé par IfaS. Daten entnommen aus : Ministère de l'intérieur Région Souss-Massa-Drâa, Région Souss-Massa-Drâa, 2004

7 Analyse des flux de matériaux

7.1 Agriculture

7.1.1 Aperçu général

L'agriculture a un rôle prépondérant dans l'économie de la région de Souss-Massa-Drâa et la province d'Essaouira. De ce fait, on peut observer de grandes disparités régionales en termes de technique et d'intensité d'exploitation. Alors que dans certains endroits de la plaine de Souss-Massa une agriculture intensive et irriguée est pratiquée, celle-ci étant importante pour l'export; à l'est de la zone d'étude c'est plutôt une agriculture traditionnelle qui prédomine.⁴⁸ Les champs utilisés pour l'agriculture à Souss-Massa-Drâa représentent une superficie de 540.000 ha dont 240.000 sont des terres irriguées.⁴⁹

Différents plans nationaux ainsi que la coopération technique et financière du Maroc avec l'Allemagne visent une optimisation de la production agricole et la protection des ressources (voir chapitre 5). Mais cela crée des objectifs concurrents entre l'augmentation de la productivité de l'économie agraire d'un côté et la protection des ressources de l'autre. En effet de nombreux problèmes environnementaux découlent de l'exploitation agricole telle que la pénurie d'eau, l'érosion de sols et la diminution de la biodiversité, etc.

La culture des champs, principalement de céréales, relève de la région et subit année après année d'énormes fluctuations en termes de productivité, ce qui la rend non-compétitive sur le marché international. L'état a donc incité à la réduction de la culture de céréales au profit de la culture légumière ou fruitière⁵⁰. De ce fait, la région de Souss-Massa est de nos jours une des régions où l'on cultive le plus de fruits et légumes au Maroc. Ces fruits et légumes sont par ailleurs en majorité destinés à l'export. Une croissance exponentielle a donc été enregistrée ces dernières années en raison des incitations politiques et de l'engagement d'investisseurs étrangers.⁵¹ Des données précises sur la répartition des filières de production agricole seront fournies au cas par cas au fil des chapitres.

⁴⁸ Haut Commissariat au Plan, Monographie de la région Souss-Massa-Drâa, 2006

⁴⁹ La Vie Eco: Plan Vert Maroc, 2009

⁵⁰ Riedel: Gemüsebau in Marokko, 2006, p.24

⁵¹ Riedel: Gemüsebau in Marokko, 2006, p.7

7.1.2 Acteurs

L'agriculture constitue un facteur important en termes d'occupation. Aujourd'hui la production végétale et l'élevage d'animaux représentent environ 21 millions de journées de travail à Souss-Massa-Drâa⁵².

Pour l'administration, le conseil et la recherche dans le domaine agricole, les institutions suivantes de la région Souss-Massa-Drâa ont été contactées afin de collecter des données et sonder des experts:

- Chambre d'agriculture d'Agadir
- Direction provinciale d'agriculture d'Agadir
- Direction provinciale d'agriculture Tiznit
- Associations des producteurs et exportateurs des fruits et légumes du Maroc (APEFEL)
- Office Régional de Mise en Valeur Agricole de Souss-Massa (ORMVASM)
- Office Régional de Mise en Valeur Agricole d'Ouarzazate (ORMVAO)
- Ministère de l'Agriculture et de la Pêche Maritime, Division de la Vulgarisation Agricole
- Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II (IAV), Complexe Horticole d'Agadir et Département des Sciences du Sol
- Institut National de Recherche Agronomique (INRA).

7.1.3 Démarche

Pour le calcul du potentiel agricole de la biomasse, un tableau des principaux types régionaux de culture a été dressé pour chaque province et préfecture située dans la zone d'étude. La partie 7.1 qui suit, se concentre sur ces potentiels dans le domaine agricole ou proche du domaine agricole. Les résidus de l'industrie agro-alimentaire (déchets de la pêche par exemple) seront évoqués dans la partie 7.3.5.

La considération quantitative d'une culture spécialisée dans la valorisation énergétique des plantes ne sera pas évoqué dans cette étude. La culture du maïs pour une valorisation énergétique telle que la production de biogaz, oblige, contrairement à la valorisation de résidus agricoles, à l'utilisation de terres cultivables supplémentaires ainsi qu'une

⁵² La Vie éco: Plan Vert Maroc, 2009

consommation accrue en eau. Sachant que le Maroc couvre 55% de ses besoins grâce à sa propre production agricole⁵³ et que la majorité des terres irriguées sont affectées à la production destinée à l'export; les considérations suivantes se concentrent sur l'utilisation des résidus agricoles. Cette méthode va permettre le développement d'une utilisation durable de la biomasse notamment au niveau de la sécurité alimentaire et une contribution réelle à la protection du climat.⁵⁴

Au vue de la raréfaction des ressources en eau au Maroc ainsi que la région étudiée (Souss-Massa), la culture de plantes en vue d'une valorisation énergétique est peu attractive du point de vue économique dans la mesure où cela ne concerne pas une mise en valeur économique efficiente au niveau des besoins en eau comme l'est la production de bois-énergie dans les systèmes agro-forestiers. L'esquisse de projet présentée dans la partie 9.2 fait référence à la production de bois avec considération de la problématique de l'eau.

La variété des cultures dans la région de Souss-Massa-Drâa comprend des céréales (Maïs inclus), légumineuses à grains, différents légumes dans des cultures couvertes mais aussi en plein air, des arbres fruitiers et plantes herbacées (bananes), des cultures arboricoles (olives), des plantes fourragères (surtout de la luzerne), des arbres que l'on trouve spécifiquement dans la région comme le figuier de barbarie ainsi que des cultures spéciales telles que le henné, le safran, etc. Pour la plupart de ces cultures, une utilisation de la biomasse n'est pas considérée comme appropriée pour de multiples raisons :

- La totalité de la plante est utilisée (c'est le cas du henné)⁵⁵
- Les résidus de la récolte sont très faibles, il est donc impossible économiquement ou techniquement de les collecter (safran).
- Les résidus sont nécessaires à la conservation des substances organiques présentes dans le sol, c'est le cas de la culture de pommes de terre (protection contre l'érosion, préservation de la fertilité des sols).
- La matière qui subsiste n'est pas valorisable énergétiquement avec le niveau actuel des techniques (restes après récolte des fèves ou autres légumineuses par exemple).
- La culture est orientée selon les besoins et ne crée pas de sous-produits (luzerne).

⁵³ La Vie éco: Plan Vert Maroc, 2009

⁵⁴ Cp. WBGU: Welt im Wandel – Zukunftsfähige Bioenergie und nachhaltige Landnutzung, 2008

⁵⁵ Heidecke: mündliche Mitteilung, 2009

Par conséquent après consultation des données statistiques, de la littérature spécialisée et après des entretiens avec des experts, il fut constaté que les résidus des cultures suivantes peuvent être intéressants pour une valorisation énergétique:

- Céréales : paille, résidus après nettoyage des céréales
- Différents légumes et cultures sous serre : résidus des récoltes, résidus des plantes
- Différents bois fruitiers et cultures arboricoles: (bois qui a été taillé et défriché).

Pour ces cultures, ont été calculés par province lorsque cela a été possible la grandeur des champs, les quantités produites et le rendement. Pour cela les sources suivantes ont été exploitées:

- Ministère de l'Agriculture, du Développement Rural et des Pêches Maritimes, 2007: Collecte de données Agriculture, Année de culture 2005/06
- Office Régional de Mise en Valeur Agricole de Souss Massa (2008): Rapport Mensuel de Conjoncture Agricole, Août 2008
- Office Régional de Mise en Valeur Agricole d'Ouarzazate: Collecte de données, 2008, Année de culture 2006/07
- Les Chambres d'Agriculture de la Région de Souss-Massa-Drâa: Guide Agricole

Pour ce qui est du rendement et des informations relatives à la culture, les quantités résiduelles ont été évaluées par hectare et par rendement estimé pour chaque unité de surface agricole dans chacune des provinces.

En plus du potentiel horticole, les résidus d'élevage ont également été analysés par province pour ce qui est de l'élevage bovin. Pour cela, les sources suivantes ont été consultées.

- Ministère de l'Agriculture et de la Pêche Maritime: Statistiques agricoles, 2006
- Ministère de l'Agriculture et de la Pêche Maritime: Enquête Octobre-Novembre, 2006
- ORMVASM (2008): Rapport Mensuel de Conjoncture Agricole, Aout 2008

En fonction des aspects qualitatifs (humidité, composition) les différentes sortes de biomasse peuvent soit être valorisées en tant que substrat pour la production de biogaz (méthanisation) ou en tant que combustible solide (combustion, valorisation thermique). Les quantités ont été par conséquent calculées sous forme de valeurs empiriques en termes de potentiel énergétique, celles-ci seront exprimées en mégawatt-heure, tonnes équivalent-pétrole (Tep) et tonnes équivalent carbone.

7.1.4 Potentiels

7.1.4.1 Potentiel des cultures céréalières

La culture de céréales présente deux différents potentiels. A côté de la paille qui se prête bien à une valorisation thermique, il y a aussi la possibilité d'utiliser les résidus subsistants après nettoyage des céréales en tant que substrat pour la production de biogaz où en tant que combustible solide.

Une attention bien spéciale doit tout de même être portée quant à l'utilisation de la paille. En effet, la paille a une fonction importante en tant que résidu de la récolte car elle sert de source de carbone pour le développement de la teneur en humus du sol et contient une grande quantité de potassium, qui viendrait à disparaître si la paille est récoltée. Une agriculture mixte (élevage d'animaux et production végétale) permet une réintroduction de la paille (dans le cas d'un emploi en tant que litière) dans un système circulaire; qui de ce fait a un impact positif sur la fertilité du sol, évite l'érosion du sol et protège le climat.

Ces aspects doivent être pris en compte d'un point de vue économique dans le contexte d'une hausse du prix des fertilisants⁵⁶. De plus, un enrichissement en carbone du sol aboutit à une fixation nette du carbone dans le sol (puits de carbone). La paille, qui est la partie utilisable pour une valorisation énergétique, devrait ainsi au moins assurer un bilan en humus équilibré. Vu que ces circonstances ne sont valables que dans certains cas isolés et pour une petite superficie, il ne sera considéré dans cette étude qu'une disponibilité en paille équivalent à 10% de la totalité produite. Le Tableau 8 présente le potentiel en biomasse qui découle de cette production.

	Surface cultivée	Rendement céréales	Graines/ Paille	Rendement paille/ha	Rendement paille (total)
Paille	625.426 ha	0,76 t/ha	1	0,76 t	476.154 t

Paille disponible	Surface disponible	Quantité disponible	Quantité disponible	Puissance calorifique	Puissance calorifique (total)
10 %	62.543 ha	0,76 t/ha	47.615 t	3,69 MWh/t	175.661 MWh

Tableau 8: Aperçu du potentiel de la paille en tant que combustible⁵⁷

Dans le Tableau 9, ces potentiels d'une valeur de 47.000 tonnes soit 175.000MWh sont présentés. Ils sont classés par province /préfecture.

⁵⁶ Toews, T.: Wald – Flächenansprüche durch die Landwirtschaft, 2008

⁵⁷ Réalisé par IfaS

Zone d'étude	Surface disponible		Quantité disponible		Quantité disponible	Puissance calorifique (total)		TEP	CO2-Equivalent
Agadir Ida Outanane	13.210	ha	0,48	t/ha	6.313 t	23.291	MWh	2.004 t	6.405 t
Chtouka-Ait-Baha	572	ha	0,41	t/ha	236 t	870	MWh	75 t	239 t
Essaouira	23.980	ha	0,71	t/ha	16.926 t	62.441	MWh	5.371 t	17.171 t
Inezgane-Ait-Melloul	178	ha	0,70	t/ha	125 t	461	MWh	40 t	127 t
Taroudannt	11.270	ha	0,65	t/ha	7.364 t	27.167	MWh	2.337 t	7.471 t
Tiznit	8.040	ha	0,29	t/ha	2.319 t	8.554	MWh	736 t	2.352 t
Zone d'Action ORMVAO	5.294	ha	2,71	t/ha	14.333 t	52.875	MWh	4.548 t	14.541 t
Souss Massa Draa	62.543	ha	0,08	t/ha	47.615 t	175.661	MWh	15.111 t	48.307 t

Tableau 9: Paille en tant que combustible, présentation par Province/ Préfecture⁵⁸

Les quantités présentées sont calculées d'après les besoins en paille pour l'élevage des animaux. Les quantités de litières sont évaluées à hauteur de 3 kg de paille par unité de gros bétail (UGB)⁵⁹ et par jour. Ce qui équivaut, pour un nombre de bêtes estimé à environ 300.000 dans la région (voir partie 7.1.4.4), a un besoin en paille de 310.000 tonnes par an.

L'approvisionnement en paille joue aussi un rôle important pour une utilisation en tant que source d'énergie. Au vue de la faible densité de la paille et du rendement par champs assez bas à Souss-Massa, se pose la question de l'intérêt économique et énergétique d'une telle utilisation. Avec une quantité potentielle de 10%, il n'est ici question que d'un potentiel théorique en raison des restrictions économiques, écologiques et énergétiques. Ces réalités locales obligent, en cas d'une planification concrète d'un projet, à ne considérer cette faisabilité qu'à petite échelle.

Pour ce qui est de la combustion de la paille, il faut faire attention à la technique requise, due à la valeur élevée en chlore et en potassium. L'exploitation d'unités décentralisées de chaleur, qui est actuellement discutée en Allemagne, ne s'est pas encore imposée. Le chlore entraîne une corrosion plus élevée des chaudières⁶⁰ tandis que la teneur élevée en potassium peut mener à la formation de blocs, ce qui réduit l'utilisation de la paille comme combustible en Europe (comme cela est pratiqué au Danemark) à l'utilisation dans des centrales de cogénération de grande envergure.

Comme il résulte de cette forme d'utilisation un coût logistique très important, l'alternative de la production de pellets (granulés) et de briquettes est à prendre en considération même si dans la pratique, elle n'est pas très répandue. Ceci permettrait d'augmenter les possibilités de transport de la matière première. A côté de la production de granulés de paille, il est aussi envisageable de fabriquer des combustibles mixtes avec du bois provenant de la foresterie ou d'autres cultures agricoles. La production de pellets ou – techniquement peu répandue- la

⁵⁸ Réalisé par IfaS

⁵⁹ 1 UGB Unité de gros bétail correspond à 500 kg de poids vif soit pour ce qui est des ovins à une bête

⁶⁰ Kaltschmitt: Energie aus Biomasse, 2001, p. 141

production de briquettes constituent une solution de proximité pour la zone d'étude au Maroc. Cette solution sera détaillée dans une esquisse de projet (chapitre 9.5).

Une option prometteuse pour l'utilisation énergétique d'un côté et l'amélioration de la fertilité du sol de l'autre, est la fabrication de Biochar ou Terra Preta. Pour cela, différents procédés sont développés afin de coupler l'énergie contenue dans différents types de biomasse avec la production simultanée de carbone inerte. Cette option, d'après l'état des connaissances actuelles, combinée avec d'autres éléments, est idéale pour l'amélioration des sols⁶¹. La technique employée est en développement constant, c'est pourquoi dans un futur proche le thème Biochar pourrait être une solution très intéressante pour le Maroc.

La valorisation de céréales, en tant que matière énergétique est très discutée d'un point de vue éthique. En dehors de cette considération, subsiste la possibilité de la valorisation des résidus de céréales. Ces résidus sont constitués des parties (après nettoyage des céréales), qui pour différentes raisons, ne sont pas valorisables en tant qu'aliments ou fourrages pour animaux. Ces parties peuvent être ainsi différenciées : fractions de blé (blé cassé, morceaux trop petits, épeautre, poussière, parties affectées par des champignons (*fusarium*)). Alors que les fractions de blé et morceaux trop petits seront majoritairement utilisés dans une filière alternative comme l'industrie fourragère, les parties les plus fines, l'épeautre et les céréales affectées par des champignons seront pour partie envoyées à la décharge. En fonction de la nature de la céréale, des réalités régionales (différentes phases et techniques de préparation), de la cible de commercialisation (marché régional ou export), on peut évaluer le potentiel pour une valorisation énergétique entre 2 et 10% de la matière brute. En raison de la vision conservatrice et de l'utilisation régionale importante des récoltes de céréales, un potentiel de 3% des récoltes va être proposé. La Tableau 10 présente le potentiel régional des résidus de céréales en tant que combustibles. Une utilisation de biogaz de ce potentiel est aussi envisageable en co-substrat avec d'autres matières premières, cela aboutit aux potentiels énergétiques présentés dans le Tableau 11. Pour la considération générale, le potentiel exprimé sera celui d'une valorisation en tant que combustible.

Surface cultivée	Rendement céréales par ha	Rendement total	Rejet	Rejet disponible	Rejet disponible (total)	Puissance calorifique	Puissance calorifique (totale)
625.426 ha	0,76 t	476.154 t	3 %	0,023 t/ha	14.285 t	3,64 MWh/t	52.063 MWh

Tableau 10: Aperçu du potentiel des résidus de céréales en tant que combustible⁶²

⁶¹ Glaser, B.: Biochar, 2008

⁶² Réalisé par IfaS

Cultivation céréales	Rendement céréales par ha	Rendement total	Rejet	Rejet disponible	Rejet disponible (total)	Rendement de biogaz	Biogaz total	Puissance calorifique Biogaz	Puissance calorifique total
625.426 ha	0,76 t	476.154 t	3 %	0,023 t/ha	14.285 t	500 m³/t FM	7.142.304 m³	6,00 kWh/m³	42.854 MWh

Tableau 11: Aperçu du potentiel des résidus de céréales en tant que substrat de biogaz⁶³

La Tableau 12 présente ces potentiels, d'une valeur totale de 52.000 MWh soit 4.500 tonnes d'équivalent pétrole, répartis par province ou préfecture. Les valeurs les plus faibles incombent à la province Chtouka-Ait-Baha et la préfecture Inezgane-Ait-Melloul. Pour ces deux zones d'étude, les données en référence sont celles d'ORMVAO, qui correspondent à la zone d'action de l'association. Pour les autres provinces et la préfecture Agadir-Ida Outanane, les données proviennent du Ministère de l'Agriculture, et se réfèrent à la totalité des terres cultivables.

Zone d'étude	Cultivation céréales	Rendement-céréales par ha	Rejet disponible	Rejet disponible (total)	Puissance calorifique (total)	TEP	CO2-Equivalent
Agadir Ida Outanane	132.100 ha	0,48 t	0,014 t/ha	1.894 t	6.903 MWh	594 t	1.898 t
Chtouka-Ait-Baha	5.716 ha	0,41 t	0,012 t/ha	71 t	258 MWh	22 t	71 t
Essaouira	239.800 ha	0,71 t	0,021 t/ha	5.078 t	18.507 MWh	1.592 t	5.089 t
Inezgane-Ait-Melloul	1.775 ha	0,70 t	0,021 t/ha	38 t	137 MWh	12 t	38 t
Taroudannt	112.700 ha	0,65 t	0,020 t/ha	2.209 t	8.052 MWh	693 t	2.214 t
Tiznit	80.400 ha	0,29 t	0,009 t/ha	696 t	2.535 MWh	218 t	697 t
Zone d'Action ORMVAO	52.935 ha	2,71 t	0,081 t/ha	4.300 t	15.671 MWh	1.348 t	4.310 t
Souss Massa Draa	625.426 ha	0,76 t	0,023 t/ha	14.285 t	52.063 MWh	4.479 t	14.317 t

Tableau 12: Résidus de céréales en tant que combustibles, présentation par province/préfecture⁶⁴

Différentes utilisations des rejets de la production de céréales peuvent être envisagées : à côté de la combustion directe pour une utilisation calorifique, méthode déjà implantée avec succès en Europe centrale, il y a aussi la possibilité de valoriser la matière en pellets ou briquettes (voir partie 9.4.5) ou l'utilisation biogaz.

7.1.4.2 Résidus provenant de la culture sous serre

La culture de légumes à Souss-Massa-Draa est pratiquée dans les provinces disposant de conditions climatiques favorables, de possibilités d'irrigation et d'une position avantageuse pour l'export. Celles-ci – particulièrement pour ce qui est de la culture sous serre (tunnel plastique ou serre en verre) de légumes – sont les provinces de Chtouka-Ait-Baha et Taroudannt. D'autres potentiels se situent à Inezgane-Ait-Melloul, Agadir-Ida Outanane mais aussi dans la zone d'action d'ORMVAO.

⁶³ Réalisé par IfaS⁶⁴ Réalisé par IfaS

La production de légumes mais aussi de bananes engendre après récolte des quantités importantes de résidus organiques, qui étaient jusqu'ici fréquemment éliminés ou valorisés de façon inefficace. C'est le cas de la production et utilisation de compost qui a au départ pour but de conserver la fertilité des sols et de créer un cycle au niveau des nutriments. Mais quand cela est fait selon un processus professionnel (hygiéniser la matière par une multitude de transformations), il en résulte un coût important et une inefficacité au niveau de la protection du climat car le carbone transformé s'échappe pendant le compostage sous forme de CO₂. De ce fait une utilisation de ces résidus en tant que substrat pour la production de biogaz est intéressante. Certaines sources se concentrent en détail sur la technique d'utilisation énergétique des plants de tomates.⁶⁵

La valorisation dans une unité de biogaz permet en fonction de la technicité de l'unité, une hygiénisation de la matière plus poussée au niveau du transfert des agents (infectieux) pathogènes contenus dans la plante⁶⁶. Cela procure de la même façon une énergie régénérative protégeant le climat et une valeur ajoutée régionale. De plus, une réinsertion des résidus de la fermentation constitue une contribution à la conservation de la fertilité des sols et les nutriments contenus dans ce digestat peuvent remplacer l'adjonction de fertilisants minéraux.

Les résidus issus de la culture sous serre de tomates et poivrons à Souss-Massa-Drâa offrent une valorisation énergétique prometteuse. En effet, ces plantes - seront ficelées ou tenues par un tuteur durant leur culture – et pourront atteindre en règle deux ou trois mètres de hauteur. La culture particulière de primeurs s'effectue sous serre tunnel, nécessite à la fin de celle-ci un nettoyage rapide pour établir la culture suivante. Les restes en quantité importante, qui peuvent être durement affectés par une pluie d'agents pathogènes, seront arrachés et retirés de la serre. La culture de bananes est comparable à la culture de ces légumes, s'effectuant aussi sous serre et produisant de grandes quantités de résidus organiques (Figure 8). Pour ces différentes cultures, une grande quantité de résidus est aussi produite durant la phase de culture et non pas seulement lors de la récolte. Pour les tomates, ce sont les tiges et feuilles qui seront prélevées durant la phase de maturation du fruit. Pour les bananes, pendant la phase végétative, ce sont une ou deux des jeunes pousses qui seront sélectionnées afin d'être retirées. Elles seront coupées et mises à part⁶⁷.

⁶⁵ Cp. Trujillo et al.: Anaerobic digestion of tomato plant, 1992; Encinar et al.: Energetic use of the tomato plant waste, 2007; Font et al.: Pyrolysis and combustion of tomato plant, 2008

⁶⁶ Kaltschmitt: Energie aus Biomasse, 2001, p. 660ff.

⁶⁷ Dou El Macane, W.L.: Le bananier, 2003



Figure 8: Culture de la banane et restes après récolte⁶⁸

D'autres potentiels provenant de différentes cultures de légumes sont disponibles. A côté des plantes légumières à fruits, sont aussi produits une multitude de légume-feuilles et plantes à tubercules. Pour ces légumes cités plus haut, il est intéressant du point de vue agricole et écologique, de mettre à part les restes issus de la récolte afin de diminuer le lessivage des nitrates et de prévenir la diffusion de maladies. Ces restes pourront ensuite être réintroduits dans le sol sous forme de compost ou digestat. Vu sous un angle économique, le retrait des résidus des serres sous verre est judicieux, car en raison de leur importante quantité, ils ne peuvent être correctement mélangés avec le sol existant (pas de création de matière en raison de la surquantité de biomasse). Le retrait des résidus est aussi pratiqué dans les serres tunnel en raison de l'accessibilité limitée pour les tracteurs de ces dernières. En résumé on peut compter au minimum sur le potentiel des cultures de tomates, poivrons et aussi sur les cultures de bananes, ce qui donne pour chaque type de résidus de culture une quantité totale de restes qui peuvent être classés selon leur potentiel énergétique (rendement en biogaz).

Concernant la part de résidus par hectare de terre cultivable pour les cultures légumières, il est difficile de donner un chiffre. Très peu de sources sont en effet disponibles sur le niveau de ces quantités. D'après des estimations de Soudi⁶⁹, les résidus de la culture légumière pour Souss-Massa-Drâa représentent environ 30% des rendements. Pour calculer ces chiffres, on utilise une estimation du rendement éditée par les statistiques agricoles. Cela correspond à une quantité de résidus égale à 45 tonnes de matière fraîche par hectare pour les tomates, 27 tonnes pour les poivrons, 11 tonnes pour les bananes et environ 6 tonnes

⁶⁸ IfaS Archive, 2009

⁶⁹ Soudi: Le compostage, 2005

pour les autres primeurs⁷⁰. Cette méthode donne des valeurs très élevées pour les tomates tandis que les valeurs obtenues pour les bananes et primeurs sont à classer comme très faibles.

D'après les données de la littérature, les quantités de résidus de la culture de tomates seraient évaluées à 20 tonnes de matière fraîche (MF) par hectare⁷¹. Le potentiel de la culture du poivron serait équivalent. Les données concernant la culture en champs de légumes évaluent la quantité de résidus produite entre 5 et 70 tonnes par hectare (en Allemagne)⁷².

Les résidus de la culture de bananes sous serre plastique, comme cela est pratiqué dans la région, s'élèvent d'après les chiffres fournis par les entreprises régionales à environ 30 tonnes de matière fraîche par hectare⁷³. Becker (2008), fait référence à la banane plantain en Tanzanie et chiffre les résidus de la récolte qui restent sur les champs à 10 tonnes de matière sèche par hectare soit 14% de matière sèche (MS)⁷⁴. Ces valeurs correspondent à 70 tonnes de masse fraîche par hectare et sont à considérer comme extrêmement hautes dans le contexte de la culture marocaine. C'est pour cela que les restes après récolte des bananes sont estimés avec des données pratiques issues de la COPAG et égales à 30 tonnes par hectare.

Pour ce qui est des tomates, les estimations sont faites d'après la LGV Heidelberg et correspondent à 20 tonnes. Elles seront aussi adoptées pour la culture des poivrons car équivalentes. Pour ce qui est des différentes primeurs, une valeur conservative de 10 tonnes par hectare sera considérée.

Afin d'obtenir une évaluation conservative du potentiel pour une valorisation en tant que substrat pour la production de biogaz, une valeur de 60 m³ de biogaz par tonne de matière fraîche sera considérée⁷⁵. Tableau 13 donne un aperçu du potentiel biogaz pour la culture de légumes. Celui-ci est présenté par type de culture.

⁷⁰ Comme pour la Zone d'action d'ORMVAO ils n'existent pas de données individuelles pour les différents cultures, les surfaces de culture de primeurs est utilisé pour le calcul de potentiel.

⁷¹ Wagner, Degen & Rather, LVG Heidelberg: Beratungsgrundlagen Gartenbau, 2005, p.46

⁷² Fink: Düngung im Freilandgemüsebau, 2007

⁷³ Kouira, Firma COPAG

⁷⁴ Becker: Potenziale und Realisierungsmöglichkeiten von Kleinstbiogasanlagen in Kagera (Tansania), Diplomarbeit, 2008

⁷⁵ Cp. Keymer: Biogasausbeuten verschiedener Substrate, 2008

	Surface cultivée	Quotité des résidus	Quantité des résidus	Rendement de biogaz	Rendement de biogaz (total)	Puissance calorifique biogaz	Puissance calorifique (total)
Tomate, Primeur, sous-serre	4.348 ha	20 t/ha	86.960 t	60 m³/t MF	5.217.600 m³	6,00 kWh/m³	31.306 MWh
Poivron, Primeur, sous-serre	1.003 ha	20 t/ha	20.060 t	60 m³/t MF	1.203.600 m³	6,00 kWh/m³	7.222 MWh
Bananes, sous-serre	3.988 ha	30 t/ha	119.640 t	60 m³/t MF	7.178.400 m³	6,00 kWh/m³	43.070 MWh
Primeurs, total, Zone d'action d'ORMVAO	1.410 ha	10 t/ha	14.100 t	60 m³/t MF	846.000 m³	6,00 kWh/m³	5.076 MWh
Total						86.674 MWh	

Tableau 13: Aperçu du potentiel : Résidus de récolte et restes de végétaux issus de la culture de légumes et autres cultures sous serres⁷⁶.

Le Tableau 14 présente ces potentiels, au total environ 87.000 MWh, soit 7.456 tonnes équivalent pétrole, par structure administrative à Souss-Massa-Drâa. Pour Tiznit, il n'existe pas de données sur la culture de légumes à l'heure actuelle. Concernant Essaouira, il n'y a pas de valeur qui puisse être prise en compte concernant les terres où sont cultivées des primeurs (tomates et poivrons inclus) ou des bananes.

Zone d'étude	Surface cultivée	Quantité des résidus	Rendement de biogaz	Puissance calorifique (total)	TEP	CO2-Equivalent
Agadir Ida Outanane	302 ha	8.610 t	516.600 m³	3.100 MWh	267 t	1.196 t
Chtouka-Ait-Baha	5.095 ha	110.020 t	6.601.200 m³	39.607 MWh	3.407 t	15.288 t
Essaouira	0 ha	0 t	0 m³	0 MWh	0 t	0 t
Inezgane-Ait-Melloul	938 ha	21.450 t	1.287.000 m³	7.722 MWh	664 t	2.981 t
Taroudannt	3.004 ha	86.580 t	5.194.800 m³	31.169 MWh	2.681 t	12.031 t
Tiznit	0 ha	0 t	0 m³	0 MWh	0 t	0 t
Zone d'Action ORMVAO	1.410 ha	14.100 t	846.000 m³	5.076 MWh	437 t	1.959 t
Souss Massa Draa	10.749 ha	240.760 t	14.445.600 m³	86.674 MWh	7.456 t	33.456 t

Tableau 14: Résidus de récolte et restes végétaux de la culture de légumes et autres cultures sous serres, classement par province⁷⁷

Il reste un défi à relever pour ce qui est de l'utilisation de restes de légumes en tant que substrat pour la production de biogaz : la saisonnalité de l'approvisionnement et le manque de capacité de stockage. En effet, de ce fait il est difficile de compter sur un approvisionnement constant sur toute l'année. L'ensilage des résidus végétaux est en principe envisageable mais difficilement réalisable en raison de la formation de champignons et de la teneur fluctuante en eau. Pour cette raison, un potentiel de co-valorisation dans une unité de fermentation de déchets ou la combinaison avec d'autres substrats de fermentation jouissant d'une meilleure disponibilité paraît plus concevable. Un autre problème, qui doit être pris en compte pour le développement du projet, est le possible impact négatif des restes de produits phytopharmaceutiques sur le processus biogaz.

⁷⁶ Réalisé par IfaS

⁷⁷ Réalisé par IfaS

Pour l'approvisionnement de ces différents types de biomasse, il est envisageable d'utiliser les structures locales existantes où de créer des structures spéciales afin de monter des centres de bioénergie et matière première qui assurent la logistique pour les matières premières et résidus de fermentation. Grâce au transport retour des résidus de fermentation qui serviront de fertilisants dans les exploitations légumières, un recyclage des nutriments est possible.

7.1.4.3 Bois défriché provenant des cultures fruitières et des cultures arboricoles

La culture arboricole à Souss-Massa-Drâa est spécialisée par région en fonction des différentes espèces cultivées. La culture des agrumes par exemple, se concentre surtout dans la province de Taroudannt tandis que la culture des pommes, abricots et noix se fait sur les hauts plateaux de la Zone d'Action d'ORMVAO. Les cultures d'olives et amandes sont réparties dans toute la zone d'étude.

L'intensité des cultures (irrigation, fertilisant, distance, durée de vie c.a.d temps écoulé jusqu'à l'abstraction des anciens arbres pour la plantation de nouveaux) varie très fortement à l'intérieur de la zone d'étude. Il existe des plantations qui sont exploitées de manière intensive pour l'export ainsi que des cultures traditionnelles. Sur les exploitations, il subsiste encore de vieux plants d'agrumes (certains vieux de 70 ans) mais aussi des plants plus récents avec une durée de vie de 30 ans avec un nombre supérieur de plantes au mètre carré⁷⁸. Pour les pommiers, la durée de vie de nos jours, est évaluée à environ 10-15 ans.

Pour toutes ces formes d'exploitations, il subsiste des résidus de bois sous forme de branchages et bois défriché. Alors que les branchages restent en général dans les plantations, le bois défriché représente des grandes quantités de bois qui seront extraites des champs et peuvent être utilisées pour une valorisation énergétique. Selon Kaltschmitt⁷⁹, ces quantités seraient équivalentes à 80 tonnes par hectare pour les arbres à durée de vie de 30 ans (plus vieilles unités) ou 60 tonnes pour les arbres à durée de vie de 15 ans (unités récentes). De cela, il découle une croissance de 2,7 à 4 tonnes par hectare et par an. Les différences de croissance annuelle pour les plants fruitiers, en tenant compte du nombre d'arbres au mètre carré, restent faibles. Lorsque le nombre d'arbres par hectare est restreint et leur durée de vie longue ; ils deviennent de très grands arbres qui après la phase d'établissement connaissent une croissance en bois importante. Les arbres qui poussent dans une plantation avec un nombre d'arbres au mètre carré important, restent petits mais

⁷⁸ Riedel: Gemüsebau in Marokko, 2006, p. 18

⁷⁹ Kaltschmitt: Energie aus Biomasse, 2001

ont une croissance importante au début de leur vie. C'est pour cela que, dans une large mesure et indépendamment de l'espèce et du type de culture, la croissance du bois dans les champs fruitiers de Souss-Massa-Drâa est évaluée de façon conservative à 2,7 tonnes par hectare.

Pour ce qui est du bois défriché, il s'agit principalement de bois feuillu de bonne qualité, qui comme le bois-énergie issu de la foresterie peut être valorisé comme bois de chauffage. Ceci d'après les estimations faites par nos partenaires locaux est déjà effectué sur place pour ce qui est des quantités présentées ici⁸⁰. Les quantités seront tout de même calculées pour montrer l'importance de la culture fruitière pour l'approvisionnement en bois de chauffage de la région. En outre, il existe probablement des potentiels non utilisés parmi les exploitations, qu'il va falloir activer ainsi que des possibilités d'optimisation pour ce qui est de l'utilisation.

La présentation des potentiels à suivre, se concentre exclusivement sur les champs fruitiers situés dans le domaine d'action (compétence) d'ORMVAO et ORMVASM en raison de la disponibilité des données. Tableau 15 donne un aperçu du potentiel de la culture fruitière en tant que combustible. Ce potentiel est classé par type de culture. Les quantités totales sont approximativement de 240.000 tonnes de bois défriché par an – un défrichage régulier et un renouvellement des vergers est présumé – ceci souligne en alignement avec les quantités de bois de chauffage issue de la sylviculture d'environ 103.000m³ (voir chapitre 7.2) ; le potentiel énorme découlant du bois fruitier.

Bois de l'arboriculture	Surface cultivée		Quantité de bois	Bois (total)	Puissance calorifique (séchée à l'air)	Puissance calorifique (total)
Olivier	35.175	ha	2,7 t/ha*a	93.799 t	3,96 MWh/t	371.073 MWh
Pommier	847	ha	2,7 t/ha*a	2.259 t	3,96 MWh/t	8.939 MWh
Apricotier	440	ha	2,7 t/ha*a	1.174 t	3,96 MWh/t	4.645 MWh
Amandier	21.307	ha	2,7 t/ha*a	56.819 t	3,96 MWh/t	224.778 MWh
Argrumes	31.797	ha	2,7 t/ha*a	84.792 t	3,96 MWh/t	335.441 MWh
Noyer	637	ha	2,7 t/ha*a	1.697 t	3,96 MWh/t	6.715 MWh
Total						951.591 MWh

Tableau 15: Aperçu du potentiel des branchages et bois défriché issus des cultures fruitières et autres cultures arboricoles⁸¹

Tableau 16 présente ces potentiels équivalents à 950.000 MWh, soit 82.000 tonnes d'équivalent pétrole par province/ préfecture.

⁸⁰ Kdatri, O.: Schriftliche Mitteilung, 2009

⁸¹ Réalisé par IfaS

Zone d'étude	Surface cultivée	Bois (total)	Puissance calorifique (total)	TEP	CO2-Equivalent
Agadir Ida Outanane	5.348 ha	14.261 t	56.419 MWh	4.853 t	15.515 t
Chtouka-Ait-Baha	1.042 ha	2.779 t	10.993 MWh	946 t	3.023 t
Essaouira	18.200 ha	48.533 t	192.000 MWh	16.516 t	52.800 t
Inezgane-Ait-Melloul	1.293 ha	3.448 t	13.640 MWh	1.173 t	3.751 t
Taroudannt	50.664 ha	135.104 t	534.478 MWh	45.977 t	146.982 t
Tiznit	7.470 ha	19.920 t	78.805 MWh	6.779 t	21.671 t
Zone d'Action ORMVAO	6.186 ha	16.495 t	65.256 MWh	5.613 t	17.945 t
Souss Massa Draa	84.077 ha	224.045 t	951.591 MWh	81.857 t	261.687 t

Tableau 16: Branchages et bois défriché issus des cultures fruitières et autres cultures arboricoles, classement par province/ préfecture⁸²

La culture fruitière présente un potentiel multiple pour la région car à côté de la production de fruits, la production de bois de chauffage est aussi possible. Il est aussi envisageable, à côté de la valorisation directe de bois épais, d'utiliser les pousses faibles et cimes des arbres pour la production de briquettes (voir chapitre 9.4.5). La culture fruitière dispose d'une haute valeur ajoutée par hectare, les besoins en main d'œuvre sont importants et les cultures arboricoles ont l'avantage de protéger contre l'érosion (en comparaison avec les cultures agricoles). A côté de la création de valeur ajoutée, ces cultures permettent un approvisionnement durable de la population locale en bois de chauffage ; la création d'emplois et la sécurité d'utiliser le sol de façon durable. Une attention particulière doit être portée à la concurrence possible avec les terres destinées à l'agriculture traditionnelle, à l'intensité des cultures – qui peuvent impliquer une utilisation intensive de produits phytopharmaceutiques – et à l'aménagement de chaînes de valeur ajoutée⁸³.

7.1.4.4 Excréments issus de l'élevage d'animaux

Dans la région de Souss-Massa-Drâa en 2005 environ 1,9 millions d'animaux d'élevage : bovins, ovins et caprins étaient comptés, soit environ 8% de la totalité des animaux présents au Maroc⁸⁴. Les régions spécialisées dans l'élevage d'animaux à Souss-Massa-Drâa sont Taroudannt et la région de Drâa. Dans la région de Drâa l'élevage est principalement un élevage ovin et caprin en extérieur. Cet élevage est en baisse en raison de l'augmentation de l'aridité.

Pour l'inventaire de la potentielle biomasse pour Souss-Massa, seul l'élevage bovin sera pris en compte. Cette approche singulière simplifiée est faite ainsi car l'élevage ovin et caprin se

⁸² Réalisé par IfaS

⁸³ Nill & Böhnert: Wertschöpfungsketten, 2006

⁸⁴ Haut Commissariat au Plan: Monographie de la région Souss-Massa-Drâa, 2006, p.55

faisant en extérieur, les excréments ne sont pas concentrés dans l'étable mais dispersés dans les champs.

Au niveau des chiffres pour l'élevage bovin on utilisera le facteur UGB (unité grand bétail), qui correspond environ à 1 par bovin, afin de déterminer le nombre total d'unités. Une valeur approximative pour l'alimentation en biogaz à partir de résidus de l'élevage bovin se situe autour de 1,11 m³ par jour et par bovin⁸⁵. Pour ce qui est des quantités totales de biogaz par jour et le nombre de jour d'étables (journées où les bêtes sont présentes à l'étable) on peut évaluer le potentiel en biogaz à 68.000.000 m³. Une valeur de 215 jours d'étable a été fixée afin de créer un compromis entre la production de lait (Figure 9) et l'élevage du bétail pour la production de viande. Il est vrai que la production de lait se fait principalement en étable tandis que les bêtes prévues pour la production de viande seront principalement élevées en extérieur à Souss-Massa-Drâa (parfois par des nomades). Tableau 17 présente le potentiel des résidus de l'élevage bovin.



Figure 9: Production de lait et compostage de fumier a Souss-Massa⁸⁶

	Nbr. d'animaux	UGB par tête	UGB total	Rendement de biogaz m ³ /j*UGB	Biogaz (total) m ³ /j	Jours à l'étable	Biogaz (total) m ³ /a	Puissance calorifique biogaz kWh/m ³	Puissance calorifique (totale) MWh/a
Fumier/lisier bovin	283.900	1,00	283.900	1,11	315.129	215	67.752.735	6,00	406.516

Tableau 17: Aperçu du potentiel: Excréments de l'élevage bovin en tant que substrat pour la production de biogaz⁸⁷

⁸⁵ Eder & Schulz: Biogas-Praxis, 2006

⁸⁶ Archive IfaS, 2009

⁸⁷ Réalisé par IfaS

Tableau 18 présente ces potentiels classés par province ou préfecture. La valeur totale du pouvoir calorifique de la production de biogaz issue des excréments s'élève à 400.000 MWh.

Zone d'étude	Nbr. d'animaux	Biogaz (total) [m3/a]	Puissance calorifique (total) [MWh/a]	TEP	CO2-Equivalent
Agadir Ida Outanane	3.900	930.735	5.584	480 t	2.156 t
Chtouka-Ait-Baha	36.000	8.591.400	51.548	4.434 t	19.898 t
Essaouira	66.800	15.941.820	95.651	8.228 t	36.921 t
Inezgane-Ait-Melloul	8.800	2.100.120	12.601	1.084 t	4.864 t
Taroudannt	69.300	16.538.445	99.231	8.536 t	38.303 t
Tiznit	20.000	4.773.000	28.638	2.463 t	11.054 t
Zone d'action ORMVAO	79.100	18.877.215	113.263	9.743 t	43.720 t
<i>Souss Massa Draa</i>	283.900	67.752.735	406.516	34.969 t	156.915 t

Tableau 18: Excréments de l'élevage bovin, classement par province/ préfecture⁸⁸

Comme on peut le constater, la production de biogaz issue du fumier ou lisier est une forme durable de production d'énergie. Il n'y aura pas lieu de réquisitionner des terres supplémentaires pour sa production et en fonction du management des résidus, grâce à l'unité de biogaz, il est possible de mettre en place un management des nutriments efficient pour un épandage sur les champs et avec des pertes très faibles en comparaison avec le compostage (voir Figure 9). De cette façon, il est aussi possible d'économiser l'utilisation de fertilisant minéral.

7.1.4.5 Autres matières premières issues du domaine agricole

Après avoir étudié quantitativement les potentiels en biomasse des exploitations agricoles, il faut aussi prendre en compte le potentiel intéressant des résidus du traitement des produits non-manufacturés pour la production énergétique (voir aussi chapitre 7.3.5). C'est le cas par exemple des eaux usées provenant de la production d'huile d'olive qui peuvent servir pour la production de biogaz⁸⁹. Les coques issues de la production de noix (noix, amandes, argan) peuvent être utilisées en tant que combustible tandis que les résidus de presse pour la production d'huile sont déjà utilisés à grande échelle en tant que combustible (Figure 10).

⁸⁸ Réalisé par IfaS

⁸⁹ Cp. Angelidaki, I.: Codigestion of olive oil mill wastewaters, 1997



Figure 10 : Combustion des résidus de presse issus de la production d'huile d'olive⁹⁰.

7.1.5 Conclusion

Pour tous les résultats issus de l'agriculture, il faut être conscient du fait que la plupart des données brutes sont empreintes d'incertitudes. C'est le cas des données issues du Ministère, celles-ci ne sont pas forcément adaptées pour chaque province. Les données issues des organismes agricoles ORMVASM et ORMVAO se limitent à leur zone d'action. Cependant, après traitement de ces données, les déficits peuvent être largement comblés. Le domaine agricole montre, comme cette étude en tant qu'ensemble, des possibilités pour ce qui est d'une utilisation ciblée de la biomasse. Les données absolues sont à considérer comme valeurs indicatives, qui donnent un classement relatif des potentiels. Pour aller plus loin dans le développement du projet, les faits donnés ici sont à analyser plus en détail au niveau local afin de permettre une mise en pratique réussie.

Tableau 19 montre une présentation des potentiels de la production végétale classés par filière de production. En cela, l'accent est mis sur le potentiel agricole dans le domaine du bois défriché issu de la culture fruitière avec environ 82.000 tonnes équivalent pétrole (TEP). La deuxième place en termes de potentiel est attribuée à la paille avec 15.000 TEP. Les résidus de la récolte des cultures légumières (7.500 TEP) et les résidus après nettoyage des céréales (4.500 TEP) présentent aussi un potentiel non négligeable. Le potentiel total découlant de l'horticulture s'élève à environ 109.000 TEP.

⁹⁰ Archive IfaS, 2009

	Surface	Potentiel du résidu	Potentiel du résidu	Puissance calorifique (total)	TEP	CO2-Equivalent
Céréales (rejet)	625.426 ha	0,023 t/ha	14.285 t	52.063 MWh	4.479 t	14.317 t
Paille	62.543 ha	0,761 t/ha	47.615 t	175.661 MWh	15.111 t	48.307 t
Résidus maraichers	10.749 ha	22,398 t/ha	240.760 t	86.674 MWh	7.456 t	33.456 t
Bois de l'arboriculture	90.203 ha	2,667 t/ha	240.541 t	951.591 MWh	81.857 t	261.687 t
Total		543.200 t	1.265.988 t	1.265.988 MWh	108.902 t	357.768 t

Tableau 19: Aperçu du potentiel: Résidus des cultures agricoles⁹¹

Lorsque ce potentiel est couplé avec le potentiel découlant de l'élevage (environ 35.000 TEP), on obtient un potentiel total d'environ 140.000 tonnes équivalent pétrole pour ce qui est de la valorisation énergétique des résidus agricoles. Un aperçu de ce potentiel évalué en tonnes équivalent pétrole et classé par province ou préfecture et type de biomasse est présenté dans le Tableau 20 et Figure 11.

Zone d'étude	Céréales (rejet) [TEP]	Paille [TEP]	Résidus maraichers [TEP]	Bois de l'arboriculture [TEP]	Fumier/lisier bovin [TEP]	TOTAL [TEP]
Agadir Ida Outanane	594	2.004	267	4.853	480	8.198
Chtouka-Ait-Baha	22	75	3.407	946	4.434	8.403
Essaouira	1.592	5.371	0	16.516	8.228	31.707
Inezgane-Ait-Melloul	12	40	664	1.173	1.084	2.973
Taroudannt	693	2.337	2.681	45.977	8.536	60.223
Tiznit	218	736	0	6.779	2.463	10.196
Zone d'Action ORMV	1.348	4.548	437	5.613	9.743	21.690
Souss Massa Draa	4.479	15.111	7.456	81.857	34.969	143.871

Tableau 20: Aperçu du potentiel des résidus agricoles et issus de l'élevage, classement par province/préfecture en tonnes équivalent pétrole⁹²⁹¹ Réalisé par IfaS⁹² Réalisé par IfaS

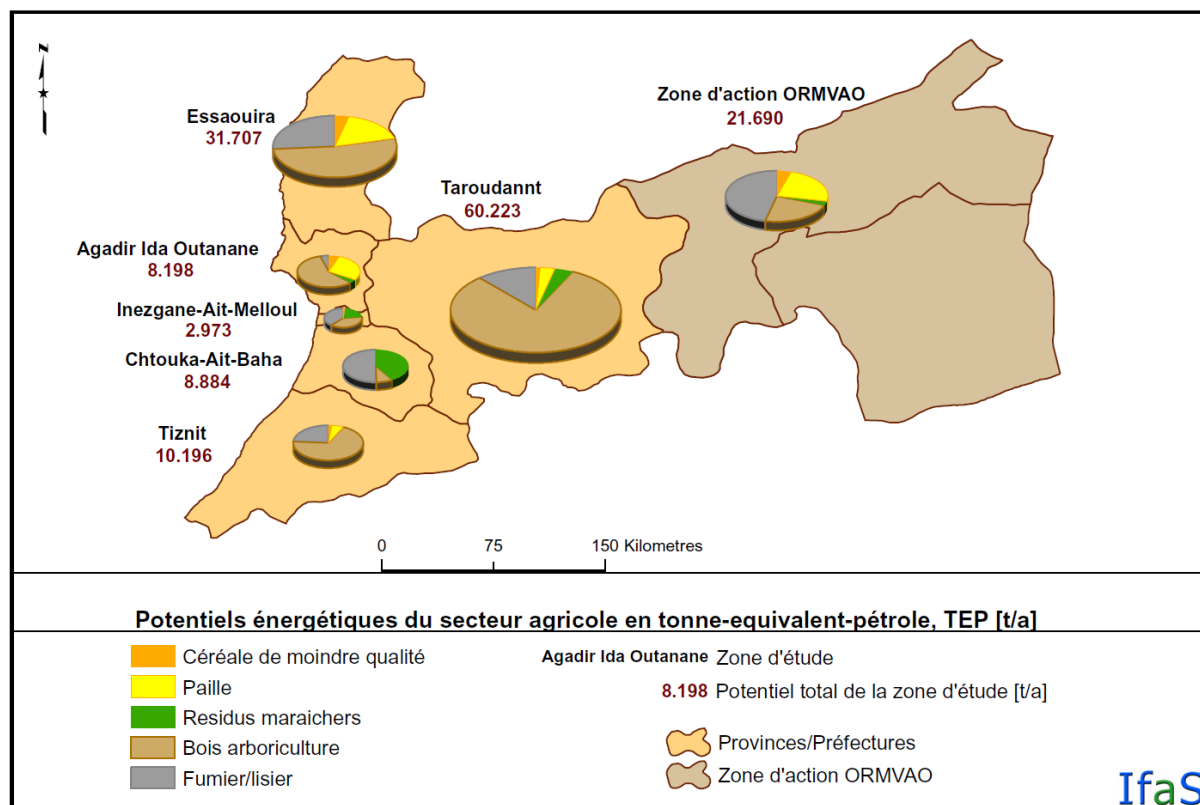


Figure 11: Potentiel énergétique issu de l'agriculture⁹³

Un élément crucial pour la région est la possibilité de mise en valeur des parties non-utilisées en plus des potentiels déjà valorisés.

- De ce point de vue, il faut relativiser le potentiel émanant de la *culture fruitière et autres cultures arboricoles*. Comme déjà expliqué dans la partie 7.1.4.3, une grande partie du bois est déjà utilisée.
- Une introduction des *quantités potentielles de paille* en tant que vecteur énergétique pose encore de nos jours des problèmes techniques, de plus, les restrictions écologiques sont à considérer (voir partie 7.1.4.1). Sur le moyen-terme, la production de Biochar pourrait être intéressante.
- La combustion ou fermentation des *rejets de la production de céréales* est non seulement techniquement faisable mais aussi intéressante du point de vue écologique. Le point crucial ici est le captage des flux. Il faut donc, dans ce cas regarder au cas par cas dans la région où la production de céréales a-t-elle lieu et sur quelle étendue, quels types de rejets sont créés lors du nettoyage et quel type d'élimination était jusqu'ici pratiqué (voir partie 7.1.4.1).

⁹³ Réalisé par IfaS

- Afin d'initier une valorisation énergétique des restes de la production légumière, il faut tout d'abord solutionner les questions logistiques. Il est vrai que la matière est disponible en grande quantité, mais seulement saisonnier et se situe à de nombreux différents endroits. Avec un système de collecte des substrats de biogaz, qui intègre aussi les restes issus de la fermentation pour les retourner ensuite auprès des exploitations, il est possible d'avoir une production d'énergie efficiente et un management optimal des nutriments pour de nombreuses exploitations légumières.

Le Tableau 21 conclue sur les quantités totales par province/préfecture et présente les potentiels énergétiques directs qui en découlent.

Zone d'étude	Nbr. d'animaux [UGB]	Biomasse [t]	Potentiel énergétique [MWH]	Potentiel énergétique [TEP]	CO2-Equivalent [t]
Agadir Ida Outanane	3.900	31.079	95.297	8.198	27.171
Chtouka-Ait-Baha	36.000	113.105	103.276	8.884	38.519
Essaouira	66.800	70.537	368.599	31.707	111.982
Inezgane-Ait-Melloul	8.800	25.061	34.561	2.973	11.760
Taroudannt	69.300	231.257	700.097	60.223	207.001
Tiznit	20.000	22.934	118.532	10.196	35.775
Zone d'Action ORMVAO	79.100	49.228	252.142	21.690	82.475
Souss Massa Draa	283.900	543.201	1.672.504	143.871	514.683

Tableau 21: Aperçu du potentiel des résidus agricoles et de l'élevage, classement par province/préfecture, UGB, masse, quantité d'énergie et tonnes équivalent CO₂⁹⁴

⁹⁴ Réalisé par IfaS

7.2 Sylviculture

7.2.1 Aperçu général

En raison des différents climats, qui en fonction du relief et de l'exposition varient d'aride à semi-aride, l'utilisation agricole ou forestière des terres est très hétérogène en fonction des zones d'étude.

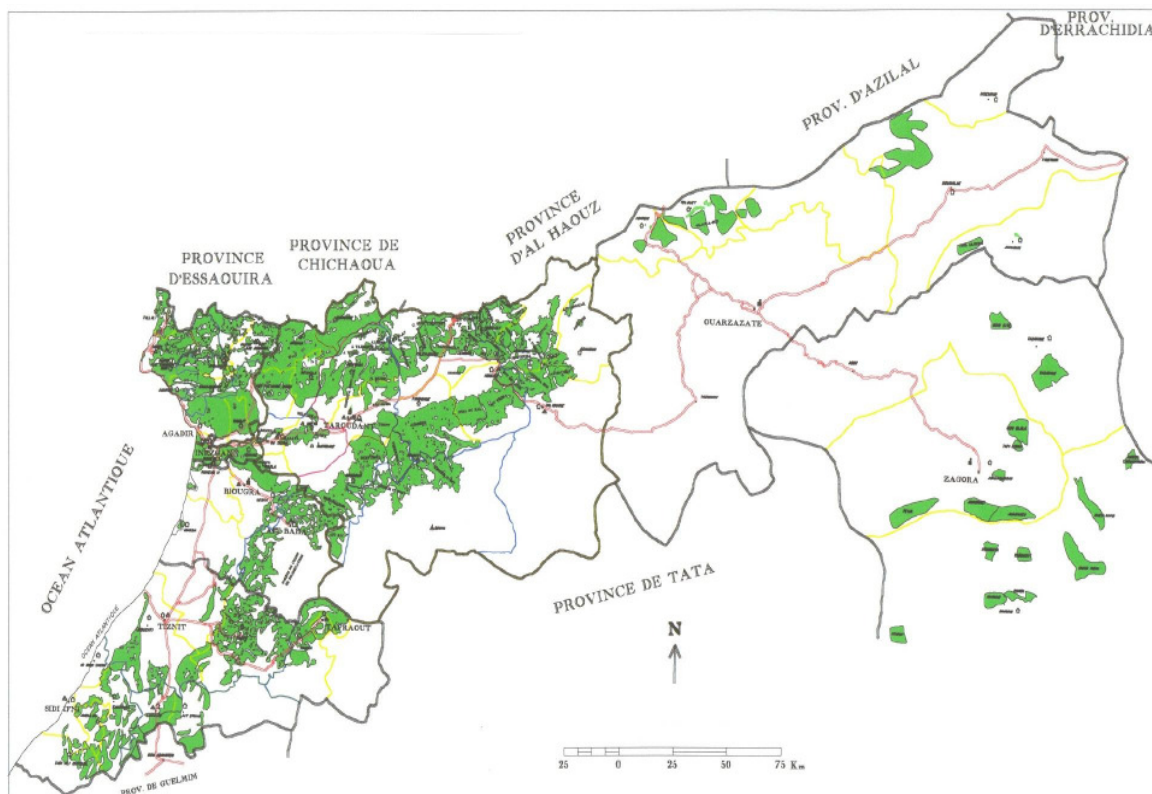


Figure 12: Répartition forestière dans la région de Souss-Massa-Drâa⁹⁵

La région de Souss-Massa-Drâa enregistre actuellement une superficie forestière d'un total de 1,2 million d'hectares, ce qui correspond à 17% des terres de la région. Presque 790.000 ha (soit plus de 60%) sont peuplés d'arganiers.⁹⁶ Sur le plan national une superficie forestière de 12,7% est enregistrée.⁹⁷

⁹⁵ DREF-SO : Richesse en ressources forestières, 2009

⁹⁶ Cp. Conseil Région Souss-Massa-Drâa : Potentialités, 2006

⁹⁷ Mhirit, Blerot : Le grand livre de la forêt marocaine, 1999

Associations naturelles forestières et arboricoles

Les zones arides et semi-arides dans les provinces et préfectures proches de la côte ainsi que les territoires isolés du sud-est de la région de Souss-Massa-Drâa sont dotées d'une flore riche en arbres. L'argan endémique (*Argania spinosa*) est prépondérante dans la région et représente 64% du stock total d'arbres forestiers soit le pourcentage d'arbres le plus important ainsi que la végétation naturelle forestière la plus répandue (Figure 13).

Les Arganiers ou réserves d'argans ont une hauteur qui s'élève jusqu'à 10 mètres et sont plantés au Maroc en tant qu'arbres solitaires ou seront groupés mais de façon espacée. Les réserves ralentissent la progression du désert et protègent les terres exposées contre une déflation progressive de sables mouvants. Les arganiers sont cultivés depuis des siècles pour la production d'huile, ce qui permet une récolte du bois ainsi qu'une distribution des noix d'argan faites au niveau *régional* par les populations locales et donc une création de valeur ajoutée régionale. Pour la plus grande part de la zone d'étude, le bois arganier est utilisé par les populations comme bois de chauffage⁹⁸. Rien que dans la province de Taroudannt, 41.000m³ de bois issus des réserves d'arganiers sont utilisés comme bois de chauffage. D'après une étude d'aménagement de la forêt de Tanezahkte (voir DREF-SO), il est utilisé en moyenne dans une commune de Taroudannt entre 5 et 20 m³ de combustible bois par an et par foyer.⁹⁹ La plupart du bois est utilisé sous forme de morceaux de bois et seulement 12% sous forme de charbon de bois. La plupart des communes de la zone d'étude couvrent leurs besoins en bois de chauffage grâce aux forêts locales d'argans.

La protection et le développement des réserves d'arganiers sera particulièrement prise en compte par des projets promus au niveau international.¹⁰⁰

A côté des arganiers, les chênes verts (8% du stock forestier) font partie des principales espèces d'arbres peuplant les forêts de montagne et zones climatiques subhumides. Une des sous-espèces les plus connues du chêne vert au Maroc est une section des *Cerris*, dont le chêne liège (*Quercus suber*) fait aussi partie. Les chênes verts peuvent atteindre en fonction de la disponibilité en eau une hauteur de 5 à 20 mètres. Le bois dur sera en petite partie utilisé par l'industrie du meuble marocaine. La production de liège qui se fait principalement dans le nord du Maroc, utilise principalement les forêts de chênes verts.

En tant que représentants des conifères, les thuyas et plus précisément les cyprès de l'Atlas (*Tetraclinis articulata*) représentent environ 10% des réserves forestières de la zone d'étude. Les arbres sont plantés seuls ou avec d'autres espèces et disposent d'un statut de

⁹⁸ Cp. Mhirit, Blerot : Le grand livre de la forêt marocaine, 1999

⁹⁹ Cp. DREF-SO. Etude d'Amenagement du foret de Tazenakhte. Rapport socio-économique, Juin 2008

¹⁰⁰ Cp. GTZ Marokko & DREF-SO : Richesse en ressources forestières, 2009

subordonné au niveau de l'exploitation forestière¹⁰¹. Malgré cela et leur emplacement souvent peu avantageux, ils atteignent une croissance assez importante et seront utilisés comme bois de chauffage. Dans la province intérieure, on trouve aussi des acacias, des tamaris et des pins d'Alep. Le long des lits de rivière, on trouve aussi des yprésaux (*Populus alba*) qui de par leur caractère solitaire, ont de temps à autres un caractère paysager.

Un aperçu de la répartition des espèces d'arbres dans la région de Souss-Massa-Drâa est présenté dans la Figure 13.

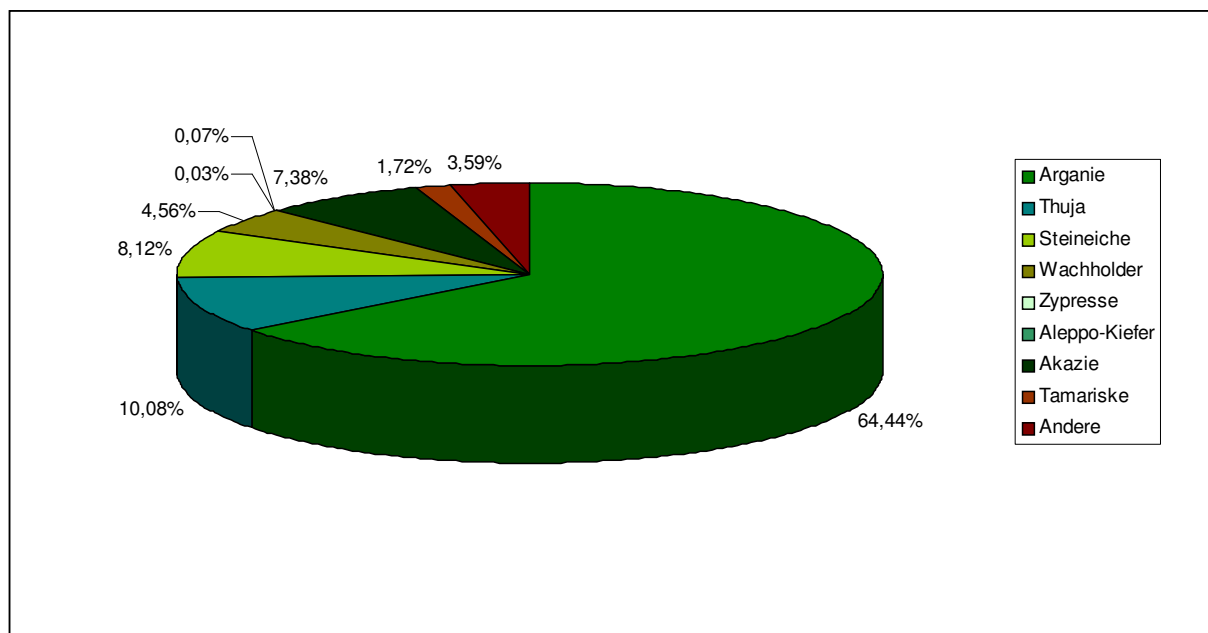


Figure 13: Répartition des espèces d'arbres en pourcentage dans la Région de Souss-Massa-Drâa¹⁰²

7.2.2 Acteurs

Lors du développement de l'étude de biomasse dans le secteur sylvicole, une analyse des acteurs fut conduite au niveau des forêts relevant de l'état ainsi que celles relevant des municipalités. Les propriétaires privés jouent un rôle mineur dans la zone d'étude. La particularité qui doit être prise en compte ici est que les forêts (constituées principalement d'arganiers) situées dans la partie sud-ouest de la région ne sont pas possédées par des propriétaires privés mais appartiennent exclusivement au Royaume du Maroc¹⁰³.

Dans le contexte de la recherche de donnée dans le domaine de la foresterie, une liste détaillée des acteurs régionaux et supra-régionaux a été dressée. Au fil du temps, elle a permis de classer les potentiels et données fournies par les interlocuteurs afin d'être utilisés

¹⁰¹ Cp. Mhirit, Blerot : Le grand livre de la forêt marocaine, 1999

¹⁰² Cp. DREF-SO : Richesse en ressources forestières, 2009

¹⁰³ Cp. Haut Commissariat aux Eaux et Forêts et à la Lutte Contre la Désertification : Secteur forestier, 2007

ensuite en tant qu'informations de base pour les calculs. Une comparaison avec des développements de projets internationaux a été faite et une liste des initiatives innovatrices provenant de toute la région a été dressée dans l'analyse des acteurs. L'analyse des acteurs a les fonctions suivantes:

- Détermination des interlocuteurs pour un inventaire détaillé des terres et potentiels,
- Sensibilisation et mobilisation des acteurs,
- Homogénéisation des nouvelles stratégies d'occupation des sols (ex: projets de reboisement),
- Montage et mise en place des solutions logistiques.¹⁰⁴

L'analyse des acteurs crée de cette façon une base pour la connexion des acteurs, qui peuvent être importants dans la mise en place future du projet dont la démarche est présentée ici (aménagement et exploitation dans les coopératives forestières, voir chapitre 9.2).

Le *Haut Commissariat aux Eaux et Forêts et à la Lutte contre la Désertification* est l'administration forestière centrale du royaume du Maroc. L'exploitation des forêts publiques à l'intérieur de la zone d'étude, constituée de 6 provinces et 2 préfectures est organisée de façon décentralisée. L'exploitation opérative des terres forestières dans les provinces et préfectures dépend de la *Direction Régionale des Eaux et Forêts du Sud Ouest* (DREF-SO), dont le domaine d'action s'étend dans toute la région de Souss-Massa-Drâa et la province d'Essaouira. La DREF-SO, dont le siège administratif se trouve à Agadir, dispose d'une haute compétence en matière forestière et coordonne les plans nationaux de volume d'exploitation, la commercialisation du bois ainsi que les projets nationaux et internationaux de protection de la nature et de l'environnement¹⁰⁵. La DREF-SO suit, pour ce qui est de sa stratégie en matière forestière, les principes du programme national marocain pour la forêt (voir partie 5.2). Le volume d'exploitation forestière est géré au niveau local par les communes à l'intérieur des provinces ou préfectures. Un aperçu de l'organisation administrative pour l'exploitation forestière est présenté dans la Figure 14.

Les projets d'exploitation forestière ainsi que les programmes de développement sont gérés au niveau national par des institutions de recherche nationales comme l'*Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II*, l'*Ecole Nationale Forestière d'Ingénieurs de Salé – Maroc*. Il en est de même pour les nombreuses initiatives comme l'*ANCA* (données sur l'argan) ou la *préparation d'un canevas sur la forêt à la DREF*.

¹⁰⁴ IfaS: Biomasse Rheinland-Pfalz, 2004

¹⁰⁵ Cp. DREF-SO : Richesse en ressources forestières, 2009

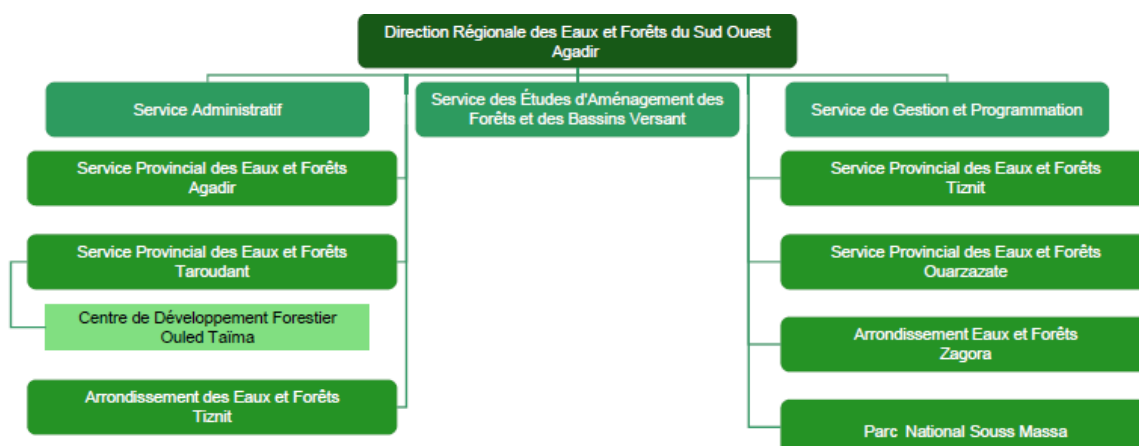


Figure 14: Organigramme de la foresterie dans la région de Souss-Massa-Drâa¹⁰⁶

En raison de leur responsabilité pour la protection des ressources abiotiques, et plus particulièrement la protection de l'eau potable et des sols; les fonctions des acteurs se recoupent fortement. Le management des dispositifs de recherche en matière forestière, spécialement la planification et coordination des projets de reforestation et reboisement est lié étroitement aux projets de protection de l'eau potable.¹⁰⁷

Potentiels

Les réserves forestières sont inégalement réparties dans les régions comme le montre le Figure 15.

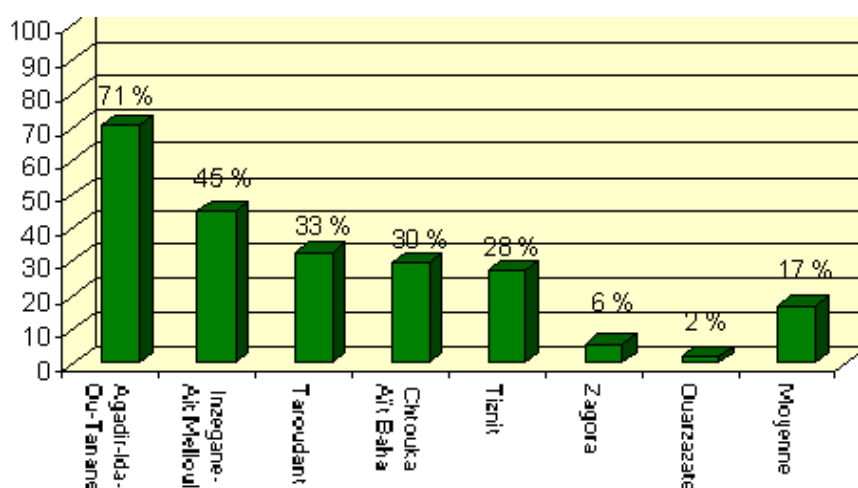


Figure 15: Ressources forestières des différentes provinces en pourcentage des terres¹⁰⁸

¹⁰⁶ Haut Commissariat aux Eaux et Forêts et à la Lutte Contre la Désertification : Secteur forestier, 2007

¹⁰⁷ Cp. USAID : Biological Diversity and tropical Forestry Analysis, 2003

¹⁰⁸ Cp. USAID : Biological Diversity and tropical Forestry Analysis, 2003

Potentiel en bois brut dans les provinces

Les potentiels en bois brut provenant de l'exploitation forestière sont très différenciés. Les principaux circuits commerciaux du bois valorisable dans la région sont :

- Bois de construction, en particulier des arbres résineux de la région haute de l'Atlas et des réserves de pins des bas-fonds des préfectures Agadir-Ida Outanane et Inezgane-Aït-Melloul
- Bois d'industrie, assortiment de qualité inférieure pour l'industrie des matériaux dérivés du bois et l'industrie de la cellulose, qui provient le plus souvent des plantations types réserves exploitables de résineux (ex: Thuya)
- Utilisation bois de chauffage, en particulier les réserves de chênes verts et les anciens arganiers des bas-fonds à l'ouest de la région ou au pied des montagnes situées au centre de la région de Souss-Massa-Drâa
- Production de liège, exclusivement dans les réserves de chêne-liège, qui sont cependant plutôt répandus dans le nord du Maroc et qui jouent un rôle mineur dans la zone d'étude.
- Autres sous-produits forestiers (brindilles, noix, caroube, lichen, champignons, etc.)

Le Tableau 22 présente les quantités moyennes pour les années 2000-2007 réparties par province/préfecture et par type d'utilisation. Les quantités de bois pour la construction et pour l'industrie font référence à l'unité stère (m^3 ou stère) par bûche de bois. Le bois en vrac comme le liège ou le tanin et autres sous-produits (voir Tableau 22) seront évalués en tonnes (t). Les préfectures Agadir-Ida Outanane, Inezgane-Ait-Melloul comme la province Chtouka-Ait-Baha seront regroupées en raison de l'organisation homogène de la zone d'étude. De même pour les provinces d'Ouazarzate et Zagora.¹⁰⁹

¹⁰⁹ Cp. Statistiques de l'Inventaire Forestier National de 1994; Haut Commissariat aux Eaux et Forêts et à la lutte contre la désertification : Secteur forestier, 2005

Zone d'étude	Bois de construction [m³]	Bois d'industrie [m³]	Bois de chauffage [m³]	Liège [t]	Tanin [t]	Divers [t]
Agadir-Ida Outanane	7.602 m³	12.547 m³	23.084 m³	438 t	102 t	1.063 t
Inezgane-Ait-Melloul						
Chtouka-Ait-Baha						
Taroudannt	13.540 m³	22.348 m³	41.116 m³	781 t	182 t	1.893 t
Tiznit	5.209 m³	8.597 m³	15.818 m³	300 t	70 t	728 t
Ouarzazate	1.467 m³	2.421 m³	4.454 m³	85 t	20 t	205 t
Zagora						
Essaouira	6.274 m³	10.354 m³	19.050 m³	362 t	84 t	877 t
Total	34.092 m³	56.267 m³	103.523 m³	1.965 t	459 t	4.766 t

Tableau 22: Potentiel en bois brut de la région Souss-Massa-Drâa¹¹⁰

Le déboisement durable par région est évalué en fonction des données statistiques concernant les parts totales de forêts et prend en compte les quantités théoriques requises des réserves d'arganiers. Au total une rentrée de bois fort (bois de l'industrie et de la construction) de 90.360 m³ est quantifiée. L'utilisation bois de chauffage avec 103.520 m³ correspond à la plus grande part des différents bois utilisés. Le liège et le tanin comptent pour environ 2.420 t et les autres sous-produits, qui peuvent être classés derrière en termes d'importance, pour 4.770 t.

Le Tableau 23 présente les potentiels en bois brut et énergétique classés par province. Dans la totalité de la zone d'étude il sera utilisé par an un potentiel total en bois d'environ 193.900 m³ avec une valeur énergétique de 426.500 MWh.¹¹¹ Cela équivaut à 42.654 t de fioul soit une économie de 113.000 tonnes équivalent CO₂. La dernière valeur se réfère à une valeur d'émission moyenne de 2,65 kg CO₂ / litre de fioul.¹¹²

Province/Préfecture	Surface forestière	Bois brut	Puissance calorifique*	TEP	CO2-(pétrole-) équivalent
Agadir-Ida Outanane	313.399 ha	43.233 m³	95.112 MWh	8.182 t	2.250 t
Inezgane-Ait-Melloul					
Chtouka-Ait-Baha					
Taroudant	558.215 ha	77.005 m³	169.411 MWh	14.573 t	4.008 t
Tiznit	214.751 ha	29.625 m³	65.174 MWh	5.606 t	1.542 t
Ouarzazate	60.470 ha	8.342 m³	18.352 MWh	1.579 t	434 t
Zagora					
Essaouira	258.633 ha	35.678 m³	78.492 MWh	6.752 t	1.857 t
Total	1.405.468 ha	193.882 m³	426.540 MWh	36.692 t	10.091 t

* Valeur calorifique relatif à 2,2 MWh/m³ et un teneur en eau de 20%

Tableau 23: Potentiel en bois brut et énergétique classé par province/ préfecture

¹¹⁰ Réalisé par IfaS

¹¹¹ Cp. Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft: Der Energiegehalt von Holz und seine Bewertung, 2007

¹¹² Cp. Umweltbundesamt: CO₂-Kalkulator, 2009

Un autre potentiel considérable, dont l'utilisation est cependant contingentée à l'utilisation agricole des surfaces de production, serait procuré par les résidus de bois issus des plantations de dattiers. Ces plantations représentent en effet dans les vallées de Dadès et Drâa une superficie totale de 185.000 ha, soit 63% de la production nationale de dattes¹¹³. Dans le sud-est de la région de Souss-Massa-Drâa poussent environ 1.900.000 dattiers, d'après les chiffres fournis par ORMVAO¹¹⁴. Partant de la considération que ces dattiers atteignent une hauteur de 20 mètres¹¹⁵ ainsi qu'un diamètre de surface terrière moyenne de 0,375 m², cela donne un volume maximal utilisable par arbre de 8,5m³. Seule une part de 20% sera considérée comme non-utilisable. La part moyenne utilisable est évaluée à 50% de la valeur absolue (sans compter la part non utilisable de 20%) ce qui correspond à 3,5m³ de bois par dattier. Si l'on considère un temps d'utilisation de 100 ans, environ 1,25% des terres cultivables pourraient être recultivées, c'est à dire 1,25% d'hectare par an. Au total, cela correspond pour les 3 régions d'ORMVAO, Taroudannt, Ouarzazate et Zagora, à une masse totale de 83.125 m³ de bois (voir Tableau 24). Cela représente environ 185.875 MWh, soit 16.000 tonnes équivalent fioul ou 48.462 tonnes équivalent CO₂.

Zone d'action ORMVAO	Surface cultivation dattiers	Potentiel bois marchand	Puissance calorifique*	TEP	CO2- Equivalent
Taroudant Ouarzazate Zagora	185.000 ha	83.125 m ³	182.875 MWh	15.731 t	4.326 t

Tableau 24: Potentiel annuel de bois d'ouvrage issu des plantations de dattiers

Dans le cas d'une récultivation, le potentiel en bois des dattiers pour une utilisation matérielle ou énergétique serait envisageable. Sur 10 ha où sont plantés environ 100 arbres, 1 à 2 dattiers seraient utilisables par an.

Potentiel en résidus de bois issu de l'industrie du bois

L'industrie du bois dans la région de Souss-Massa-Drâa se compose de petites à moyennes scieries (taille de bois de construction) et de la construction navale. Les deux secteurs (scieries et construction navale) jouent un rôle important dans la région d'Agadir et Essaouira. Une part du bois local servira aussi à la production de caisses et palettes pour l'industrie de l'emballage (voir chapitre 9.4.5).

¹¹³ Cp. Conseil Région Souss-Massa-Drâa: Potentialités, 2006

¹¹⁴ Cp. ORMVAO: Anbaujahr 2006/07, 2008

¹¹⁵ Cp. Franke: Nutzpflanzenkunde, 1997

Le bois de construction utilisé dans l'industrie du sciage de toute la région est évalué à 34.092 m³. Les sources de résidus les plus importantes issues de cette industrie sont les entailles du sciage émanant en tant qu'output des restes de bois de l'industrie. Les restes se subdivisent en chutes de tronçonnage, copeaux, poussière de sciage, bois déchiqueté, échardes ou éclats.

Dans l'industrie de transformation du bois comme l'industrie des panneaux en bois reconstitué, les restes sont partie intégrante du cycle de production. Une part d'entre eux sera utilisée dans un nouveau processus de production ou dans une installation de chauffage.

Les restes de bois de sciage issus des scieries seront vendus dans la région de Souss-Massa-Drâa à des prix bas à l'industrie de travail du bois ou à l'industrie de transformation du bois ou encore donnés à l'agriculture. Les résidus du sciage représentent 35%¹¹⁶ des quantités de bois de construction qui sont coupées. Cela représente environ 11.932 m³ ou 29.830 Srm (vrac) pour la totalité de la zone d'étude, soit une valeur calorifique de 37.276 MWh ou 3.7 Mio. de litres de fioul. Cela représente une économie de 9.878 tonnes équivalent CO₂.¹¹⁷

La vente des résidus de sciage se destine à des petites à moyennes entreprises souvent de commerce, celles-ci vont ensuite revendre ces résidus à des entreprises travaillant le bois matériau. En Allemagne, on ne consacre que peu d'attention à la vente de résidus du sciage, d'après une enquête de l'institut pour la politique forestière de l'université de Freiburg,¹¹⁸ ce qui, selon les sondés, entraîne en même temps une vente difficile et de ce fait une baisse des produits pour les entreprises. La situation est équivalente au Maroc pour ce qui est des résidus du sciage à cause de la structure de l'organisation et de l'exploitation des petites et moyennes scieries. Très souvent, les résidus sont directement brûlés sur place et utilisés pour le séchage.

Les produits des restes du sciage de bois sont d'une „faible valeur monétaire“, ils présentent cependant des quantités considérables pour ce qui est du potentiel total en bois de construction¹¹⁹. De plus, ils ont un impact décisif sur les coûts et la situation des produits des scieries et influencent de cette façon relativement fortement le résultat des entreprises.

¹¹⁶ CP. Lechner et. al.: Machbarkeitsstudie „4% Ökostrom bis 2008“, 2003

¹¹⁷ Cp. Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft: Der Energiegehalt von Holz und seine Bewertung, 2007
Umweltbundesamt: CO₂-Kalkulator, 2009

¹¹⁸ Cp. Lückge, Weber: Untersuchung der Struktur- und Marktverhältnisse der deutschen Sägeindustrie, 1997

¹¹⁹ Cp. Lückge, Weber: Untersuchung der Struktur- und Marktverhältnisse der deutschen Sägeindustrie, 1997

7.2.3 Conclusion

Dans la zone d'étude, on compte un potentiel théorique annuel en bois brut de 193.883 m³ (en comptant le bois de chauffage). Cela correspond à un potentiel énergétique de 36.700 t équivalent fioul (TEP), soit 113.033 tonnes équivalent CO₂.

L'analyse des flux de matière du potentiel biomasse pour la foresterie révèle qu'une grande partie des potentiels répertoriés sont déjà utilisés techniquement et économiquement. Le bois de chauffage a, avec 53%, la plus grande partie des quantités de bois répertoriées. En raison de l'augmentation de la demande en bois de chauffage dans les différentes provinces (5-20 m³ par foyer et par an (voir plus haut)), des stratégies sur le long-terme doivent être développées afin de couvrir les besoins en bois tout en conservant des standards écologiques et sociaux. Une proposition de projet pour une mise à disposition économique et écologique efficiente de potentiels utilisables sur le long-terme en bois, sera traitée à part dans la partie 9.2.

La possibilité de reboisement sur grande étendue des forêts utilisées et protégées sera explicitée, celle-ci peut, sous forme d'exploitation forestière en coopérative, créer des synergies positives pour les régions rurales de la zone d'étude.

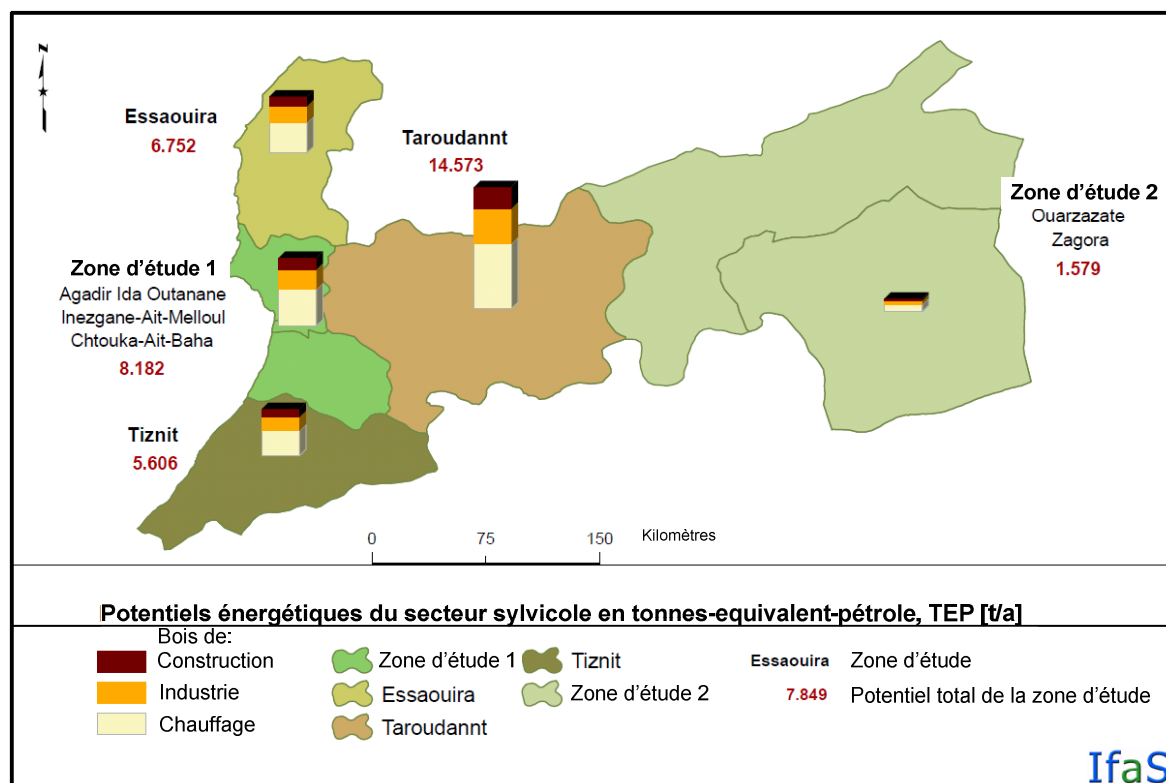


Figure 16: Potentiel énergétique issu du secteur forestier¹²⁰

¹²⁰ Réalisé par IfaS

L'analyse des flux de matière de la foresterie montre clairement que l'utilisation des restes de bois utilisés dans les scieries peut améliorer sensiblement la situation des scieries de la région. Une forme d'utilisation possible est la valorisation thermique des chutes de bois, c'est à dire la vente des résidus du sciage sur le marché des combustibles. Une option permet l'utilisation thermique des résidus du sciage sous une forme adéquate, c'est celle des briquettes. Les briquettes de bois sont plus grandes, majoritairement empilables, de forme oblongue des résidus de bois en vrac; qui seront produites par maillage de fibres (procédé d'extrusion, compactage). En tant que combustible solide, la production combinée de briquettes de bois avec des brindilles molles (comme de l'herbe ou des restes issus de l'agriculture) permet la création des dénommées briquettes mixtes. Le processus technique de mise en briquettes est présenté de façon détaillée dans la partie 9.5. C'est le point de départ le plus important pour le futur développement stratégique surtout pour le processus de connexion des chutes de bois des scieries issues des industries de transformation du bois dans les centres industriels autour d'Agadir et d'Essaouira.

7.3 Gestion des déchets

7.3.1 Aperçu général

Le Maroc produit actuellement 7.5 millions de tonnes de déchets. Ces déchets ménagers, commerciaux, et industriels ne subissent aucun prétraitement. D'après les sources du gouvernement il existe 6 décharges contrôlés au Maroc et 50 sont encore en projet. Le traitement des déchets pose un problème de plus en plus sérieux. L'accroissement naturel de la population est de 1.4% par an, l'urbanisation y est galopante, le taux aujourd'hui s'élève à 56% (contre 30% en 1960) et la population totale se chiffre à 30 millions d'habitants. L'urbanisation s'accompagne de changement dans les habitudes de consommation, ce qui entraîne une augmentation de la quantité de déchets par habitants. Entre 1999 et 2006 le volume des déchets a augmenté de 17%. Sur l'ensemble des 7.5 millions de tonnes de déchets on compte 6.5 millions de déchets ménagers, 1 millions de tonnes de déchets industriels, 120 000 tonnes de déchets spécifiques et 12 000 tonnes de demeures médicaux. Le ministère de l'environnement estime que seulement 10% des déchets ménagers et 23% des déchets industriels sont recyclés¹²¹.

Les administrations locales se trouvent surchargées à cause du devoir d'évacuation des déchets. Dans le même temps la gestion des déchets prend de l'importance au niveau politique. L'évacuation et le stockage des déchets ménagers se font vers les décharges

¹²¹ Cp. Germany Trade and Invest: Datenbank – Länder und Märkte, 2007

sauvages. De ce fait les ressources indispensables telles que les sols, l'air et l'eau sont contaminés et les ressources matériels (matières recyclables) sont définitivement perdues. Il est urgent d'agir au niveau écologique dans la gestion des déchets. La quantité et la nature des déchets posent un problème grave au niveau mondial qui exige des solutions et des réponses adaptées. Il est d'autant plus urgent de trouver des solutions au recyclage que l'industrialisation est elle-même consommatrice de ressources. Il existe un besoin de revaloriser les flux de matières régionaux avec une valeur ajoutée régionale élevée (voire chapitre 9.3)

En décembre 2006 une loi entre en vigueur, elle comprend des plans nationaux et régionaux visant à éliminer et recycler des déchets. Elle prévoit aussi de stocker les déchets ménagers et industriels et réserve un traitement spécifique pour les déchets dangereux. L'application de cette loi courant 2007 nécessite un financement à hauteur de 4.3 millions de dollars US afin de pouvoir traiter les déchets solides. On envisage aussi de construire un centre de traitement des déchets dangereux.

Au Maroc il existe déjà un projet pilote dans lequel une coopération communale regroupant syndicat et entreprise privée est expérimenté. Dans la ville de Larache la séparation des déchets organiques des déchets ménagers ainsi que le compostage sont expérimentés afin de réduire la quantité de déchets qui sont mis à la décharge.

Pour la construction de décharges contrôlées des directives et les fondements juridiques et un concept national de management pour l'évacuation des déchets industriels sont développés.¹²²

Dans la région de Souss-Massa-Drâa l'évacuation des déchets est réalisé vers les décharges sauvages cependant de nombreuses villes prévoient la construction de décharge contrôlée. Outre la décharge pour le Grand Agadir il est prévu d'établir des décharges contrôlées à Oulad Taima, Biougra et Ait Aizza, même si ces plans comprennent seulement un stockage contrôlé excluant un traitement et un recyclage des déchets.

Dans ce qui suit le système d'évacuation des déchets de la ville d'Agadir est décrit de façon exemplaire. La collecte et l'évacuation des déchets du Grand Agadir¹²³, qui se compose de quatre collectivités locales et trois communes, est réalisé par les institutions communales ainsi que par les communes privées. En général il existe un système individuel de collecte des déchets („porte-à-porte“), seulement dans certains quartiers la collecte est réalisé par

¹²² Cp. Germany Trade and Invest: Datenbank – Länder und Märkte, 2007

¹²³ La zone „Grande Agadir“ est composé des secteurs suivantes : Municipalité d'Agadir (Agadir, Tikiouine, Anza, Bensergao), municipalité d'Inezgane, commune rurale de Drarga, commune rurale d'Aourir, municipalité de Dcheïra_Al Jihadia, municipalité d'Ait Melloul, commune rurale de Tamsia

les bennes collectives („collecte en point“). Il existe des systèmes de collecte différente en fonction des types de déchets:

- Déchets ménagers: Tous les déchets ménagers sont collectés par la commune. La collecte s'effectue chaque jour.
- Déchets du secteur touristique: La collecte des déchets des secteurs touristiques de la ville s'effectue grâce au système communal de collecte ainsi qu'avec les entreprises privées. Les déchets collectés par les privées (ca. 30% des déchets des hôtels) s'élèvent de 20 à 40 tonnes par jour. En générale, on estime que chaque touriste produit un kilogramme de déchet quotidiennement (voire chapitre 7.3.4).
- Déchets verts: Les déchets verts sont collectés par le service public dans les secteurs publics et certains quartiers de la ville. Le service public collecte aussi les déchets ménagers des points noirs ainsi que les déchets des trottoirs qui peuvent être mélangés avec les déchets verts.
- Déchets industriels: L'évacuation des déchets industriels est normalement organisée par les entreprises privées sur la base des conventions individuelles avec les industriels. Dans certaines zones industrielles les bennes à déchets sont mises à disposition par la commune pour les petites entreprises (p.ex. déchets de pêches des entreprises Belma, Samak, Grande Marque)¹²⁴. Au total, les déchets issus de la pêche qui sont collectés par les communes, s'élèvent à 5m³, ce qui équivaut 4 tonnes par jour.

Au total, 230 tonnes des déchets sont collectés à Agadir par jour et sont mise en dépôt à la décharge de Bikrane. Cette décharge se trouve au nord de la ville d'Agadir, à environ 1 km de la ville de Dakhla et du campus universitaire. La décharge existe depuis l'année 1978, elle occupe une surface de 35 ha et il était déjà prévu de fermer la décharge en juin 2008.¹²⁵ Les déchets des autres communes sont stockés/évacués sur d'autres décharges locales. La photographie suivante montre la décharge de Bikrane.

¹²⁴ Cp. Eau Globe : Etude du schéma directeur de collecte et du nettoyage du Grand Agadir, Mission 2-1, p.7

¹²⁵ Cp. Ministère de l'intérieur, Région Souss-Massa-Drâa, Préfecture d'Agadir Ida ou Tanane, Commune urbaine Agadir, Division des Affaires techniques et de l'environnement : Biogaz – Décharges publiques du Grand Agadir



Figure 17: Décharge Bikarane Agadir¹²⁶

Dans le futur les déchets seront évacués sur un décharge contrôlée („Centre d’Enfouissement Technique“) près de Tamlast. La décharge comprendra une surface de 41 ha et devra évacuer environ 2.7 millions de tonnes des déchets pendant les 10 années à venir.

7.3.2 Acteurs

Grâce aux nouvelles lois qui étaient promulgués dans les années 2005 et 2006 la base juridique pour le dépassement des problèmes des déchets était fondée. Aussi les lois ont une influence considérable sur la structure des acteurs dans le secteur de la gestion des déchets marocains.

La loi sur les services publics/communaux de 2005 donne aux communes la possibilité de confier la gestion des déchets aux entreprises privées dans le cadre des joint-ventures. Certaines grandes villes au Maroc ont déjà profités de cette possibilité et ont confiés ce service aux privées. Désormais un nouveau marché a été crée pour les entreprises internationales et spécialisés (Suez, Pizzorno, Veolia, Onyx).

D’après les experts, il faut encore plusieurs années pour que la population comprenne que le traitement des déchets entraîne des coûts¹²⁷. Même si Agadir est un centre touristique avec un nombre d’habitants croissant, la gestion des déchets est organisée par la commune pour des raisons financières.¹²⁸

¹²⁶ IfaS

¹²⁷ German Trade and Invest (Deutsche Handelsdatenbank), Marokko will Rückstand im Umweltschutz wettmachen - Gesetzliches Rahmenwerk steht / Umsetzung hat erst begonnen, 2007

¹²⁸ http://www.agadirnet.com/news-actualites/details_tariq-kabbage-maire-dagadir-les-habitants-doivent-defendre-les-acquis-de-leur-ville_5616.html

7.3.3 Déchets ménagers

7.3.3.1 Démarche

Pour la détermination des potentiels qui sont produit dans le secteur des déchets ménagers, d'abord les potentiels des déchets ménagers et des déchets commerciaux (semblables aux déchets ménagers) sont évalués. La base des données nécessaire se compose des données officielles (bilan des déchets) et des données statistiques (nombre d'habitants et quantités spécifiques des déchets), divisé en zones urbains et rurales.

Zone d'étude	Population (total)	Population urbaine	Population rurale
Agadir Ida Outanane	550.361	391.173	159.188
Chtouka-Aït-Baha	330.883	38.597	292.286
Essaouira	462.157	98.503	363.654
Inezgane-Aït-Melloul	492.523	375.636	116.887
Ouarzazate	529.476	139.881	389.595
Taroudannt	823.695	204.595	619.099
Tiznit	345.407	88.837	256.571
Zagora	296.037	48.057	247.980
Total	3.830.539	1.385.280	2.445.259

Tableau 25: Nombre d'habitants dans les provinces de Souss-Massa-Drâa (2008)¹²⁹

Pour la région de Souss-Massa-Drâa le Ministère de l'Aménagement du Territoire, de l'Eau et de l'Environnement; Secrétariat d'Etat chargé de l'Environnement (Direction de la Surveillance et de la Prévention des Risques) a évalué une quantité de déchets de 0,67 kg par habitant¹³⁰. Cette valeur représente une valeur moyenne pour les zones rurales et urbaines. La valeur est concrétisé par les quantités des déchets plus détaillés pour les zones urbains (0,75 kg/hab/j) et rurales (0,3 kg/hab/j)¹³¹.

A partir de la quantité totale des déchets un taux pour la fraction organique est déterminé (urbain 55%, rural 70%) et résulte à l'aide du rendement de gaz dans le potentiel théorique en biogaz ($\approx 100 \text{ m}^3/\text{t}_{\text{MF}}$). Ce potentiel se base sur l'utilisation dans les unités de fermentation (unité de biogaz) mais pas sur les potentiels de l'utilisation de gaz de décharge.

¹²⁹ Réalisé par IfaS. Le nombre d'habitants se base sur les informations du Ministère de l'Intérieur Région Souss-Massa-Drâa : Région Souss-Massa-Drâa, 2004. Projection 2008 par IfaS.

¹³⁰ Ministère de l'Aménagement du Territoire, de l'Eau et de l'Environnement; Secrétariat d'Etat chargé de l'Environnement Direction de la Surveillance et de la Prévention des Risques; 2003 ; p.6

¹³¹ Ministère de l'Aménagement du Territoire, de l'Eau et de l'Environnement; Secrétariat d'Etat chargé de l'Environnement Direction de la Surveillance et de la Prévention des Risques; 2003 ; p.6

Zone d'étude	Population		Quantité des déchets		Potentiel théorique de biogaz	
	urbaine	rurale	urbaine [t/a]	rurale [t/a]	urbaine [m3/a]	rurale [m3/a]
Agadir Ida Outanane	391.173	159.188	107.084	17.431	5.889.596	1.220.176
Chtouka-Aït-Baha	38.597	292.286	10.566	32.005	581.126	2.240.369
Essaouira	98.503	363.654	26.965	39.820	1.483.091	2.787.407
Inezgane-Ait-Melloul	375.636	116.887	102.830	12.799	5.655.675	895.936
Ouarzazate	139.881	389.595	38.292	42.661	2.106.084	2.986.247
Taroudannt	204.595	619.099	56.008	67.791	3.080.440	4.745.395
Tiznit	88.837	256.571	24.319	28.094	1.337.549	1.966.614
Zagora	48.057	247.980	13.156	27.154	723.558	1.900.770
Total	1.385.280	2.445.259	379.220	267.756	20.857.119	18.742.914
	3.830.539		646.976		39.600.033	

Tableau 26: Potentiel théorique de biogaz de la partie organique des déchets ménagers

A partir du potentiel théorique, qui est l'équivalent d'une utilisation totale des déchets ménagers de la zone d'étude, le potentiel technique est calculé. Pour la détermination du potentiel technique total il est supposé que la quantité utilisable est réduite par 10% dans les zones urbains et par 40% dans les zones rurales (collecte, logistique, etc.).

7.3.3.2 Potentiels

L'analyse de la fraction organique des déchets ménagers donne un potentiel (technique) considérable. Sur le long terme dans la zone d'étude 15 000 tep seront utilisable (voir Tableau 27). Le potentiel de déchets dans les zones densément peuplées comme Agadir - Ida Outanane et Inezgane- Ait Melloul est considérable. Dans ces zones les potentiels pourraient être activés à moyen terme grâce a des conditions logistiques favorables.

Pour l'utilisation des potentiels la technologie biogaz est proposé (voir chapitre 9.1). Les installations appropriés sont déjà utilisées et assez expérimenté dans les pays industrialisés (surtout en Europe). Au Maroc, dans la région de Souss-Massa-Drâa un concept modulaire avec un système de conditionnement simple utilisant la séparation manuelle ainsi qu'une unité de fermentation pour le traitement des déchets ménagers sont proposés.

La technologie de fermentation devra être adapté aux différents types de déchets et offrir la possibilité d'être développée/élargie par les modules supplémentaire après la première phase réussite du projet. Les modules supplémentaires peuvent par exemple traiter les déchets organiques des ménages ou de l'industrie (collectés par un tri sélectif) et les conditionner comme engrais organique pour l'agriculture.

La technologie appropriée pour le conditionnement et l'utilisation du potentiel des déchets devra être réalisée dans un endroit favorable (peu de transport), par exemple dans un centre de traitement des déchets.

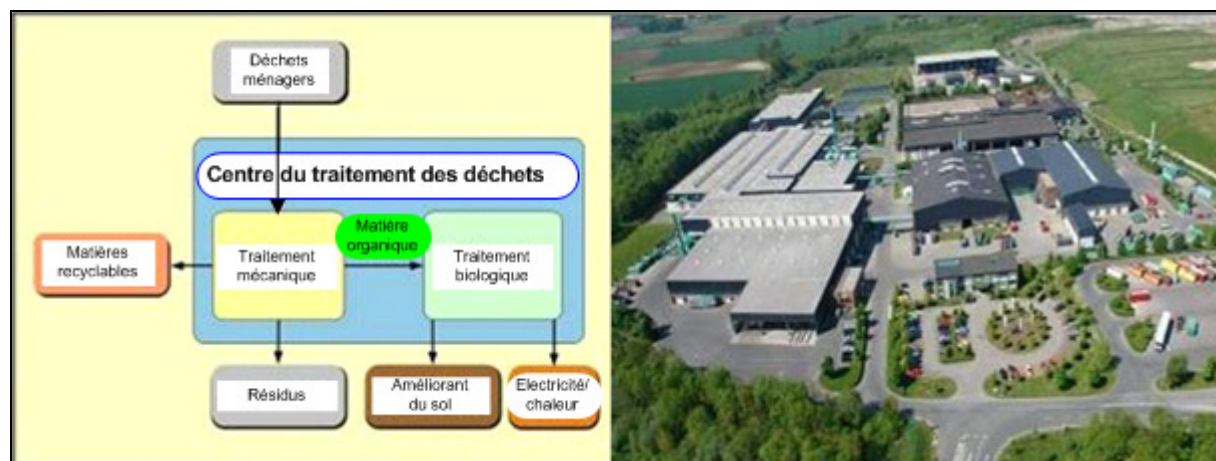


Figure 18: Schéma et exemple d'un centre de traitement des déchets¹³²

Dans les zones rurales le développement d'une infrastructure appropriée pour l'évacuation des déchets est une condition indispensable pour l'utilisation des potentiels de biomasse à partir des déchets ménagers. Pour la revalorisation des déchets dans les zones rurales il est proposé d'appliquer les modules de fermentation plus petits (3.000 – 8.000 tonnes par an).

Pour le potentiel total en biomasse des déchets ménagers outre le potentiel technique de biogaz le potentiel technique et l'équivalent de pétrole (TEP = 11.628 kWh) sont calculés.

Zone d'étude	Potentiel théorique de biogaz		Potentiel technique de biogaz		Potentiel énergétique		TEP	
	urbain [m3/a]	rural [m3/a]	urbain [m3/a]	rural [m3/a]	urbain [MWh/a]	rural [MWh/a]	urbain [t/a]	rural [t/a]
Agadir Ida Outanane	5.889.596	1.220.176	5.300.637	732.106	31.804	4.393	2.742	379
Chtouka-Aït-Baha	581.126	2.240.369	523.014	1.344.222	3.138	8.085	271	695
Essaouira	1.483.091	2.787.407	1.334.782	1.672.444	8.009	10.035	690	865
Inezgane-Aït-Melloul	5.655.675	895.936	5.090.107	537.562	30.541	3.225	2.633	278
Ouarzazate	2.106.084	2.986.247	1.895.476	1.791.748	11.373	10.750	980	927
Taroudannt	3.080.440	4.745.395	2.772.396	2.847.237	16.634	17.083	1.434	1.473
Tiznit	1.337.549	1.966.614	1.203.794	1.179.968	7.223	7.080	623	610
Zagora	723.558	1.900.770	651.202	1.140.462	3.907	6.843	337	590
Total	20.857.119	18.742.914	18.771.407	11.245.748	112.628	67.474	9.709	5.817
	39.600.033		30.017.155		180.103		15.526	

Tableau 27: Potentiels totaux des déchets ménagers¹³³

Pour le potentiel de biomasse des déchets ménagers il résulte un potentiel de réduction des émissions de CO₂ de 70.000 tonnes par an.

¹³² Réalisé par IfaS: IfaS, 2009

¹³³ Réalisé par IfaS

7.3.4 Déchets du secteur touristique

La performance économique de la région Souss-Massa-Drâa se base particulièrement sur le secteur touristique, qui contribue à hauteur de 20% dans le PIB régional¹³⁴. On explique ceci par la beauté des paysages côtiers ainsi que de la proximité de l'aéroport international d'Agadir. Grâce au climat favorable avec (plus de 300 jours ensoleillés par an), la région et ses nombreuses stations balnéaires est devenu le plus grand centre touristique du pays. Avec plus de 5.000.000 de nuitées c'est l'une des régions touristiques les plus importantes du pays.

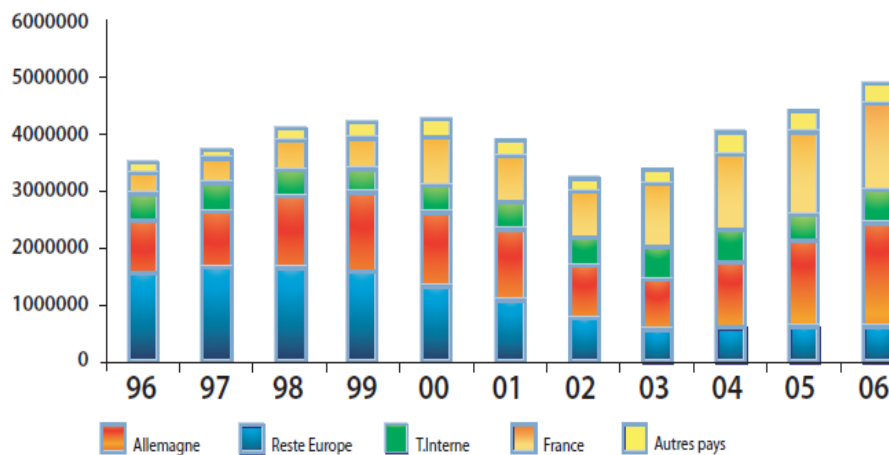


Figure 19: Vue d'ensemble des nuitées du Grande Agadir¹³⁵

De plus ces dernières années on a continué à investir considérablement dans le tourisme. Dans la région de Souss-Massa-Drâa environ 150 000 personnes sont employées dans le secteur touristique¹³⁶.

Ci-dessous est présentée une liste des acteurs clés du secteur touristique.

¹³⁴ Région Souss-Massa-Drâa : Les grands chantiers, Le tourisme

¹³⁵ Programme de Développement Régional Touristique, 2006

¹³⁶ Région Souss-Massa-Drâa : Les grands chantiers, Le tourisme

	Acteurs clés dans le secteur touristique		
	Nom	Organisation	Ville
Tourisme	Conseil régional du tourisme d'Agadir	Administration	Agadir
	Délégation du tourisme d'agadir	Administration	Agadir
	Asso-AMOUDOU pour le Développement Touristique et Culturel de Tiznit	Association	Tiznit
	La Destination Sahara" Association du	Association	Tan-Tan
	Association ADRAR Tamraght pour le Développement Social Culturel Touristique et Sportif	Association	Agadir

Tableau 28: Acteurs/Institutions clés dans le secteur touristique¹³⁷

La collecte des déchets des secteurs touristiques de la ville est réalisée par le système communal ainsi que par les entreprises privées.¹³⁸

7.3.4.1 Démarche

En se basant sur le nombre de nuitées passées dans la région, en s'aidant des valeurs empiriques et des indicateurs analysés sur place on peut calculer le potentiel de biomasse de la fraction organique de l'hôtellerie. Pour cela, les systèmes d'évacuation dans les zones urbaines et rurales sont analysés.

Pour arriver à calculer le potentiel de biomasse du secteur touristique, la quantité de déchets par nuitée des touristes ainsi que la fraction organique sont déterminants. En Europe centrale on part du principe qu'un hôte produit 2 kilos par nuit. Pour la région de Souss-Massa-Drâa ainsi qu'autour des zones d'Agadir une étude estime qu'un individu émet un kilogramme de déchet par nuitée (fraction organique: 55% en milieu urbain, 70% en milieu rural)¹³⁹.

Cependant cette valeur sera moins élevée dans les régions rurales car le tourisme individuel y prédomine et de plus les déchets organiques des hôtels sont utilisés à d'autres fins (exemple le fourrage pour animaux). Ce qui explique que dans les calculs suivants le taux saisissable des déchets organique s'élève à 60% dans les zones rurales.

Les déchets des hôtels dans les zones à forte concentration urbaine ont plus de chance d'être traités par les systèmes d'évacuations existants, c'est-à-dire la mise en décharge. Par exemple, dans la ville d'Agadir la collecte des déchets des secteurs touristiques est réalisée

¹³⁷ Réalisé par IfaS

¹³⁸ Eau Globe : Etude du schéma directeur de collecte et du nettoyage du Grand Agadir, p. 21

¹³⁹ Eau Globe : Etude du schéma directeur de collecte et du nettoyage du Grand Agadir, p. 21

par le service public et les entreprises privées (ca. 30% des hôtels). Il en résulte que ca. 90% des déchets organiques des zones urbaines peuvent être saisis.

Le tableau suivant indique le nombre des nuitées de la région Souss-Massa-Drâa et de la province d'Essaouira ainsi que les valeurs moyennes utilisées pour le calcul des potentiels.

Zone d'étude	2004	2005	2006	2007	2008	Moyen (04 - 06 ou bien 07/08)
Agadir Ida Outanane	4.109.218	4.451.871	4.925.667			4.495.585
Chtouka-Aït-Baha	2.568	1.932	1.640			2.046
Essaouira				193.002	213.518	203.260
Inezgane-Aït-Melloul	26.818	26.770	26.972			26.853
Ouarzazate	468.134	531.973	550.200			516.769
Taroudannt	61.382	68.517	68.803			66.234
Tiznit	33.905	37.554	37.255			36.238
Zagora	71.685	78.384	83.784			77.951
Total	4.773.706	5.197.001	5.694.321			5.424.936

Tableau 29: Nombre des nuitées (2002 – 2008)

7.3.4.2 Potentiels

Dans le domaine touristique il en résulte un potentiel théorique des déchets organiques équivalent à 2.700 tonnes par an ou bien 270.000 m³ de biogaz.

Zone d'étude	Moyen (04 - 06 et '07/08)	Quantité déchets organiques [t/a]	Potentiel théorique de biogaz [m ³ /a]	Potentiel technique de biogaz [m ³ /a]	Potentiel énergétique [MWh/a]	TEP [t/a]
Agadir Ida Outanane	4.495.585	2.248	224.799	157.345	944	81
Chtouka-Aït-Baha	2.046	1	102	72	0	0
Essaouira	203.260	102	10.163	7.114	43	4
Inezgane-Aït-Melloul	26.853	13	1.343	940	6	0
Ouarzazate	516.769	258	25.838	18.087	109	9
Taroudannt	66.234	33	3.312	2.318	14	1
Tiznit	36.238	18	1.812	1.268	8	1
Zagora	77.951	39	3.898	2.728	16	1
Total	5.424.936	2.712	271.267	189.873	1.139	98

Tableau 30: Potentiel théorique et technique des déchets du secteur touristique¹⁴⁰

Le tableau ci-dessus montre que le potentiel est concentré dans le Grand Agadir. On présume alors qu'une utilisation des potentiels dans cette zone sera plus économique.

Afin de déterminer le potentiel technique ou bien de l'activer, il est nécessaire de coopérer avec les communes, administrations et des associations. Par exemple, les communes pourraient proposer aux hôtels à l'aide de décret des recommandations visant à faire un tri

¹⁴⁰ Réalisé par IfaS

sélectif et collecter les déchets organiques (reste de repas, déchets de cuisine etc.) grâce à un système spécial de collecte. Cette collecte pourrait être réalisée par l'opérateur d'une unité de biogaz. Le potentiel technique est de ca. 190.000 m³ de biogaz à un taux de collecte de 70%. Cette quantité n'est pas suffisante pour l'opération d'une unité de biogaz. Alors, il est proposé de déterminer d'autres substrats et de viser une co-fermentation avec d'autres matières.

Le point positif dans l'utilisation des restes de repas et des déchets de cuisine est le haut rendement du biogaz (teneur en matière grasse). De plus le biogaz requiert des technologies de séparation et de conditionnement moins compliquées, pourvue un tri sélectif dans les cuisines d'hôtels. Cela peut réduire le coût d'investissement et favoriser une utilisation énergétique plus favorable de ce flux de matière.

7.3.5 Déchets de l'industrie agro-alimentaire

L'agriculture, l'industrie agro-alimentaire ainsi que la pêche et l'industrie de pêche représentent des secteurs économiques importants dans la zone d'étude. La région Souss-Massa-Drâa est aujourd'hui l'une des principales régions (grâce aux conditions climatiques favorables) en ce qui concerne la production de fruits et légumes au Maroc. La culture sous serre est largement répandue.

Outre la production agricole et animale la région dispose aussi de nombreuses entreprises de conditionnement (industrie agro-alimentaire). Il existe par exemple 83 stations pour le triage et l'emballage des fruits et les légumes, qui sont largement destinés à l'exportation. De plus on dénombre plusieurs unités visant à conditionner et à conserver le lait, les poissons et la viande.

La majeure partie des zones industrielles à Souss-Massa-Drâa se trouve sur les villes côtières de la région. Particulièrement le Grand Agadir est un centre suprarégional. Alors, dans le port d'Agadir les marchandises de la région (fruits, légumes, poisson, produits artisanaux) sont prêtes à être livrées sur le marché international. Les secteurs comme la navigation et la construction sont également représentés à Agadir.

Dans ce chapitre les potentiels de biomasse dans l'industrie agro-alimentaire seront décrits, cependant certaines entreprises seront décrites de manière sommaire du aux données très rare sur ce secteur (quantité des déchets).

En général, les potentiels de biomasse des secteurs suivants de l'industrie agro-alimentaire sont analysés :

- Industrie de la pêche
- Production de l'huile d'olive
- Le traitement des fruits et de légumes
- L'Industrie laitière
- Les abattoirs.

7.3.5.1 Industrie de pêche

Aperçu générale

Le Maroc est l'un des plus grands producteurs de poisson en Afrique (1.1 millions de tonnes). Dans certaines catégories de poissons il fait même partie des leaders au niveau mondial. L'industrie de la pêche au Maroc est principalement orientée vers l'exportation. Le pays fournit 80% de sa production aux pays membres de l'union européenne.

Il y a quelques années qu'un programme national visant à moderniser l'industrie de pêche a été engagé. En parallèle, les conventions de pêche avec la plupart des pays européennes étaient résiliées. Durant ce laps de temps les bancs de poisson purent se régénérer et l'industrie marocaine de la pêche a vu ses profits et bénéfices augmentés davantage.¹⁴¹

La région de Souss-Massa-Drâa est un centre important de la pêche et de son industrie marocaine. Agadir et son port concentre environ 70-80% des débarquements de cargaisons de poissons.

Les sardines, maquereau, les anchois et d'autres poissons sont traités dans les nombreuses entreprises (poissons congelés et conservés), surtout pour les marchés européennes. Sur les marchés locaux les poissons sont surtout traités et vendue directement aux clients. En plus, à Agadir on trouve également des entreprises qui produisent des produits tels que l'huile de poisson et la farine de poisson.

Acteurs

Dans l'industrie de la pêche on compte deux groupes principaux: Les entreprises privées dans le secteur de la pêche ainsi que les administrations et institutions publics, qui sont en partie active au niveau nationale. Dans le grand Agadir on compte près de 40 entreprises privées repartis dans les secteurs suivants:

¹⁴¹ Royaume du Maroc Ministère de l'Agriculture, du Développement Rural et des Pêches Maritimes

- Conserves
- Semi-conserves
- Farine de poisson et huile de poisson
- Poissons congelés.

Le tableau suivant liste les entreprises de ce secteur d'après les catégories de produits différentes.

Industrie de poisson				
Entreprise	Adresse	Lieu	Quantité produite	Produit
CONSERVIERIE MAROCAINE DOHA	ROUTE DE BIOUGRA Z.I BP 417	INEZGANE	7023 t	POISSON
REKTA KRIFA	RUE PRÉSIDENT BEKKAI Q.I	AGADIR (M)	919 t	ANCHOIX
SOCIETE NOUVELLE COSARNO	QUARTIER INDUSTRIEL ANZA RUE G	AGADIR (M)	89 t	MAQUEREAUX
REKTA KRIFA	RUE PRÉSIDENT BEKKAI Q.I	AGADIR (M)	40 t	POULPES
STE SHANDONG FISHERIE	NOUVEAU PORT PARCEL N° 33	AGADIR (M)	510 t	CEPHALOPODES
ATLANTIC	Q.I AIT MELLOUL LOT FARAH N° 21/23	INEZGANE	25000 t	CONSERVE DE POISSONS
BELMA	RUE DU PRÉSIDENT BEKKAI Q.I BP 4	AGADIR (M)	14000 t	CONSERVE DE POISSONS
CONSERVIERIE DE LA GIRONDE	Q.I MOUSSA IBN NOUSSAIR	AGADIR (M)	20966 t	CONSERVE DE POISSONS
CONSERVIERIE IFNI	AV AL MOUQUAOUAMA Q.I	AGADIR (M)	41 t	CONSERVE DE POISSONS
NLLE AVEIRO MAROC	AV DE 2 MARS Q.I AGADIR B P 117	AGADIR (M)	21146 t	CONSERVE DE POISSONS
AMADIR	AV CADI AYAD Q.I BP 132	AGADIR (M)	7000 t	CONSERVE DE SARDINE
SOCIETE NOUVELLE COSARNO	QUARTIER INDUSTRIEL ANZA RUE G	AGADIR (M)	5805 t	CONSERVE DE SARDINE
AMAPEX	PARCELLE N° 50 NOUVEAU PORT	AGADIR (M)	1539 t	POISSONS CONGELES
ATLANTIC SEA PRODUCT	NOUVEAU PORT	AGADIR (M)	30 t	POISSONS CONGELES
CEFALOPEX MAROC	238 E26 PROGRAMME TASSILA ZI	AGADIR (M)	400 t	POISSONS CONGELES
CO-INMA FISHERIES	PARCELLE N 244 ANCIEN PORT AGADIR	AGADIR (M)	527 t	POISSONS CONGELES
COPLIMA	QUARTIER INDUSTRIEL ANZA BP 6100	AGADIR (M)	140 t	POISSONS CONGELES
DERHEM SEA FOOD	LOT N 18 Z I TASSILA III	AGADIR (M)	3068 t	POISSONS CONGELES
FRIGEMA	AV DE 2 MARS N°10	AGADIR (M)	480658 t	POISSONS CONGELES
FRIGO EL JAOUHARI	67 BD AHMED EL MANSOUR EDDAHBI AGAD	AGADIR (M)	56 t	POISSONS CONGELES
FRIGO TASSILA	TASSILA III TIKIOUINE INEZGANE	AGADIR (M)	100 t	POISSONS CONGELES
GEFS	ANCIEN PORT DE PECHE	AGADIR (M)	546 t	POISSONS CONGELES
HAIFEN FROID	NOUVEAU PORT	AGADIR (M)	180 t	POISSONS CONGELES
JISA	PORT D'AGADIR PARCELL N° 89	AGADIR (M)	50 t	POISSONS CONGELES
MOROCCAN CHINA FISHIMY CORPORATION	PORT D'AGADIR IMM TREFECO	AGADIR (M)	900 t	POISSONS CONGELES
PAMAPECHE	PARCELLE N° 30 N.PORT	AGADIR (M)	3000 t	POISSONS CONGELES
PECHE & FROID DU SOUSS	PORT D'AGADIR	AGADIR (M)	500 t	POISSONS CONGELES
RAOIHANE IMPORT EXPORT	QUARTIER INDUSTRIEL ANZA RUE ASINAA	AGADIR (M)	798 t	POISSONS CONGELES
SATMA PECHE	N° 3 RUE 435 ERAC IHCHACH	AGADIR (M)	225 t	POISSONS CONGELES
SOCOPTER	PORT DE PECHE PARCELLE N°81 BP 1798	AGADIR (M)	35 t	POISSONS CONGELES
SOFRIGAM	HANGAR N° 1 ANCIEN PORT AGADIR	AGADIR (M)	1497 t	POISSONS CONGELES
SOLICOMA	QUARTIER INDUSTRIEL ANZA	AGADIR (M)	194 t	POISSONS CONGELES
SOPECHEMAT	ANCIEN PORT IMM TREFICO	AGADIR (M)	852 t	POISSONS CONGELES
STE IDOU PESCA	PARCELLE N°28 NOUVEAU PORT D'AGADI	AGADIR (M)	350 t	POISSONS CONGELES
UMEP	B.P 1012 POSTE PRINCIPALE VILLE NOU	AGADIR (M)	2465 t	POISSONS CONGELES
FERKHANA PESCA	NOUVEAU PORT AGADIR		1000 t	POISSONS CONGELES
WINTERISATION ATLANTIC	LOT B 631 ZI AIT MELLOUL		14000 t	HUILE DE POISSON
CONSORTIUM INDUSTRIEL DE PECHE*COIP	QUARTIER INDUSTRIEL ANZA R G BP 554	AGADIR (M)	3525 t	FARINE DE POISSON

Tableau 31: Entreprises de l'industrie de pêche¹⁴²

Le tableau suivante donne une vue d'ensemble des institutions publics de l'industrie de pêche.

¹⁴² Délégation du Ministre de l'Industrie et de Commerce. Commentaire de l'auteur : Les données sur les quantités produites représentées dans le tableau n'ont pas pu être vérifiées ou confirmées et ainsi n'étaient pas utilisées pour les calculs du potentiel.

Des acteurs importants de l'industrie de pêche dans la région de SMD		
Nom	Organisation	Ville
Office National des Pêches	Administration	Agadir, Sidi Ifni, Tan-Tan
Institut National de Recherche Halieutique	Institut	Agadir
AMASCOP: Association Marocaine des Fabricants de Semi-Conservé de Poisson	Association	Agadir
Association des congélateurs	Association	Agadir
Association des sous produits	Association	Agadir
Association des conserveurs	Association	Agadir

Tableau 32: Acteurs clés de l'industrie de pêche

Potentiels

Afin de calculer les potentiels de biomasse du secteur de la pêche, la quantité de pêche est évaluée selon les portes de la région de Souss-Massa-Drâa. Le tableau suivant présente les quantités de pêche des dernières années pour les principaux ports de la zone d'étude.

Débarquement [t/a]	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Port						
Imessouane	514	763	1.260	809	802	687
Taghazout	72	79	14	13	80	88
Agadir	91.846	112.755	68.653	38.007	84.854	81.360
Sidi Ifni	13.093	13.695	13.841	20.157	18.545	32.199
Essaouira	10.806	7.649	4.974	5.543	7.600	6.008
Total	116.331	134.941	88.742	64.529	111.881	120.342

Tableau 33: Quantités de pêche des portes principales de la zone d'étude¹⁴³

Toutefois pour la détermination du potentiel théorique de biogaz du secteur de la pêche la quantité n'est pas significative car une partie de la pêche est vendue directement (hôtels, restaurants, déchets ménagers) et est donc saisie par un autre flux de matières (déchets des hôtels, déchets ménagers). Dans ce cas, les potentiels de biogaz des volumes de production et des déchets de l'industrie de pêche dans les zones urbaines sont analysés.

Les études menées par l'Institut Supérieur des Pêches Maritimes à Agadir ont montré que dans l'industrie de la pêche 30% des volumes traités représentent des résidus.

Le tableau suivant précise les quantités de production des deux grands ports de la zone d'étude ainsi que le taux exact des résidus au conditionnement des poissons.

¹⁴³ Office National de Pêche : Rapport Statistique des produits de la mer, 2008, 2007, 2006, 2005, 2004

Port	Agadir		Sidi Ifni		Total	
Produit	[t/a]	%	[t/a]	%	[t/a]	%
Consommation locale	46.497	57,1%	25.938	80,6%	72.435	63,8%
Conserves	12.756	15,7%	4.520	14,0%	17.276	15,2%
Congélation	2.119	2,6%	61	0,2%	2.180	1,9%
Salaison	2.569	3,2%	1.680	5,2%	4.249	3,7%
Farine de poisson	17.419	21,4%	0	0,0%	17.419	15,3%
Total par port	81.360		32.199		113.559	

Tableau 34: Production des produits de pêche des deux grandes portes d'après les types de poisson en 2005 ¹⁴⁴

Sorte	Quantité livrée [kg]	Poids produit final [kg]	Produit [%]	Déchets [%]
Anchois	14,0	10,0	71%	29%
Sardine	18,4	12,7	69%	31%
Chinchard	33,1	22,8	69%	31%

Tableau 35: Production des résidus au traitement des poissons ¹⁴⁵

Ces matières résiduelles sont produites au niveau de l'étêtage et l'éviscération.

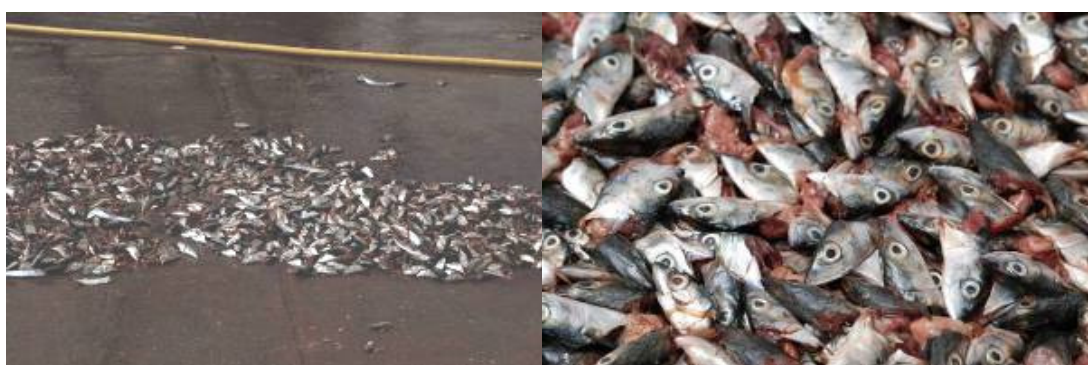


Figure 20: Matières résiduelles de poisson dans le port d'Agadir

Le potentiel des matières résiduelles de l'industrie de traitement des poissons sont calculé seulement pour les deux grands ports en Souss-Massa-Drâa, Agadir et Sidi Ifni, puisque les autres ports ne disposent pas des unités industrialisés. Pour l'estimation des potentiels un rendement de biogaz de 80 m³ par tonne de déchets est utilisé. Pour la détermination du potentiel technique du biogaz il est supposé que 60% des matières résiduels du secteur du traitement des poissons peut être saisi a moyen terme.

Le tableau suivant illustre le calcul des potentiels du biogaz pour Agadir et Sidi Ifni.

¹⁴⁴ Office National de Pêche : Rapport Statistique des produits de la mer, 2008, 2007, 2006, 2005, 2004

¹⁴⁵ Réalisé par IfaS

Agadir	Production	Déchets	Potentiel théorique de biogaz [m3/a]	Potentiel technique de biogaz [m3/a]	Potentiel énergétique [MWh/a]	TEP [t/a]
Produit	[t/a]	[t/a]				
Industrie des conserves	12.756	3.827	306.144	183.686	1.102	95
Poisson surgelé	2.119	636	50.856	30.514	183	16
Poisson salé	2.569	771	61.656	36.994	222	19
Total	17.444	5.233	418.656	251.194	1.507	130
Sidi Ifni	Production	Déchets	Potentiel théorique de biogaz [m3/a]	Potentiel technique de biogaz [m3/a]	Potentiel énergétique [MWh/a]	TEP [t/a]
Produit	[t/a]	[t/a]				
Industrie des conserves	4.520	1.356	108.480	108.480	651	56
Poisson surgelé	61	18	1.464	1.464	9	1
Poisson salé	1.680	504	40.320	40.320	242	21
Total	6.261	1.878	150.264	150.264	902	78

Tableau 36: Potentiels de l'industrie de traitement des poissons

Du fait que les caractéristiques de matières résiduelles de l'industrie de pêche varient considérablement, les valeurs ci-dessus sont des valeurs simplifiées. Le rendement du biogaz doit être l'objet d'une analyse plus détaillée. Aussi la technologie de fermentation dépend considérablement des caractéristiques des matières résiduelles (matière sèche, salinité, etc.). Le chapitre 9.7 présente un projet possible pour l'analyse des potentiels énergétiques des résidus de poisson.

7.3.5.2 Production de l'huile d'olive

Grâce au potentiel de valeur ajoutée élevé la culture des olives est très importante au Maroc. Aussi dans la région de Souss-Massa-Drâa et dans la province d'Essaouira la culture d'olive joue un rôle primordial. Le Plan Vert prévoit d'agrandir les surfaces de production d'olives de 27.000 ha actuellement par 17% à 31.700 ha, les rendements devront augmenter par 87% ce qui résulte dans une intensification et optimisation de culture.

La transformation des olives comprend la conservation des olives ainsi que la production d'huile d'olive. Comme les résidus, qui sont intéressants dans le cadre de cette étude, sont surtout produits pendant la production d'huile d'olive, la partie suivante se focalise sur l'industrie de transformation.

La production d'huile d'olive se fait soit par une pression mécanique soit par une extraction chimique (raffinerie). Le mode de traitement le plus courant à Souss-Massa-Drâa et à Essaouira c'est la pression dans les unités traditionnelles (*māasras*). Actuellement à Souss-

Massa-Drâa ils existent 1.712 *māasras*. La capacité maximale d'une telle unité s'élève à 10 tonnes d'olives par jour¹⁴⁶.

Dans les unités modernes la mécanisation des pressoirs résulte dans un rendement élevé d'huile de 16-20 litres par 100 kg de fruits. Quand même, un procédé en trois phases donne les rendements le plus élevés (à 35 litres par 100 kg de fruits). Dans la région de Souss-Massa-Drâa, le traitement d'olive par trituration se fait dans 8 unités industrielles (voir Tableau 37). En plus, « l'Huilerie du Souss » s'occupe du raffinage et de la mise en bouteilles d'huile d'olive.

Zone d'étude	Nbr. unités industrielles	Capacité de production [t/a]
Agadir	1	1.200
Taroudannt	5	5.900
Ouarzazate	2	2.300
Maasras	1.712	8.500
Total	8	17.900

Tableau 37: Nombre et capacité des unités de l'huile d'olive¹⁴⁷

Le procédé d'extraction d'huile d'olive produit deux types de rejets : La phase solide (grignons : pulpe, peau) est un résidu formé lors de la séparation de la phase solide/liquide, qui est parfois utilisé pour la production d'un soi-disant « huile de grignons » ou incinéré.

La phase liquide (margines) est produites lors de la séparation de la phase liquide/liquide (huile/eau). Dans le procédé à trois phases 20% d'huile d'olive, 30% des résidus solides et 50% d'eau usée sont produits¹⁴⁸.

Les deux types de rejet représentent des matières polluantes avec une faible valeur économique mais une haute valeur énergétique. Pour cela une utilisation ultérieure a des avantages considérables. La quantité des margines produites par les unités industrielles est de l'ordre de 0,5-1 m³/t d'olive¹⁴⁹.

Les capacités des unités de production d'huile d'olive représentent donc des quantités considérables d'eau usée avec un teneur élevé en matière sèche. Actuellement il n'existe pas une méthode rentable et éprouvée pour le recyclage des eaux usées. Par un changement du processus à 3 étapes au processus à 2 étapes les effets négatifs (baisse du ph, corrosion des station d'épuration) sont réduit et en même temps les potentiels énergétiques peuvent être activés. Outre une consommation réduite en eau le processus à

¹⁴⁶ 100 kg de fruits donnent 15 kg d'huile.

¹⁴⁷ Wilaya d'Agadir: Monographie de la région Souss-Massa-Drâa

¹⁴⁸ Borja et al., 2006, Journal of Chemical Technology and Biotechnology

¹⁴⁹ <http://www.minenv.gov.ma/fodep/pdf/SUMMARY.pdf>

deux étapes donne aussi un substrat facile à fermenter pour la production d'énergie. Pour des raisons financières la plupart des unités continuent d'employer le processus à trois étapes.

Dans le cadre du Fonds de dépollution industrielle (FODEP) les entreprises, qui passent au processus moins polluant sont subventionnées.

La première expérience financée par le FODEP concerne l'usine de Lesieur située à Casablanca, les eaux usées de l'usine sont traitées par une station d'épuration comportant un décanteur, un bassin d'aération des boues activées et un bassin de stockage et séchage des boues, ces boues seront mises en dépôt à la décharge de Casablanca¹⁵⁰.

D'après une étude menée en Espagne non seulement la phase liquide mais aussi la phase solide (d'une production à deux étapes) est facile à dégrader dans les conditions anaérobies. Les rendements en méthane s'élèvent à 0,25 dm³ CH₄ par gramme de DCO (Demande Chimique en Oxygène).

Le tableau suivant montre les potentiels énergétiques des rejets liquides (« margines ») dans la région de Souss-Massa-Drâa (seulement prise en considération les unités industrielles, comme l'utilisation des rejets des unités traditionnelles causera trop de transport). Dans le calcul un rendement de méthane de 25 m³ par tonne d'olive (41 m³ de biogaz par tonne d'olive) est supposé.¹⁵¹

Ville	Mode de production	Capacité de trituration [t/a]	Production d'huile [t/a]	Quantité eaux usées [m ³ /a]	Pot. théorique de biogaz [m ³ /a]	Pot. technique de biogaz [m ³ /a]	Pot. énergétique [MWh/a]
Agadir	Industriel	1.200	240	1.200	50.000	37.500	225
Taroudant	Industriel	5.900	1.180	5.900	245.833	184.375	1.106
Ouarzazate	Industriel	2.300	460	2.300	95.833	71.875	431
Total		9.400	1.880	9.400	391.667	293.750	1.763

Tableau 38: Potentiels énergétique de la production de l'huile d'olive¹⁵²

Le tableau présente les grands potentiels énergétiques du secteur de production d'huile d'olive. Par l'utilisation des rejets non seulement les énergies renouvelables sont produits mais aussi le déversement des eaux usées dans l'environnement est empêché ou au moins réduit comme la fermentation (ou co-fermentation) des eaux usées réduit considérablement la DCO.

¹⁵⁰ Ministère de l'Energie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement : FODEP, Lesieur, Fiche Projet

¹⁵¹ Gelegenis J. et al.: Optimization of biogas production from olive-oil mill wastewater, 2007

¹⁵² Réalisé par IfaS

7.3.5.3 Traitement des fruits et des légumes

Comme déjà mentionné, la région Souss-Massa-Drâa est l'une des régions la plus importantes au Maroc pour la culture des fruits et des légumes. La plupart de la production est orienté vers l'export. Dans le cadre du Plan Vert ces secteurs seront développés ce qui entraîne particulièrement une intensification de la culture en particulier. D'après les informations de la délégation du Ministère de l'Industrie et de Commerce il existe les entreprises suivantes à Souss-Massa-Drâa qui traitent les fruits et les légumes.

Conditionnement des fruits et légumes				
Entreprise	Adresse	Lieu	Quantité produite	Produit
CONSEVERIE MAROCAINE DOHA	ROUTE DE BIOUGRA Z.I BP 420	INEZGANE	4069 t	FRUIT
AMAPEX	PARCELLE N° 50 NOUVEAU PORT	AGADIR (M)	405 t	FRUITS CONGELES
CONITAL	CENTRE EL HAYAT N° 148-149 Z.I TASS	AGADIR (M)	300 t	FRUITS LEGUME CONGELES
CONSEVERIE MAROCAINE DOHA	ROUTE DE BIOUGRA Z.I BP 418	INEZGANE	602 t	CONFITURE
CONSEVERIE MAROCAINE DOHA	ROUTE DE BIOUGRA Z.I BP 419	INEZGANE	566 t	TOMATE
COOPERATIVE DES PRIMEUR ET AGRUMES	AIT IAAZA	TAROUDANNT (M)		JUS

Tableau 39: Entreprises du secteur de traitement des fruits et des légumes¹⁵³

On peut expliquer le faible nombre des traiteurs par le fait que les produits sont exportés directement, sans aucun traitement.

A ce moment-là les quantités exactes des déchets de ces entreprises ne sont pas connues. Il est supposé que la production des fruits et légumes congelés ne produit pas de grandes quantités des déchets puisque une séparation des matières résiduels se passe déjà aux champs (voir chapitre 7.1.4.2).

La Coopérative des Agrumes et des Primeurs (COPAG) est l'un des plus grands producteurs d'agrumes et producteur des jus de fruits. D'après les informations de l'entreprise entre 100 a 150 tonnes de déchets sont produits par jour lors de la production de jus. Ces déchets ne sont pas disponibles pour une utilisation énergétique car ils sont utilisés en tant que fourrage¹⁵⁴.

Potentiels

Le tableau suivant illustre les potentiels techniques¹⁵⁵ du secteur de traitement des fruits et légumes, prenant en considération une quantité de déchets de 0.2 kg par kg de production¹⁵⁶

¹⁵³ Délégation du Ministre de Commerce et d'Industrie

¹⁵⁴ Mr. Abd El Majid de COPAG

¹⁵⁵ Dû à la production centralisée des déchets, une collecte de 100% des déchets peut être supposée. Alors, seulement le potentiel technique est calculé.

¹⁵⁶ En Allemagne, au traitement des légumes, des fruits et des pommes de terre une quantité de déchets de 0,1-0,35 kg par kg de matière première est estimé. (Kaltschmitt: Energie aus Biomasse, 2001/2009).

Entreprise	Lieu	Produit	Capacité [t/a]	Déchets [t/a]	Potentiel théorique de biogaz [m³/a]	Potentiel technique de biogaz [m³/a]	Energie-Potenzial [MWh/a]	TEP [t]	Equivalent CO2 [t]
CONSEVERIE MAROCAINE DOHA	INEZGANE	FRUIT	4069	814	48.828	34.180	205	18	79
AMAPEX	AGADIR	FRUITS CONGELES	405	81	4.860	3.402	20	2	8
CONITAL	AGADIR	FRUITS LEGUME CONGELES	300	60	3.600	2.520	15	1	6
CONSEVERIE MAROCAINE DOHA	INEZGANE	CONFITURE	602	120	7.224	5.057	30	3	12
CONSEVERIE MAROCAINE DOHA	INEZGANE	TOMATE	566	113	6.792	4.754	29	2	11
COOPERATIVE DES PRIMEUR ET AGRUMES	TAROUDANT	JUS	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
TOTAL			5.942	1.189	71.304	49.913	299	26	116

Tableau 40: Potentiels dans le secteur de traitement des fruits et légumes¹⁵⁷

7.3.5.4 Industrie laitière

La région de Souss-Massa-Drâa produit 15% de la production laitière nationale, cela correspond à 163 Mio. litres de lait qui sont traités dans la région¹⁵⁸. Le tableau suivant montre les laiteries de la région.

Industrie laitière				
Entreprise	Adresse	Lieu	Quantité produite	Produit
COOPERATIVE DES PRIMEUR ET AGRUMES	AIT IAAZA	TAROUDANNT (M)	90000 hl	BEURRE
HUILERIE DU SOUSS	QUARTIER INDUSTRIEL RUE AL MILAHA	AGADIR (M)	2047 t	BEURRE
SILDA	Z.I AIT MELLOUL	INEZGANE	2 t	BEURRE
FROMAGERIE ITALIENE	RUE FAL OULED OUMEIR N06 TALBORJT	AGADIR (M)	550 t	FROMAGE
COOPERATIVE DES PRIMEUR ET AGRUMES	AIT IAAZA	TAROUDANNT (M)	2180000 hl	LAIT
SILDA	Z.I AIT MELLOUL	INEZGANE	186000 hl	LAIT
COOPERATIVE DES PRIMEUR ET AGRUMES	AIT IAAZA	TAROUDANNT (M)	4269000 MU	YAOURT

Tableau 41: Laiteries à Souss-Massa-Drâa¹⁵⁹

La coopérative agricole- Coopérative des Agrumes et des Primeurs (COPAG) – ayant pour siège social à Taroudannt est une des plus grandes laiteries au Maroc et dans la région de Souss-Massa-Drâa et vend ses produits sous le nom de marque de « Jaouda ». Sur le site de l'entreprise 600 tonnes de lait sont chaque jour transformé aux produits suivants :

- Lait frais
- Lait longue conservation
- Yaourt et yaourt à boire
- Fromage

Pour une utilisation optimale des ressources existantes l'institut de la gestion des flux matériaux (IfaS) a mené déjà une étude qui analyse comment les résidus organiques (lisier,

¹⁵⁷ Réalisé par IfaS

¹⁵⁸ Haut Commissariat au Plan : Monographie de la Région Souss-Massa-Drâa, 2006

¹⁵⁹ Délégation du Ministre de Commerce et d'Industrie

fumier, restes de la production) peuvent être intégrés dans un concept de production d'énergie renouvelable.

En plus, les entreprises *Huilerie de Souss*, *Silda* et la *Fromagerie Italienne* produisent le lait, le beurre et le fromage.

Potentiels

Le tableau suivant présente les potentiels techniques dans le secteur de traitement du lait. Il est estimé que 0.2 kg de déchets (ou bien d'eaux usées) sont produits sur un kilogramme de quantité produit de plus 100% des matières résiduels peuvent être collectés et utilisés. Les quantités de production de la Coopérative des Primeurs et Agrumes ne sont pas évalués dans le cadre de cette étude car ils sont déjà analysés dans un autre projet.

Entreprise	Lieu	Produit	Capacité [t/a]	Déchets [t/a]	Potentiel théorique de biogaz [m³/a]	Potentiel technique de biogaz [m³/a]	Potentiel énergétique [MWh/a]	TEP [t]	Equivalent CO2 [t]
COOPERATIVE DES PRIMEUR ET AGRUMES	TAROUDANT	BEURRE	9.000	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
HUILERIE DU SOUSS	AGADIR	BEURRE	2.047	409	14.329	10.030	60	5	23
SILDA	INEZGANE	BEURRE	2	0	14	10	0	0	0
FROMAGERIE ITALIENE	AGADIR	FROMAGE	550	110	3.850	2.695	16	1	6
COOPERATIVE DES PRIMEUR ET AGRUMES	TAROUDANT	LAIT	218.000	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
SILDA	INEZGANE	LAIT	18.600	3.720	130.200	91.140	547	47	211
COOPERATIVE DES PRIMEUR ET AGRUMES	TAROUDANT	YAOURT	4.269.000 MU	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
TOTAL				4.240	148.393	103.875	623	54	241

Tableau 42: Potentiels de l'industrie laitière¹⁶⁰

En générale, la quantité des déchets (les déchets solides notamment), est très faible. Les matières résiduelles sont le lactosérum ainsi que les eaux usées diluées avec un taux de matière sèche de ca. 1%. Ces matières peuvent être utilisées dans les unités de biogaz pour la co-fermentation.

7.3.5.5 Abattoirs

La région de Souss-Massa-Drâa dispose de nombreux abattoirs et boucheries dans lesquelles sont abattues des bœufs, des moutons et des chèvres. Il existe également des fermes pour l'élevage du porc, leurs viandes sont destinées principalement aux touristes. Les tableaux suivants indiquent le nombre des abattoirs dans la région de Souss-Massa-Drâa (nombre total et nombre des abattoirs contrôlés) ainsi que la quantité et le poids des animaux abattus dans les abattoirs contrôlés.

¹⁶⁰ Réalisé par IfaS

Zone d'étude	Nombre d'abattoirs (total)	Abattoirs contrôlés
Agadir Ida- Outanae	19	7
Inezgane Ait Melloul	4	4
Chtouka Ait Baha	27	17
Taroudannt	72	37
Tiznit	39	34
Ouarzazate	19	16
Zagora	11	10
TOTAL	191	125

Tableau 43: Abattoirs à Souss-Massa-Drâa¹⁶¹

Zone d'étude	Bovins		Moutons		Chèvres		Chameaux		Volaille	
	Nombre	Poids [t]	Nombre	Poids [t]	Nombre	Poids [t]	Nombre	Poids [t]	Nombre	Poids [t]
Agadir Ida Outanane	2.759	365	4.498	70	24.760	366	1	0,1	189.300	454
Inezgane Ait Melloul	17.335	2.528	66.112	621	106.312	914	758	96	576.700	1.384
Chtouka Ait Baha	17.126	2.235	23.878	356	52.051	521	99	12	695.000	1.668
Taroudant	29.521	3.174	25.049	266	120.277	352	148	18	494.400	1.180
Tiznit	16.100	1.727	18.005	179	41.051	437	380	29	860.000	1.720
Ouarzazate	17.239	1.447	25.901	121	10.165	24	13	0	120.000	180
Zagora	5.980	361	8.244	36	5.606	22	33	2	20.000	30
TOTAL	106.060	11.838	171.687	1.650	360.222	2.636	1.432	158	2.955.400	6.617

Tableau 44: Nombre et poids des animaux abattus à Souss-Massa-Drâa (abattoirs contrôlés)¹⁶²

Les abattis (contenu de panse, farine animale, graisse animale, animaux critiqués) (15% MS, 85% MoS) donnent un haut rendement de biogaz. Afin de calculer potentiel théorique du biogaz des abattoirs on estime le rendement du biogaz à 700 m³ par tonne de matière organique sèche (MoS)¹⁶³. Ils en résultent les potentiels énergétiques suivants.

	Bovins	Moutons	Chèvres	Chameaux	Volaille	TOTAL
Poids moyen [kg]	350	75	50	400	4	
Quotité des déchets	14%	10%	10%	14%	10%	
Agadir Ida Outanane	135	34	124	0	76	369
Inezgane Ait Melloul	849	496	532	42	231	2.150
Chtouka Ait Baha	839	179	260	6	278	1.562
Taroudant	1.447	188	601	8	198	2.442
Tiznit	789	135	205	21	344	1.494
Ouarzazate	845	194	51	1	48	1.139
Zagora	293	62	28	2	8	393
TOTAL	5.197	1.288	1.801	80	1.182	9.548

Tableau 45: Abattis en tonnes¹⁶⁴¹⁶¹ Les Chambres d'Agriculture de la Région de Souss-Massa-Drâa : Guide Agricole¹⁶² Les Chambres d'Agriculture de la Région de Souss-Massa-Drâa : Guide Agricole¹⁶³ Cp. Agrinz: Erneuerbare Energien, http://wp1094031.wp129.webpack.hosteurope.de/Infofolder_Biogaz_A4_de.pdf¹⁶⁴ Réalisé par IfaS

Zone d'étude	Quantité des déchets [t/a]	Potentiel théorique de biogaz [m3/a]	Potentiel technique [m3/a]	Potentiel énergétique [MWh]	TEP	CO _{2eq} [t/a]
Agadir Ida Outanane	369	32.889	24.667	148	13	60
Inezgane Aït Melloul	2.150	191.882	143.912	863	74	348
Chtouka Aït Baha	1.562	139.414	104.560	627	54	253
Taroudant	2.442	217.933	163.450	981	85	395
Tiznit	1.494	133.382	100.036	600	52	242
Ouarzazate	1.139	101.613	76.210	457	39	184
Zagora	393	35.051	26.288	158	14	63
TOTAL	9.548	852.164	639.123	3.835	331	1.543

Tableau 46: Potentiels énergétiques des abattoirs

On considère que les abattoirs nommés dans la liste représentent seulement les abattoirs sous contrôle, dans le calcul du potentiel technique on suppose que 75% des abattis peuvent être utilisés de manière efficace (logistique, etc.). Cependant le potentiel technique est assez faible au mieux il peut être utilisable comme matériel de co-fermentation dans une unité de biogaz d'autant plus que les déchets ne sont pas produits centrale.

Il est important de mentionner qu'une entreprise marocaine a des plans concrets visant la construction d'un nouvel abattoir pour volaille ayant une capacité d'abattage de 10 000 poulet et de plus de 6000 dindes à Ait Melloul. Des informations plus détaillées sont décrites dans le chapitre 9.1.

7.3.5.6 Potentiels

Le tableau suivant présente les potentiels énergétiques du secteur des déchets.

Zone d'étude	Déchet domestique (urbain)		Déchet domestique (rural)		Déchets secteur du tourisme		Industrie alimentaire		TOTAL		
	MWh/a	TEP	MWh/a	TEP	MWh/a	TEP	MWh/a	TEP	MWh/a	TEP	CO ₂
Agadir Ida Outanane	31.804	2.742	4.393	379	944	81	1.932	172	39.072	3.373	15.092
Chtouka-Aït-Baha	3.138	271	8.065	695	0	0	1.674	144	12.878	1.110	4.974
Essaouira	8.009	690	10.035	865	43	4			18.086	1.559	6.986
Inezgane-Aït-Melloul	30.541	2.633	3.225	278	6	0	627	54	34.399	2.965	13.287
Ouarzazate	11.373	980	10.750	927	109	9	2.087	180	24.319	2.096	9.393
Taroudant	16.634	1.434	17.083	1.473	14	1	1.502	129	35.234	3.037	13.609
Tiznit	7.223	623	7.080	610	8	1	889	77	15.199	1.310	5.870
Zagora	3.907	337	6.843	590	16	1	158	14	10.924	942	4.219
Total	112.628	9.709	67.474	5.817	1.139	98	8.869	770	190.111	16.394	73.430

Tableau 47: Potentiels totaux du secteur des déchets¹⁶⁵

Les déchets ménagers représentent 94% du potentiel énergétiques de ce domaine, mais il faut mentionner que les déchets ménagers, notamment dans les zones rurales (ca. 35%), sont produits très décentralisé et ne sont donc utilisables que sur le long terme. Le potentiel énergétique de l'industrie agro-alimentaire peut être utilisable sur le court et moyen terme.

¹⁶⁵ Réalisé par IfaS

Cependant il faut que les entreprises analysées montrent de l'intérêt en ce qui concerne la coopération et qu'elles mettent à disposition leurs déchets pour une utilisation énergétique.

7.3.6 Résumé

Étant donné le grand nombre de déchets organiques dans les déchets ménagers et à cause de la structure économique de la région (basé sur l'agriculture) on constate un fort potentiel dans le secteur des déchets à la fois sur le court terme et à moyen terme.

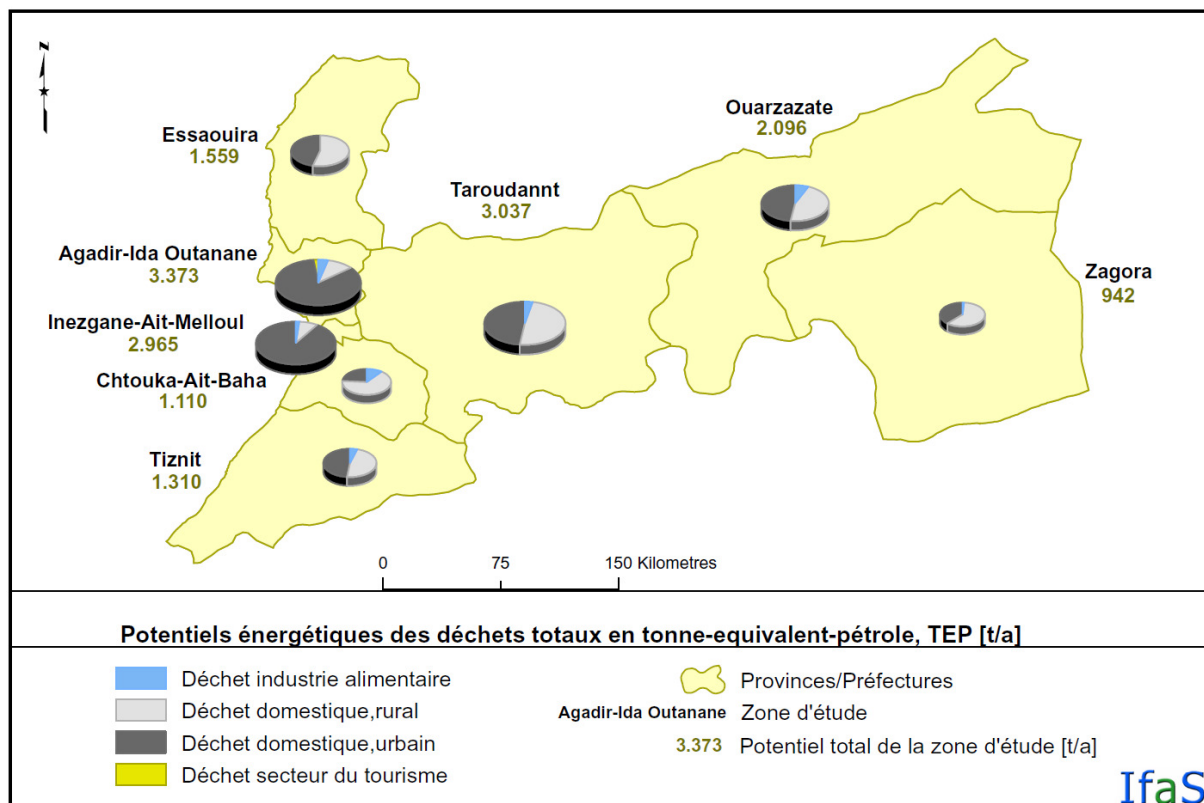


Figure 21: Potentiels énergétique des déchets¹⁶⁶

Les matières et les sites suivants présentent de l'intérêt pour une analyse détaillée sur une réalisation de projet à court terme.

- *Déchets ménagers:* L'utilisation des déchets ménagers organiques dans les grandes villes, où les quantités de déchets nécessaire peuvent être activées avec peu d'effort logistique (p.ex. Tiznit, Taroudannt ou Essaouira). Le plus grand défi c'est l'activation des potentiels des déchets ménagers dans les zones rurales. Dans ce domaine l'aspect logistique, économique et la situation

¹⁶⁶ Réalisé par IfaS

de propriété doivent être clarifiées. Ces aspects peuvent être élaborés dans le cadre d'un concept de gestion de déchets (voir chapitre 9.1)

- *Secteur du tourisme*: L'utilisation des déchets organiques du secteur touristiques à Agadir et Essaouira. Cependant il reste à clarifier quels hôtels ou restaurants doivent utiliser les systèmes de collecte publics ou privés et quelles institutions doit s'occuper de la gestion des déchets.
- *Industrie agro-alimentaire*: L'utilisation des déchets solides et liquides issus de l'industrie agro-alimentaire dans les provinces d'Inezgane–Ait Melloul et Agadir (p.ex. les entreprises Conserverie Marocaine, Frigema, Nouvelle Aveiro Maroc, Atlantic, Belma, Silda ainsi que les abattoirs).

Il serait utile d'exploiter les potentiels décrits à court et moyen terme grâce à leur production centralisé et les faibles efforts de logistiques qu'ils nécessitent. Le transport qui se fait sur des distances réduites permet une meilleure rentabilité et un faible bilan d'émission de CO₂ pour le projet.

Cependant les quantités totales des résidus organiques souvent n'étant pas suffisante pour l'opération d'une unité de fermentation, il est nécessaire de traiter collectivement les possibilités des différents secteurs afin de garantir la viabilité économique.

Afin de garantir la réussite du projet qui exploitera au maximum les possibilités du secteur des déchets ainsi que la gestion des déchets à une gestion des ressources l'IfaS propose de développer les concepts d'une économie de ressources se reposant et s'adaptant aux conditions locales. Avec de tels concepts seront élaborés les sujets suivants :

- L'information, la sensibilisation des acteurs ainsi qu'une interconnexion des acteurs
- L'augmentation du taux de couverture de frais visant à l'évacuation des déchets par l'utilisation énergétique et thermique des matières organiques
- L'établissement d'un système de surveillance et de planification pour les déchets
- L'optimisation de la collecte et des transports des déchets
- Le développement d'un concept de technologie pour la revalorisation des déchets.

7.4 Traitement des eaux usées

7.4.1 Aperçu général

Le développement économique, un standard élevé de mode de vie ainsi que l'agrandissement de surfaces agricoles irriguées causent une forte croissance de la consommation des ressources en eau au Maroc. Environ 87% des ressources en eau disponible sont aujourd'hui utilisé pour l'irrigation des surfaces agricoles, 13% sont utilisé dans le secteur industriel et seulement 10% sont utilisé pour l'approvisionnement en eau potable¹⁶⁷.

Bien que le Maroc soit considéré comme le pays le plus riche en eau dans la région maghrébine, les ressources en eau potable disponibles ne cessent de diminuer: Pendant que dans les années '90 les ressources en eau exploitables étaient estimées à 1.000 m³/habitant/an, aujourd'hui 600 m³/habitant/an sont disponible ; il est estimé que les ressources disponibles baissent à 411 m³/habitant/an et donc restent inférieur à la demande¹⁶⁸.

Déjà maintenant de nombreuses régions au Maroc, en particulier la région de Souss-Massa-Drâa, sont caractérisées par une pénurie de l'eau et une surexploitation des ressources en eau souterraines. En particulier, l'utilisation des eaux souterraines pour l'irrigation dans le secteur agricole résulte dans une infiltration de l'eau de mer dans la nappe phréatique et donc dans une augmentation de la salinité des eaux souterraines dans les zones côtières.

Dans le moyen à long terme il sera très important d'utiliser des systèmes d'irrigation efficace visant à réduire la consommation d'eau dans le secteur agricole, qui représente en ce moment le plus grand consommateur.

Bien qu'en 1995 une loi sur l'eau, qui vise une amélioration de l'exploitation des ressources en eau („gestion intégrée des ressources en eau“), était promulgué au Maroc, jusqu'à maintenant que quelques réussites de long terme pouvaient être éprouvé dans le secteur d'épuration et d'utilisation durable des eaux usées.

Le traitement insuffisant des eaux usées entraîne la dégradation des ressources en eau. Pendant que 70% de la population urbaine sont connectés à une canalisation, seulement 8% de la population urbaine disposent d'un raccordement à une station d'épuration. Parmi les 63 stations d'épuration du pays, seule 26 installations sont en fonctionnement en ce moment¹⁶⁹.

¹⁶⁷ Cp. Europäische Investitionsbank (Hrsg.) : Identification et Elimination des Goulets d'Etranglement pour l'Utilisation des Eaux Usées dans le Cadre de l'Irrigation ou autres Usages, Rapport Nationale Maroc, 2009, p. I.

¹⁶⁸ Cp. http://www.minenv.gov.ma/8_etat_de_l-environnement/eau.htm

¹⁶⁹ Cp. http://www.minenv.gov.ma/8_etat_de_l-environnement/eau.htm

La quantité totale des eaux usées au Maroc est estimée à 600 millions m³. Environ 60% de ces effluents est dérivée à partir des centres urbains et les zones côtiers et sont déversées dans la mer après un prétraitement. Les 40% restants proviennent des centres urbains à l'intérieur du pays et sont rejetés dans les fleuves ou oueds sans traitement. Seulement 13% des eaux usées sont actuellement traité dans les stations d'épuration, parfois insuffisamment.

Le tableau suivant illustre le taux de raccordement à un réseau d'assainissement de la population de Souss-Massa-Drâa.

Zone d'étude	System d'assainissement		
	Réseau public	Fosse septique	Autre
PR Agadir-Ida Ou Tanane	57,8	22	17
Urbain	70,1	17,9	9,7
Rural	0,4	45,7	50,7
PR Chtouka-Ait Baha	1,2	22,0	74,7
Urbain	7,7	14,0	76,2
Rural	0,1	23,3	74,5
PR Essaouira	18,9	34,2	43,2
Urbain	74,6	14,7	6,5
Rural	0	40,8	55,7
PR Inezgane-Ait Melloul	58,9	30,9	8,1
Urbain	63,4	28,7	5,9
Rural	0,4	59,9	35,6
PR Ouarzazate	16,0	28,7	50,2
Urbain	44,9	23,0	28,8
Rural	0,9	31,6	61,3
PR Taroudannt	15,5	19,2	63,1
Urbain	55,9	16,3	25,0
Rural	0,3	20,3	77,4
PR Tiznit	22,8	33,8	40,8
Urbain	83,9	9,3	5,1
Rural	0,4	42,8	54,0
PR Zagora	2,2	40,6	52,3
Urbain	9,8	70,3	15,8
Rural	0,4	33,8	60,6
Zone d'étude	24,2	28,9	43,7
Urbain	51,3	24,3	21,6
Rural	0,4	37,3	58,7

Tableau 48: Taux de raccordement à un réseau d'assainissement dans la zone d'étude¹⁷⁰

Le tableau indique que dans les zones urbaines le taux de raccordement à un réseau public s'élève à max. 84% (Province de Tiznit) ; la moyenne est de 51,3%. 24% de la population

¹⁷⁰ Haut Commissariat au Plan: RGPH, 2004

urbaine sont connecté aux fosses septiques individuelles. Dans les zones rurales, même pas 1% de la population est connecté à un réseau d'assainissement, 37% de la population rurale disposent d'une fosse septique. Plus de 58% de la population rurale sont classé dans la catégorie « autres », c'est –à-dire que cette partie de la population dispose soit d'un puit perdu ou d'aucun système d'assainissement.

L'épuration insuffisante des eaux usées communales ne représente pas seulement un risque pour la santé, mais met aussi en danger les ressources marines ainsi que les eaux souterraines et porte atteinte au développement du tourisme¹⁷¹.

Le „Programme Nationale d'Assainissement Liquide et d'Épuration des Eaux Usées“ (PNA) prévoit de raccorder jusqu'à 2020 plus de 80% des zones urbaines à un système d'épuration et de réduire la pollution environnementale résultant des stations d'épuration inexistantes par 60%¹⁷².

En raison du développement économique dans l'agriculture et le tourisme, particulièrement dans la région de Souss-Massa-Drâa l'utilisation efficace des ressources en eau ainsi que la réalisation des stations d'épuration sont très important.

Les stations d'épuration dans la région se composent surtout des lagunages en combinaison avec une infiltration ou déversement des eaux traitées dans la mer ou bien dans les oueds. Les lagunages sont des lacs artificiels, qui sont utilisée pour l'épuration mécanique ou biologique des eaux usées. Sous les conditions aérobies et anaérobies les procédés biologiques causent la dégradation des matières organiques et l'élimination des germes pathogènes.¹⁷³ En général, ils existent des lagunes aérés et non-aérés (lagunage naturelle). Dans la zone d'étude surtout les lagunages naturelles sont utilisées, dans lesquelles les sédiments sont accumulés et décomposés à l'entrée de la lagune. Les conditions anaérobies dans les lagunes naturelles causent la création du biogaz (surtout le méthane) et donc des émissions de gaz à effet de serre et des odeurs.

Jusqu'à présent seulement les projets pilotes sur l'utilisation de biogaz ont été effectués sur les stations de Ben Sergao et M'Zar à Agadir.

La collecte et le traitement des eaux usées à Agadir sont effectué par l'institution RAMSA. Le réseau d'assainissement est actuellement installé dans la partie nord du Grand Agadir. La station d'épuration se trouve au Sud du Grand Agadir, au Sud de l'Oued Souss. La carte suivante montre le système d'assainissement du Grand Agadir.

¹⁷¹ Cp. <http://www.gtz.de/de/weltweit/maghreb-naher-osten/marokko/2777.htm>

¹⁷² Ministère de l'intérieur, de l'aménagement du territoire, de l'eau et de l'environnement : Programme nationale d'assainissement liquide et d'épuration des eaux usées, 2006.

¹⁷³ Cp. Wasser Wissen : Abwasserlexikon, Abwasserteich



Figure 22: Réseau d'assainissement du Grand Agadir¹⁷⁴

La station d'épuration M'Zar à Agadir est composée de plusieurs bassins de décantation („traitement primaire - décantation anaérobie“) ainsi que de plusieurs filtres de sable pour l'infiltration („traitement secondaire - infiltration et percolation sur sable“). Les bassins de décantation de la station disposent actuellement d'une capacité de 50.000 m³ par jour, les filtres de sable peuvent traiter 10.000 m³ d'eau usée par jour en maximum. Après l'épuration, l'eau usée épurée est déversé dans la mer par un émissaire.

Dans le futur les capacités de la station seront agrandies et une utilisation des eaux usées épurées pour l'irrigation (p.ex. espaces verts) ainsi qu'une utilisation énergétique de biogaz seront avancés¹⁷⁵. L'objectif est d'installer une unité de récupération du biogaz (couverture des neuf lagunes avec les géomembranes) et deux générateurs avec une capacité de 0,8 MW_{el} (alimentation en réseau et autoconsommation). Ce projet pilote sera encouragé dans le cadre du Mécanisme de Développement Propre (MDP) (pour plusieurs informations voir chapitre 9.8

La plupart des lagunages dans la région fonctionnent aussi d'après un principe de traitement à deux ou trois étapes (voir aussi Tableau 49):

¹⁷⁴ ABHSM : Station d'épuration du grand Agadir, 2008

¹⁷⁵ Cp. RAMSA: Projet MDP

- Traitement primaire: bassin de décantation („bassin anaérobie“)
- Traitement secondaire: bassin facultatif
- Traitement tertiaire : bassin de maturation

En partie les boues d'épuration des bassins de décantation sont séchées sur les lits de séchage visant à réduire le volume des boues. Toutefois, certaines stations d'épuration ont des grands problèmes avec la mise en dépôt des boues d'épuration à cause des coûts élevés impliqués. (ca. 100 DH/m³).

Le tableau suivant présente les 18 stations d'épuration dans la région de Souss-Massa-Drâa qui sont actuellement en opération, en construction ou au stade de planification ainsi que la population des sites et les capacités de traitement des unités.

Ville	Population	Capacité totale [m³/j]	Capacité totale [m³/a]	Processus	Statu	Opérateur
AIT BAH	4.767	398	145.270	Lagunage naturelle	en construction	ONEP
AIT IAZZA	10.000	250	91.250	Lagunage (A+F)	en conception	ONEP
BIOUGRA	25.928	1.600	584.000	Lagunage naturelle avec puits d'infiltration	accompli	ONEP
DRARGA	17.071	1.180	430.700	Infiltration-Percolation avec dénitrification	accompli	ONEP
KALAAT M'GOUNA	14.190	850	310.250	Lagunage naturelle	accompli	ONEP
OUARZAZATE	97.784	9.600	3.504.000	Lagunage naturelle	accompli	ONEP
OULAD BERHIL	15.369	1.538	561.370	Lagunage (A+F)	en conception	ONEP
OULAD TEIMA	66.193	6.000	2.190.000	Lagunage naturelle	en conception	ONEP
SIDI IFNI	20.000	1.538	561.370	Lagunage (A+F)	en conception	ONEP
TAFRAOUT	3.619	300	109.500	Prétraitement anérobe	accompli	ONEP
TAROUDANTE	69.489	830	302.950	Lagunage (A+F)	en conception	ONEP
TEMSIA	14.902	1.280	467.200	Lagunage Aéré	en conception	ONEP
TINGHIR	36.391	3.750	1.368.750	Lagunage (A+F)	en conception	ONEP
TIZNIT	53.682	4.900	1.788.500	anérobe- facultatif- maturation	accompli	ONEP
ZAGORA	34.851	10.400	3.796.000	Lagunage (A+F)	en conception	ONEP
AIT BEN HADDOU	3.000	86	31.390	Fosse + Puits d'infiltration		ONEP
ESSAOUIRA	69.493	7.100	2.591.500	Lagunage (A+F)	accompli	ONEP
Agadir (M'Zar)	384.000	50.000	18.250.000	Lagunage (A+F)	en conception	RAMSA
Klea	-	-	-		en conception	ONEP
Sidi Bibi	-	-	-		en conception	ONEP
Massa	-	-	-		en conception	ONEP
Belfaa	-	-	-		en conception	ONEP
Aglou	-	-	-		en conception	ONEP
Merleft	-	-	-		en conception	ONEP
Sebt Ghigerdan	-	-	-		en conception	ONEP
Aoulouz	-	-	-		en conception	ONEP
Taliouine	-	-	-		en conception	ONEP
Ouled Berhil	-	-	-		en conception	ONEP
TOTAL	940.729	101.600	37.084.000			

Tableau 49: Vue d'ensembles des stations d'épuration de la zone d'étude¹⁷⁶

L'infrastructure insuffisante dans le secteur de l'eau de la région de Souss-Massa-Drâa cause des problèmes suivants :

¹⁷⁶ Interview d'expert; BEI: Rapport Nationale Maroc - Eaux usées, 2009

- Pollution des eaux souterraines et de surface
- Pollution des plages par un déversement (direct/indirect) des eaux usées
- Pollution de l'air et odeurs par les procédés de dégradation anaérobie dans les lagunages
- Gaspillage des ressources (énergétiques)

Particulièrement l'agriculture et le tourisme seront affectés négativement par ces effets. Alors dans le futur les stratégies qui comprennent les méthodes d'épuration alternatives (p.ex. les stations d'épuration naturelles) ou bien qui rendent possibles l'utilisation matérielle et énergétique des boues d'épuration, qui assurent l'assainissement d'une grande partie de la population et qui atteint une qualité d'eau acceptable, devront être développées

Dans le cadre de cette étude seulement les potentiels par une utilisation énergétiques des boues d'épuration seront évalués.

7.4.2 Acteurs

Dans la région de Souss-Massa-Drâa ils existent trois institutions importantes dans le secteur de l'approvisionnement en eau et d'assainissement.

L'Office Nationale de l'Eau Potable (ONEP) est responsable pour le traitement et l'alimentation de l'eau potable au niveau national. En plus, la gestion de l'assainissement et le contrôle de la qualité de l'eau sont organisé par l'ONEP. Dans la région de Souss-Massa-Drâa l'ONEP exploite plusieurs stations d'épuration dans lesquelles les boues d'épuration pour une utilisation énergétique sont générées.

Outre ONEP c'est surtout l'institution *Régie Autonome Multi Service d'Agadir* (RAMSA) qui est important comme cette entreprise publique¹⁷⁷ est responsable pour l'élimination des eaux usées au Grand Agadir. Le Grand Agadir comprend les zones urbaines Agadir, Anza, Tikiouine und Bensergao ainsi que les communes urbaines Dcheira, Inezgane et Ait Melloul. Aussi la commune rurale d'Aourir est servie par RAMSA.

Un autre acteur important dans le domaine de l'eau/des eaux usées est Agence du Bassin Hydraulique de Souss-Massa (ABH) comme l'Agence est responsable pour l'administration et de la protection des ressources en eau de la région. L'ABH s'occupe du développement et de la réalisation du plan économique locale („plan directeur d'aménagement intégré des ressources en eau“), assure l'accès à l'eau fraîche des personnes privées et publiques et est

¹⁷⁷ Etablissement public à caractère industriel et commercial doté de la personnalité civile et de l'autonomie financière.

responsable de la contrôle de la qualité de l'eau et du respect des lois sur l'eau dans la région de Souss-Massa¹⁷⁸.

Comme décrit dans le chapitre 7.4.1 (voir Tableau 48 et Tableau 49) actuellement seulement une petite partie des eaux usées de la zone d'étude est collecté et traité. Pour cela aussi les communes qui pour l'instant ne disposent pas de l'infrastructure pour la collecte et le traitement des eaux usées devront être incluse dans le cercle des acteurs afin d'encourager la réalisation des systèmes de gestion des eaux usées.

7.4.3 Démarche

Le calcul des potentiels énergétiques dans le domaine de l'utilisation des boues d'épuration outre la possibilité de production du biogaz aussi l'option d'une utilisation thermique a été prise en considération.

Production de biogaz à partir des boues d'épuration

Afin d'évaluer des potentiels énergétiques par la production du biogaz à partir des boues d'épuration les potentiels théoriques et techniques sont calculés sur la base du nombre d'habitants et à la base du potentiel théorique de biogaz par équivalent-habitant (EH), comme dans le cadre de cette étude l'évaluation des potentiels de biogaz des boues d'épuration est très difficile. Cela est dû à la composition des boues (variation journalière et saisonnière) et à la manque des données spécifiques sur les stations d'épuration dans la région. Seule pour la station M'Zar à Agadir les données sur les quantités et caractéristiques des boues sont disponible. Ces derniers sont représenté dans le tableau suivant.

	Sédiments décantés	Boues séchées
Production journalière (t/d)		5
Production annuelle (t/a)	3.500	1.500
Siccité (%)	20	90
MO/MS (%)	90	90
Productivité de biogaz (m3/t MOS)	600	600
Production de biogaz (m3/an)	378.000	729.000

Tableau 50: Caractéristiques des boues d'épuration à Agadir (station M'Zar)¹⁷⁹

¹⁷⁸ Dans le cadre de l'attribution d'ABH la région de Souss-Massa comprend les secteurs suivants: Préfecture Agadir – Ida Outanane, Préfecture Inezgane – Ait Melloul, Province Chtouka-Ait Baha, Province Taroudannt, Province Tiznit.

¹⁷⁹ RAMSA

Pour le calcul, les potentiels théoriques un rendement de gaz de $7,2 \text{ m}^3/\text{EH}/\text{a}$ est supposé¹⁸⁰. Aussi Wauthélet utilise pour le calcul de rendement de biogaz au Maroc une valeur de 15-25 m^3 de biogaz par 1.000 habitants par jour¹⁸¹. Ces valeurs sont comparables aux rendements de biogaz des stations d'épuration à Fès et à Marrakech. D'après une étude de la GTZ¹⁸² le rendement de gaz de la station à Fès est de $9,6 \text{ m}^3/\text{EH}$, par contre le rendement de gaz est estimé à $5,6 \text{ m}^3/\text{EH}$. Donc le rendement moyen est de $7,6 \text{ m}^3/\text{EH}$ et correspond à la valeur nommé ci-dessus ($7,2 \text{ m}^3/\text{EH}$).

Le tableau suivant montre le calcul du potentiel théorique du biogaz¹⁸³.

Zone d'étude	Habitants (total)	Potentiel théorique [m^3 de gaz] ($7,2 \text{ m}^3/\text{hab}/\text{a}$)	Potentiel théorique [MWh/a]
Agadir Ida Outanane	550.361	3.962.598	23.776
Chtouka-Aït-Baha	330.883	2.382.355	14.294
Essaouira	462.157	3.327.532	19.965
Inezgane-Aït-Melloul	492.523	3.546.166	21.277
Ouarzazate	529.476	3.812.229	22.873
Taroudannt	823.695	5.930.601	35.584
Tiznit	345.407	2.486.933	14.922
Zagora	296.037	2.131.469	12.789
Total	3.830.539	27.579.883	165.479

Tableau 51: Potentiel théorique du rendement de biogaz à partir des boues d'épuration¹⁸⁴

Comme mentionné précédemment, seulement quelques parties de la population sont raccordé à un réseau d'assainissement (voir Tableau 48). C'est pourquoi pour le calcul du potentiel technique il est supposé que 70% de la population urbaine et 40% de la population rurale pourraient être raccordé à une station d'épuration en moyen terme.

Tableau 52 représente les potentiels techniques de la production du biogaz à partir des boues d'épuration.

¹⁸⁰ Cp. Kaltschmitt, Neubarth : Erneuerbare Energien in Österreich, 2000

¹⁸¹ Wauthélet, M. : Traitement anaérobie des boues et valorisation du biogaz

¹⁸² Cp. GTZ/CDER: Promotion des énergies renouvelables, 2007, p. 86

¹⁸³ Pouvoir calorifique du gaz = $6 \text{ kWh}/\text{m}^3$

¹⁸⁴ Réalisé par IfaS

Zone d'étude	Population urbaine, raccordement (Estimation 70 %)	Population rurale, raccordement (Estimation 40 %)	Potentiel technique [m³/a]	Potentiel technique [MWh/a]	Potentiel technique [TEP]	CO _{2eq} [t/a]
Agadir Ida Outanane	273.821	63.675	2.429.973	14.580	1257	5628
Chtouka-Aït-Baha	27.018	116.914	1.036.312	6.218	536	2400
Essaouira	68.952	145.462	1.543.780	9.263	799	3575
Inezgane-Aït-Melloul	262.945	46.755	2.229.841	13.379	1153	5164
Ouarzazate	97.917	155.838	1.827.034	10.962	945	4231
Taroudannt	143.217	247.640	2.814.167	16.885	1456	6518
Tiznit	62.186	102.628	1.186.661	7.120	614	2748
Zagora	33.640	99.192	956.391	5.738	495	2215
Total	969.696	978.104	14.024.157	84.145	7.254	32.480

Tableau 52: Potentiels techniques de biogaz à partir des boues d'épuration¹⁸⁵

Le potentiel technique total s'élève à 84.145 MWh et comporte 7.245 tep (1 tonne d'équivalent de pétrole = 11,628 MWh, voir chapitre 2.4.4). Les potentiels totaux de réduction des émissions s'élèvent à 32.480 tonnes de CO_{2eq} par an (0,38 kg CO₂/kWh, voir chapitre 2.4.5).

Utilisation thermique des boues d'épuration

Outre le calcul du potentiel de biogaz, aussi le potentiel énergétique des boues comme combustible est calculé. Les quantités des boues d'épuration sont calculées sur la base du nombre d'habitants. Pour la détermination de la quantité des boues d'épuration et du potentiel énergétique correspondant les indicateurs suivants sont appliqués.

- Quantité des boues d'épuration (MS): 15 kg/hab/a¹⁸⁶
- Valeur calorifique (100% MS): 9 MJ/kWh¹⁸⁷

¹⁸⁵ Réalisé par IfaS

¹⁸⁶ Cp. MOUNTADAR; ASSOBEI : Production of sludge from wastewater treatment plants in Morocco, 2006

¹⁸⁷ Cp. Stark: Technologien zur Überschussschlammreduktion

Zone d'étude	Population (totale)	Potentiel théorique en matière sèche (15 kg/hab/a) [t]	Potentiel théorique [MWh/a]
Agadir Ida Outanane	550.361	8.255	20.639
Chtouka-Aït-Baha	330.883	4.963	12.408
Essaouira	462.157	6.932	17.331
Inezgane-Aït-Melloul	492.523	7.388	18.470
Ouarzazate	529.476	7.942	19.855
Taroudannt	823.695	12.355	30.889
Tiznit	345.407	5.181	12.953
Zagora	296.037	4.441	11.101
Total	3.830.539	57.458	143.645

Tableau 53: Potentiel théorique de la valeur calorifique des boues d'épuration¹⁸⁸

Au cas d'un taux de raccordement de 100% le potentiel énergétique théorique des boues d'épuration s'élève à 143.645 MWh par an.

En supposant que 70% de la population urbain et 40% de la population rurale sont connectés à un réseau d'assainissement le potentiel technique, qui est atteignable à moyen terme, s'élève à 73.042 MWh par an. Le potentiel de réduction des émissions en CO₂ est donc de 20.087 tonnes de CO_{2eq} par an.

Zone d'étude	Population urbaine, raccordement (Estimation 70 %)	Population rurale, raccordement (Estimation 40 %)	Potentiel technique [t MS] (15 kg/hab)	Potentiel technique [MWh/a]	Potentiel technique [TEP]	CO _{2eq} [t/a]
Agadir Ida Outanane	273.821	63.675	5.062	12.656	1.091	3.480
Chtouka-Aït-Baha	27.018	116.914	2.159	5.397	465	1.484
Essaouira	68.952	145.462	3.216	8.041	693	2.211
Inezgane-Aït-Melloul	262.945	46.755	4.646	11.614	1.001	3.194
Ouarzazate	97.917	155.838	3.806	9.516	820	2.617
Taroudannt	143.217	247.640	5.863	14.657	1.264	4.031
Tiznit	62.186	102.628	2.472	6.181	533	1.700
Zagora	33.640	99.192	1.992	4.981	429	1.370
Total	969.696	978.104	29.217	73.042	6.297	20.087

Tableau 54: Potentiel technique de la valeur calorifique des boues d'épuration¹⁸⁹

7.4.4 Potentiels

Les calculs sur la base des nombres d'habitants donnent un potentiel théorique pour la fermentation des boues d'épuration de 165.000 MWh/a. Supposant qu'en moyen terme 70% de la population urbain et 40% de la population rurale sont connecté à un réseau

¹⁸⁸ Réalisé par IfaS

¹⁸⁹ Réalisé par IfaS

d'assainissement, il résulte un potentiel technique de 84.000 MWh/a pour la zone d'étude et un potentiel de réduction des émissions de 32.000 tonnes de CO₂/a.

D'un point de vue technique ils existent des possibilités différentes de produire du biogaz à partir des boues d'épuration:

- Couverture de la lagune avec un gazomètre pour la récupération de biogaz („bâches-gazomètres)
- Pompage des boues d'épuration du bassin de décantation et fermentation de la boue d'épuration dans un digesteur
- Pompage des boues d'épuration et utilisation des boues dans une unité de biogaz pour la co-fermentation.

L'image suivante montre la possibilité de récupération du biogaz utilisant un gazomètre dans un exemple au Maroc.



Figure 23: Récupération de biogaz dans un lagunage (Bensergao, Agadir)¹⁹⁰

Par le séchage et l'incinération des boues d'épuration il résulte un potentiel théorique de 143.00 MWh par an. Le potentiel atteignable en moyen terme s'élève à 73.000 MWh par an ce qui correspond à un potentiel de réduction des émissions de CO_{2eq} de 20.000 tonnes par an.

Afin d'utiliser le potentiel thermique des boues d'épuration il est nécessaire de faire un drainage mécanique (20-40% MS) et un séchage thermique (85-95% MS). Le séchage des boues d'épuration est principalement un procédé avec une haute consommation d'énergie parce que l'évaporation de l'eau exige alimenter de chaleur. Grâce aux conditions

¹⁹⁰ Wauthélet: Traitement anaérobie des boues et valorisation du biogaz

climatiques au Maroc l'application des sécheurs solaires ou bien des lits de séchage pourrait représenter une alternative rentable.

Dû au pouvoir calorifique et à la composition, les boues d'épuration peuvent être utilisées dans l'industrie de ciment comme matière première. Quand même il faut prendre en considération les exigences concernant le teneur en eau ($> 90\%$ MS) et les propriétés des boues (teneur en phosphate)¹⁹¹.

7.4.5 Conclusion

L'analyse a identifié les potentiels considérables dans le domaine de traitement des eaux usées. Tandis que les potentiels théoriques par la fermentation s'élèvent à 165.000 MWh/a et pour l'incinération à 143.000 MWh/a, les potentiels techniques s'élèvent à 84.000 MWh/a en cas de fermentation et à 73.000 en cas d'incinération (supposant qu'en moyen terme 70% de la population urbaine et 40% de la population rurale sont connectés à un réseau d'assainissement).

Le plan suivant résume les potentiels énergétiques régionaux dans le domaine des boues d'épuration (fermentation des boues). Compte tenu du fait que la fermentation et l'incinération des boues d'épuration en parallèle est peu probable, la carte montre seulement les potentiels de la fermentation des boues.

¹⁹¹ Cp. Sievert: Verwertung kommunaler Klarschlamme in der Zementindustrie, 2006

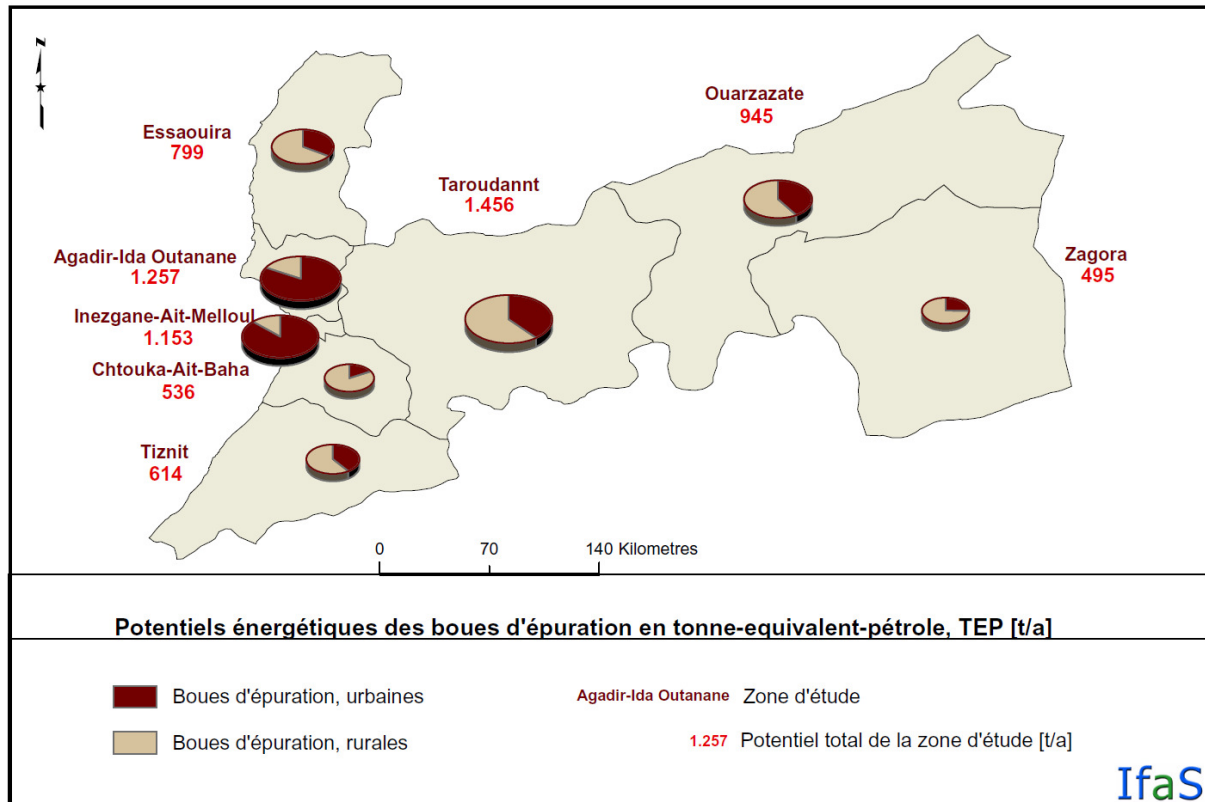


Figure 24: Potentiels énergétiques des boues d'épuration¹⁹²

Quand même, il faut constater, qu'en général les potentiels de la fermentation et l'incinération des boues d'épuration sont difficile à évaluer comme la composition des eaux usées et les caractéristiques des boues d'épuration varient beaucoup et comme dans le cadre de l'analyse des flux de matières, les données spécifiques sur les caractéristiques des boues n'étaient pas disponibles.

En plus, certaines stations d'épuration dans la région de Souss-Massa-Drâa traitent les eaux usées de l'industrie de la pêche et pour l'instant il n'est pas évalué comment les teneurs en sel influencent le rendement en biogaz.

Pour une détermination détaillée des potentiels énergétiques du secteur de l'eau il faut analyser, outre les quantités des eaux usées traitées, le pourcentage de matière sèche ainsi que le pourcentage de matière organique sèche. Les calculs présentés ci-dessus supposent aussi une utilisation énergétique complète des boues d'épuration. Mais bien sur pour chaque projet il faut vérifier si l'utilisation matérielle n'est pas préférable comparé à l'utilisation énergétique (p.ex. dans l'agriculture).

Malgré le potentiel énergétique des boues d'épuration, une utilisation matérielle ou bien une combinaison de fermentation et utilisation matérielle doit être préféré. Comme les boues

¹⁹² Réalisé par IfaS

d'épuration disposent d'une teneur élevée des matières nutritives, l'utilisation des boues en agriculture peut signifier un recyclage des matières nutritives. Sur la base de quantités évaluées des boues d'épuration une valeur fertilisant théorique des boues d'épuration peut être calculé. Pour cela, les concentrations en matière nutritive au Maroc étaient évaluées et transmis sur les potentiels analysés¹⁹³. Il en résulte un potentiel théorique de phosphore de 437 t/a et un potentiel technique de 222 t/a.

Parametre	Nutrient	Potentiel théorique	Potentiel technique
	% dans la mat. sèche	[t]	[t]
Azote (N)	1,45%	833	424
Phosphore (P)	0,76%	437	222
Kalium (K)	0,12%	69	35
Magnésium (Mg)	0,76%	437	222
Calcium (Ca)	4,85%	2.787	1.417

Tableau 55: Valeurs fertilisantes des boues d'épuration au Maroc¹⁹⁴

Pour le calcul des valeurs fertilisantes, les valeurs marchandes des matières nutritives de l'Allemagne sont appliquées¹⁹⁵. Les tableaux suivants présentent les valeurs fertilisantes relatives au potentiel théorique et technique.

¹⁹³ Cp. MOUNTADAR; ASSOBEI: Production and management of sludge and other bow in Morocco, 2006

¹⁹⁴ Réalisé par IfaS

¹⁹⁵ Cp. Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft: Produktqualität und Verbraucherschutz in Thüringen, 2008

Parametre	Nutrient		Valeur marchande	
	% mat. sèche	[t]	[€/t]	valeur engrais/a
Azote (N)	1,45%	833	610,00 €	508.217 €
Phosphore (P)	0,76%	437	950,00 €	414.847 €
Kalium (K)	0,12%	69	410,00 €	28.269 €
Magnésium (Mg)	0,76%	437	280,00 €	122.271 €
Calcium (Ca)	4,85%	2.787	40,00 €	111.469 €
Total				1.185.073 €

Tableau 56: Valeurs fertilisantes des boues d'épuration relative au potentiel théorique¹⁹⁶

Parametre	Nutrient		Valeur marchande	
	% mat. sèche	[t]	[€/t]	valeur engrais/a
Azote (N)	1,45%	424	610,00 €	258.424 €
Phosphore (P)	0,76%	222	950,00 €	210.947 €
Kalium (K)	0,12%	35	410,00 €	14.375 €
Magnésium (Mg)	0,76%	222	280,00 €	62.174 €
Calcium (Ca)	4,85%	1.417	40,00 €	56.681 €
Total				602.601 €

Tableau 57: Valeurs fertilisantes des boues d'épuration relative au potentiel technique¹⁹⁷¹⁹⁶ Réalisé par IfaS¹⁹⁷ Réalisé par IfaS

8 Résumé et évaluation des potentiels

L'analyse des flux de matières effectuée prouve qu'il y a des différences du potentiel de biomasse dans les différentes régions de la zone d'étude. Selon le degré d'urbanisation et la densité de population, l'intensité de la production agricole, le boisement et le degré d'industrialisation les priorités locales peuvent être identifiées dans les différentes provinces et préfectures. Les différentes régions de la zone d'étude se caractérisent par des potentiels individuelles de la biomasse, qui diffèrent fortement concernant la disponibilité des matières de biomasse et les hauteurs de potentiel résultant. Dans ce qui suit (chapitre 8.1), les différentes régions de la zone d'étude et leurs potentiels seront représentés. Ensuite, un aperçu du potentiel total de la zone d'étude (chapitre 8.2), un aperçu de la situation énergétique (chapitre 8.3) et l'évaluation des potentiels dans ce contexte (chapitre 8.4) seront décrits.

8.1 Potentiels des parties de la zone d'étude

Lors de la représentation des potentiels dans la zone d'étude, certaines provinces et préfectures ont été rassemblées dans des zones d'étude à cause de l'organisation de fédérations et associations forestières et les données qui en résultent. Cela concerne d'une part Agadir-Ida Outanane, Chtouka-Aït-Baha et Inezgane-Aït-Melloul sur la zone d'étude 1 et les provinces d'Ouarzazate et Zagora, qui ont été rassemblées dans la zone d'étude 2.

8.1.1 Agadir-Ida Outanane, Chtouka-Ait-Baha et Inezgane-Ait-Melloul

Un aperçu sur les potentiels dans les secteurs de l'agriculture et de la foresterie ainsi que des déchets organiques provenant de différents secteurs dans les deux préfectures d'Agadir-Ida Outanane et d'Inezgane-Aït Melloul, ainsi que pour la province de Chtouka-Aït Baha est présenté ci-dessous (Tableau 58, Figure 25).

On identifie les plus grands potentiels dans le secteur de production végétale et de déchets domestiques dans la préfecture Agadir-Ida Outanane. Les potentiels de la production végétale viennent principalement de la culture des fruits et des céréales. En ce qui concerne le secteur de la culture de fruits, qui dispose des potentiels les plus élevés (~ 56.500 MWh / an), le bois de défrichement arrive principalement des plantations d'amandiers et d'oliviers. La paille de céréales (~23.300 MWh/a) offre également un potentiel considérable dans la culture de céréales. De cette manière, les secteurs de bois de défrichement et de la paille de céréales couvrent environ 90% du potentiel total du secteur de production végétale et

environ 50% du potentiel total de la préfecture d'Agadir (sans compter les potentiels forestiers). Toutefois, il convient de noter que ces deux potentiels sont relativement difficiles à développer. Le bois et la paille représentent des produits convoités et sont utilisés dans divers zones rurales (voir également la section 8.4). Ainsi, ils ne sont que partiellement à activer.

	Agriculture		Sylviculture	Déchets	Traitement eaux usées
	Production végétale	Production animale			
Agadir Ida Outanane					
Quantité	31.079 t/a	3900 UGB		134.225 t/a	337.496 EH
Potentiel technique [MWh/a]	89.713	5.584		39.072	14.580
Tonnes-équivalent-pétrole [t/a]	7.717	480		3.373	1.257
CO _{2eq} [t/a]	25.015	2.156		15.092	5.628
Chtouka-Ait-Baha					
Quantité	113.105 t/a	36000 UGB		44.134 t/a	143.932 EH
Potentiel technique [MWh/a]	51.728 t/a	51.548		12.878	6.218
Tonnes-équivalent-pétrole [t/a]	4.450 t/a	4.434		1.110	536
CO _{2eq} [t/a]	18.622 t/a	19.898		4.974	2.400
Inezgane-Ait-Melloul					
Quantité	25.061 t/a	8800 UGB		141.066 t/a	309.700 EH
Potentiel technique [MWh/a]	21.960	12.601		34.399	13.379
Tonnes-équivalent-pétrole [t/a]	1.889	1.084		2.965	1.153
CO _{2eq} [t/a]	6.896	4.864		13.287	5.164
Gesamt					
Quantité	169.245 t/a	48700 UGB	43.233 m ³ /a	319.425 t/a	791.128 EH
Potentiel technique [MWh/a]	163.401	69.734	95.112	86.350	34.177
Tonnes-équivalent-pétrole [t/a]	14.056	5.999	8.182	7.449	2.946
CO _{2eq} [t/a]	50.533	26.917	26.156	33.353	13.192

Tableau 58: Résumé du potentiel à Agadir Chtouka-Ait Baha et Inezgane-Ait Melloul¹⁹⁸

En plus des ressources provenant du secteur agricole un autre potentiel important a été identifié dans le domaine de la gestion des déchets. Dans la préfecture d'Agadir plus de 130.000 tonnes de déchets mis en décharge (déchets municipaux, déchets industriels et des hôtels) représentent un potentiel d'environ 39.000 MWh. Cela représente environ un quart du potentiel total à Agadir (sans compter le potentiel forestier).

Bien que la zone d'étude se compose de trois préfectures/provinces avec des surfaces très faibles, des potentiels considérables dans les secteurs de traitement des eaux usées et de gestion des déchets sont atteints. Cela est dû aux agglomérations urbaines aux centres côtiers et industriels de la région, qui ont des densités de population élevée. Grâce à l'infrastructure existante et à la concentration spatiale des quantités de la biomasse résultants, l'utilisation efficace de ces ressources peut être facilitée dans le proche avenir. Il faut également noter ici que l'utilisation directe du potentiel sera compliquée, puisque des interventions massives sont nécessaires dans la structure de gestion des déchets. Toutefois, il y a des chances d'avoir une alimentation durable en énergie et une élimination écologique des déchets.

¹⁹⁸ Réalisé par IfaS

Dans la province de Chtouka-Aït-Baha, le plus grand potentiel est celui du secteur agricole. Particulièrement, les secteurs culture maraîchère avec presque 40.000 MWh (~ 76% du potentiel de la production végétale, ~ 32% du potentiel total sans compter la foresterie) et l'élevage des animaux avec environ 51.500 MWh devraient être mentionnés. Des potentiels énergétiques générés à partir de fumier et de lisier dans le secteur de l'élevage des animaux représentent ainsi environ 45% du potentiel total de la province de Chtouka-Aït Baha (sans compter la foresterie).

La préfecture d'Inezgane-Aït Melloul par sa caractéristique urbaine dispose d'un grand potentiel du secteur de déchets, légèrement inférieur à celui de la préfecture d'Agadir. Par rapport à la taille de la zone un potentiel de 12.000 MWh est toutefois considérable et activable en raison de la faible dispersion spatiale.

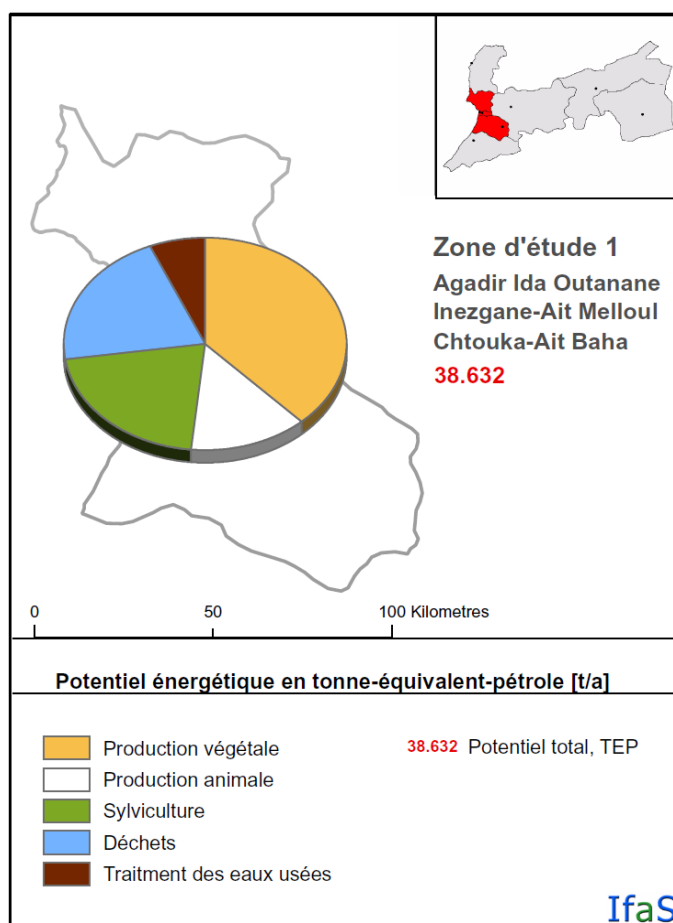


Figure 25: Aperçu du potentiel en TEP (Agadir, Chtouka-Aït-Baha et Inezgane-Aït-Melloul) ¹⁹⁹

Le potentiel du secteur de la pêche est faible comparé aux potentiels d'autres secteurs. Puisque les déchets de pêche sont relativement concentrés, (voir aussi la section 9.7) une

¹⁹⁹ Réalisé par IfaS

mise en œuvre d'une installation, peut éventuellement en combinaison avec d'autres potentiels, être rentable.

8.1.2 Taroudannt

En examinant la province de Taroudant, les données sur la superficie et la population, montrent que Taroudant est une province de structure rurale avec une forte proportion des zones agricoles et forestières. Ceci est également confirmé lors de l'examen du potentiel (Figure 26, Tableau 59).

Secteur	Quantité	Taroudannt		
		Potentiel technique [MWh/a]	Tonnes-équivalent-pétrole [t/a]	CO ₂ eq [t/a]
Agriculture		700.097	60.223	207.001
Production végétale	231.257 t/a	600.866	51.687	168.698
Production animale	69.300 UGB	99.231	8.536	38.303
Sylviculture	77.005 m ³ /a	169.411	14.573	46.588
Traitement eaux usées	390.856 EH	16.885	1.456	6.518
Déchets	132.174 t/a	33.718	2.907	13.023
Total		920.110	79.159	273.130

Tableau 59: Aperçu du potentiel (Taroudannt)²⁰⁰

Le potentiel de la production végétale est important, particulièrement le potentiel de bois de défrichement de la culture de fruits, qui fournit plus de 530.000 MWh/an, environ 60% du potentiel total de la province. Les grandes quantités de bois proviennent essentiellement des plantations d'agrumes, qui profitent du climat favorable et de la disponibilité élevée d'eau superficielle à Taroudannt.

Le deuxième plus grand potentiel provient du secteur forestier avec environ 170.000 MWh, qui apporte avec 19% également une contribution importante au potentiel global de la province.

D'autres potentiels clairement plus faibles viennent du secteur agricole et sont spécifiés par la suite:

- Elevage (99.200 MWh = 10,8%)
- Paille de céréales (27.100 MWh = 3%)
- Culture maraîchère (31.200 MWh = 3,4%)

Selon l'emplacement géographique de la province de Taroudant il n'existe pas de potentiel dans l'industrie de poisson. Le secteur de tourisme doit également être négligé lors de

²⁰⁰ Réalisé par IfaS

l'évaluation des potentiels ; une co-fermentation des déchets organiques issus du secteur du tourisme et des matières agricoles est bien sûr possible.

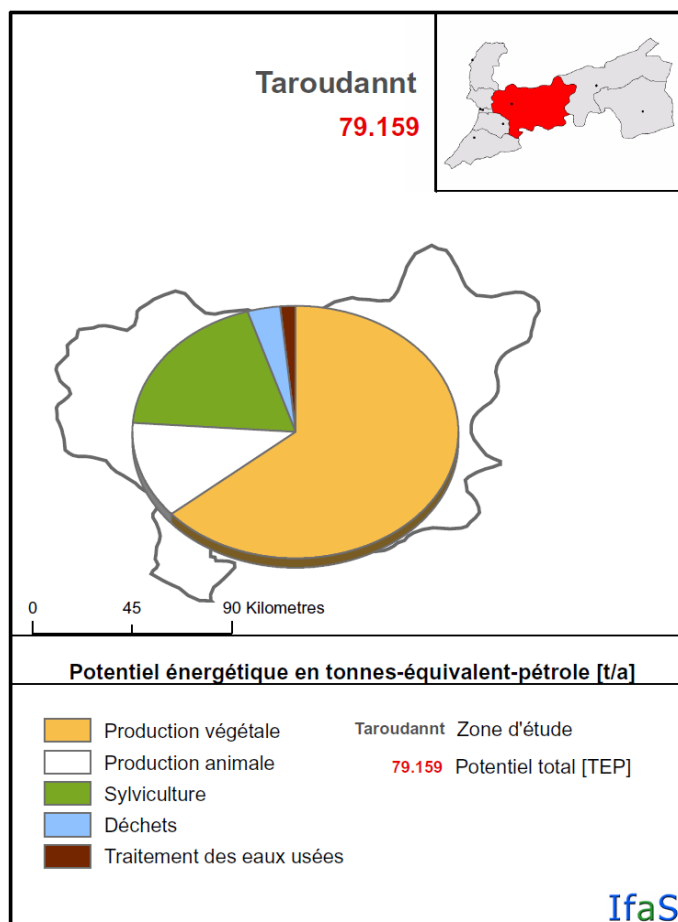


Figure 26: Aperçu du potentiel en TEP (Taroudannt)²⁰¹

8.1.3 Tiznit

Dans la province de Tiznit presque de 58% des potentiels énergétiques sont produites dans le secteur agricole. Ils sont principalement générés par la coupe de bois de défrichement provenant de la culture des fruits (~ 79.000MWh/a, soit environ 38% du potentiel total).

Secteur	Quantité	Potentiel technique [MWh/a]	Tonnes-équivalent-pétrole [t/a]	CO _{2eq} [t/a]
Agriculture		118.532	10.196	35.775
Production végétale	22.934 t/a	89.894	7.733	24.721
Production animale	20000 UGB	28.638	2.463	11.054
Sylviculture	29.625 m3/a	65.174	5.606	17.923
Traitement eaux usées	164.814 EH	7.120	614	2.748
Déchets	55.804 t/a	15.199	1.310	5.870
Total		206.025	17.727	62.317

Tableau 60: Aperçu du potentiel de la province de Tiznit²⁰²

²⁰¹ Réalisé par IfaS

Dans la région sèche de Tiznit, la culture de fruits comprend surtout la production d'amande et d'olive, puisque les oliviers se caractérisent particulièrement par une tolérance élevée de sécheresse et des exigences proportionnellement faibles à l'approvisionnement en eau et en éléments nutritifs.

Le secteur forestier présent près de 32% du potentiel total. Dans le secteur du traitement des eaux usées ayant une structure rural et une densité de population faible, le potentiel est de 3,4%, tandis que les déchets atteignent 7,4%.

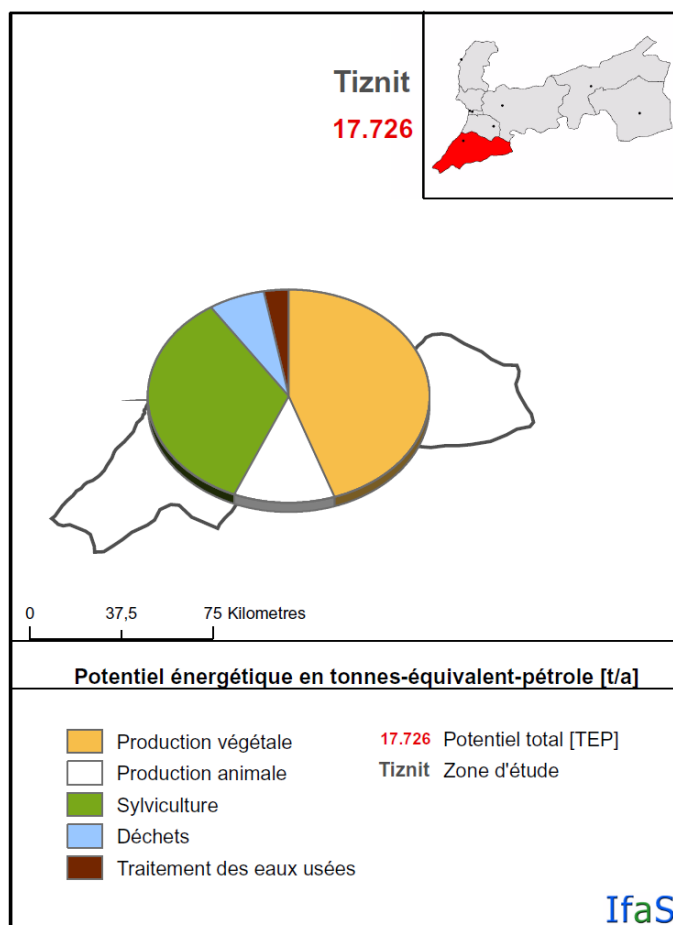


Figure 27: Aperçu du potentiel en TEP (Tiznit)²⁰³

8.1.4 Ouarzazate et Zagora

Le potentiel de la biomasse des deux provinces de Ouarzazate et Zagora ont été combinés à une zone d'étude, comme déjà mentionné dans ce rapport.

²⁰² Réalisé par IfaS

²⁰³ Réalisé par IfaS

Malgré la grande superficie des deux régions le potentiel des secteurs de l'agriculture et de la foresterie (à cause des conditions climatiques à l'intérieur du pays) est relativement faible. Néanmoins, le secteur agricole représente 78% (~ 252.000 MWh) du potentiel total (43% de céréales, 35% du bétail). La part du secteur des déchets est de 11% du potentiel total. Le traitement des eaux usées et la foresterie contribuent avec environ 5% chacun au potentiel total (Tableau 61, Figure 28).

Secteur	Quantité	Potentiel technique [MWh/a]	Tonnes-équivalent-pétrole [t/a]	CO _{2eq} [t/a]
Agriculture		252.142	21.690	82.475
Production végétale	49.227 t/a	138.878	11.947	38.755
Production animale	79.100 UGB	113.263	9.743	43.720
Sylviculture	8.341 m ³ /a	18.352	1.579	5.047
Traitement eaux usées	386.586 EH	16.701	1.440	6.446
Déchets	125.391 t/a	35.243	3.038	13.613
Total		322.437	27.746	107.580

Tableau 61: Aperçu du potentiel d'Ouarzazate et Zagora (zone d'Action ORMVAO) ²⁰⁴

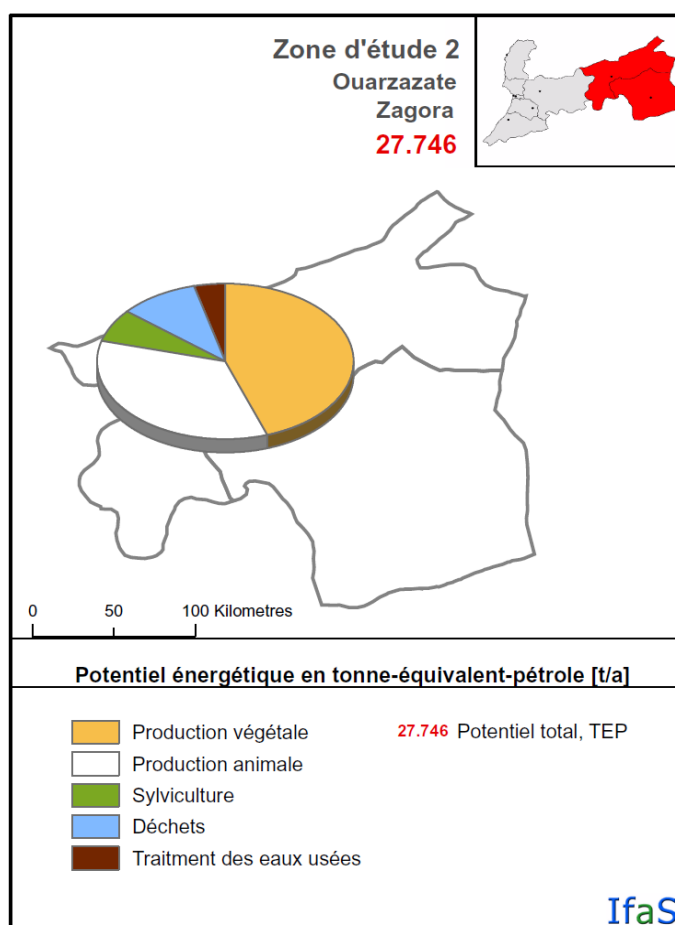


Figure 28: Aperçu sur le potentiel en TEP (Ouarzazate et Zagora) ²⁰⁵

²⁰⁴ Réalisé par IfaS

8.1.5 Essaouira

Également dans la province d'Essaouira, le plus fort potentiel est celui du secteur agricole (Tableau 62, Figure 29).

Secteur	Quantité	Potentiel technique [MWh/a]	Tonnes-équivalent-pétrole [t/a]	CO _{2eq} [t/a]
Agriculture		368.599	31.707	111.982
Production végétale	70.536 t/a	272.948	23.479	75.061
Production animale	66.800 UBG	95.651	8.228	36.921
Sylviculture	35.677 m ³ /a	78.492	6.752	21.585
Traitement eaux usées	214413 EH	9.263	799	3.575
Déchets	66.887 t/a	18.086	1.559	6.986
Total		474.440	40.817	144.128

Tableau 62: Aperçu du potentiel d'Essaouira²⁰⁶

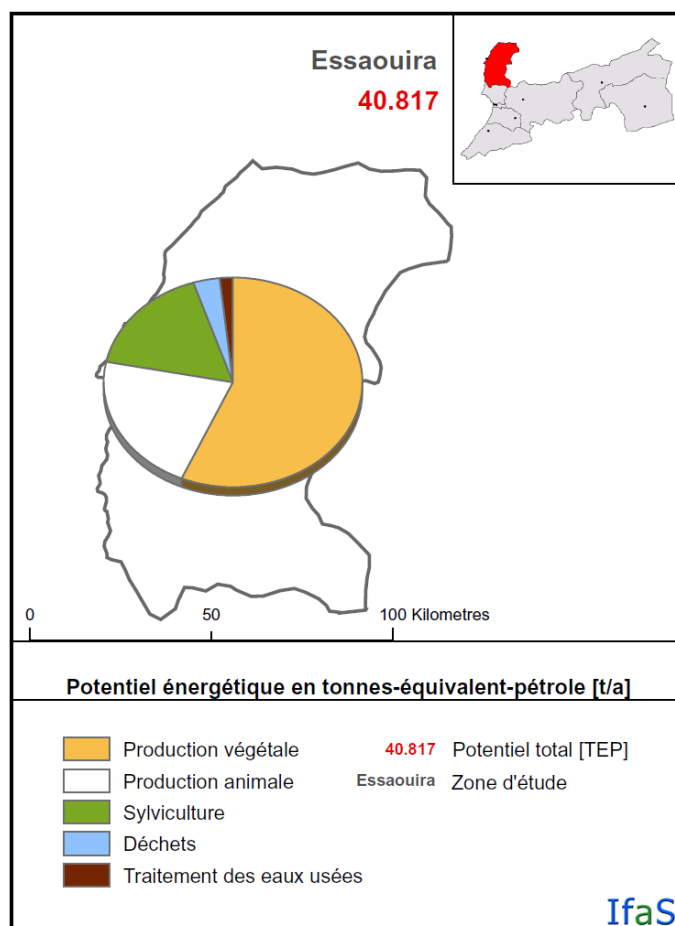


Figure 29: Aperçu du potentiel (en TEP) Essaouira²⁰⁷

²⁰⁵ Réalisé par IfaS

²⁰⁶ Réalisé par IfaS

²⁰⁷ Réalisé par IfaS

Dans le secteur de la production végétale, un potentiel énergétique de 273.000 MWh/a a été identifié, ce qui correspond à une part de 58% du potentiel total de la province. En outre, Essaouira dispose, avec un potentiel d'environ 95.000 MWh/an provenant de l'élevage (20% du potentiel total), du deuxième plus grand potentiel du secteur de l'élevage dans la zone d'étude. L'utilisation de la biomasse de bois de la foresterie offre des perspectives également intéressantes à 16% du potentiel totale de la province avec 78.500 MWh/a.

Les secteurs de la gestion des déchets et de traitement des eaux usées ont une importance marginal avec 4% (~ 18.000 MWh) et 2% (~ 9,000 MWh) respectivement.

8.2 Potentiel de la zone d'étude totale

L'analyse des flux de matières dans la région de Souss-Massa-Drâa a montré un potentiel élevé de la biomasse disponible. Malgré les conditions climatiques difficiles pour la culture des plantes (climat semi-aride au aride, forte variation interannuelle des précipitations), les plus grandes potentiels peuvent être obtenus dans le secteur de l'agriculture (Tableau 63, Figure 30). Cette priorité se trouve fondé en agriculture d'irrigation intensive (culture protégée des légumes précoces, des plantations des agrumes) aussi bien que dans un élevage en partie intensif.

En outre, le secteur forestier offre un fort potentiel. A cause de la distribution hétérogène de forêts ils existent des concentrations au niveau locale (provinces Taroudannt, Tiznit et Essaouira).

Les potentiels totaux de la biomasse dans la région de Souss-Massa-Drâa et la province d'Essaouira sont spécifiés par la suite et subdivisé selon les différents secteurs.

	Agriculture		Sylviculture	Industrie	Traitement eaux usées	Abfall- wirtschaft	Total
	Production vegetale	Production animale					
<i>Total</i>							
<i>Quantité</i>	260.730 t/a	283.900 UGB	464.048 m3/a	14.944 t/a	1.855.348 EH	631.287 t/a	
<i>Potentiel technique</i>	1.628.685	406.516	426.540	5.698	149.727	177.592	2.794.758 [Mwh/a]
<i>TEP</i>	90.194	34.969	36.692	491	12.907	15.310	190.563 [t/a]
<i>CO_{2eq}</i>	289.834	151.427	117.299	1.225	50.072	66.153	676.010 [t/a]

Tableau 63: Potentiels totaux de biomasse dans la région Souss-Massa-Drâa et Essaouira selon les différents secteurs²⁰⁸

²⁰⁸ Réalisé par IfaS

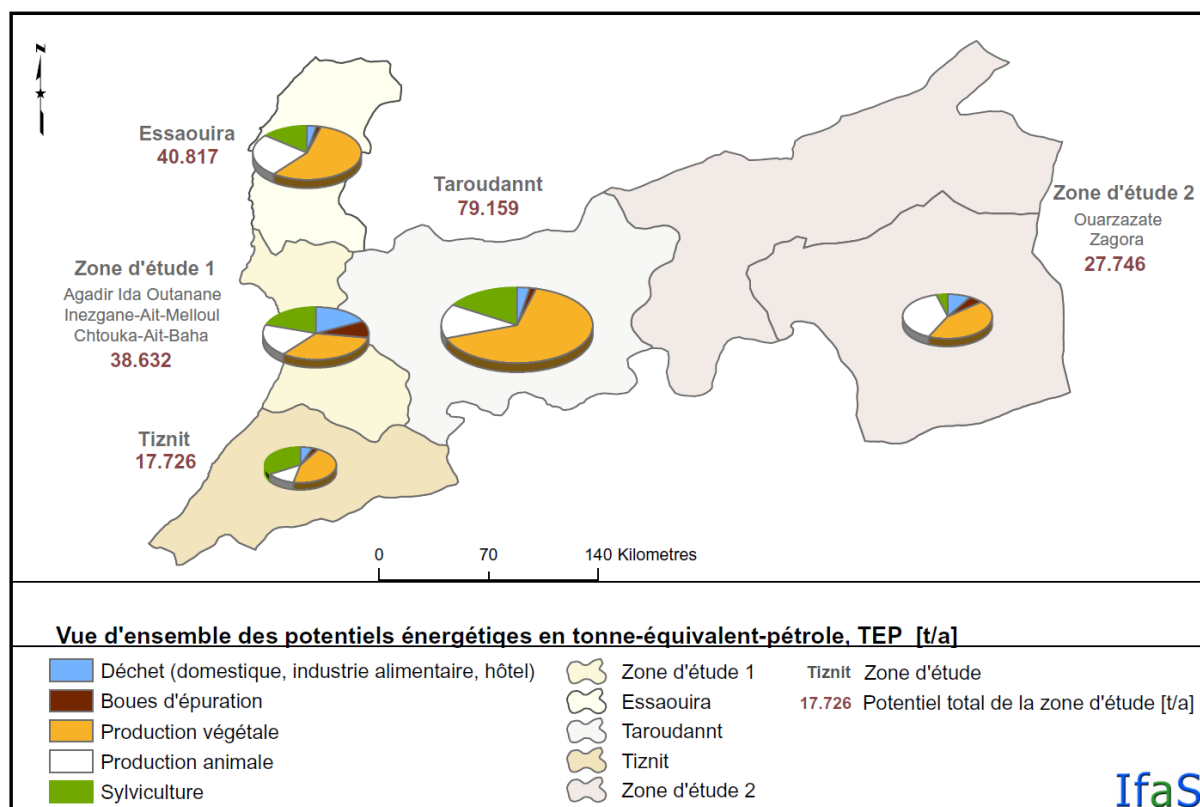


Figure 30: Potentiel total énergétique en tonnes équivalent pétrole²⁰⁹

8.3 Détermination des besoins en énergie

Dans toute la région de Souss-Massa-Drâa et la province d'Essaouira, la plus grande partie d'énergie est consommée dans l'agglomération du « Grand Agadir ». Les autres priorités sont les villes, en particulier des capitales provinciales. Les besoins en énergie comprennent l'utilisation d'énergie électrique et thermique.

8.3.1 Énergie électrique

Dans la région de Souss-Massa-Drâa existent deux grandes usines de production d'électricité. La centrale hydro-électrique du barrage d'Al Mansour Ed Dahbi se trouve à l'est de la région auprès du fleuve Drâa, tandis que la deuxième installation, est la centrale électrique de gaz à Agadir, qui est implantée dans l'ouest. La production d'électricité à partir de ces deux centrales électriques en 2005 s'élevait à environ 16,5 millions kWh, ce qui correspond à une part de 0,24% de la production d'électricité nationale totale²¹⁰.

²⁰⁹ Réalisé par IfaS

²¹⁰ Monographie de la Région Souss-Massa-Drâa, 2006, p. 96

De 2004 à 2005, la production d'électricité est augmentée dans la centrale hydro-électrique, Al Mansour Ed Dhabbi de 10,6 millions kWh en 2004 à 13,2 millions kWh en 2005, ce qui correspond à une augmentation de 24,5%.

Production d'énergie (net) dans la région de SMD en Mio. kWh			
	2004	2005	Hausse %
Hydrocentrale AL Mansour Ed Dahbi	10,6	13,2	24,5
Centrale à gaz Agadir	0,6	3,3	450,0
Total	11,2	16,5	47,3
Production d'énergie (nationale, totale) ²¹¹	17.945	19.518	8,7
Quotité de la production régionale	0,018%	0,024%	0,06%

Tableau 64: Production nette d'électricité dans la région SMD, en 2004 et 2005²¹²

En 2005, la quantité totale de la consommation d'électricité dans la zone d'étude s'élève à 1,565 millions kWh. Comparé à 2004, l'Office National de l'Electricité (ONE), a enregistré une augmentation de 11,3%.

La Figure 31 présente les parts moyennes de la consommation d'électricité dans les différentes provinces et préfectures de la région de Souss-Massa-Drâa.

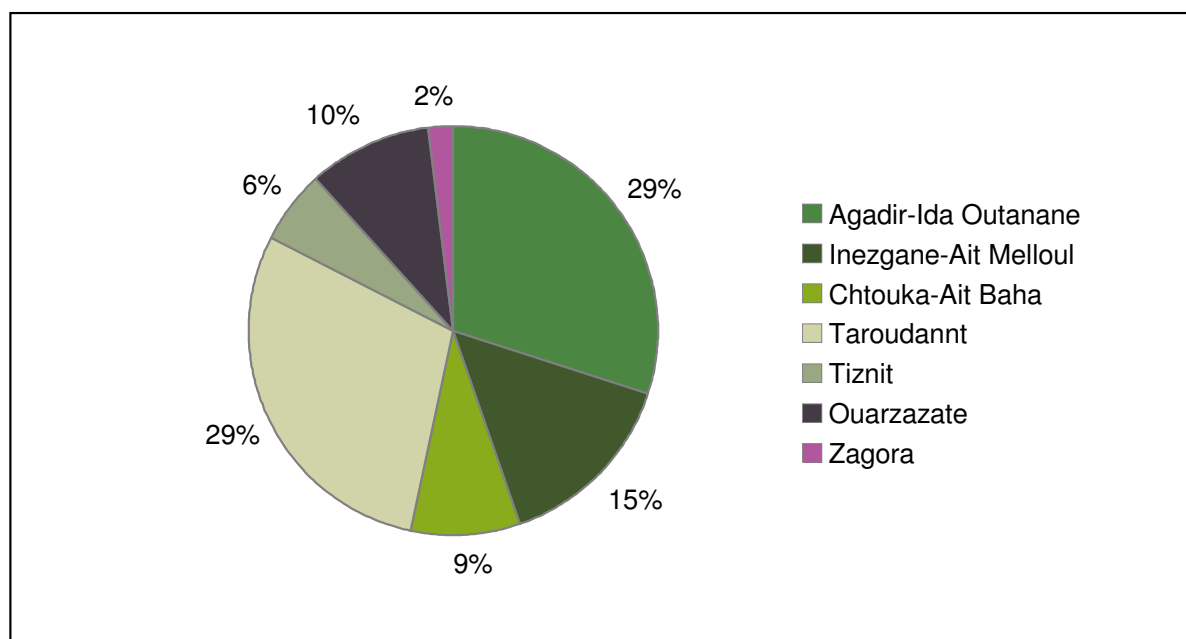


Figure 31: Consommation d'énergie électrique dans les provinces et les préfectures de la région Souss-Massa-Drâa (moyenne 2004/05)²¹³

²¹¹ Cp. GTZ/CDER: Promotion des énergies renouvelables, 2007, p. 39

²¹² Réalisé par IfaS. Données prises de : Monographie de la Région Souss-Massa-Drâa, 2006 ; Annuaire Statistique du Maroc

²¹³ Berechnungsgrundlage: Mittelwerte des Stromverbrauchs der Jahre 2004 und 2005. Der Bilanzraum 2 umfasst die Provinzen Ouarzazate und Zagora.

On constate que la préfecture d'Agadir-Ida Outanane et la province de Taroudant sont les premiers consommateurs d'énergie électrique avec un taux de 58% de la consommation de la région.

Pour l'agglomération d'Agadir et le centre industriel de la région, la consommation d'énergie électrique élevée se justifie par le nombre des habitants et de touristes aussi bien que par le développement industriel. Dans l'industrie, en plus du besoin d'énergie pour le fonctionnement des appareils, il y a une très forte demande en énergie pour assurer le refroidissement des chambres froides pour les poissons, les légumes et les fruits.

En outre, la demande en électricité pour la climatisation des bâtiments, en particulier dans les hôtels et les restaurants, est également significative. Rien que ces charges de pointe qui se produisent à l'heure du déjeuner, ne causent pas seulement des problèmes dans la région de Souss-Massa-Drâa mai aussi au niveau national lors d'un approvisionnement sûr.

Comparé à Agadir, la consommation d'électricité à Taroudant, qui a une structure rurale, est également élevée. La consommation d'énergie électrique relativement élevée comparée à d'autres provinces s'explique par l'agriculture intensive et la forte demande en électricité liée à l'utilisation des pompes d'irrigation et de puits.

Une comparaison entre la production et la demande d'électricité dans la région de Souss-Massa-Drâa, montre que la quantité produite à la région satisfait 1% seulement de la quantité dont elle a besoin. La quantité nécessaire restante est importée d'autres régions. Pour assurer un approvisionnement durable en énergie pour la région à long terme, il est important d'intégrer le potentiel existant de la biomasse dans la production d'électricité. Des projets visant une réalisation concrète sont décrits dans le chapitre 9 de cette étude.

8.3.2 Énergie thermique

Concernant l'énergie thermique, il y a deux grands secteurs au Maroc: l'énergie de processus pour l'industrie et l'énergie visant cuire, le chauffage des eaux sanitaires et au chauffage de bâtiment.

La plus grande quantité de l'énergie thermique est utilisée dans l'approvisionnement énergétique de l'industrie. Ici, le fioul lourd ou du charbon sont principalement utilisés pour la production de vapeur. La vapeur industrielle est utilisée tout d'abord dans l'industrie de poisson (production d'huile de poisson et de farine de poisson), et également dans d'autres secteurs comme la production d'huile d'olive et l'industrie laitière.

Les installations de chaudières et les systèmes de chauffage sont parfois, dus au manque des systèmes d'automatisme et électroniques, et d'entretien technique ainsi que le mode de

fonctionnement inadéquat, en mauvais état et ont un fort potentiel pour augmenter l'efficacité énergétique.



Figure 32: Chaudières typiques de production de vapeur industrielle ou de séchage²¹⁴

Une grande partie de l'énergie thermique utilisée dans les domiciles concerne la cuisson ou le chauffage de l'eau. Le chauffage des bâtiments, si existant, a lieu surtout dans les zones rurales et les bains des Hammam, qui utilisent la biomasse (bois, charbon) comme combustible. Mais aussi dans certaines villes la biomasse représente une source d'énergie importante pour l'alimentation en énergie thermique. D'autres sources d'énergie sont l'électricité et le gaz de propane, qui sont utilisés dans les réchauffeurs décentralisés. Un réseau de gaz visant l'approvisionnement des immeubles n'existe pas au Maroc.

8.4 Évaluation des potentiels

L'analyse de biomasse présentée dans cette étude offre un potentiel considérable dans la région de Souss-Massa-Drâa et la province d'Essaouira. Il s'avère que le potentiel de biomasse identifiée dans la zone d'étude peut couvrir jusqu'à 22% (en 2005) des propres besoins en énergie. Lors de l'évaluation des potentiels existants de biomasse, il faut considérer généralement que les données représentées servent plutôt à estimer des ordres de grandeur et à identifier des approches à adopter.

8.4.1 Classement des potentiels dans les besoins régionaux en énergie

Les différentes parties de la zone d'étude se différencient fortement, en termes de leur consommation d'électricité et en vue de possibilités de production d'électricité à partir des

²¹⁴ Réalisé par IfaS

potentiels locaux de la biomasse. Dans le Tableau 65, les « potentiels techniques totaux de biogaz » représentés sont calculés à partir des proportions de la biomasse fermentescible dans les parties de la zone d'étude, qui ont été identifiés dans cette étude. La biomasse fermentescible comprend le potentiel provenant des secteurs de l'épuration des eaux usées, de la gestion des déchets, de l'élevage et du potentiel de la culture maraîchère. La biomasse ligneuse du secteur forestier, la paille provenant de la culture des fruits et des céréales ne sont pas inclus, puisqu'ils sont appropriés pour la valorisation thermique. Pour convertir le potentiel total de production de biogaz en un potentiel total de production d'électricité une efficacité moyenne de 38% a été approuvée.

Zone d'étude	Consommation d'électricité		Potentiel technique (total)	Potentiel énergétique (total)	Pot. satisfaction besoins d'électricité
	2004	2005			
	[MWh/a]		[MWh/a]		[%]
Agadir Ida Outanane	428.600	464.600	121.471	46.159	10
Inzegane Ait Melloul	204.400	229.000	68.101	25.878	12
Chtouka Ait Baha	115.600	140.400	110.252	41.896	33
Essaouira	-	-	123.000	46.740	-
Taroudannt	411.500	457.100	181.002	68.781	16
Tiznit	85.700	94.000	50.957	19.364	22
Bilanzraum 2	161.300	180.800	170.283	64.707	38
Ouarzazate	134.200	149.500	-	0	-
Zagora	27.100	31.300	-	0	-
Total	1.407.100	1.565.900	825.066	313.525	22

Tableau 65: Consommation d'énergie, potentiel de biogaz des résidus et potentiels de production d'électricité ainsi que la couverture des besoins propres dans les différentes parties de la zone d'étude ²¹⁵

Les pourcentages, avec lesquels les parties de la zone d'étude peuvent contribuer à la satisfaction de leur propre besoin en d'électricité (Tableau 65), indiquent des différences significatives. Le potentiel forestier, la culture de fruits et des céréales provoquent de gros changements par rapport au potentiel total (qui inclut toutes les potentiels de la biomasse). Par exemple, dans la province de Taroudant le potentiel de biogaz est de 181.000 MWh/an seulement pour un potentiel total d'environ 920.110 MWh/an. Pourtant, avec ce potentiel il peut produire suffisamment d'électricité pour répondre à 16% de la consommation d'électricité de la province. En fonction de ces calculs le taux d'autosuffisance en électricité le plus élevé, pourraient atteindre avec 38% les provinces d'Ouarzazate et Zagora (zone d'étude 2). Ce résultat est en partie dû à la faible consommation d'énergie de cette zone d'étude.

²¹⁵ Réalisé par IfaS

Les contributions de différentes parties de la zone d'étude au potentiel total de production de l'énergie électrique à partir du biogaz sont présentées dans le Tableau 37.

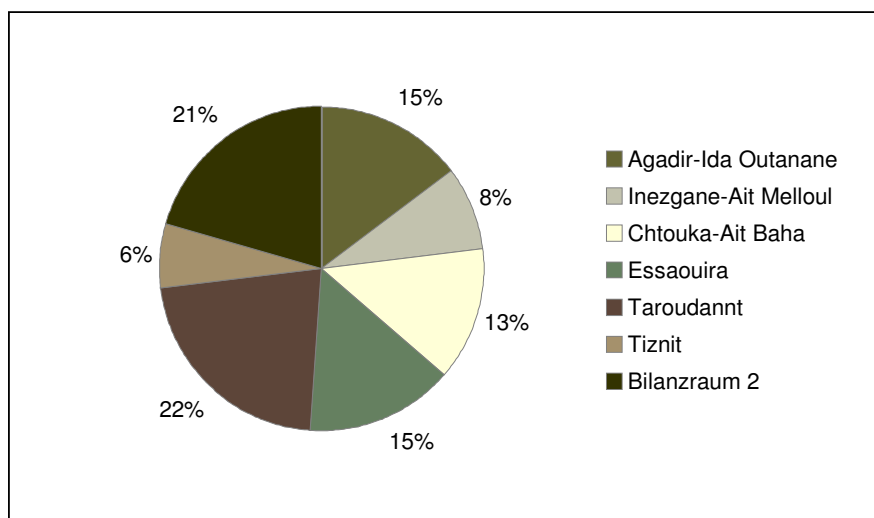


Figure 33: Contribution au potentiel totale de production de l'énergie électrique à partir du biogaz des différentes parties de la zone d'étude

8.4.2 Disponibilité et la possibilité d'activation des potentiels

Au contexte régional et individuel de futurs projets identifiés, la disponibilité réelle des potentiels techniques doit être examinée. Des observations détaillées dans les secteurs montrent que certaines parties des potentiels enregistrés provenant de l'agriculture et la sylviculture sont déjà utilisées localement. Il s'agit principalement du bois de la forêt et la coupe du bois et les cultures fruitières ainsi que des autres arboricultures. En raison de la forte demande en bois de feu dans les différentes provinces de la région des stratégies à long terme doivent être développées pour garantir un approvisionnement durable en bois-énergie. Une solution à cette problématique est traitée dans le projet « bosquet villageois » (chapitre 9.2).

La situation dans la production végétale se présente différemment. Afin d'activer la valorisation énergétique des restes de la culture maraîchère, des questions de logistiques doivent être principalement clarifiées. Certes le matériel existe en grande quantité, mais surtout il est disponible de façon saisonniers et est distribué dans plusieurs endroits. Grâce à un système de collecte des substrats pour la production de biogaz, qui va servir également à la redistribution du digestat dans les exploitations agricoles, une production d'énergie efficace et une gestion d'élément nutritif optimisée pour beaucoup d'exploitations agricoles sont possibles. Dans la zone d'étude, des quantités de biogaz considérables peuvent être produites par la co-fermentation à partir des différents substrats de biogaz (chapitre 9.1).

Des défis logistiques semblables se placent lors de l'utilisation des déchets ménagers et des boues d'épuration dans les zones rurales. Particulièrement dans ces secteurs, en plus des facteurs logistiques, d'autres facteurs tels que le foncier et la situation des recettes doivent être clarifiés. Dans les zones urbaines la mobilisation des potentiels du point de vue logistique est plus simple, puisque les potentiels, qui se trouvent principalement dans les agglomérations urbaines et industrielles côtières de la région, sont relativement concentrés. En raison de l'infrastructure existante et la concentration spatiale des quantités de biomasse, une utilisation efficace de ces ressources peut être réalisée à court terme. Mais même dans ce cas, il s'agit d'entrer en contact avec les structures existantes (chapitre 9.3).

Le secteur industriel présente une faible part du potentiel total des déchets organiques. Ces potentiels ont été évalués principalement dans les agglomérations concernées. Toutefois, dans ce secteur particulier il existe localement et à court terme un certain potentiel concentré qui doit être analysé plus en détail.

Dans le chapitre 9, différents esquisses de projet, qui permettent une réalisation et/ou une utilisation pratique du potentiel de biomasse, sont présentés. Pour pouvoir adopter des formulations détaillées sur l'activation du potentiel de biomasse local, l'élaboration des études de faisabilité approfondies en amont est significative.

Pour l'activation des potentiels prometteurs il est proposé de développer au niveau politique des objectifs pour la valorisation des potentiels de biomasse et des stratégies pour la mise en œuvre des projets de biomasse et d'encourager la réalisation des projets par les instruments appropriés. En complément, l'introduction d'un comité de pilotage et de surveillance (« comité de pilotage ») est recommandée. Celui-ci accompagnera le développement des approches projet de manière scientifique et pratique. En plus, par le développement des modèles de financement, la mise en œuvre sera positivement influencée.

9 Esquisses de projet

Sur la base de l'analyse des flux de matière et les constellations des acteurs dans la région de Souss-Massa-Drâa et d'Essaouira, il en résulte des approches de mise en œuvre du potentiel identifié. Ces approches peuvent être abordées rapidement en fonction des réseaux d'acteurs et des aspects financiers et sont présentés sous forme d'esquisse dans ce qui suit. Lors de la sélection des esquisses de projet, l'accent a été placé sur la transférabilité des projets vers d'autres sites. Ainsi ces propositions de projet peuvent fournir des impulsions indicatives pour la région.

9.1 Unité de méthanisation des déchets organiques avec approvisionnement énergétique des entreprises industrielles à Ait Melloul

9.1.1 Aperçu général

L'esquisse du projet « unité de méthanisation des déchets organiques avec approvisionnement énergétique des entreprises industrielles à Ait Melloul » comprend la valorisation énergétique et matérielle des déchets organiques de l'industrie agro-alimentaire tels que les déchets des abattoirs et des cultures fruitières et maraichères. La technologie de méthanisation commercialisable utilise un procédé continu d'intrants et fournit des produits finis de haute qualité (électricité, chaleur, engrais). L'énergie produite doit être utilisée directement et localement par les entreprises industrielles de proximité. De cette manière la dépendance aux combustibles fossiles est réduite et en même temps la charge sur le réseau électrique local diminue.

L'emplacement idéal de l'unité se situe dans la zone industrielle d'Ait Melloul à proximité d'Agadir. Dans ce qui suit la gestion du flux de matière, la technologie de l'unité, l'emplacement aussi bien que les aspects économiques, écologiques et sociaux sont développés dans les esquisses de projet.

9.1.2 Flux de matière

Comme précédemment décrit au chapitre 7.3.5, la région de Souss-Massa-Drâa dispose d'un potentiel de biomasse significatif dans le secteur industriel. En particulier dans la région d'Agadir de nombreuses industries agro-alimentaires génèrent des déchets organiques de

manière croissante. Les flux de matières sont en partie concentrés dans les zones industrielles donc logistiquement favorable.

Déchets d'abattoir

Dans le cadre de collecte des données, l'entrepreneur a été informé au sujet de la construction d'un nouvel abattoir de volaille, qui sera construit au cours de l'année 2009 dans la zone Industrielle d'Ait Melloul. La production du nouvel abattoir commencera l'année 2010. L'abattoir aura une capacité de traitement journalière de 10.000 poulets et 6.000 dindes. La production annuelle estimée de viande de poulet est estimée à 4.700 tonnes, la production de viande de dinde à 14.000 tonnes. Par ailleurs, il est supposé que, pour la production de 400.000 kWh d'électricité par mois (ce qui équivaut à 4800 MWh / an) 260 m³ d'eau par jour (équivalent à 95.000 m³ / a) est consommée.

En tant que flux de matériaux d'entrée possibles pour une unité de biogaz les flux de matières suivants ont été identifiés:

- 31.600 kg de déchets solides par jour (plumes, intestins, pieds, têtes, etc.)
- 240 m³ des eaux usées par jour
- 2.400 litres de sang par jour

Actuellement, il est prévu de déposer les déchets solides dans une décharge, la station de traitement des eaux usées sera construite sur les lieux.

Les déchets solides et liquides précédemment identifié conviennent idéalement à une valorisation énergétique au sein d'une unité de biogaz. Une telle centrale peut aider à réduire les quantités d'eaux usées à traiter par la station de traitement. Ainsi la capacité de la station de traitement peut être sensiblement réduite.

Le Tableau 66 montre les estimations de production de biogaz et des potentiels énergétiques des déchets ci-dessus.

Un potentiel supplémentaire dans le domaine des déchets d'abattage, est présent dans les 4 abattoirs existants à Inezgane et à Aït Melloul, (voir la partie 7.3.5.5). On suppose qu'environ 75% de déchets appropriées à la production de biogaz sont disponibles, alors on dispose d'un potentiel supplémentaire de production de biogaz d'environ 140.000 m³ par an.

Résidus des cultures maraîchères

La proximité des zones de culture des bananes et maraîchage sous serres au sud d'Aït Melloul donne un potentiel supplémentaire, qui peut être mobilisé afin d'améliorer la charge de l'unité de biogaz. Pour les calculs on suppose qu'environ 65% des déchets existants des serres pour une valorisation énergétique peut être activé (voir également la partie 7.1.4.2).

	Quantité de déchets [t/a]	Potentiel de biogaz [m ³ /a]	Potentiel d'énergie [MWh]	TEP	Energie thermique [MWh]	Energie électrique [MWh]	CO ₂ équivalent [t/a]
Déchet du nouvel abbatoir	10.800	963.900	5.783	514	2.603	2.313	2.232
Sang du nouvel abattoir	720	84.337	506	45	228	202	195
Déchets du maraîchage	14.000	840.000	5.040	448	2.268	2.016	1.945
Déchets des abattoirs de Inezgane-Ait Melloul	1.613	143.916	863	77	389	345	333
TOTAL	27.133	2.032.153	12.192	1.084	5.488	4.876	4.705

Tableau 66: Potentiels en biogaz et énergie

Dans l'ensemble, les quantités mentionnées de déchets organiques produisent environ 2 millions de mètres cubes de biogaz et évitent l'émission de 4.700 tonnes de CO₂.

9.1.3 Technologie

Les informations générales sur le traitement des déchets organiques et sur la production de biogaz se trouvent sur le site web suivant : <http://www.renewables-made-in-germany.com/index.php?id=159&L=3>.

Le procédé choisi du constructeur d'installations de biogaz Demetron AG dispose d'un stade préliminaire de séparation (technologie du pulpeur). Les résidus organiques sont broyés, séparé et ensuite alimenté au système d'un soi-disant « Thermally Induced Hydrolysis » (TIH). Cette procédure garantit d'une part la hygienisation de la matière et d'autre part dégrade la matière thermiquement. Le système « Thermally Induced Hydrolysis » fonctionne à haute pression et haute température pour décomposer plus rapidement la matière. De cette manière les micro-organismes peuvent dégrader plus efficacement la matière organique et produire plus de biogaz. Ainsi, la matière première organique est dégradée à plus de 90 % en biogaz dans une période de 10 jours. Sans ce processus technique, le processus dure habituellement 60 à 90 jours, auquel cas on ne transforme que 60 % de la matière organique en biogaz.

La réduction du temps de séjour liée à cela dans le digesteur réduit le volume du digesteur nécessaire ainsi que les frais d'investissement. Le biogaz produit est transformé dans un module de cogénération CHP (500 kW_{el}) en électricité et chaleur (et si nécessaire en froid).

9.1.4 Analyse du site / Dimensionnement

L'emplacement possible pour une telle unité se situe dans la zone industrielle à proximité d'Ait Melloul à Agadir. Il s'agit de s'assurer que l'électricité produite et la chaleur fournie par le CHP peuvent être utilisées pour alimenter le nouvel abattoir. La quantité produite de l'électricité (environ 4 millions de kWh par an) est suffisante pour fournir plus de 90% de l'électricité nécessaire à l'abattoir.

La chaleur résiduelle de l'unité CHP (~85°C) peut être utilisée en plusieurs étapes du processus de l'abattoir (par exemple le chauffage d'eau pour enlever les plumes (52-54 °C)) et pourrait remplacer l'utilisation prévue du gaz de propane pour chauffer l'eau. En plus il y a aussi dans l'unité de refroidissement le besoin de stockage à froid (-18 à -40 °C), ce qui pourrait éventuellement être atteint en utilisant un système de réfrigération à absorption, y compris la chaleur résiduelle de l'unité CHP.

Le substrat final peut être utilisé après la fermentation comme engrais en agriculture, puisque une mise en hygiène approprié est assurée par le processus.



Figure 34: Emplacement de l'unité pilote de production de biogaz pour les substances de déchets industriels²¹⁶

9.1.5 Aspects économiques

Dans les conditions ci-dessus de l'exploitation des installations, avec l'utilisation de l'électricité et de la chaleur pour l'installation industrielle, il semble que la base pour un fonctionnement rentable existe et une vue détaillée sur la rentabilité sera raisonnable.

En plus une comparaison avec les systèmes de référence dans des conditions similaires révèle qu'avec un coût d'électricité d'environ 10 cent/kWh et un coût de chaleur d'environ 3 Ct/kWh une telle unité est rentable. Il convient de noter, toutefois, que les recettes supplémentaires de la vente des engrais organiques de haute qualité ainsi que de la vente des certificats d'émission (CDM) doit être généré.

L'utilisation d'une machine frigorifique à absorption n'est pas directement économiquement présentable à l'utilisation de la chaleur résiduelle pour ensuite produire le froid. Cette possibilité d'utiliser la chaleur résiduelle pourrait toutefois avoir, en tant que projet pilote au Maroc, un effet très positif sur toute l'industrie agro-alimentaire. Le potentiel de l'utilisation de la chaleur résiduelle seulement dans l'industrie du Souss-Massa-Drâa est très important, car il y a beaucoup de secteurs dans lesquels le même processus d'utilisation de la chaleur résiduelle peut être utilisé et le besoin de refroidissement est toujours présent.

Par conséquent, il est recommandé d'examiner ici en détail les subventions publiques possibles (par exemple FODEP), et de lancer si nécessaire avec les représentants des institutions marocaines et / ou associations (CDER, par exemple), de nouvelles politiques ou des programmes de financement.

Puissance calorifique du biogaz	6 kWh/m ³
Efficacité électrique	40%
Efficacité thermique	45%
Puissance électrique	540 kW
Puissance thermique	703 kW
Courant brute	4.050.000 kWh/a
Chaleur nette	5.272.500 kWh/a
Courant net	3.726.000 kWh/a
Chaleur nette	4.218.000 kWh/a
Engrais	16.280 t/a
Coût d'investissement estimé	3.240.000 €

²¹⁶ Réalisé par IfaS

Tableau 67: Caractéristiques de l'unité de biogaz

En plus les possibilités précitées de la fermentation des déchets organiques provenant de l'industrie, peuvent affirmer que la technologie (Demetron), choisie ici, représente une alternative relativement rentable et efficace. Avec environ 6.000 euros par kW électrique installée actuellement ces installations offrent une technologie éprouvée pour les marchés émergents.

9.1.6 Aspects environnementaux et sociaux

Comme expliqué dans l'analyse des flux de matières ci-dessus (voir la partie 7.3.5.5), la région de Souss-Massa-Drâa a généré de grandes quantités de déchets d'abattoirs, mais seulement en partie central. La valorisation énergétique des déchets d'abattoirs est très recommandées, car elles sont actuellement déposés dans des décharges et posent un risque sanitaire (odeur, conditions d'hygiène et pollution de l'eau).

En plus de la production d'énergie l'évitement contribue à réduire des émissions et ainsi les impacts nuisibles à l'environnement.

9.1.7 Transférabilité

L'idée de projet s'applique essentiellement lorsqu'il y a des quantités suffisantes de biomasse organique provenant de l'industrie ou des municipalités (> 10.000 t/a).

Pour assurer la rentabilité de l'unité il est particulièrement important de garantir la disponibilité des substrats d'entrée et la valorisation totale de l'énergie produite (électricité et chaleur). D'autres facteurs tels que la logistique, la création des réseaux de recyclage/revalorisation et l'acceptation de la population, qui doivent être examinés par une étude de faisabilité plus détaillée et/ou appuyée par une analyse de marketing (ici en particulier pour la commercialisation du digestat en tant qu'engrais), ont une influence considérable.

La production du biogaz qui permet l'utilisation décentralisés des substances résiduelles, réduit la pression sur le réseau électrique et des décharges et apporte une contribution décisive à l'optimisation du développement agro-industriel du Maroc.

9.2 Bosquets villageois

Ce projet donne un aperçu des possibilités de développement des bosquets villageois (coopératives) à travers des projets de boisement dans les communes. Afin de poursuivre une stratégie gagnante pour les municipalités impliquées, l'utilisation des eaux usées pour l'irrigation des plantations sera intégrée.

Dans la région de Souss-Massa-Drâa et la province d'Essaouira environ 60% de la superficie de forêts sont mise en danger dus à la surexploitation des ressources et la désertification progressif. Les principaux problèmes environnementaux sont le vieillissement des stocks et la faible régénération des jeunes arbres²¹⁷. Néanmoins, la demande de produits en bois, en particulier le bois de chauffage aux besoins de la population locale, est élevé. Avec une consommation annuelle de bois de chauffage d'approximativement 103.500 m³, le bois de chauffage utilisé dans la zone d'étude représente la plus grande partie de potentiels en bois utilisables.

L'objectif de l'esquisse du projet « bosquets villageois » est de montrer comment les exploitations collectives locales peuvent être organisées dans une exploitation forestière. La création des coopératives pour la gestion durable des forêts est poursuivit généralement au Maroc pour l'utilisation durable de la forêt d'Argan par le DREF et les initiatives internationales de recherches. Un exemple est la gestion de la culture d'Argan dans une réserve de biosphère de l'UNESCO dans la zone sud-ouest de la zone d'étude. Des associations familiales et des coopératives locales se chargent de la récolte de fruit d'Argan utilisé en tant que produit dans l'industrie agro-alimentaire et cosmétique, et ils possèdent des droits de gestion et d'utilisation. La culture de l'arbre d'Argan, la récolte des fruits d'argan et la production traditionnelle d'huile d'Argan, qui est fait par la main d'œuvre locale, conservent à Souss-Massa-Drâa et dans la province d'Essaouira le paysage extraordinaire²¹⁸.

9.2.1 Aperçu général

Le terme « bosquets villageois » décrit les surfaces de forêts utilisées de manière collective, comprenant les surfaces de forêt d'utilisation et celles protégées. Ils servent d'une part à garantir l'utilisation durable du bois (fonction d'utilisation), d'autre part à protéger d'autres ressources biotiques et abiotiques (fonction protectrice).

²¹⁷ Cp. Abdlekarim : Secteur Forestier, 2007

²¹⁸ Cp. Argand'Or GmbH: GTZ und Argand'Or kooperieren im letzten Anbaugebiet der Arganbäume, 2008

Grâce à l'utilisation des eaux usées dans l'irrigation des "bosquets villageois", une revenue peut être générée à moyen terme, qui peut être investi en partie par exemple dans la séparation des flux des eaux usées (systèmes à faible coût). La qualité de l'eau améliorée de ce fait permet d'avoir une production plus durable et plus étendue. Une gestion ciblée crée d'autres effets positifs tels que la fertilité accrue du sol (érosion, l'accumulation de l'humus) et la qualité de l'eau améliorée.

Aspects organisationnels et administratifs

Les bosquets villageois sont des formes de propriété spécifique de la forêt et ils sont généralement considérés comme des forêts communales. La caractéristique principale des bosquets villageois est le fait que les citoyens d'une communauté ont seulement une propriété idéale dans la forêt. Ceci attribue des droits d'utilisation exceptionnels (par exemple bois de feu, récupération de fourrage) pour chaque citoyen. Le soutien des bosquets villageois est soumise aux villageois, tandis que la gestion de la coopérative (municipale ou des membres de l'administration forestière) est responsable de l'organisation et de la planification. La tâche du conseil d'administration des bosquets villageois est l'exécution et le contrôle de la gestion rationnelle des forêts aussi bien que l'attribution des droits d'utilisation²¹⁹.

Les forêts sont propriété exclusive du royaume du Maroc. Les bosquets villageois, qui se concentrent en particulier sur le reboisement et le développement des réserves d'Argan, peuvent être loués pendant une période limitée d'utilisation de ressources forestières²²⁰. L'autorité de gestion forestière est soumise à des normes minimales (sécurité technique, formation du personnel, écologie) et guidé par les instructions de la durabilité législatif.

Aspect économiques

L'objectif est l'établissement d'une structure économique stable entre les bosquets villageois. Elle permet aux citoyens du village et des membres de la coopérative à générer des revenus. En outre des marchandises (par exemple le bois de feu, le fourrage, les fruits d'Argan, la gousse de la Moringa) sont générés. Les conditions requises pour assurer la viabilité économique incluent les aspects suivants:

- Options contractuellement définies d'utilisation des terres forestières
- Exploitation de toutes les revenus de vente

²¹⁹ Cp. Waldwissen : Waldbesitzer auf dem Weg in die Zukunft, 2009

²²⁰ Cp. Haut Commissariat aux Eaux et Forêts et à la Lutte Contre la Désertification : Secteur Forestier, 2007

- Cession des prêts à court terme pour la fourniture de machine ou de formation (voir le financement micro crédit)
- Subventions pour des mesures environnementales telles que la restauration des terres et le reboisement (fournitures de végétaux)
- Avantages fiscaux avec les produits commercialisables
- Prolongation des modes d'amortissement

Aspects écologiques

Les effets écologiques des bosquets villageois est la protection des ressources abiotiques, à savoir la protection du sol et d'eau potable. Pour cette raison il est important d'avoir des lignes directrices strictes concernant les exigences écologiques des forêts prévues. Ceci peut inclure :

- Tailles minimum déterminées (par exemple au moins 5 hectares pour chaque forêt à préserver)
- Composition en espèces d'arbre indigènes (par exemple Arganier, acacias, Moringa)²²¹
- Création des zones d'utilisation et de repos
- Reboisement horizontale (deux dimensions d'arrangement du type utilisation et /ou de protection)
- Pris en considération de l'exposition (réduction de vent)

Les exigences environnementales sont étroitement liées à la recherche au Maroc et aux projets de développement du Haut Commissariat des Eaux et Forêts et à la Lutte Contre la Désertification réalisés et mis en œuvre en coordination la DREF-SO²²².

D'autres aspects de durabilité économique

La mise en œuvre réussie de l'idée de coopérative exige une structure sociale stable. Par conséquent l'intégration des citoyens en tant que membres de coopérative et des futurs gestionnaires de la forêt est l'étape la plus importante pour le début de projet. Les espèces d'arbre présentées ici ne sont seulement que des propositions: La connaissance des conditions de base climatiques, écologiques et sociales des habitants de village est

²²¹ Cp. Mhirit., Blerot : Le grand livre de la forêt marocaine, 1999

²²² Cp. Haut Commissariat aux Eaux et Forêts et à la Lutte Contre la Désertification : Secteur Forestier, 2007

complétée par des experts forestiers. Une coopérative constructive et les conditions locales du groupement forestier sont facilitées par les facteurs suivants:

- L'information de la population au sujet de l'eau / l'assainissement et les projets
- Choix des espèces d'arbre selon le besoin local (fourrage, bois, tanin, purification d'eau etc.), la connaissance, la disponibilité de la main-d'œuvre et financement
- Etablissement des espèces d'arbres appropriées, la réussite de la régénération et la tolérance des eaux usées, pour tester la pousse et la tolérance envers les eaux usées
- Génération (de préférence boutures) de l'espèce visée (finances)

Grâce à une variété de tâches liées au groupement forestier de gestion, des emplois peuvent être créés, dans les zones rurales défavorisées, il s'agit notamment de:

- Employés locaux en tant que lien entre la forêt et l'autorité coopérative (exigence de documentation, attribution des droits d'utilisation, ventes de bois / produits)
- Travailleurs saisonniers (préparation de surface, plantation, coupe, etc.)
- Travailleurs saisonniers de la foresterie (autorisations)
- Renforcer l'économie régionale, comme l'élevage, les associations de femmes (Moringa, Argan)

9.2.2 Etablissement des bosquets villageois

Le bosquet villageois est connu par de diverses parties de la surface concernant la protection et/ou les critères utilisables. On distingue entre la protection et la forêt utilisable:

La forêt protégée est un espace de forêt mis pour des raisons de protection de la nature et de l'environnement. C'est un domaine essentiel à l'intérieur ou sur le bord de la propriété des forêts municipales où est interdit la collecte du bois et le pâturage, mais d'autres utilisations économiques associées sont permises (par exemple la récolte manuelle des fruits). Les forêts de protection sont laissées à leur développement naturel en mettant l'accent sur la protection des sols et des eaux et le soutien de la biodiversité des écosystèmes.

Comme les forêts de protection sont composés des espèces indigènes de la végétation naturelle potentielle, dans la partie occidentale de Souss-Massa-Drâa et d'Essaouira principalement l'arbre d'Argan (*Argania spinosa*) est recommandé.

La forêt utilisable se trouve aux frontières sur la zone centrale de la forêt de protection. L'objectif prioritaire des forêts utilisables est l'approvisionnement de produits du bois et des

produits forestiers (par exemple, feuilles, graines, dispositifs médicaux, et peut-être le miel) pour répondre aux besoins de la population ou pour la vente du bois. La coupe prescrite dépend de l'augmentation annuelle des espèces d'arbre. Généralement plus que 50% de l'augmentation du bois brute annuelle n'est pas utilisée, pour ne pas compromettre la capacité de régénération. Pour garantir la continuité et augmenter la stabilité écologique près du fournisseur de bois des plantes seront plantées (l'acacia, et le pin d'Alep) et aussi d'autres arbres, tels que le Moringa et l'arbre de Neem sont plantés.

Pour augmenter et préserver la biodiversité les forêts protégées et utilisables devraient être mises sous forme de complexes forestiers. Dans l'esquisse de projet il est supposé qu'un bosquet villageois par exemple est d'une superficie de 10 ha pour l'exploitation agricole et 5 ha à préserver. Dans la Figure 35 la forêt utilisable est à proximité du village, ce qui complique l'utilisation incontrôlée et facilite la logistique. La forêt de protection se situe dans la périphérie extérieure du village. La figure montre une forêt utilisable/d'énergie dans la région Souss-Massa-Drâa. En raison de l'extension à la découpe vallée au nord et à l'acheminement fort du vent, la forêt protégée a été créé au-dessus du village comme un coupe-vent. La forêt utilisable est alimentée par de fossé d'irrigation par les eaux usées urbaines.

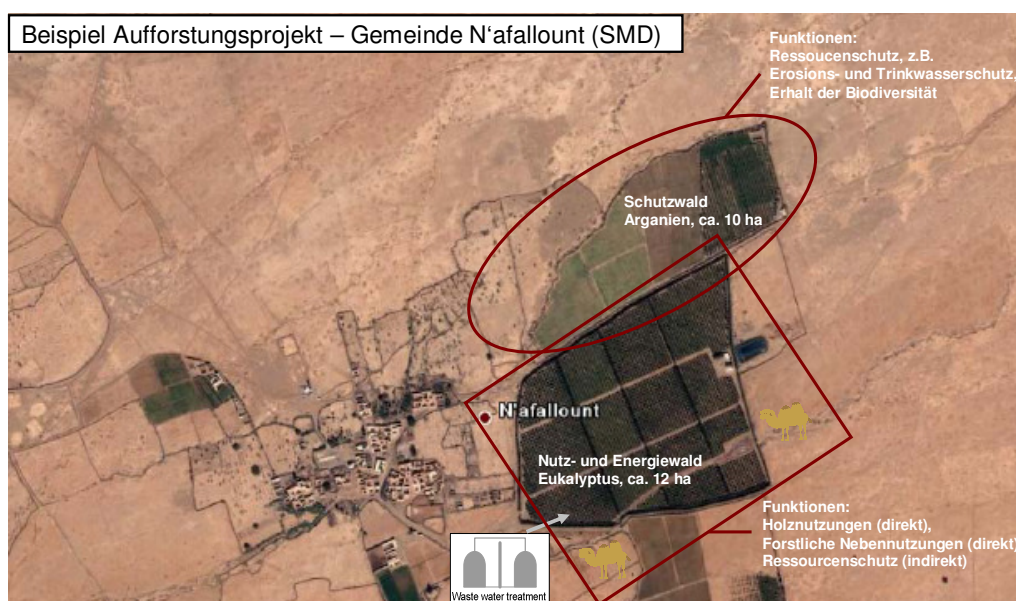


Figure 35: Bosquets villageois dans la région de Souss-Massa-Drâa²²³

Selon les objectifs à s'adapter des espèces locales avec un rendement élevé de l'eau utilisée, une tolérance à la salinité et une utilisation varié (espèce d'*Acacia*, *Leucaena* ou *Moringa oleifera*) et/ou un taux d'accroissement élevé (espèce fréquente de *Pinus* et d'*Eucalyptus*) deviennent possible. Selon les caractéristiques du site, et la gestion des arbres

²²³ Réalisé par IfaS

le taux de croissance annuels atteignant jusqu'à 30 m³ par hectare (*Pinus radiata*, *Eucalyptus camaldulensis*) (voir Tableau 68)²²⁴. D'autres caractéristiques souhaitables des types de forêt à utilisation énergétiques sont la multiplication des plantes par bouturage (p. ex. Moringa) et une récolte durant plusieurs années sans renouvellement nécessaire.

Le choix optimal d'arbre devrait être déterminé de manière expérimentale sur le terrain. Ceci dépend principalement de l'endroit approprié et également de la qualité des eaux usées utilisées. La raison d'inventaire avec différentes sortes renforce les stocks totaux contre la maladie et la pression de parasite. Même en cas de perte de rendement d'une espèce il y a des possibilités de substitution par d'autres arbres restants pour compenser.

Pour l'irrigation avec des eaux usées résiduaire dans les zones semi-arides outre une gestion appropriée une certaine tolérance de salinité est indispensable. Le Tableau 68 présente des espèces, qui sont adaptées aux conditions d'endroit dans un climat semi-aride, une tolérance de salinité suffisante et peuvent être utilisés à partir de la première année (par exemple fourrage).

	Moringa <i>Moringa oleifera</i>	Neem <i>Azadirachta indica</i>	Allepo-Kiefer <i>Pinus halepensis</i>	Akazien <i>Acacia tortilis raddiana</i> , <i>Acacia ssp</i>
Distribution	Péninsule arabe, Inde, à présent pantropical	10-25° N, à l'origine en Inde, à la Malaisie	Méditerranéen, Afrique du Nord	Afrique du Nord
Clima	400-2000 mm, Steppe, semi-arid, méditerranéen	450-2000 mm, Steppe, semi-arid, subtropical	Méditerranéen	Arid- semiarid, tolérant au chaleur et à la sécheresse
Sol	Sols léger, bien drainé	Peu exigeant, tolérant à la salinité	Sols sableuses, rocheuses, marginaux	A 1500 m NGF; sols sableuses
Rotation	Selon l'utilisation, coupage requis	ca. 5 - 10 ans	ca. 5 - 10 ans	ca. 5 - 10 ans
Accroissement annuelle	Haute production des feuilles, à 70 kg graines/arbre	8-15 m ³ /ha	6 - 12 m ³ /ha	Selon status hydrique 3-6 m ³ /ha
Espacement	Selon utilisation (0,5 x 0,5 m à 3 x 4 m)	3 x 3 m à 4 x 4 m	4 x 4 m	Selon utilisation (3 x 3m bis 10 x 10 m)
Exploitation	Alimentation humaine (graines, feuilles), Forage, Purification de l'eau, Médicinal, etc.	Bois, Forage, Tanine (écorce), Désinfection, Fertilisation, etc.	Bois; puissance calorifique ca. 4,02 kWh	Bois; puissance calorifique ca. 3,78 kWh

Tableau 68: Espèces possibles pour la création de bosquets villageois

²²⁴ FAO Forestry Department, 2001

Des espèces d'arbres telles que Moringa (*Moringa oleifera*) ou l'arbre de Neem (*Azadirachta indica*) sont adaptées aux endroits et peuvent être utilisées à partir de la première année. Dans des conditions adéquates l'arbre de moringa peut atteindre une hauteur de 2 m en quelques mois (Morton, 1991; Palada, 1996). Dans le cas d'utilisation de fourrage et une formation latérale de branche une coupe régulière est nécessaire. La matière de coupe peut être utilisée comme fourrage ou comme matière de paillage. La production annuelle d'un arbre atteint jusqu'à 70 kilogrammes (Schwarz, 2000). Ces produits appelés la gousse (« drumsticks ») sont très riches en minéraux, vitamines et protéines et valables pour la nourriture humaine et pour le bétail. À partir des graines une huile avec des propriétés médicales peut être obtenue. Au Soudan, les graines écrasées sont utilisées pour la purification de l'eau. Ils contiennent des coagulants naturels qui améliorent la qualité de l'eau par la création de particules en suspension. Après Dishna (2000) 300.000 l d'eau peuvent être nettoyés avec 3 kg de semences. Les rendements obtenus en biomasse sont comparable à ceux de l'arbre de *Gliricidia sepium* et *Leucaena leucocephala* (4,2 – 8,3 tonnes de MS en 3 mois). Dans le cas d'irrigation avec des eaux usées, la qualité des eaux et le type d'irrigation doit être prise en considération.



Figure 36: Forêt utilisable d'acacia avec irrigation par eaux usées à l'ouest d'Afrique²²⁵

En tant qu'alternative indigène à la culture d'eucalyptus indigènes les acacias sont utilisés comme des espèces de forêt énergétique. Bien que l'arbre d'acacia ait de faible taux de croissance annuel par rapport à l'eucalyptus (voir Tableau 68) il a d'autres caractéristiques positives (*Acacia tortilis raddiana*). En plus de la meilleure adaptation aux endroits secs

²²⁵ Irrigation de l'acacia: <http://www.bioman.ceh.ac.uk/images/Acacia%20irrigation.jpg>

(faible demande en eau, résistance à la sécheresse) l'acacia est un arbre de multi-usage il permet l'approvisionnement en gousse indépendamment des rendements en bois et c'est un fourrage riche. Pour le reboisement et l'amélioration des terres marginales (sols sableux, zones désertiques) l'acacia conviennent en raison de la N-fixation. Le système racinaire ramifié étant d'une grande profondeur (jusqu'à 50 m) empêche l'érosion du sol²²⁶. Le bois d'acacia fournit également un bois dur et durable. La récolte de bois d'acacia sèche est relativement rapide et ait une imperméabilité élevée concernant l'eau²²⁷.

En plus de l'acacia, le pin d'Alep est une autre espèce de forêt énergétique (voir Tableau 68).

9.2.3 Intégration d'une gestion des eaux usées locale

Pour l'irrigation des terres de reboisement, les eaux usées locale peuvent être utilisées afin de préserver les sources d'eaux naturelles et souterraines.

Compte tenue des caractéristiques spécifiques des sites (topographie, direction de drainage, capacité de rétention d'eau dans le sol) et la situation relative aux forêts protégées (protection d'eau potable est prioritaire) devraient être prise en considération par les autorités responsable de la forêt, les représentants du village et les experts d'irrigation régionale une analyse de risque devra être effectuée. Ceci est la base pour le plan de développement préliminaire (polluant ou la concentration de sel) et est utilisé pour éviter les risques.

Une technologie simple et peu coûteuse d'irrigation représente l'irrigation par sillon. Ce genre d'irrigation se fait au moyen de fossé d'irrigation et c'est déjà réalisée dans plusieurs endroits et donne des résultats satisfaisants, son applicabilité à toute endroit dépend principalement de la disponibilité d'eau et de sa qualité. En principe un système d'irrigation efficace tel que l'irrigation de goutte à goutte est préférable. Toutefois une mise en œuvre sera plus difficile, en raison du coût élevé de matériel et de nettoyage.

Un élément important de l'irrigation durable des eaux usées est l'intégration et la formation de la population locale. À long terme la séparation des eaux usées (en particulier les excréments) de point de vue hygiénique est essentielle. L'établissement de procédures d'assainissement à faible coût par les bénéfices gagnées mène à un traitement beaucoup moins problématique de l'eau et permet une utilisation plus variée de ressource.

²²⁶ Schütt, Schuck, Stimm: Encyclopedie der Baum- und Straucharten, 2002

²²⁷ Wagenführ: Holzatlas, 2006

9.2.4 Conclusion et recommandation

Les coûts d'établissement de bosquet villageois avec une taille moyenne de 5 ha pour chacune des forêts de protection et d'utilisation est d'environ 1.900 € par ha.

Les principaux coûts comprennent ceux qui sont dus au matériel de plantation, la préparation de surface (création de fossés d'irrigation), l'application des machines, et la main-d'œuvre. Le Tableau 69 présente les coûts d'établissement d'un bosquet villageois²²⁸. Les coûts de reboisement sont considérés comme des dépenses d'établissement, ces derniers comprennent uniquement la création des bosquets villageois. Le ratio des frais est par hectare et contient tous les coûts principaux (administration, matériel, ouvriers, surveillance de forêt). Les coûts des soins/d'exploitation seront organisés plus tard par l'attribution des droites d'utilisation (bois, découpage, etc.).

Les approches possibles pour le financement de bosquet villageois se trouvent dans le Tableau 69. Les revenus annuels hypothétiques par la vente du charbon de bois sont représentés. Basé sur l'hypothèse que le bois est réparti sur les droits d'utilisations aux villageois et il y a aucune intention de vente au premier plan, ce sont des hypothèses purement théoriques. Généralement, l'investissement de l'établissement d'une forêt de protection peut être rendu par la culture des espèces d'arbre de croissance rapide, qui peuvent être utilisés au plus tard à partir de la deuxième année.

Bosquet villageois (5 ha)		Forêt utilisable/Forêt de protection	
Coût reforestation (Investissement)	Dépense par ha	Rendement	Coût [€]
	Fermage	Utilisation coopérative	-
	Dépense administrative commune	Forfait (10% coût total)	171 €
	Création d'un peuplement		
	Dépense du matériel-plantes	Plants Moringa/Argan (4x4m)	313 €
	Dépense du matériel-eaux usées	Mise à disposition par la commune	0 €
	Conception et aménagement fossés d'irrigation	2 travailleurs manuels, 5 mc/h*	1.000 €
	Préparation des surfaces (Machines)	Coût heure de travail (matériel) 100 h/mois	252 €
	Plantation (sans transport)	3 travailleurs manuellement, 20 plants/h	94 €
	Monitoring police forestière province	1 contrôle par ans (1 jour ouvrable)	50 €
	Sous-total		1.708 €
	Total par ha		1.879 €
Recettes hypothétiques	Recettes totales en 10 ans	Genre de recettes	
	Vente de bois de chauffage (théorique)	Attribué à la communauté rurale	
	Vente de charbon de bois (théorique)	à 850 kg/stère et 250 stères en total	553 €
	Sous-produits Argan	Produits de la vente (Noix, bois sec)	
	Sous-produits Moringa	Produits de la vente (feuilles, gousses, tanin)	
	Recettes moyennes en 10 ans		500 - 1.000 €

Tableau 69: Coûts potentiels et les revenus d'un bosquet villageois

En outre, le produit sera mis en évidence par la vente des sous-produits forestiers. L'Arganier et le Moringa offrent des fruits secs, des produits de bois et d'autres produits sur le marché. L'investissement du reboisement peut être refinancé au moins en partie par les revenus des produits forestiers.

Un autre choix est le financement par des crédits carbone (*Certificat de Réduction d'Emission, CREs*). Dans le cadre de l'accord international sur le climat (Protocole de Kyoto) les forêts seront désignées comme des puits de CO₂²²⁹. En raison de leur capacité à absorber le dioxyde de carbone et à produire de l'oxygène les forêts ont un bilan de CO₂ équilibré. Dans le cadre du *Mécanisme de Développement Propre (MDP)*, un des mécanismes flexibles élaboré dans le cadre du Protocole de Kyoto, les pays développés payent pour des projets qui réduisent ou évitent les émissions dans des pays en voie de développement et sont récompensés de crédits de carbone pouvant être utilisés pour atteindre leurs propres objectifs d'émissions.

En tant que projet d'évitement des émissions en CO₂ les projets de boisement peuvent être promue dans les pays en voie de développement. Les émissions de CO₂ réduit pendant le cycle de boisement peuvent être ainsi vendues (comme CER – Certified Emission Reduction). Le revenu des ventes peut compenser les coûts des équipements des forêts.

Économies de CO ₂ par le reboisement				
		Partition		
Eucalyptus en ha		0,5		
Arganier Spinoza en ha		0,5		

	kg/m ²		Augmentation	
			m ³ /(ha*a)	
	Marge	Mode*	Marge	Val moyenne†
Moringa	0,65 - 0,79	0,69	20 - 50	35
Arganier	0,54 - 0,87	0,74	3 - 6	4,5

* Valeurs utilisés pour le calcul

	Augmentation		Equivalent en CO ₂
Moringa en t (w0)	12,075	6,038 t	22,138 t
Arganier Spinoza en t (w0)	1,665	0,833 t	3,053 t
Somme en t (w0)	13,74	6,870 t	25,190 t

Tableau 70: Réduction du CO₂ par des mesures de boisement ²³⁰

²²⁹ Cp. UNFCCC : LULUCF, 2009

230 Réalisé par IfaS

Dans l'ensemble, la construction de bosquets villageois de quelques hectares d'arbre d'Argan et de Moringa peut économiser 25 t de CO₂. Cette valeur est obtenue en fonction du temps moyens d'activités des espèces d'arbres utilisées. Le Tableau 70 montre que par la vente du certificat de CO₂, la valeur courante est d'environ 12,19 € pour chaque t de CO₂²³¹. Dans le cas d'une augmentation moyenne des arbres de Moringa de 25 m³/ha et d'Argan de 4.5 m³/ha et par la multiplication par la valeur de chaque tonne de CO₂ la valeur totale actuelle est d'environ 307 €/ha par an. Lorsque la taille d'un bosquet villageois est de 10 ha (utilisée et protégée) ceci se traduit par un revenu de 3070 € par an.

Potentiel de vente du certificat de CO ₂				
Certificate	Prix par t CO ₂ *a			
	A jour (close last week)	Minimum (intraweek low)	Maximum (intraweek high)	Valeur moyenne
	KW 29/2009	CW 07/2009	CW 27/2008	Min et max.
CER-Spot:	12,19 €	7,70 €	23,38 €	15,54 €

Source www.CO2-Handel.de (2009)
 Valeur courante http://www.co2-handel.de/article102_0.htm

Revenu Par hectare et an (Arganier)	
CER-Spot:	307,07 € Valeur (actuelle)

*valeur moyenne = (max. + min.)/2

Tableau 71: Revenus potentiels de vente de certificats de CO₂²³²

Les valeurs présentées sont seulement des valeurs approximatives. Dans une mise en œuvre effective du projet le potentiel de réduction du CO₂ sur les courbes de croissance des arbres *Argania spinosa* et *Moringa oleifera* doit être appliqué.

Comme une référence positive pour les projets de foresterie et projet de reboisement on peut citer « Small Scale Cooperative Afforestation CDM Pilot Project Activity on Private Lands Affected by Shifting Sand Dunes in Sirsa, Haryana » en Inde comme exemple. Dans le cadre de ce projet MDP le reboisement sera géré par la population locale afin d'atteindre des objectifs tels que la réduction de l'érosion des sols, CO₂ séquestré, et l'augmentation des revenus des ventes de bois de forêts et de certificat de CO₂.

Dans le cadre du développement des esquisses de projet des réunions avec plusieurs représentants des autorités locales dans Souss-Massa-Drâa ont été menées, dont les suivantes ont montré de l'intérêt pour la mise en œuvre des bosquets villageois:

²³¹ Cp. avantTimeConsulting GmbH: Infoportal zum Emissionshandel und Klimaschutz, Marktinformationen

²³² Réalisé par IfaS

- Province Tiznit: Ait Wafqa et Amelene
- Préfecture Chtouka Ait Baha: Khmis Ait Amira et Biougra
- Province Taroudannt: Oulad Taima.

9.3 Plan de gestion des déchets de la province de Tiznit

9.3.1 Aperçu général

Comme indiqué au chapitre 7.3, le Maroc a approuvé en Décembre 2006, une législation nationale de gestion des déchets prévoyant l'établissement de plans nationaux et régionaux d'élimination des déchets et de recyclage pour le changement de la gestion existante des déchets et pour préserver les ressources.

Bien que le cadre juridique pour l'optimisation de la gestion des déchets existe, il manque dans certaines régions la mise en œuvre pratique. La cause principale est généralement le manque de plans de gestion de déchets approprié et de programmes au niveau régional et le manque de connaissance de solutions technologiques et organisationnelles. En plus le coût économique des systèmes de collecte de déchets existants n'est pas clair pour pouvoir mettre des incitations économiques pour être en mesure de se développer.

Dans l'analyse de ce projet une approche générale pour l'élaboration d'un plan de gestion de déchets pour la province de Tiznit doit être définie. Avec 345.000 habitants, dont 55.000 habitants dans la capitale de la province à Tiznit, la province offre de bonnes conditions pour le développement d'un tel plan de gestion de déchets. Pendant les premières discussions les acteurs ont déjà signalé de l'intérêt pour le développement et la réalisation d'un concept de gestion de déchets.

9.3.2 Mesures d'optimisations

Pour pouvoir établir un système de gestion des déchets durable et intégré au niveau régional, des facteurs particuliers complexes doivent être assuré dans la gestion des déchets. A partir de l'avant-projet présenté ici le « concept de gestion des déchets », l'analyse, l'évaluation et l'optimisation possible de ces facteurs dans la province de Tiznit doit être facilité et avancé.

L'importance et l'ampleur des mesures d'optimisation possibles sont brièvement décrites par la suite.

Optimisation de l'organisation régionale et la structure des associations

Indépendamment de l'étape de développement de la région des formes d'organisation adaptées et des structures gestionnaires forment la base pour une gestion des déchets économique, efficace et durable. Les tâches-clés au niveau des associations sont:

- Garantir une élimination des déchets appropriée aux besoins actuels (conditions sanitaires, pollution etc.) aussi bien qu'aux possibilités financières.
- Garantir un financement à long terme et durable des mesures de gestion des déchets
- Création d'un taux de raccordement optimale
- Création d'une acceptation aussi élevée que possible de coté des usagers et des clients.

Augmentation du taux de couverture des frais à la gestion des déchets

Le but de cette esquisse de projet est l'établissement d'un système de gestion des déchets afin d'améliorer l'environnement et les conditions de vie dans la région modèle en matière de la structure de gestion de déchets actuelle. Afin d'assurer une approche intégrée et durable, les solutions doivent assurer un recouvrement des couts le plus élevé possible et en même temps accorder une importance particulière aux facteurs socio-économiques.

Pour satisfaire ces conditions, il faudra particulièrement un système de la taxation et de la gestion financière efficace, qui est adapté aux conditions locaux, à l'organisme responsable de la gestion des déchets à tous les niveaux et aux actes officiels des partenaires et des intervenants impliqués.

Dans une première étape, d'abord les différentes activités de gestion des déchets liés aux coûts (coûts d'investissement et d'exploitation) doivent être enregistrées en détail. Comme ces coûts doivent être récupérés de manière extensive par des redevances et autres sources de financement, ils sont déterminants pour les frais de gestion des déchets à payer par les habitants. En outre, la situation financière de la gestion globale des déchets est en principe une solution admissible en ce qui concerne la base de la faisabilité technique. La représentation maximale de la gestion financière standard doit tenir compte de la détermination de normes et exigences environnementales appropriées.²³³

²³³ L'hauteur des redevances doit être adaptées aux conditions sociales et économiques de la population locale.

Etablissement d'un système de suivi et de planification pour les déchets

Une condition intégrale à l'établissement et l'exploitation d'une approche intégrée et adaptée de gestion des déchets est la connaissance de tous les flux de déchets générés dans le système et son «mouvement» au sein du système. La quantité des déchets d'une région forme la base de tous les plans de gestion des déchets. Le type et la quantité des déchets produits actuellement ou dans le future constituent la base pour la conception de systèmes de collecte et pour la planification et la conception des installations de traitement et d'élimination des déchets. En outre, les données pertinentes sur l'émergence et le traitement des déchets sont importantes pour le contrôle d'efficacité d'un système de gestion des déchets aussi bien que pour la structure organisationnelle existante. En raison des changements durant plusieurs années, il doit être précisé si certaines mesures ont été mises en œuvre avec succès, les objectifs ont été atteints et si l'implantation a été efficacement réalisée.

Optimiser la collecte et le transport des déchets

Pour formuler des politiques en matière de collecte et élimination des déchets, mais aussi pour l'identification des éventuelles options de tri et de recyclage, une enquête minutieuse sur la production des déchets (quantité aussi bien que la distribution locales/régionales) et le type des déchets est nécessaire.

Lors de la collecte de déchets, on distingue en principe entre des systèmes « porte-à-porte » ou de « collecte en point ».

Construire une technologie mix personnalisé

Outre les mesures d'optimisation de la gestion des déchets décrites ci-dessus, les technologies de recyclage et d'élimination des déchets jouent un rôle décisif.

D'une part, les technologies citées sont les plus grands émetteurs de gaz à effet de serre et d'autres substances dangereuses pour l'environnement, d'autre part une utilisation et la combinaison optimales des technologies présente aussi un grand potentiel de substitution (déchets comme ressource).

Par conséquent, une importance particulière doit être accordée à l'utilisation appropriée des différentes technologies, auquel cas il faut considérer les particularités et circonstances régionaux ainsi que les aspects économiques, écologiques et sociaux régionaux.

Plus précisément, les technologies de recyclage et d'élimination des déchets ci-dessus, qui ont différents avantages et inconvénients, peuvent être prises en considération et doivent finalement être seulement évaluées selon les conditions régionales concrètes :

- Réutilisation
- Recyclage
- Traitement anaérobique des déchets organiques
- Traitement aérobie des déchets organiques
- Traitement biologique et mécanique des déchets (anaérobie)
- Traitement biologique et mécanique des déchets (aérobie)
- Traitement thermique des déchets avec récupération énergétique
- Traitement thermique des déchets sans récupération énergétique
- Décharge contrôlée.

Puisque la part des déchets organiques dans la production totale des déchets dans la ville de Tiznit est très élevée (environ 70%), il est dans le cadre du développement d'un plan de gestion des déchets pour la province d'une importance particulière de projeter et mettre des méthodes de valorisation adéquates pour des déchets organiques en œuvre, puisque si ce n'est pas seulement les potentiels matériels et énergétiques qui pourraient être utilisés à la fraction de déchets quantitativement plus grande, mais aussi que en particulier les émissions de gaz à effet de serre pourraient être diminuées par le dépôt de déchets organiques

9.3.3 Principaux points de travail

Dans ce qui suit, le contenu qui est décrit ci-dessus en théorie et qui devra être évalué dans le contexte de la création d'un plan de gestion des déchets, est réparti en différents secteurs d'activités principales et expliqué.

Analyse initiale

Le développement du concept de gestion durable et intégrée des déchets, le plus adaptés aux spécificités régionales, nécessite une connaissance détaillée de la situation actuelle (état actuel). Pour cette raison, dans une première étape, un inventaire complet doit être établi. Ceci devrait inclure les données et les informations collectées suivantes:

- Identification des cadres juridiques pertinents au niveau régional et national (loi sur les déchets, droit d'autorisation, etc.)
- Analyse du concept de gestion des déchets existant dans la région
- Organisation de gestion des déchets
- Identification des types et de quantités de déchets
- Collecte et transport
- Revalorisation / traitement / élimination des déchets
- Détermination des facteurs et circonstances régionaux qui influencent directement ou indirectement la gestion des déchets, pour en tenir en considération dans la conception
- Y a-t-il un secteur informel de traitement de déchets dans la région?
- Sécurité de traitement de déchets
- Risques et pollution environnementale
- Analyse du marché
- Identification des acteurs locaux et régionaux (par exemple, acheteurs de matières premières secondaires, les agriculteurs et les acheteurs d'engrais (compost), etc.) qui peuvent être directement ou indirectement impliqués dans la gestion des déchets.

Evaluation de la situation actuelle

Après l'analyse initiale dans le cadre de l'analyse du système, on procède à l'évaluation de la situation actuelle. Dans cette étape les facteurs inhibant et les points faibles doivent être identifiés et qui peuvent être surmonté à la mise en place d'une de gestion des déchets durable lors de la conception des projets identifiés.

Les principaux facteurs influençant le secteur de la gestion des déchets sont les suivants:

- Les conditions économiques (financement des équipements de collecte et de traitement des déchets, taxation, etc.)
- Les facteurs sociaux et sociétaux («relation» avec les déchets, l'acceptation sociale et l'impact de la gestion des déchets, etc.)
- Cadre politique, juridique et économique (objectifs, le marché des matières premières secondaires, l'importance de la gestion des déchets, ...)
- La situation du développement technologique.

Préparation d'un concept de gestion des déchets pour la région modèle de Tiznit

En se basant sur les résultats précédemment obtenus, il sera développé une approche durable et intégrée de gestion des déchets dans la ville de Tiznit et qui sera adapté de façon optimale que possible aux conditions régionales et vise à assurer dans l'avenir une gestion des déchets écologique et rationnelle. Selon les possibilités disponibles, le potentiel de la ressource « déchets » sera exploité de la meilleur façon possible.

Le concept de gestion des déchets est structuré comme suit:

- Description des objectifs nationaux
- Description du cadre juridique (national, régional et municipal)
- Description de la situation actuelle de gestion des déchets
- Evaluation de la situation actuelle
- Identification du potentiel des déchets en matière de récupération de matériaux et d'énergie
- Pronostic de l'évolution des déchets (quantité et composition)
- Fixer des objectifs qui peuvent être atteintes sur une période spécifiée (éviterment et recyclage des déchets, etc.)
- Description des mesures dont les objectifs sont à réaliser
- Développement d'un plan d'action et un calendrier précis pour réaliser les objectifs énoncés dans le programme de gestion des déchets.
- Les champs d'application et période de planification du concept de gestion des déchets
- Propositions pour la concrétisation du concept de gestion des déchets (des investissements concrets basé sur des opportunités de financement nationales et internationales)
- Propositions des projets futurs

Le concept de gestion des déchets devrait être périodiquement renouvelé et mise à jour (par exemple tous les 5 ans).

La formation et les cours de formation

Une condition pour l'application ultérieure du concept de gestion des déchets est bien le personnel qualifié qui sait comment le concept théorique peut être concrétisé en pratique et comment les concepts peuvent être développés dans l'avenir de manière indépendante. Pour cette raison, il faut prévoir au cours du projet une formation approfondie destinée aux représentants individuels qui sont responsables de la gestion des déchets dans la ville de Tiznit.

La formation et les mesures de formation sont réparties en trois blocs.

- Formation du personnel en Allemagne: Pour un meilleur résultat de formation il est jugé nécessaire dans un premier temps que les représentants des autorités régionales et locales responsables de la gestion des déchets soient formés en Allemagne.
- Réalisation d'un «stage pratique» sur la collecte et le traitement des déchets pour les employés sélectionnés.
- Formation du personnel au Maroc: La deuxième étape de formation aura lieu au Maroc, l'objectif est en particulier de continuer à soutenir les autorités à mettre en pratique les cours théoriques appris, ainsi posant déjà les conditions cadres pour la mise en œuvre d'un concept de gestion des déchets

Elaboration d'un guide

Pour transférer les connaissances acquises dans la ville modèle de Tiznit à d'autres régions au Maroc, l'expérience acquise ainsi que la méthodologie et l'approche du développement d'un concept de gestion durable et adaptée des déchets doit être capitalisé en forme d'un guide général pour le Maroc.

Le manuel contiendra toutes les informations nécessaires pour le développement indépendant des concepts de gestion des déchets (chiffres caractéristiques pour un dimensionnement simple des installations de traitement, etc.). En plus les informations sont fournies sur un CD-ROM (littérature secondaire disponible, les textes juridiques, etc.).

Organiser des ateliers

Pour garantir une acceptation aussi élevée que possible du concept de gestion des déchets, ce qui représente une condition de base pour une réalisation ultérieure, et dans un souci de transfert des connaissances, des ateliers et des réunions devraient avoir lieu régulièrement au cours du projet.

9.3.4 Objectif général du projet

L'objectif idéal de ce projet est d'optimiser l'intensité des ressources du système économique existant pour être durable à Tiznit.

Par référence à la section 7.3.3.2, l'activité économique dans la région Tiznit est caractérisée par la production industrielle manufacturière utilisant les ressources, pour produire les biens économiques qui sont éliminés durant leur durée de vie sans création de la valeur du considérable potentiel inhérent de la ressource déchet.

En outre, les déchets de la ville de Tiznit sont presque totalement mis en dépôt dans une décharge respectant des normes techniques faible, voire « des décharges sauvages incontrôlés », et représentant un danger environnemental important. D'une part, des ressources comme de l'eau, le sol et de l'air sont contaminées directement par la mise en décharge et d'autre part les décharges qui ne sont pas généralement couvertes, contribuent considérablement aux émissions du gaz à effet de serre qui contribuent de toute évidence au changement climatique mondial.

À cet égard, l'utilisation des déchets comme matière première doit être initiée pour d'abord réduire l'intensité de ressource et ensuite sensibiliser les acteurs - mais également la population – à propos des menaces et problèmes environnementaux existants.

9.3.5 Transférabilité

Un tel plan de gestion des déchets peut être transféré vers différentes structures administratives, auquel cas la conception de l'avant-projet dans le détail de la première phase n'a certainement pas de sens que pour les capitaux des provinces tels que la ville de Tiznit.

Il convient de souligner une fois de plus que, même en vue de la gestion des déchets au Maroc, la réalisation globale du concept de gestion des déchets, conformément au principe de l'économie circulaire est nécessairement urgente.

À côté des objectifs globaux de la politique de l'environnement dans le secteur de climat et de ressource, la gestion des déchets doit se concentrer surtout sur les tâches originales en matière de protection de la santé par une prévention d'infection et des milieux naturels, l'air, l'eau et la protection du sol.

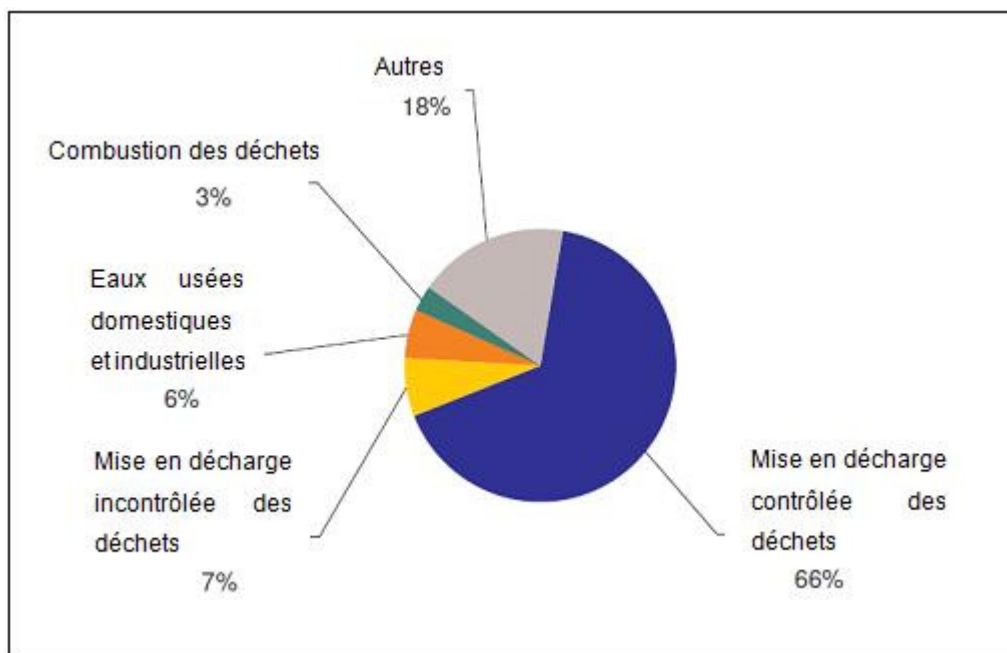


Figure 37: La part des émissions des gaz à effet de serre dans différents secteur de gestion de déchets en 2003²³⁴

En plus de la réduction des émissions issues de la mise en décharge des déchets à travers l'approche l'économie circulaire l'énergie supplémentaire (électricité et de chaleur de la fermentation de matières organiques) et les matières premières (par exemple, les carburants de substitution) peuvent être fournis.

9.4 Petites installations de biogaz sur la base des résidus

9.4.1 Aperçu général

Cette esquisse de projet est basée sur l'idée d'alimenter les petites villes et villages par de l'énergie écologique, durable et neutre en carbone. De cette manière, les villages pourront être en partie alimentés de l'énergie de façon indépendante par le recyclage des déchets organiques. Les sources de matières premières locales et agricoles doivent être développées ensemble.

Une mise au point particulière devrait se trouver dans l'application d'une technologie durable (fermenteur de garage) ainsi que sur la formation de compétences locales. La formation d'un « réseau de conseiller » doit servir à assister les opérateurs d'installation à résoudre les problèmes.

²³⁴ Cp. Öko-Institut e.V., UBA-Workshop, Energie aus Abfall, Beitrag der Abfallwirtschaft zum Klimaschutz und mögliche Potenziale (Deuber, Herold 2005), Berlin 2006

9.4.2 Flux de matières

Comme matière d'entrée de l'usine de biogaz les déchets produites dans la région peuvent être utilisés, par exemple les déchets d'agriculture qui sont disponibles et ne sont pas utilisées comme fourrage. En plus les déchets organiques domestiques peuvent être utilisés. Le tableau suivant donne plus d'exemple, la quantité de matières premières et la production de biogaz pour une installation avec une puissance électrique d'environ 40 kW.

Déchets	Mélange [t/j]	Mélange [t/a]	Biogaz [m³/a]	Biogaz [m³/h]
Déchets verts et Restes de récolte	1,4	511	40.880	5
Déchet organique	2,4	876	105.120	12
Total	3,8	1.387	146.000	16,7

Tableau 72: Matériaux d'entrée possibles et les quantités de gaz produit

La dépense d'une logistique de collecte dépend de la situation locale et des besoins spécifiques et doit être examinée dans chacun des cas en détail.

9.4.3 Technologie

Un procédé possible qui est sûr et simple est la fermentation par voie sèche qui se fait dans un soi-disant « digesteur garage ». Le substrat est mélangé avec une certaine quantité de matière déjà fermentée par des chargeurs et des tracteurs agricoles dans le digesteur. La conservation à une température modérée et un mélange supplémentaire avec les bactéries méthanogène sont générée par la recirculation des eaux du processus (« percola »). Le biogaz produit est stockée dans réservoir de stockage avant d'alimenter l'unité de cogénération.

À ce système l'addition de substrat a lieu seulement au début du procédé de fermentation et la matière injectée est alors complètement fermentée (traitement par lots). Les unités de biogaz sont développées de forme modulaires et multi-digesteur, de sorte que la production de gaz soit régulièrement.

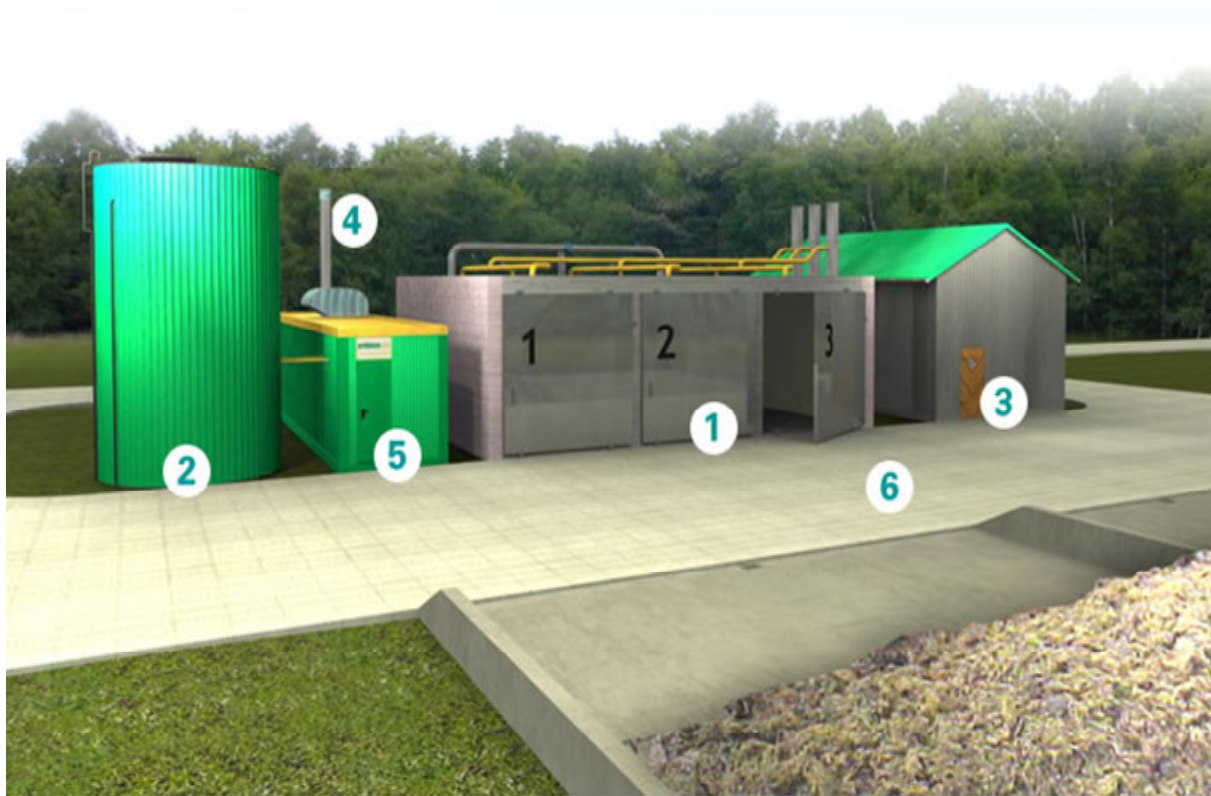


Figure 38: Exemple d'une petite unité de biogaz, conformément à la procédure de fermentation garage²³⁵

Voici un exemple du processus décrit dans les instructions du fabricant (voir Figure 38)²³⁶.

1. Digesteur

Trois digesteurs (garages) représentent la phase la plus important dans le processus de fermentation. Les trois digesteurs peuvent être remplis avec des substrats, tels que le fumier solide, qui représentent les rejets des fermes à faible coûts et qui disposent d'un teneur élevé en matière sèche. Le remplissage peut éventuellement être effectués avec les équipements existant (chargeurs, tracteurs) ou manuellement. Après le remplissage des digesteurs ils sont fermés avec les portes spéciales et étanches au gaz pendant trois semaines. Une chambre doit encore être remplie ainsi une fois en semaine seulement.

2. Réacteur comme seconde étape du procédé de fermentation

Les substrats sont lavés dans les trois digesteurs par un système de percolations spécial, afin que les substances organiques (liquide) s'infiltrant dans le réacteur et causent une fermentation supplémentaire et produisent un rendement élevé en méthane. Le réacteur comprend des composants spéciaux pour permettre un écoulement autonettoyant et ne nécessite donc pas d'agitateurs.

²³⁵ KBGA GmbH: enbea Bots® Biogas Kleinanlagen, 2009

²³⁶ KBGA GmbH: enbea Bots® Biogas Kleinanlagen, 2009

3. *Réservoir de stockage de gaz*

Le biogaz qui est produit dans les fermenteurs et le réacteur est rassemblé dans un réservoir de stockage de gaz. Subordonnées à l'emplacement de stockage de gaz peut être installé dans la construction existante ou dans de nouvelle construction, qui doit être adapté au fonctionnement de la construction existante.

4. *Module unité de cogénération*

Dans le CHP (l'unité de cogénération), le biogaz est brûlé dans un moteur qui fait fonctionner une génératrice pour produire de l'électricité. Pour éviter le bruit généré, la cogénération peut être fournie dans un module de haute isolation acoustique.

5. *Conteneur de machines avec pompage et contrôle*

Le cœur de l'unité est le système de contrôle avec la machinerie complète comme les pompes et les échangeurs de chaleur. Par le système de contrôle tous les systèmes et les services de commande de l'unité de production de biogaz sont commandés avec un logiciel clairement visualisé. La possibilité d'une maintenance à distance du système de contrôle et de stockage des données de performance et d'analyse facilite la tâche lorsque des problèmes surgissent. La disposition de toute la machine dans un récipient signifie une réduction maximale de la tuyauterie des systèmes externes et des interfaces. Par conséquent, le coût opérationnel d'entretien est faible.

6. *Plaque de mélange*

La plaque de mélange est utilisée pour le stockage et le mélange des substrats utilisés.

9.4.4 Analyse d'emplacement et dimensionnement

Cette technologie est offerte à partir d'une puissance électrique d'environ 40 kW. La taille de l'unité peut être modulaire et adapté aux conditions locales. Ainsi par exemple les modules sont disponibles avec 40, 50, 60 et 100 kilowatts.

Ainsi l'unité a des applications multiples. L'exemple présenté ici est faite pour un module de 40 kW. Cependant, même avec des "petites unités de biogaz" environ 25-35 tonnes de matières par semaine sont nécessaires pour assurer la production de gaz suffisante. Cela correspond à un flux de déchets organiques domestique, pour une population de 10.000 personnes.

Puissance calorifique du biogaz	6 kWh/m ³
Efficacité électrique	40%
Efficacité thermique	45%
Puissance électrique	40 kW
Puissance thermique	53 kW
Courant brute	280.000 kWh/a
Chaleur nette	373.333 kWh/a
Courant net	257.600 kWh/a
Chaleur nette	298.667 kWh/a
Engrais	832 t/a
Coût d'investissement estimé	200.000 €

Tableau 73: Caractéristiques d'une unité de biogaz²³⁷

Des premières conversations concrètes à Aît lazza (province Taroudannt) se sont déroulées avec succès et de grands intérêts ont été énoncés par la commune ainsi que les agriculteurs.

9.4.5 Aspects économiques

Le succès économique d'une telle unité dépend de plusieurs facteurs. Ainsi, par exemple, il doit être clarifié à l'avance, comment le fonctionnement de l'installation doit être conçu. Ici il y a la possibilité de collaboration ou participation locale, mais son fonctionnement est organisé par une association coopérative.

9.4.6 Aspects écologiques et sociaux

L'impact sur l'environnement peut non seulement être réduit par les décharges mais également par l'exécution de petits équipements biologiques de gaz à long terme, les travaux régionaux.

Plus loin la stabilisation du prix de l'électricité pour la population et donc un découplage peut être atteinte par le développement du marché mondial par la mise en œuvre du projet.

²³⁷ Réalisé par IfaS

9.4.7 Perspective

La technologie du biogaz permet à travers la construction modulaire des unités de récupérer de l'énergie à partir des flux de matières non-utilisés.

Les villes de Taroudannt ou Aït lazza avec une production animale et agricole offrent des conditions favorables pour la mise en œuvre des petites unités de biogaz. Le potentiel agricole et le potentiel des déchets organiques domestiques donnent des quantités nécessaires et offrent la possibilité de réaliser des petites unités de biogaz sur plusieurs sites décentralisés.

Une autre possibilité est un accouplement de l'usine de production de biogaz avec production éolienne et solaire. Ainsi on peut prévoir à long terme une alimentation énergétique décentralisée complète des villages et des villes qui peut être établie par un « mini-réseau ».

9.5 Fabrication de briquettes de déchets de bois provenant de l'industrie du bois

9.5.1 Aperçu général

L'industrie du bois est concentrée dans les zones industrielles d'Agadir et d'Essaouira. Là, le plus grand potentiel de bois résiduel est produit en tant que coproduit de l'incision du bois à des scieries. Cela peut être utilisé pour la fabrication des briquettes comme combustible, approprié à la cuisson, le chauffage et l'eau chaude.

Même si, due à une disponibilité généralement faible de bois de feu, il est probable que les résidus de l'industrie de bois sont utilisés directement dans l'industrie du sciage - toutefois la production des briquettes peut générer de valeur ajoutée supplémentaire, si l'industrie opte pour les sources d'énergie alternatives, p. ex. solaire thermique.

9.5.2 Flux de matières

Comme déjà expliqué dans la section 7.1, l'industrie du sciage dans la région de Souss-Massa-Drâa produit d'importantes quantités de scieries. Ces scieries représentent 35% de la quantité totale du bois de construction coupé dans la région. Cela donne une quantité totale de 29.830 m³ de matière en vrac et correspond - à une teneur en eau de 20% - à environ

10.440 tonnes de (graines séchées)²³⁸ ou 3,7 millions de litres d'équivalent pétrole (voir section 7.2.4).

L'utilisation du bois comme bois de chauffage dans la région Souss-Massa-Drâa et Essaouira est relativement haute avec un taux de 51% des quantités totale de bois utilisées. Le besoin du bois de feu se concentre principalement sur l'utilisation dans les ménages. Habituellement le bois de feu est utilisé pour faire cuire et pour les cheminées ouvertes ou d'autres petites installations de chauffage pour l'approvisionnement de la chaleur. En outre, dans les bains de vapeur (Hammams) le bois est habituellement utilisé pour l'approvisionnement de l'énergie. Dans ce qui suit, l'efficacité de l'utilisation de briquettes de bois est examinée et les approches possibles sont formulées, afin d'approvisionner principalement les zones urbaines par un stock de briquettes de bois provenant des centres industriels.

Par exemple actuellement, il n'y a pas de marchés disponibles pour la vente des déchets de bois dans les zones côtières de la région comme le transport et la manipulation de déchets de bois (sciure et coupure de bois) pose un défi pour les ménages. Cependant un marché potentiel de ventes de briquettes de bois avec facilité de transport et de gestion existe pour le chauffage des bâtiments (pour cuire principalement le gaz est utilisé) et des bains de vapeur (Hammams). La fabrication de briquettes de déchets de bois est considérée comme une possibilité de production de bois de feu optimisés avec facilité de transport et commercialisation. Cela peut être directement vendus et utilisés dans les zones entourant les régions de grande population comme un substitut au gaz naturel fossile.

9.5.3 Technologie

Pour l'utilité et la qualité du bois de feu la capacité calorifique et la durée de combustion sont importants. Tandis que la capacité calorifique et la valeur de masse de référence varie habituellement entre les différents combustibles en bois, les grandes différences peuvent se produire dans la masse et ainsi dans le comportement de combustion. Ainsi par exemple les copeaux brûlent par leur grande surface comparée au bois de morceau très rapide et sont donc mal adaptés pour les petites installations de chauffage, et pour les fours de chauffage à chargement manuel.

A la fabrication des briquettes, les restes en bois sèches et non traités, comme par exemple des copeaux en bois, sont consolidés – comme à la production de granulés de bois - sous pression et sans additif des agents de liaison (voir Figure 38). Contrairement à la granulation

²³⁸ FNR: Basisdaten Bioenergie, 2008

les grands morceaux peuvent être traités. Une combustion plus lente est obtenue par la compression. Ainsi par la fabrication des briquettes par nouveau domaine d'application pour le reste de bois de scierie on obtient du combustible. Les briquettes peuvent aussi remplacer les carburants traditionnels par exemple dans les maisons. Un autre avantage des briquettes est le transport dû à la densité de matière plus élevée.



Figure 39: Fabrication de briquettes de déchets de bois²³⁹

Contrairement à l'utilisation habituelle du charbon de bois, qui est produit sur la base de morceau de bois, l'utilisation de déchets de bois ne représente pas ici une concurrence directe aux matières fabriquées en bois.

Les coûts énergétiques pendant la production de briquette s'élève par rapport à l'utilisation de bois sec à d'environ 2.7% d'énergie. La capacité de presses hydraulique de briquette est comprise entre 30 et 1.500 kg/h. Tableau 74 donne les caractéristiques spécifiques d'une unité d'une capacité de 15 kilowatts.

Caractéristiques de Briquetage

Performance (basé sur les résidus de bois)	300 kg/h (0.3 t/h)
Humidité matérielle	jusqu'au max 20%
Puissance de moteur	~ 15 kW
Taille de briquette	150 x 60 mm
Epaisseur de briquette	40 à 110 mm

Tableau 74: Caractéristiques briquetage²⁴⁰

²³⁹ Archive IfaS, 2009

En pressant le bois pour la formation des briquettes il exige des soins spéciaux de la qualité de presse et des pièces d'outils. L'unité de pressage des briquettes de bois ont une sensibilité plus élevée dû à des forces hydrauliques. Pour le fonctionnement des installations, l'exploitation et l'entretien par le personnel technique sont inévitables.

9.5.4 Analyse d'emplacement, dimensionnement et économie

Puisque les matières premières sont moins faciles à transporter comparé aux briquettes, il est judicieux de construire des usines de fabrication de briquettes de bois aussi proche que possible des sources de matière première. Les sites appropriés pour la fabrication des briquettes sont donc directement à proximité de l'industrie de bois, par exemple l'exploitation du navire la construction de bateaux ou les scieries. Dans l'emplacement de la production, le l'espace réservé au séchage et stockage des briquettes est aussi important.

Le point de départ pour une première conversion du concept décrit ci-dessus offre l'entreprise « Fantasia » du groupe français CFAO Industries & Trading. Dans l'usine de Fantasia d'Agadir des palettes en bois sont fabriqués principalement pour le commerce des fruits et des légumes de la région Souss-Massa-Drâa. Au Maroc, Fantasia est la plus grande unité industrielle d'emballage de bois. Ses 500 collaborateurs fabriquent 15 à 18 millions d'emballages et 400 000 palettes par an. Tout les rejets de farines de sciure et les petits morceaux de bois au total de 1.800 m³ sont actuellement utilisés pour le séchage de bois. Depuis 2004, la société s'est équipée de tunnels de séchage pour sécher le bois. L'approvisionnement de la chaleur nécessaire pour le séchage du bois se fait par un four, qui brûle les restes du processus de fabrication.

Afin de promouvoir l'exploitation des déchets de bois en briquettes et apporter ainsi une valeur supplémentaire pour l'opération, les sources d'énergie alternative pour le séchage du bois doit être trouvé. En utilisant l'énergie solaire pour le séchage thermique du bois à (voir Figure 40) il existe la possibilité de remplacement et de convertir le reste du bois résiduel en carburant de haute qualité. Le séchage solaire du bois est très efficace et les coûts nécessaires sont relativement faibles. Des économies sont atteintes principalement grâce aux faibles coûts de consommation énergétique. D'autre part les déchets de bois sont utilisés pour les processus de production supplémentaire et créent de la valeur ajoutée.



Figure 40: Exemple de séchage solaire et des tunnels de séchage du bois ²⁴¹

Pour utiliser la quantité complète des résidus de bois pour produire des briquettes une usine de fabrication de briquettes d'une capacité d'environ 15 kW et un débit de 0,3 tonnes à l'heure (voir Tableau 74) est nécessaire.

Supposant que tous les résidus de l'unité de Fantasia, soit 1.800 m³ de matière en vrac, ce qui correspond à environ 630 tonnes par an, seront recyclés dans cette usine le nombre maximal d'heures de fonctionnement nécessaire est alors 2.100 heures (environ 50 semaines, avec 5 jours ouvrables de 8 heures). Et l'investissement nécessaire pour une telle unité est entre 6.000 à 8.500 €²⁴².

Comme le bois sciage est, en fonction du processus de fabrication, souvent dans des formes hétérogènes (farine, frison, copeaux de bois, bois résiduel et planche de bois) il peut être nécessaire d'investir en plus dans un déchiqueteur ou un broyeur stationnaire afin d'atteindre la qualité de sortie nécessaire. Une unité de séchage pour atteindre l'humidité résiduelle nécessaire pour la fabrication des briquettes n'est pas nécessaire en raison des conditions climatiques, car un séchage adéquat des déchets de bois peuvent avoir lieu au pré-vieillessement.

9.5.5 Perspectives

La création d'une chaîne de création de valeur optimisée pour la fabrication des briquettes devrait avoir lieu par la participation de tous les partenaires concernés (Royaume du Maroc comme propriétaire de forêt et producteur, industrie de bois comme fournisseur de combustible, population en tant que consommateurs). En général, ils visent principalement la revalorisation des déchets de bois non-utilisés. L'exemple de l'entreprise présentée montre cependant que les possibilités techniques pour une augmentation d'efficacité de l'utilisation

²⁴¹ Thermo-System Industrie- & Trocknungstechnik GmbH

²⁴² Huemer-Trading GmbH: Liste des prix des machines de traitement du bois, 2008

de déchets de bois qui sont déjà en cours d'utilisation sont présentes. Grâce au procédé de la fabrication des briquettes, les résidus de bois non utilisés ou inefficacement utilisés peuvent être transformés en une source d'énergie commercialisable, qui peut être fourni en tant que combustible solide biogènes aux consommateurs finaux.

En plus de la faisabilité technique, les possibilités de commercialisation des briquettes et le coût de production sont essentiels pour le succès du concept. Une vente des briquettes produites peut être principalement directe aux consommateurs finaux dans les centres de l'ouest dans la zone d'étude.

Avec un prix admis de 0,1 € par kg de briquettes de bois les revenus obtenus égalent à environ 63.000 €. Ce prix représente la limite inférieure des prix moyens de briquettes en bois dans une région du nord du Maroc²⁴³.

Combustible	Butane	Brique de bois
Commerciale(s) quantité/prix	47 DHS/13 kg par bouteille	2.3 DHS/2 kg
Pouvoir calorifique	12,7 kWh/kg	4,4 kWh/kg
Prix d'énergie	0,024 €/kWh	0,022 €/kWh

Tableau 75: Comparaison entre le butane et les briquettes de bois

En comparant l'évaluation approximative des revenus de la vente de brique avec le coût de production ils résultent des bénéfices ou bien dans le cas de la « Fantasia » un déficit, ce qui est disponible pour la production de la chaleur solaire. Ce calcul, qui exige une analyse détaillée des conditions d'exploitation, doit être considéré dans la suite dans le cadre d'une étude de faisabilité.

En plus de l'utilisation des restes de bois de scierie, il y a la possibilité de fabrication de briquettes de bois à partir des déchets de l'agriculture, par exemple l'herbe, la paille, les feuilles ou les grains. Le produit obtenu s'appelle briquettes mixtes. On peut trouver les briquettes mixtes dans l'usage thermique comme combustible. Cela permet d'exploiter des ressources supplémentaires et une production variée.

A Oujda il existe déjà une usine de briquettes en fonctionnement, qui s'est spécialisé dans la production des briquettes de charbon à partir de biomasse²⁴⁴. Par conséquent, les expériences régionales sur la technologie de fabrication de briquettes sont donc déjà présentes.

²⁴³ Tzadert S.a.r.l. : Fiche Produit – Les Briquettes Combustibles, 2009

²⁴⁴ Tzadert S.a.r.l. : Fiche Produit – Les Briquettes Combustibles, 2009

Afin de concrétiser la rentabilité de ce projet, la production d'une étude de faisabilité est significative. Sur la base de la gestion d'acteurs et de la définition de diverses compétences, le contenu suivant peut être examiné dans un concept économique spécifique pour « le développement d'un site pour la production des briquettes de bois à Agadir et Essaouira » :

- Le développement et l'évaluation des quantités spécifiques de déchets de bois sur le marché, y compris l'examen de la situation concurrentielle
- Le transport et la logistique
- La vente (marketing)
- La gestion des partenaires
- L'analyse économique.

9.6 Conception d'un système d'information sur la biomasse et d'un portail web

9.6.1 Aperçu général

Actuellement, les grandes quantités de biomasse dans la région Souss-Massa-Drâa ne sont pas utilisées. Une des raisons est le manque d'information sur les possibilités d'utilisation de la biomasse et de la valeur ajoutée au niveau local ou municipal. Il y a le besoin d'une interface centrale, et un réseau entre les partenaires qui peuvent aider avec des informations sur l'utilisation de biomasse. Un portail web basé sur la biomasse peut contribuer à ceci. Dans ce qui suit une description de la possibilité de création d'un tel portail comprenant le calculateur de biomasse et encore d'autres éléments modifiables est présentée.

Un site web comme plateforme de d'information et de commerce pour l'utilisation de biomasse, le « portail de la biomasse de la région de Souss-Massa-Drâa », peut se connecter aux objectifs suivants:

- Fourniture des informations sur tous les éléments concernant l'utilisation de la biomasse (concepts, technologies, méthode de gestion) aux partenaires intéressés de la politique et des affaires
- Illustration des teneurs énergétiques de différentes matières de la biomasse et des potentiels locaux respectifs d'une manière simple
- Création d'un réseau entre les partenaires dans les provinces et les préfectures de la région de Souss-Massa-Drâa

9.6.2 Aspects techniques

Pour atteindre les objectifs décrits, les éléments suivants peuvent être combinés dans le portail de la biomasse:

- Zone d'information sur la biomasse
- Calculateur de biomasse
- Annuaire des entreprises
- Bourse de biomasse

Un espace d'information sur l'usage de la biomasse devrait comprendre une description des potentiels – similaire que dans ce rapport en tant que potentiel total, sectoriel et par provinces/préfectures -. En outre les éléments peuvent être l'usage de biomasse (les types de biomasse, les technologies, le concept...), exemples d'un projet et des informations sur les thèmes transversaux (l'eau, désertification etc.). Cela permet non seulement une publication des résultats de cette étude, mais aussi la médiation d'une base de données pour la mise en œuvre et la sensibilisation des problèmes. Une liste d'exemples pratiques réussis d'utilisation énergétique de la biomasse (internationaux et si possible nationaux et régionaux) apporte aux utilisateurs des possibilités. Les usines de biomasse présentes dans la région concernée ou les régions voisines, avec les indications des localisations et des exploitants et les données caractéristiques appropriées peuvent être intégrées dans le portail. La liste des unités dans le portail web peut être une base importante pour les décisions politiques de l'approvisionnement énergétique sur le niveau régionale ou national.

Les différentes caractéristiques de la biomasse par exemple concernant l'usage, les teneurs en eau, les capacités calorifiques ou le rendement de gaz représentent un grand obstacle puisqu'une catégorisation du potentiel n'est pas souvent possible pour les partenaires. Par l'utilisation d'un calculateur de biomasse qui fournit une classification et permet le calcul du potentiel énergétique de la biomasse, les utilisateurs peuvent recevoir les premiers résultats obtenus sur les utilisations possibles et les potentiels localement disponibles. Le calculateur de biomasse représente un outil de conversion biomasse/énergie. Il permet de calculer l'énergie contenue dans des quantités de différents types de biomasse, l'équivalent en fioul et la réduction de CO₂ possible.

Au cours de cette étude une première version de ce calculateur a été créée sur Microsoft Excel. Le calculateur est divisé en quatre domaines: l'agriculture, la foresterie, matières municipal et apparition ponctuel de la biomasse. Tandis que les trois premiers domaines offrent une possibilité de calcul au niveau régional pour l'étude de la biomasse, le quatrième

domaine sert à calculer les quantités spécifiques (par exemple pour différentes entreprises d'industrie ou d'agriculture) (voir Tableau 76).

GTZ-Calculateur de biomasse-Maroc

= Champ de données d'utilisateur, activé par l'entrée d'un valeur différent de "0".
 = Champ aux valeur proposé, activée par l'utilisation du champ situé au-dessous.
 = Champ d'affichage

Secteur agricole

Culture	Superficie	Rendement/a	Quotité disponible	Rendement de biogaz (Gaz normal)	Puissance calorifique par unité	Quantité disponible	Puissance calorifique (total)	TEP	Equivalent CO2
Céréales (Combustion)	in ha	0,76 t/ha	10%		3,69 MWh/t				
Paille de céréales	10.000					760,0 t/a	2.803,8 MWh/a	241,2 t/a	770,0 t/a
Maraichage (Digestion)	in m²	20,00 t/ha	100%	60 m³/t MF	6,00 kWh/m²				
Tomates, primeurs, cultures sous-serre	10.000					2,0 t/a	0,7 MWh/a	0,1 t/a	0,3 t/a
Bois de l'arboriculture (Combustion)	in ha	2,67 t/ha	100%		3,96 MWh/t				
Bois d'olivier	10.000	0,00 t/ha				26.666,7 t/a	105.494,7 MWh/a	9.074,8 t/a	29.011,0 t/a

Secteur sylvicole

Culture	Superficie	Rendement/a	Quotité disponible	Puissance calorifique (w20)	Quantité disponible	Puissance calorifique (total)	TEP	Equivalent CO2
Bois forestier (Combustion)	in ha	0,14 m³/ha	100%	2,20 MWh/m²				
	10.000				1.379,5 m³/a	3.034,9 MWh/a	261,1 t/a	834,6 t/a

Secteur communal

Déchets organiques (Combustion)	Urbain	Rural	Total
Déchets ménagers			
Habitants	384.967	102.967	
Quantité de boue d'épuration par habitant	0,015 t/a	0,015 t/a	
Quotité disponible	70%	40%	
Rendement de biogaz (Gaz normal) de la MF	480,0 m³/t MF	480,0 m³/t MF	
Puissance calorifique	6,00 kWh/m²	6,00 kWh/m²	
Rendement de biogaz	1.940.334 m³/a	296.545 m³/a	2.236.879 m³/a
Puissance calorifique (total)	11.642 MWh/a	1.779 MWh/a	13.421 MWh/a
Tonne-équivalent-pétrole (TEP)	1.001 t/a	153 t/a	1.155 t/a
Equivalent CO2	4.494 t/a	687 t/a	5.181 t/a

Apparition ponctuelle de la biomasse

Substrat	Quantité [t]	Quotité de MS	dont organique (MSo)	Rendement de biogaz de la MSo	Rendement de méthane	Rendement de méthane	Puissance calorifique (total)	TEP	Equivalent CO2
Matières végétales (Digestion)									
Herbe, Silage humide et fané, 25 % MS **	1.000	19,3%	92,2%	301,5 m³/t	70,7%	37.931 m³	379.310,6 MWh	32.628,867 t	146.413,885 t
Engrais de ferme (Digestion)									
Lisier bovin, sans résidu fourrager, 8 % MS	1.000	45,0%	75,0%	500,0 m³/t	65,0%	109.688 m³	1.096.875,0 MWh	94.354,839 t	423.393,750 t
Autres (Digestion)									
Lait frais, 10 % MS	1.000	65,0%	97,0%	760,0 m³/t	53,0%	253.966 m³	2.539.654,0 MWh	218.464,860 t	980.306,444 t

Des substrats marqués avec "*" ou "**". Un étoile (*) signifie le résultat d'un analyse laboratoire. Deux: étoiles (**) signifie le résultat des experts de la groupe de travail "Rendements de biogaz". Les valeurs ** donnent une base de planification plus solide. (**) signifient la source bibliographique: "Eder Barbara, Schulz Heinz (2006)".

Indication: Ce calculateur a été conçu à la base du KTBL-Biogastrechner et se réfère des données du KTBL.

Tableau 76: Interface graphique du calculateur de biomasse

Un autre domaine utile pour un portail internet est un annuaire des entreprises, qui contient des contacts classés par industries (par exemple forêt, industrie, technologie environnementale). L'annuaire permet aux intéressés de présenter leurs produits dans la biomasse, la technologie, les services ou la recherche, si nécessaire, selon les offres existantes. Il contribue ainsi à la mise en réseau de l'industrie de la bioénergie et d'autres industries concernées, par exemple pour l'établissement d'une coopération ou le développement de projets spécifiques pour la bioénergie.

Selon la fonction sur le marché, les participants du marché de l'industrie de biomasse peuvent être divisés selon les catégories suivantes: les fournisseurs de biomasse, les consommateurs de biomasse, les fournisseurs de services, clients privés éventuels. Le Tableau 77 présente ces catégories :

SOURCE DE BIOMASSE	CONSOMMATEUR DE BIOMASSE	GESTIONNAIRE	MULTIPLICATEURS	INTERET PRIVE
Agriculture Forêt Centre de biomasse Scieries Industrie agro-alimentaire Commune Station d'épuration Bâtiment de Gala	Opérateur du centre de biomasse Agriculteur Commune Entrepreneurs Entreprises du secteur d'évacuation	MBR Entrepreneurs Eliminateurs Communes Agriculteurs Entreprises de logistique Etablissements de crédit Bureaux de planification	Politiciens Science Institutions Administrations Associations	Citoyen

Tableau 77: Les participants du marché dans le secteur de la biomasse selon leur fonction²⁴⁵

Selon le type de biomasse des activités commerciales intensifiées sont prévues dans l'avenir. Alors que l'utilisation du bois de feu dans le secteur privé a toujours été organisée, l'usage commercial de biomasse est généralement mal organisé. Le commerce des combustibles ou des substrats de biogaz pourraient être encouragées par la création d'une bourse de la biomasse comme une composante supplémentaire du portail d'internet. Cet espace commercial, qui peut par exemple contenir les annonces des clients et des fournisseurs de biomasse, sert à réunir des fournisseurs et des clients dans les affaires courantes.

9.6.3 Perspective

La mise en œuvre d'un portail d'information sur la biomasse est utilisée pour le développement économique et peut également contribuer, par la publication des informations, à la fixation d'un développement durable des bioénergies. Ainsi un tel portail est avant tout dans l'intérêt public et devrait être organisé et financé par des institutions régionales, nationales ou internationales.

Le financement d'un tel projet représente un défi particulier. D'une part les premiers coûts résultent de la programmation et la mise en place du portail. Il est probablement raisonnable de fournir d'abord une part des éléments décrits au-dessus seulement et de prolonger le portail graduellement. D'autre part, pour un fonctionnement continu du système, et pour la réussite du portail, la collecte des données, la vérification et la maintenance, le service

²⁴⁵ Réalisé par IfaS

clientèle, le support technique et les coûts de marketing associés à l'exploitation sont très importants.

Un modèle de financement possible est d'avoir une coopération d'opérateur avec les participants de l'industrie, les chambres d'industrie ou d'agriculture, les associations et le gouvernement. Des fonds supplémentaires peuvent éventuellement être acquis par la publicité sur internet et le sponsoring.

Cette étude a prouvé que d'énormes quantités de biomasse non-utilisées de la région Souss-Massa-Drâa peuvent être développées et intégrées dans les concepts régionales. Un portail web d'information et commercial de la biomasse peut être un des éléments essentiels pour le développement de la biomasse. Dans le cadre d'une orientation stratégique dans le secteur de la biomasse la création d'un portail de la biomasse pour la zone d'étude - éventuellement en plusieurs étapes - est recommandée.

9.7 Projet de recherche : Production de biogaz à partir des résidus de l'industrie du poisson

9.7.1 Aperçu général

Pour la fermentation de matières organiques en biogaz, il existe des études approfondies et des œuvres numériques, qui, toutefois, traitent principalement la biomasse du secteur agricole. Ces études ne traitent pas la fermentation des déchets de poisson, alors une planification des unités de fermentation pour de tels déchets n'est actuellement guère possible. Un défi particulier sera la salinité élevée des déchets de la pêche maritime.

L'objectif de cet avant-projet est l'établissement des structures de recherches, qui permettent d'élaborer des rapports concernant la fermentation et le potentiel de la matière en termes de rendement de production de gaz, ainsi qu'une étude de faisabilité d'une unité pilote de production de biogaz. L'université Ibnou Zohr Agadir pourrait participer dans ce projet en tant que partenaire local à Agadir.

9.7.2 Flux de matières

Dans les chapitres 7.3.4.2 et 7.3.5.6, les potentiels disponibles et le développement d'industrie de pêche au cours des dernières années sont marqués. Due à une demande croissante de produit de poisson en provenance d'Europe aussi une augmentation des déchets de transformation du poisson est attendue. Une structure de gestion efficace est d'une importance élevée à l'avenir, surtout dans les régions à fort potentiel touristique. La

mise en décharge sans aucun prétraitement (hygiénisation) est exclue d'un point de vue hygiénique.

Au cours de l'analyse de potentiel, une entreprise de l'industrie de conserve a montré de l'intérêt concret pour la valorisation de leurs résidus. La faisabilité ultérieure d'un système pratique dépend d'une part de la faisabilité technique, d'abord de la convenance des déchets de poissons pour la fermentation, et d'autre part de la distribution spatiale des potentiels. Puisque la plupart des usines du traitement de poissons sont situées dans les ports de la région, de grandes quantités de déchets sont concentrées et peuvent être saisies. Si une fermentation exclusive de ces déchets de poisson est techniquement ou économiquement n'est pas raisonnable, encore d'autres matières résiduelles de l'industrie alimentaire ou des déchets ménagers organiques peuvent être utilisés.

9.7.3 Aspects techniques

Les lacunes existantes des connaissances sur la fermentation des déchets de poissons exigent d'une approche progressive de la mise en œuvre jusqu'à ce que l'installation puisse fonctionner.

Les soi-disant expériences de lots représentent une méthode simple pour déterminer la pertinence de base de la biomasse et du potentiel du rendement de gaz. Il s'agit de la fermentation de petites quantités d'un substrat dans un récipient fermé dans l'échelle de laboratoire. Par mélange du substrat avec du digestat, en provenance des unités de biogaz en fonctionnement ou d'autres supports qui sont riches en micro-organismes (fumier, par exemple), et la création de conditions appropriées dans le digesteur (température, humidité) un processus de fermentation peut être mise en marche et une mesure de la production de gaz pendant plusieurs jours est possible. De cette façon, il peut être examiné avec de différents paramètres à quelle condition la matière fermente et quels rendements sont produits à une certaine durée. En outre, les déchets de poisson peuvent donc être comparés à une procédure normalisée avec d'autres substrats. La réalisation des expériences de lot, qui représentent un répertoire standard des instituts de recherche allemande et des institutions de consultation, doit avoir lieu dans la région, par exemple dans une université marocaine, pour avoir de courtes distances pour le déplacement des matériels d'expérimentation et pour pouvoir faire des démonstration de résultats sur le terrain.

L'analyse du digestat, en particulier les nutriments principaux l'azote, le phosphore et le potassium ainsi que de la salinité, permet de déterminer la pertinence comme engrais et les étapes nécessaires de préparation, par exemple la séparation des éléments solides et liquides.

Si les expériences fonctionnent avec succès, il est logique d'intégrer une étape suivante, un projet expérimental d'unité de biogaz, ce qui permet un examen plus approfondi du comportement de fermentation de déchets de poisson, et aussi d'autres substrats. Un tel système peut également être utilisé sur des questions précises, plus généralement, comme un objet de recherche et de démonstration pour l'utilisation du biogaz dans la région. Encore une fois, cette installation devrait être exploitée par une collaboration avec des investisseurs privés et une université locale au moins comme soutien. Un avantage particulier de l'exploitation de l'installation dans un établissement public, surtout si une récupération de la chaleur résiduelle peut être réalisée, c'est qu'il présente un projet de démonstration, qui par exemple, permet aux étudiants d'observer l'approvisionnement en énergie renouvelable.

La détermination des coûts d'une telle unité peut être difficile actuellement, puisque en fonction de l'ampleur de la recherche désirée, la technologie d'équipement et l'ordre de grandeur de l'unité varie énormément. Les premières mesures importantes pour la planification d'un tel système sont la définition de l'objectif de l'opérateur, la sélection d'un concept de système, basé sur les substrats (par exemple, garage fermenteurs, voir section 9.4) et l'utilisation de l'énergie générée.

Si la réalisation d'une unité de biogaz expérimentale est impossible ou il existe déjà d'autres unités de biogaz dans la région qui conviennent à l'exécution des expériences, on peut tester le comportement des déchets de poisson comme substrat de fermentation après des expériences de lot réussies dans une usine pratique. Le processus de production de biogaz est très sensible à l'égard d'un changement dans la quantité et la qualité du substrat. Les expériences dans une usine en fonctionnement devraient avoir lieu avec des petites quantités seulement au début et si c'est réussi l'expérience continue avec une faible augmentation de la quantité de déchets de poissons ajoutée, pour ne pas compromettre la stabilité du processus de l'usine.

Par la réussite des essais pratiques, le développement de la production de biogaz à partir des déchets de poissons dans la région Souss-Massa-Drâa, au Maroc et à d'autres sites peut être avancé.

9.7.4 Analyse du site

Si un investisseur, veut essayer la fermentation des déchets de poissons directement dans une nouvelle unité, les problèmes du site doivent être clarifiés. Un emplacement de l'unité le plus près possible de la source des matières premières et du potentiel de chauffage ou de refroidissement semble raisonnable afin d'assurer de faibles coûts de logistique aussi bien qu'une bonne utilisation de l'énergie produite. La création de l'unité à proximité des sites de

traitement de l'industrie de poissons est idéale, puisque ils se caractérisent par la concentration de la matière première et le besoin en chaleur ou froid nécessaire à la conservation. Comparable au principe de l'unité de fermentation de déchets d'abattoir (voir partie 9.1) une distance suffisante entre l'unité et le site de transformation des aliments à des exigences d'hygiène doit être respectée. La Figure 41 présente un emplacement possible à la périphérie du port d'Agadir.

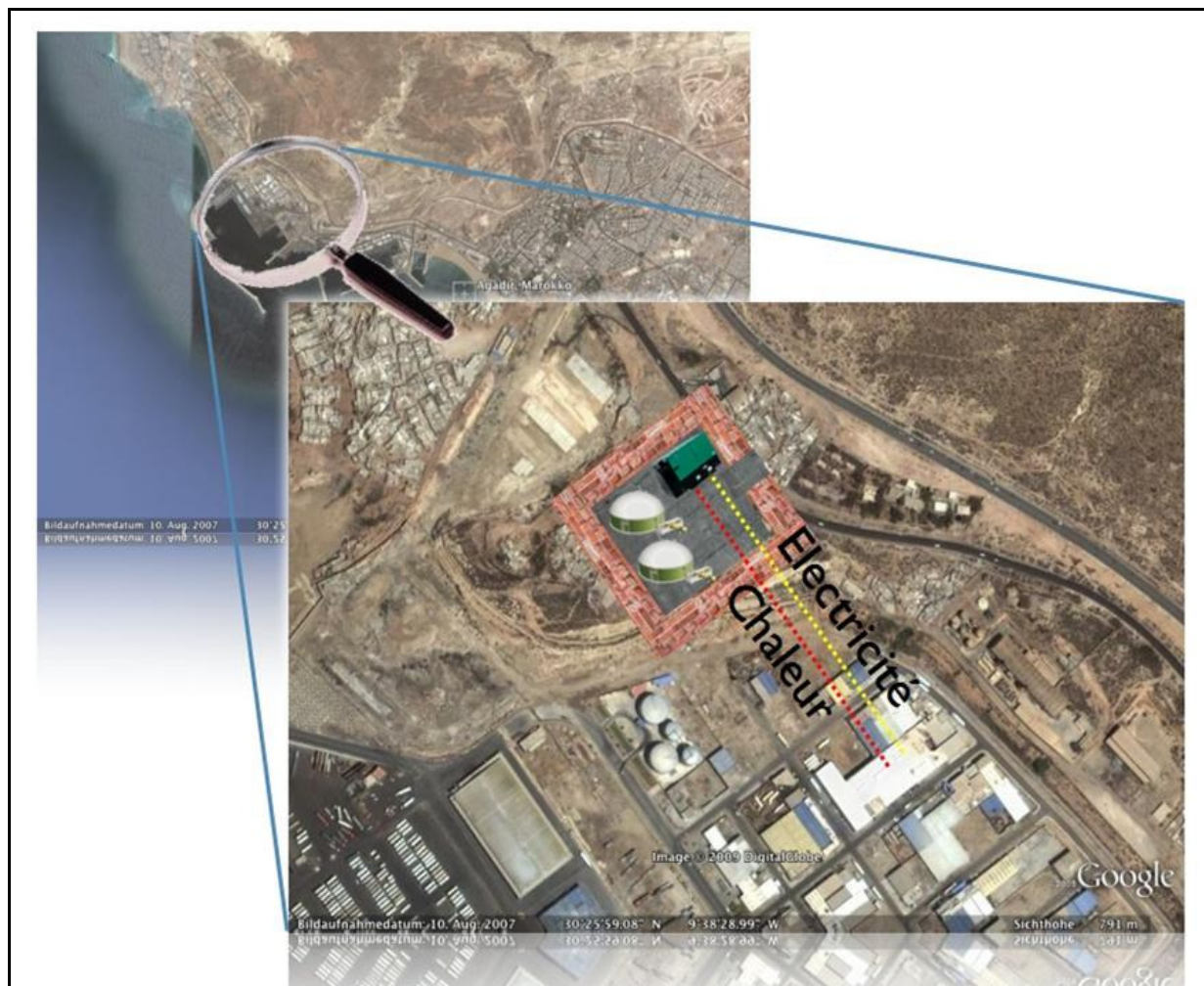


Figure 41: Emplacement possible de l'unité pilote de biogaz²⁴⁶

La vente complète de la production d'électricité et de chaleur est essentielle pour la rentabilité. Bien que l'électricité peut être transporté à moindre coût et sans pertes significatives sur de courtes distances, le transport de la chaleur de l'usine de cogénération aux clients, sur les distances plutôt long, n'est guère rentables. Donc, il pourrait être utile de construire une ligne de biogaz à une distance appropriée au site de traitement et de la production de l'électricité et de la chaleur ou de froid sur le site de production, un soi-disant micro-réseau de gaz

²⁴⁶ Réalisé par IfaS

9.7.5 Perspective

La fermentation des déchets de poissons cause les dépenses des recherches effectuées au début des coûts plus élevés que la mise en œuvre des procédures établies de la biomasse. Par un procédé progressif des expériences de lots avec de faibles dépenses il peut être examiné s'il existe des possibilités de production de biogaz. Le développement ultérieur de systèmes pratiques, par exemple par l'industrie de poisson, peut être placé par une longue série de mesures dans une installation d'essai sur une base sûre.

Malgré les dépenses plus élevée l'exploitation des déchets de poissons offre d'énormes avantages pour les partenaires à la région. Ainsi les entreprises de l'industrie de poissons peuvent obtenir une diminution des coûts de disposition de substances résiduelles de production. En outre les entreprises peuvent exploiter l'utilisation des énergies renouvelables dans la production pour la vente.

Un avantage particulier en termes de production énergétique existe à travers l'accumulation centralisée des déchets dans les ports, puisque ces derniers en tant que centres économiques présentent de forte demande en énergie.

La fermentation de déchets de poissons au lieu d'une mise en décharge réduit l'impacte sur l'environnement et les problèmes sanitaires.

Si le développement de ce concept est réussi, la région de Souss-Massa peut donner l'exemple comme une région pilote pour la diffusion de la technologie utilisée.

9.8 Valorisation énergétiques des boues d'épuration

Comme déjà expliqué dans le chapitre 7.4, dans le domaine du traitement des eaux usées il y a un important potentiel de production d'énergie par la fermentation, et donc des économies des émissions de CO₂. En plus par des projets de traitement des gaz les effets négatifs sur l'environnement sont diminués ainsi que les problèmes sanitaires. A Agadir diverses études sur la faisabilité technique de la collecte et l'utilisation énergétique du biogaz ou de gaz d'épuration, à l'usine à Bensergao et à M'Zar, ont déjà été effectués²⁴⁷.

Actuellement, le projet pour la production de biogaz et la production de l'électricité à la station d'épuration d'Agadir est en phase de validation dans le cadre du Mécanisme de Développement Propre (MDP). Le projet prévoit de couvrir les nouvelles lagunes existantes pour l'épuration des gaz par géo-membrane. Le biogaz sera ensuite utilisé dans deux

²⁴⁷ Voir le Project Design Document: RAMSA - la récupération des biogaz et la production d'électricité à partir de l'usine de traitement des eaux usées de M'Zar, Maroc

générateurs d'une capacité de 0,8 MW d'électricité (alimentation et auto-approvisionnement). On suppose qu'une moyenne de 38.000 t de CO₂ par an peut être économisée dans le cadre de ce projet. Une partie de l'électricité produite par le projet sera utilisée pour l'autoconsommation de l'usine (pompes, éclairage, etc.), la quantité excédentaire sera injectée sur le réseau électrique local à l'ONE²⁴⁸.

Comme démontré dans les études pilotes la technique et la faisabilité économique - à condition que les projets sont financés au titre du MDP - ont été déjà prouvés, également la transmission de ce concept vers d'autres sites est recommandée. En principe la production du biogaz et par suite la production de l'électricité peut être transféré à toutes les usines, qui utilisent les bassins de décantation pour l'épuration des eaux usées et qui correspondent aux critères du MDP.

Selon les informations présentées dans le Tableau 49 les emplacements Biougra, Essaouira ou Tiznit s'adapte à l'application du projet précité, étant donné que ces systèmes sont déjà en fonctionnement depuis quelques temps et répondent aux critères requis.

Comme déjà expliqué dans le chapitre 7.4.4, il existe des différents moyens techniques pour la valorisation énergétique et l'utilisation des boues pour la production de biogaz:

- Couverture de la lagune avec un gazomètre (géo-membrane) pour le contrôle de gaz (gazomètres de bâches)
- Le pompage des boues du bassin de décantation et la fermentation des boues dans un digesteur
- Le pompage des boues d'épuration et l'utilisation des boues dans une usine de biogaz pour la fermentation.

Comme les installations existantes dans la région de Souss-Massa-Drâa et la province d'Essaouira utilisent presque exclusivement les bassins de décantation pour la purification des eaux usées, la méthode techniquement simple de couverture des lagunes avec des géo-membrane est recommandée pour les stations existantes.

Dans la construction de nouvelles usines, il est préférable d'appliquer des systèmes qui permettent d'avoir une séparation en continu des boues générées pendant le processus d'épuration et d'utiliser des boues dans une unité de biogaz ou de les utiliser en tant que co-substrat.

²⁴⁸ La méthodologie dans le cadre du Mécanisme de développement propre est définie pour les lagunes anaérobies, les bassins de décantation, qui ont au moins une profondeur de 2 mètres (presque) sans déséparer pendant une température de plus de 15 °C et une demande chimique en oxygène supérieure à 0,1 kg CSB.m

C'est précisément pour les petites villes et habitats cependant, ou la mise en œuvre des systèmes de purification naturelle telle que les filtres à roseaux est préférée.

9.9 Autres approches

Outre les approches décrites ci-dessus, pour l'implémentation des technologies aussi d'autres sites dans la zone d'étude, auxquels une réalisation des concepts de biomasse et des installations bioénergétiques est possible, sont également recommandables. Ceux-ci sont entre autres :

- Des plans de gestion des déchets, par exemple, pour les provinces de Sidi Ifni et Taroudant
- Projet de recherche « production de biogaz à partir des restes de la production de figues de Barbarie ».

10 Aspects de durabilité de la biomasse

L'utilisation de la biomasse pour la production d'énergie offre de nombreuses opportunités pour le développement durable dans la région de Souss-Massa-Drâa et la province d'Essaouira. Les projets de bioénergie peuvent – à condition d'une planification holistique²⁴⁹ – contribuer à la création d'emplois, la valeur ajoutée régionale, l'utilisation efficace des ressources, l'autosuffisance en énergie, la réduction de la pollution et le renforcement des compétences à l'échelle nationale pour une économie durable. Ces effets sont expliqués en détail ci-dessous.

10.1 Valeur ajoutée régionale par l'utilisation des résidus

La production de la bioénergie peut résulter sur la base de la biomasse de culture aussi bien que sur la base des résidus. Si des résidus, par exemple les produits agricoles et forestiers, les déchets industriels ou les boues d'épuration, sont utilisés comme source d'énergie, un avantage économique supplémentaire se pose pour les personnes ou entreprises concernées et donc pour la région. L'utilisation de plusieurs résidus a été réalisée principalement en termes d'un processus d'élimination de déchets, qui cause mêmes les coûts. Si on considère ces résidus comme matières premières qui peuvent être conduites à une valorisation, souvent même un profit peut être obtenu. En raison de la difficulté de transport des matières premières, la réutilisation a lieu habituellement au niveau régional, de sorte que la valeur est largement liée au site d'origine des matières premières.

10.2 Création d'emplois

Les investissements dans les installations de biomasse ont jusqu'à présent eu tendance à être plus élevés que les investissements dans les technologies traditionnelles, cependant, l'énergie produite par la biomasse est généralement plus favorable que celle produite par le gaz naturel ou le pétrole. La logistique et la valorisation de la biomasse sont au niveau technique et organisationnel plus complexe que l'approvisionnement mis en place des combustibles fossiles. Alors que dans la production d'énergie provenant de sources fossiles la grande partie du coût total sont les coûts des matières premières (pétrole, gaz et charbon), les frais d'exploitation et d'investissement présente une faible part, les coûts d'investissement et d'exploitation lors de l'utilisation de la biomasse présente une grande

²⁴⁹ Cp. WBGU: World in Transition, 2008

partie. En particulier, le fonctionnement d'une unité de biomasse nécessite un nombre plus élevé de personnels pour la surveillance et la maintenance, de sorte que les sorties des capitaux de la région est plus faible par rapport à la variante des ressources fossiles.

L'approvisionnement en énergie a généralement lieu au niveau régional. En particulier, dans ce cas les sorties d'argent de la région peuvent être diminuées. Des emplois sont créés grâce à l'établissement de chaînes de valeur ajoutée régionale visant l'utilisation de la biomasse, à la fois pour les travailleurs peu et hautement qualifiés, qui sont situés à différents niveaux:

- Production de la biomasse de l'agriculture/mise à disposition des matières résiduelles
- Collecte et transport de biomasse de culture et de résidus
- Préparation, stockage et commercialisation des matières premières
- Planification, exploitation, réparation et entretien des installations de biomasse.

10.3 Choix de formes d'utilisation de terres appropriées

Environ 19% de la surface totale des terres du Maroc sont classés par la FAO comme dégradées, l'hypothèse de 100% de la dégradation des sols d'origine anthropique. L'érosion du vent et de l'eau et la salinité du sol sont les principaux facteurs qui contribuent à la dégradation des terres au Maroc²⁵⁰. L'utilisation de la bioénergie peut avoir un impact positif ou négatif. Ainsi, une utilisation excessive des résidus organiques provenant des terres (par exemple la paille de céréales) peut aussi conduire à une réduction significative des teneurs d'humus de sol et donc conduire à une diminution de la fertilité du sol et à un grand risque d'érosion. Un autre exemple est l'agriculture irriguée, l'utilisant des eaux usées et portant des risques relatifs à l'hygiène et la salinisation des sols. D'autre part, à l'aide d'une gestion qualifiée l'accumulation d'humus, la productivité accrue des terres marginales peuvent également être atteinte.

Lors de la culture ciblée de plantes énergétiques des systèmes efficaces de production sont privilégiés et doivent être choisis en fonction de l'emplacement. La culture d'une plante énergétique dans une région qui se caractérise par la rareté de l'eau tel que la région Souss-Massa-Drâa, doit viser une production de biomasse suffisante à un approvisionnement en eau limité, une augmentation de la tolérance au sel et des tolérances contre des maladies et des organismes nuisibles. La production d'une biomasse dans les systèmes forestiers offre plusieurs possibilités de combinaison de façon synergique selon les exigences

²⁵⁰ FAO/AGL: Terrastat database, 2009

d'emplacement et les différentes physiologies des plantes (ombrage des plantes jeunes, protection contre le vent, matières de paille etc.). La production des plantes énergétiques peut avoir lieu avec des plantes ou des cultures annuelles. Des opportunités de production durable de biomasse offrent des possibilités d'avoir des cultures permanentes qui peuvent être cultivées sur des sites marginaux²⁵¹.

Si on compare les systèmes d'utilisation des terres existantes, des différences énormes apparaissent dans les exigences de ressources, mais également dans le potentiel d'emploi et dans la valeur ajoutée par hectare. La production maraîchère est relativement importante pour la création des postes de travail, de manière significative par l'industrie de l'emballage couplée à Souss-Massa-Drâa et à Essaouira. La disponibilité d'eau représente toutefois de plus en plus le facteur limitant pour la production agricole. Tandis que la culture des fruits d'exportation (primeurs, agrumes) avec une forte utilisation de main-d'œuvre, de l'eau, des engrais et de la protection des plantes offre des revenus énormes²⁵², un système à faible intrant permet la culture des plantes qui résistent à la sécheresse et à faible besoin en ressources telles que le *Jatropha curcas* et le *Moringa* avec un rendement approprié. Sous les conditions économiques et politiques actuelles, la culture des plantes énergétiques (par exemple *Jatropha*) sur les surfaces où les plantes destinées à l'alimentation peuvent être cultivées, n'est ni éthiquement ni financièrement justifiable, l'utilisation d'eau douce pour la culture de *Jatropha* n'est donc pas raisonnable. En cas d'utilisation de surfaces marginales et de l'intégration supplémentaire d'un concept d'irrigation avec des eaux usées urbaines, la culture des plantes énergétiques représente toutefois un complément intéressant à des systèmes d'utilisation des terres (voir section 9.2).

10.4 Valeur ajoutée par hectare pour des concepts à multiple utilisation

L'utilisation pour la production agricole est abordée dans le cadre des conditions du site naturel et les exigences légales qui dépendent généralement des considérations économiques. En plus des conditions climatiques, en particulier le vent, il existe d'autres facteurs à savoir l'infrastructure, ainsi que les aspects traditionnels d'utilisation des terres. L'utilisation effective des terres d'une région représente donc le totale de plusieurs intérêts individuels qui varie considérablement selon le système juridique et plus ou moins de l'orientation des intérêts sociaux de la région.

²⁵¹ WBGU: World in Transition, 2008

²⁵² La Vie éco: Plan Vert Maroc, 2009

Lors de l'utilisation des terres de différentes exigences apparaissent par exemple la production alimentaire, la biodiversité, l'eau potable, le tourisme et la collecte de bois de feu. Certaines exigences particulières constituent des priorités pour des régions. Pour la région de Souss-Massa-Drâa et la province d'Essaouira par exemple, cette différence est claire entre les zones de culture des produits destinés à l'exportation (y compris les légumes, les agrumes), et les zones de production d'Argan. Tandis que sur des concepts ségrégatifs d'utilisation des terres principalement l'optimisation gestionnaire est envisagée, des approches d'intégration ont pour objectif une utilisation des terres économiquement optimale. Le mode d'utilisation « concepts à multiple utilisation » qui est adaptés à des particularités régionales, permettent la combinaison de différentes exigences d'utilisation.

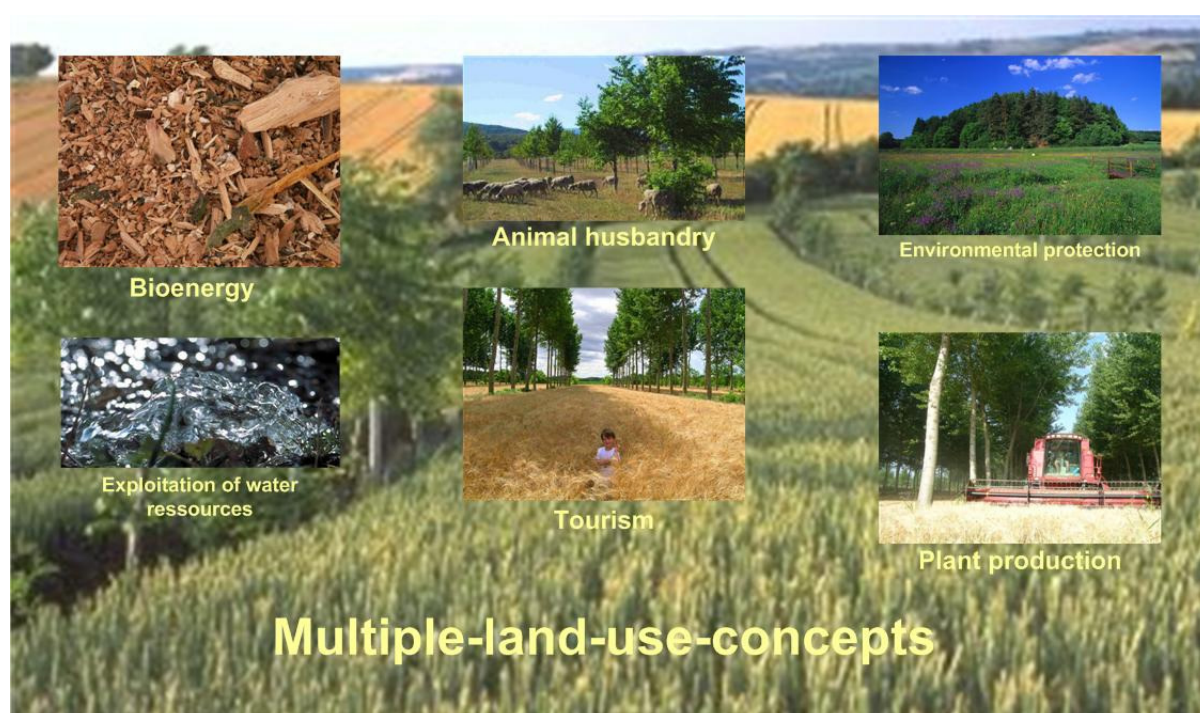


Figure 42: Concept à multiple utilisation dans un système agro-forestier

Les utilisations possibles qui peuvent être reliés par de tels concepts (voir Figure 42) sont:

- La production des principaux produits (produits alimentaires, fourrage, source d'énergie/matières premières), ainsi que leur transport, emballage et commercialisation
- Utilisation des sous-produits
- Conservation de la ressource: la préservation des ressources en eau, du sol, protection contre l'érosion et protection des eaux de surface
- Tourisme
- Protection naturelle/Biodiversité

- Identification régionale/identification du produit

Un exemple d'utilisations des terres combinées avec de nombreuses options de synergie est l'agro-foresterie. Les systèmes agro-forestiers sont définis comme la combinaison de l'utilisation des cultures agricoles et l'utilisation de la forêt dans une région. Lors d'une planification valable, dans un système de culture qui englobe une combinaison des deux cultures, on peut avoir de nombreuses synergies positives. Ainsi, des rangées d'arbres entre cultures agricoles servent à les protéger contre le vent et à réduire l'érosion ce qui améliore l'efficacité de l'eau de la surface totale et permet une valeur ajoutée sur l'augmentation de la production. Il existe d'autres effets positifs de culture d'arbre; la fertilité des sols améliorés et le stockage accru du carbone sous forme d'humus (séquestration du carbone)²⁵³.

L'un des exemples possibles d'agro-système forestier à Souss-Massa-Drâa et à Essaouira est la combinaison de *Jatropha* avec des céréales, arbres fruitiers, ou des plantes de fourrage (par exemple, les amandes et la luzerne). Ceci permet la production d'huile végétale, de bois de feu, de produits alimentaires et de fourrage sur la même surface. Une autre possibilité représente la production de bois de valeur dans les systèmes agro-forestiers. Des cultures possibles sont, outre des arbres « *Paulownia spp.* », qui produisent du bois de haute qualité, et qui résistent à la sécheresse et sont déjà cultivées en Espagne²⁵⁴, l'acacia (*Acacia spp.*) de l'Afrique du Nord. Dans le cadre de l'esquisse de projet l'exemple des « bosquets villageois » est traité plus en détail (section 9.2).

La gestion des systèmes à multiples utilisation est plus exigeante par rapport aux systèmes de culture traditionnels, mais offre toutefois, plus d'opportunités. Pour une opération durable dans le sens d'une diversification des options d'utilisation, on doit empêcher entre autres un mélange des stocks végétaux et des produits de récolte ainsi que des dommages causés aux arbres par l'abroustissement. Des systèmes d'irrigation doivent éventuellement être adaptés aux structures modifiées.

10.5 Substitution des engrais chimiques par le recyclage des déchets organiques

Dans le cadre de la production de biogaz à partir des potentiels des cultures maraîchères, de l'élevage bovin, des déchets organiques domestiques et industriels, et des boues d'épuration, un recyclage des éléments nutritifs, qui n'est pas possible à la mise en dépôt et seulement partiellement possible au compostage, est réalisé. Le phosphore et le potassium

²⁵³ Reeg, T. et autres (Hrsg.) : Culture et utilisation des arbres sur les surfaces agricoles

²⁵⁴ Cp. <http://www.paulownia-online.de>

restera en grande partie dans le substrat lors d'un compostage ou d'une production de biogaz. Contrairement à l'azote, qui est exposé à des pertes de gaz pendant le traitement et le retour dans des terres cultivées et dans les produits finis de compost ou les reste de fermentation de biogaz est disponible à de différents niveaux.

Tableau 78 et Tableau 79 montrent les différents teneurs d'azote et les pertes en valeurs moyennes²⁵⁵. Ils en dérivent des équivalents d'engrais, la valeur fertilisante et des équivalents de CO₂, qui peuvent être estimés pour la production d'engrais chimiques évitée. Les chiffres montrent que déjà par un compostage de grandes quantités d'azote peuvent être réduites. Selon les projections, la quantité de remplacement de l'engrais d'azote en cas de compostage de tous les potentiels représentés correspond à 4.624 tonnes d'azote pur.

Valeur de l'engrais résultant du compost							
Substrat	Quantité [t MF]	Teneur en azote [% MF]	Teneur matière sèche [%]	Quantité [t MS]	Teneur en azote [% MS]	Teneur en azote substrat [t]	Perte par processus [%]
Résidus maraîchers	164.415	0,66				1.085	30
Excréments bovins	3.974.600	0,52				20.668	30
Déchets domestiques	502.157	0,85				4.268	30
Boue d'épuration (25% MS)	111.321		25	27.830	1,45	404	30
	Azote (N) dans le compost [t]	N disponible [%]	Perte N épandage [%]	Equivalents engrais [t N]	Valeur de l'engrais [€/t]	Valeur de l'engrais [€]	Equivalent CO2 [t]
Résidus maraîchers	760	25	0	190	610	115.839	1.856
Excréments bovins	14.468	25	0	3.617	610	2.206.300	35.359
Déchets domestiques	2.988	25	0	747	610	455.645	7.302
Boue d'épuration (25% MS)	282	25	0	71	610	43.078	690
			Total	4.624		2.820.861	45.208

Tableau 78: Calcul de la valeur fertilisant du compost²⁵⁶

Par rapport au compostage par le biais de la fermentation de la biomasse des parts nettement plus grandes d'azote admissibles peuvent être exploitées. Les calculs donnent ici, plus de 10.500 tonnes d'équivalent azote pur. Une amélioration de l'efficacité des éléments nutritifs au processus de fermentation par rapport au processus de compostage peut être atteinte par l'utilisation des technologies modernes, dont les pertes d'azote sont beaucoup plus faibles.

²⁵⁵ Voir. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft: Wirtschaftsdünger und Gewässerschutz, 2009; KTBL: Ausbringen von Kompost und Gärrückständen, 2007; Mountadar; Assobhei: Production and management of sludge and other bow in Morocco, 2006 und Eder, Schulz: Biogas-Praxis, 2006

²⁵⁶ Réalisé par IfaS

Valeur de l'engrais résultant du digestat							
Substrat	Quantité [t MF]	Teneur en azote [% MF]	Teneur matière sèche [%]	Quantité [t MS]	Teneur en azote [% MS]	Stickstoff menge Substrat [t]	Perte pendant processus [%]
Résidus maraîchers	164.415	0,66				1.085	5
Excréments bovins	3.974.600	0,52				20.668	5
Déchets domestiques	502.157	0,85				4.268	5
Boue d'épuration (25% MS)	111.321		25	27.830	1,45	404	5
	Azote (N) dans le digestat [t]	N disponible [%]	Perte N épandage [%]	Equivalents engrais [t N]	Valeur de l'engrais [€/t]	Valeur de l'engrais [€]	Equivalent CO2 [t]
Résidus maraîchers	1.031	62	20	433	610	264.112	4.233
Excréments bovins	19.635	62	20	8.247	610	5.030.365	80.618
Déchets domestiques	4.055	62	20	1.703	610	1.038.870	16.649
Boue d'épuration (25% MS)	383	62	20	161	610	98.217	1.574
			Total	10.544		6.431.564	103.074

Tableau 79: Calcul de valeur fertilisante du résidu du processus de fermentation²⁵⁷

Les ordres de grandeur représentés en ce qui concerne les pertes d'azote dépendent fortement des détails de la procédure du compostage aussi bien que de la production de biogaz. Ainsi, il y a des normes à respecter lors de la production de biogaz, par exemple la couverture des camps de reste de fermentation et certaines technologies doivent être observées pour avoir des pertes minimales²⁵⁸. Cependant, la production du biogaz offre aussi avec une gestion d'élément nutritif ponctuelle des possibilités énormes d'amélioration par rapport aux pertes d'azote dans le compostage et par rapport à l'économie des engrais d'azote minéraux qui sont fabriqués en consommant beaucoup d'énergie²⁵⁹.

Une évaluation des restes de fermentation du biogaz en vue de réduire les émissions de CO₂ grâce à la production d'engrais minéraux est également présentée dans le Tableau 74 et Tableau 75. Puisque la production d'engrais minéraux sur la base des sources d'énergie classiques sont principalement exploités par l'énergie électrique, pour calculer les émissions moyennes de CO₂ le CEF d'électricité mixte au Maroc qui est de 752 g de CO₂ par kWh a été utilisée. Elle a abouti à des quantités d'environ 45.000 tonnes pour le compostage et à 103.000 tonnes pour la digestion anaérobie, de sorte que les économies réalisées sur les émissions de dioxyde de carbone puissent être doublées pour le processus de production de biogaz. Ce calcul se réfère uniquement aux économies potentielles grâce au remplacement des engrais chimiques, plus d'émissions de dioxyde de carbone pourraient être économisées par l'énergie produite à partir de biogaz.

²⁵⁷ Réalisé par IfaS

²⁵⁸ KTBL: Ausbringen von Kompost und Gärrückständen, 2007

²⁵⁹ Laegreid, Bockman, Kaarstad: Agriculture, Fertilizers & the Environment, 1999

Pour le calcul de l'évaluation économique des équivalents d'engrais chimiques à partir des différentes matières premières, un prix d'azote de 610 € par tonne a été fixé²⁶⁰. Cette valeur correspond au niveau des prix actuel pour les engrais d'azote, avec une considération des fortes variations des prix. On constate que sous des aspects économiques des avantages énormes peuvent aussi se trouver dans l'utilisation de biogaz. Même si l'azote est recyclé dans le compostage, la valeur totale est de 2,8 millions d'euros, ce qui vaut comme résidus de fermentation de biogaz à 6,4 millions d'euros.

10.6 Réutilisation des nutriments issus des eaux usées résiduelles

L'utilisation antérieure des eaux superficielles et souterraines dans la gestion de l'irrigation intensive des terres agricoles en zones arides, conduit souvent à une grave pénurie d'eau, affectant l'eau potable des résidents. Cependant la pénurie d'eau n'est pas due seulement à la consommation d'eau par les plantes, mais aussi par des techniques d'irrigation inefficaces (évaporation, infiltration). Actuellement, les eaux résiduaires de la plupart des villes au Maroc sont presque complètement introduites sans traitement préalable dans les eaux publiques et/ou éliminées dans des espaces verts, créant ainsi une eutrophisation des eaux de surface et des eaux souterraines. Compte tenu en particulier de réserves limitées de phosphate et de l'intensité énergétique dans la production des engrais minéraux, l'élimination des eaux usées ménagères est un gaspillage de ressources précieuses.

L'approche de l'utilisation des eaux usées municipales pour l'irrigation est basée sur le concept de l'économie circulaire. Les eaux résiduaires représentent ici une nouvelle source d'eau à usage agricole qui contient la matière organique pour la formation d'humus aussi bien que des macronutriments, en particulier l'azote et le phosphore ainsi que de nombreux oligo-éléments.

L'utilisation de phosphore et d'engrais d'azote est un facteur majeur pour les hauts rendements de l'agriculture d'aujourd'hui. Alors que les engrais azotés (ammoniac) peuvent être synthétisés à partir d'azote atmosphérique par le procédé Haber-Bosch à forte consommation énergétique, les stocks de phosphore sont dérivés des roches. Au niveau mondial, l'extraction du phosphate brut minéral s'élève chaque année à 100 millions de tonnes dans le monde entier, dont plus de 90% sont utilisés pour la production d'engrais. Les principaux pays producteurs sont le Maroc, la Chine et les États-Unis, leur extraction totale est d'environ 71% des phosphates. En plus des gisements de phosphate accessible avec de bonne qualité, qui seront épuisés dans quelques décennies, il y a encore des réserves

260

importantes contaminées de métaux lourdes. Celles-ci doivent être nettoyées avant leur utilisation dans l'agriculture. Pour une utilisation optimisée des ressources l'utilisation des eaux usées dans la production de cultures énergétiques est discutée (sur des terres marginales telles que les zones désertiques).

L'utilisation directe des eaux résiduaires dans des buts d'irrigation impose des exigences élevées en matière de technologies de transformation pour la protection des eaux et du sol. Le traitement des eaux résiduaires jusqu'à un niveau sans risque d'utilisation (élimination), tel qu'il a été normalisé dans la plupart des pays industriels, est associé à une forte consommation d'énergie. Par exemple, en Allemagne une consommation énergétique moyenne de 0.35 kWh_e/kg de DCO (demande chimique en oxygène) est nécessaire. En outre, par le traitement conventionnel des eaux résiduaires, telle qu'il est pratiqué dans la plupart des pays industriels, un potentiel de ressource énorme se perd par l'élimination des éléments nutritifs contenus dans les eaux résiduaires.

10.7 Sécurité d'approvisionnement énergétique et indépendance par rapport aux combustibles fossiles

La dépendance énorme du Maroc aux combustibles fossiles (voir section 5.1), conduit face à la fluctuation des prix dans le marché mondial (voir www.tecson.de) à une grande incertitude sur les prix et la sécurité d'approvisionnement énergétiques ainsi qu'à des sorties de capitaux énormes.

Par l'utilisation de potentiels régionaux – ici dans ce cas la biomasse - une partie de ces importations peut être évitée. Une utilisation de biomasse efficace peut conduire à une stabilisation des prix énergétiques et successivement à une plus grande indépendance par rapport à des marchés de matières premières globaux. Même si un lien fort relie certains marchés de matières premières biogènes (p. ex. pastilles de bois) avec le prix du pétrole, des produits qui ne sont pas facilement à transporter (p. ex. résidus) sont moins influencés par l'évolution du marché mondial. L'établissement des réseaux régionaux pour l'utilisation de la biomasse permet la conception des conventions fiables à long terme et qui sont avantageux pour des utilisateurs et fournisseurs de l'énergie verte.

10.8 Prévention de la pollution

Cette section fait référence à l'impact environnemental direct de polluants et des nutriments en excès. Dans la section 10.9 on se réfère à l'influence des gaz à effet de serre et à des aspects du changement climatique.

Le rapport a examiné les possibilités et les stratégies d'utilisation du potentiel de la biomasse dans la zone d'étude entraînant une variété d'impacts environnementaux. Dans ce qui suit, différents sujets qui devraient être considérés dans le cadre d'une étude d'impact détaillée dans une phase de réalisation sont appelés.

Généralement les impacts environnementaux suivants peuvent être identifiés:

- Réduction des émissions dans l'air et le sol en évitant le dépôt de la matière organique dans les décharges (non contrôlé) (gestion des déchets)
- Réduction de la pollution de l'eau et l'eutrophisation, l'introduction de systèmes de traitement des eaux usées, la diminution de rejet de déchets provenant de l'industrie agroalimentaire (en particulier l'industrie du poisson) et un meilleur contrôle de l'érosion
- Protection de l'occupation du sol (traditionnel) et des espèces menacées (par exemple l'Arganier) par une organisation optimisée d'approvisionnement et d'utilisation durable de la biomasse
- L'augmentation de la fertilité des sols grâce à des systèmes d'agriculture intégrée avec irrigation par les eaux usées et l'utilisation réduite d'engrais minéraux
- Pollution directe du sol et des eaux par l'utilisation de combustibles fossiles (pétrole lourd)

10.9 Le changement climatique, le potentiel d'évitement de CO₂

Les experts décrivent le secteur de la biomasse comme « une option d'énergie renouvelable avec le plus grand potentiel de réduction de CO₂, ce qui peut être également économiquement faisable avec les technologies existantes ». Les différentes possibilités d'utilisations du potentiel de la biomasse décrite dans cette étude permettent d'éviter ou de réduire les émissions de CO₂. Le potentiel total de CO₂ évité, par la substitution de combustibles fossiles par l'énergie biomassique, s'élève à 676.000 tonnes de CO₂ par an dans la zone d'étude.

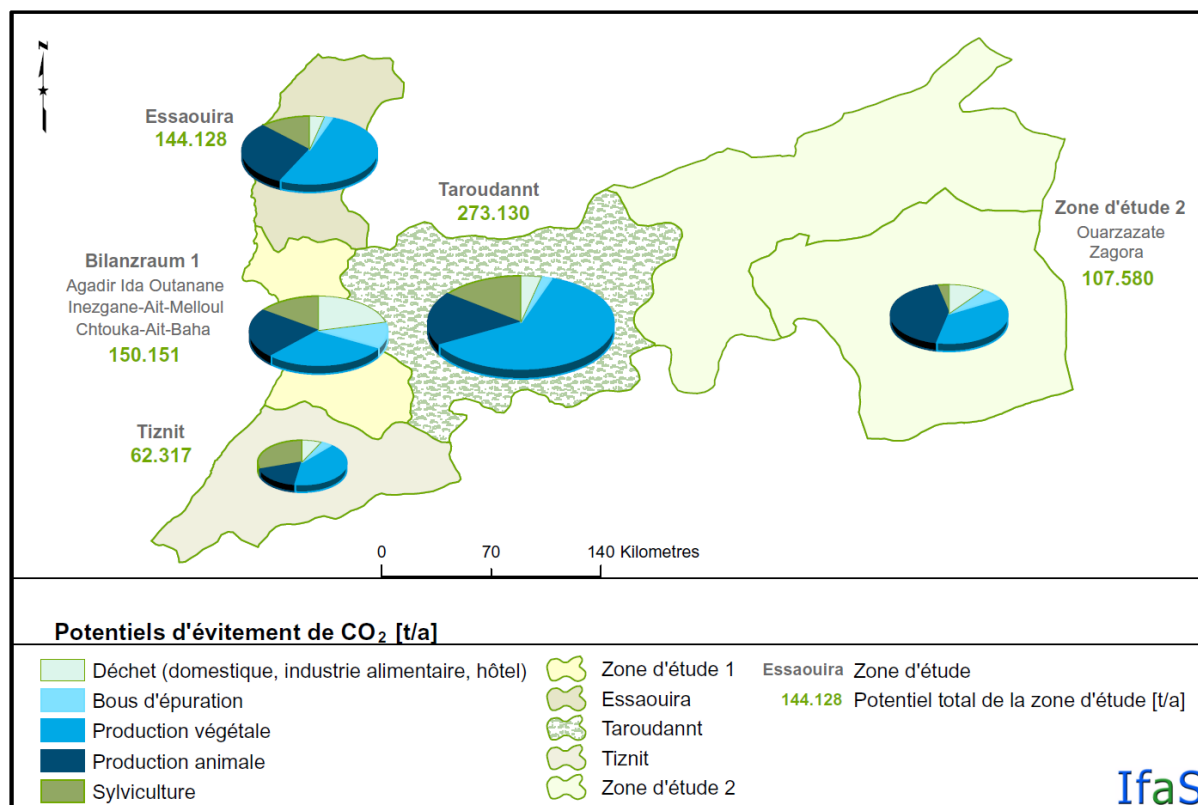


Figure 43: Potentiels régionaux d'évitement de CO₂²⁶¹

En plus des économies directes de CO₂ qui se produisent lors de l'utilisation d'énergie issue des réserves actuelles de biomasse par rapport à l'utilisation de combustibles fossiles, différentes possibilités d'évitement indirect sont également concevables. Par exemple, dans l'agriculture, une utilisation appropriée de l'engrais organique issue du substrat de fermentation par rapport à la fertilisation minérale à long terme permet d'augmenter la teneur en carbone sur la couche superficielle du sol (séquestration du carbone). Des économies de CO₂ supplémentaires peuvent être obtenues en économisant l'énergie nécessaire pour la fabrication d'engrais azotés synthétiques.

Dans la section 10.5, d'autres potentiels d'économie indirects qui sont obtenus par l'utilisation du digestat comme engrais peuvent être réalisés. Dans ce cas il s'agit de l'économie résultante de l'évitement de la production d'engrais azoté à forte consommation énergétique. Les économies en équivalentes en CO₂ s'élèvent à plus de 100.000 tonnes, soit un total de près de 60.000 tonnes par rapport au compostage. En outre, la fermentation du lisier et du fumier provenant de l'élevage permet de réduire davantage les émissions de gaz à effet de serre émises sous forme de méthane.

²⁶¹ Réalisé par IfaS

10.10 Transfert du savoir faire pour une économie durable

Cela nécessite d'abord une estimation du potentiel régional existant et du développement des réseaux d'acteur, pour sensibiliser et perfectionner les acteurs clés dans la région sur l'utilisation et la valorisation énergétique de la biomasse. En contrepartie, par la mise en œuvre des technologies de valorisation de biomasse (méthanisation, incinération, etc.), un savoir-faire va s'accumuler à long terme pour faire de la région un centre de compétences régional pour la valorisation durable de la biomasse (dans les zones subtropicales).

11 Recommandations pour la mise en œuvre

Une première étape avant la mise en œuvre active des approches devrait être une présentation et une discussion approfondie des résultats de cette étude avec les décideurs de la région. Des informations générales sur l'utilisation de la biomasse se trouvent dans les chapitres 1 à 6. Les chapitres 7 et 8 couvrent l'analyse de flux de matières pour la région ainsi que le résumé et l'évaluation des potentiels de biomasse, y compris la situation énergétique. Les approches pour la mise en œuvre des projets pilotes ainsi que les aspects d'une utilisation durable de la biomasse, qui devraient être pris en compte, sont traités dans les chapitres 9 et 10. Les informations acquises seront d'abord communiquées aux acteurs locaux afin d'obtenir un accord pour la réalisation des projets.

La coordination de l'activité future peut être encouragée par les relations publiques et une mise à disposition des informations sur le sujet de la biomasse pour les décideurs, entre autres par la création d'un portail d'information (voir partie 9.6). Egalement des approches de planification comme l'élaboration des concepts de gestion des déchets (voir partie 9.3) peuvent contribuer à une démarche coordonnée qui permet l'activation progressive des potentiels.

Pour la réalisation des projets de biomasse, les concepts pour une revalorisation des matières résiduelles devront être prioritaires (voir parties 9.1, 9.4, 9.4.5, 9.7 et 9.8) comme ces approches offrent un potentiel élevé de réduction des coûts de production d'énergie et apportent en plus des effets positifs pour l'environnement et la qualité de vie.

Dans une phase ultérieure, des projets pour accroître la base de ressources peut être utile (voir partie 9.2) pour renforcer le développement divers de l'utilisation de biomasse et pour intégrer plus de secteurs économiques.

Les mesures concrètes nécessitent normalement des études de faisabilité approfondies comprenant une étude de faisabilité technique ainsi qu'une évaluation du cadre juridique et économiques en termes de faisabilité et de financement de l'avant-projet décrit. Pour cela, un accompagnement du développement des projets par les experts sera important pour assurer la considération des aspects de durabilité (voir chapitre 10).

Par la mise en œuvre des stratégies de revalorisation de biomasse et des projets correspondants, la région de Souss-Massa-Drâa et la province d'Essaouira pourraient répondre aux exigences futures au niveau national (plans d'action nationaux, programmes, lois) de manière exemplaire et joueraient un rôle pionnier au Maroc. La région pourrait devenir un centre de compétence national et international pour la revalorisation efficace de la

biomasse dans les zones semi-arides et encourager une politique énergétique durable au Maroc.

Bibliographie

Abdlekarim, Z. [Secteur forestier, 2007]: Cadre politique, légal et institutionnel du secteur forestier Informations de base, Haut Commissariat aux Eaux et Forêts et à la Lutte Contre la Désertification, Novembre 2007

Agence du Bassin Hydraulique du Souss-Massa (ABHSM) [Visite de la station d'épuration du grand Agadir, 2008]: Visite de la station d'épuration du grand Agadir, 2008, http://www.abhsm.ma/IMG/pdf_OP_Compte_rendu_Visite_Step_Agadir.pdf

Agence du Bassin Hydraulique du Souss-Massa (ABHSM) [Climat, Evaporation]: Climat, Evaporation, <http://www.abhsm.ma/spip.php?article63>

Agence du Bassin Hydraulique du Souss-Massa (ABHSM) [Les eaux de surface] : Les eaux de surface, <http://www.abhsm.ma/spip.php?rubrique28>

Agence du Bassin Hydraulique du Souss-Massa (ABHSM) [Les ressources en eau – Les eaux souterraines] : Les ressources en eau – Les eaux souterraines, <http://www.abhsm.ma/spip.php?article72>

Angelidaki, I., Ahring, B. K. [Codigestion of olive oil mill wastewaters, 1997]: Codigestion of olive oil mill wastewaters with manure, household waste or sewage sludge. In: Biodegradation 8, S. 221-226, 1997

Argand'Or GmbH [GTZ und Argand'Or kooperieren im letzten Anbaugbiet der Arganbäume, 2008]: GTZ und Argand'Or kooperieren im letzten Anbaugbiet der Arganbäume, 2008, <http://www.openpr.de/pdf/244000/GTZ-und-Argand-Or-kooperieren-im-letzten-Anbaugbiet-der-Arganbaeume.pdf>

avantTimeConsulting GmbH [Infoportal zum Emissionshandel und Klimaschutz, Marktinformationen]: Infoportal zum Emissionshandel und Klimaschutz, Marktinformationen, http://www.co2-handel.de/article102_0.html

Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft [Der Energiegehalt von Holz und seine Bewertung, 2007]: Der Energiegehalt von Holz und seine Bewertung. Merkblatt Nr. 12, Dezember 2007, Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, 2. überarbeitete Auflage, Freising

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) [Wirtschaftsdünger und Gewässerschutz, 2009]: Wirtschaftsdünger und Gewässerschutz, 2009

Benkadhra, A. [Stratégie énergétique Maroc, 2009]: La Nouvelle Stratégie Energétique pour le Maroc: Réalisme et Ambition, Rede am 6.März 2009

Bundesagentur für Außenwirtschaft [Marokko richtet Energiepolitik neu aus, 2007]:
Pressebericht, Marokko richtet Energiepolitik neu aus, 23.05.2007,
http://www.gtai.de/DE/Content/___SharedDocs/Links-Einzeldokumente-Datenbanken/fachdokument.html?fident=MKT20070522120051

Bundesinitiative Bioenergie [Heimische Energiequellen in ländlichen Kommunen, 2003]:
Heimische Energiequellen in ländlichen Kommunen - am Beispiel der Gemeinde
Süsel/Ostholstein, <http://www.bioenergie.de/downloads/Gutachten/Ssel-Broschre.pdf> ,
11.3.2004

Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung
[Partnerländer, Marokko, Zusammenarbeit, 2008]: Partnerländer, Marokko, Zusammenarbeit,
2008, <http://www.bmz.de/de/laender/partnerlaender/marokko/zusammenarbeit.html>

Bundesverband der Maschinenringe e.V. [Leistungen, 2009]: Leistungen,
<http://www.maschinenringe.org/content/leistungen>

Centrale Marketing Gesellschaft der Deutschen Agrarwirtschaft [Biomasse, 1997]:
Biomasse – nachwachsende Energie aus Land- und Forstwirtschaft, 2. Auflage, Bonn

Conseil Regional Souss-Massa-Drâa [Potentialités, 2006]: Potentialités,
<http://www.regionsmd.com/index>. 2009

Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) [Marokko]: Marokko,
<http://www.gtz.de/de/weltweit/maghreb-naher-osten/marokko/2777.htm>

Deutsches Institut für Normung e. V. [Feste brennstoffe, 2005]: Vornorm. Feste
Brennstoffe – Brennstoffspezifikationen und -klassen; Deutsche Fassung CENT/TS
14691:2005, Beuth Verlag GmbH, Berlin

Direction Régionale des Eaux et Forêts du Sud-Ouest [Richesse en ressources
forestières, 2009]: Richesse en ressources forestières, DREF-SO 2009, <http://www.dref-so.ma>

Dockhorn, T. [Stoffstrommanagement und Ressourcenökonomie in der kommunalen
Abwasserwirtschaft, 2007]: Stoffstrommanagement und Ressourcenökonomie in der
kommunalen Abwasserwirtschaft, in: Veröffentlichung des Institutes für
Siedlungswasserwirtschaft der Technischen Universität Braunschweig, Heft 74, 2007

Dou El Macane, W.L., Ahmed, S., Elattir, H. [Le bananier, 2003]: Fiches techniques: Le
bananier, la vigne et les agrumes. In: Bulletin Mensuel d'Information et de Liaison du
PNTTA, Octobre 2003

-
- Eder, B., Schulz, H.** [Biogas-Praxis, 2006]: Biogas-Praxis – Grundlagen, Planung, Anlagenbau, Beispiele, Wirtschaftlichkeit. ökobuch Verlag, Staufen bei Freiburg, 2006
- Encinar, J. M., González, J. F., Martínez, G.** [Energetic use of the tomato plant waste, 2007]: Energetic use of the tomato plant waste, 2007
- Kubesa, M.** [Energiekennwerte], Energiekennwerte – Handbuch für Beratung, Planung, Betrieb, Brandenburgische Energiespar-Agentur, Postdam 1998
- Eau Globe** [Etude du schéma directeur de collecte et du nettoyage du Grand Agadir, Mission 2-2, S. 21
- Enquête Kommission** [Die Industriegesellschaft gestalten, 1994]: Schutz des Menschen und der Umwelt, Die Industriegesellschaft gestalten: Perspektiven für einen nachhaltigen Umgang mit Stoff- und Materialströmen; Bonn, 1994
- Europäische Investitionsbank** (Hrsg.) [Rapport Nationale Maroc - Eaux usées, 2009] : Identification et Elimination des Goulets d'Etranglement pour l'Utilisation des Eaux Usées dans le Cadre de l'Irrigation ou autres Usages, Rapport Nationale Maroc, 2009
- Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR)** [Basisdaten Bioenergie, 2008], Basisdaten Bioenergie, Deutschland, 2008
- Food and Agriculture Organisation of the United Nations (FAO)** [Manual on taxonomy of Acacia species, 2009]: Manual on taxonomy of Acacia species, FAO Corporate Document Repository on <http://www.fao.org/docrep>. 2009
- Food and Agriculture Organisation of the United Nations (FAO)** [Aquastat, 2009]: Aquastat, Juni 2009, <http://www.fao.org/NR/WATER/AQUASTAT/gis/index3.stm>
- Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety (BMU)** [Green Cop Environmental concept, 2008]: Green Cop Environmental concept for the 9th conference in biological diversity, Bonn, Germany 2008
- Fink, M.** [Düngung im Freilandgemüsebau, 2007]: Düngung im Freilandgemüsebau, 2007, Schriftenreihe des Institutes für Gemüse- und Zierpflanzenbau Großbeeren und Erfurt
- Font, R., Moltó, J., Gálvez, A., Rey, M. D.** [Pyrolysis and combustion of tomato plant, 2008]: Kinetic study of the pyrolysis and combustion of tomato plant, 2008
- Franke, W.** [Nutzpflanzenkunde, 1997]: Nutzpflanzenkunde, Nutzbare Gewächse der gemäßigten Breiten, Subtropen und Tropen. 6. überarbeitete und erweiterte Auflage. Stuttgart, New York, Thieme, 1997

Gelegenis J. et al. [Optimization of biogas production from olive-oil mill wastewater, 2007]: Optimization of biogas production from olive-oil mill wastewater, by codigesting with diluted poultry-manure, Griechenland/Dänemark, 2007

Germany Trade and Invest [Datenbank, Länder und Märkte, 2007]: Datenbank – Länder und Märkte, Marokko will Rückstand im Umweltschutz wettmachen, 2007, http://www.gtai.de/DE/Content/___SharedDocs/Links-Einzeldokumente-Datenbanken/fachdokument.html?fident=MKT200710118005

Glaser, B. [Biochar, 2008]: Böden als wertvolle Ressource für nachhaltige Land- und Energienutzung, Vortrag im Rahmen der 8. Biomasse-Tagung Rheinland-Pfalz am Umwelt-Campus Birkenfeld, 2008

Global Wind Energy Council [Global Wind 2008 Report], Brüssel 2008

Haut Commissariat aux Eaux et Forêts et à la Lutte Contre la Désertification [Secteur Forestier, 2007]: Cadre politique, légal et institutionnel du secteur forestier Informations de base. Novembre 2007

Haut Commisariat au Plan [Monographie de la région Souss-Massa-Drâa, 2006]: Monographie de la région Souss-Massa-Drâa, 2006

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

Heck, P.; Bemann, U. (Hrsg.) [Praxishandbuch Stoffstrommanagement, 2002]: Praxishandbuch Stoffstrommanagement: Strategien – Umsetzung – Anwendung in Unternehmen, Kommunen, Behörden; Deutscher Wirtschaftsdienst: Köln, 2002

Heidecke, C., Roth, A. [Drought Effects on Livestock Husbandry, 2006]: Drought Effects on Livestock Husbandry. In: IMPETUS Atlas Morocco – Research Results 2000-2007, 2008

Hölting, B., Coldewey, W.G. [Angewandte Hydrogeologie, 2005]: Hydrogeologie, Einführung in die Allgemeine und Angewandte Hydrogeologie, 6. Auflage. Spektrum Akademischer Verlag, München

Hösel, Bilitewski, Schenkel, Schnurer [Müllhandbuch]: Müllhandbuch, ESV Verlag

Hülsbergen, K.-J., Küstermann, B. [Was mindert die Emissionen? 2007]: Was mindert die Emissionen? In: DLG-Mitteilungen, 09/2007

Huemer-Trading GmbH [Holzbearbeitungsmaschinen Preisliste, 2008]: Holzbearbeitungsmaschinen Preisliste Nr.: 03-034-0811, 2008

Institut für angewandtes Stoffstrommanagement (IfaS) [Biomasse-Studie Rheinland-Pfalz, 2004]: Studie zur Weiterentwicklung der energetischen Verwertung von Biomasse in

Rheinland-Pfalz – Abschlussbericht einer Studie im Auftrag des Ministerium für Umwelt und Forsten Rheinland-Pfalz, Mai 2001 - April 2004: Abschlussbericht; Birkenfeld 2004

Institut de l'énergie et de l'environnement de la Francophonie [Liaison Energie, 2008] : Liaison Energie-Francophonie no. 78, Transformer la contrainte énergétique en opportunités: le cas du Maroc 2008, <http://www.iepf.org/ressources/ressources-pub-desc.php?id=273>

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPPC) [The Physical Science Basis, 2007a]: The Physical Science Basis, Summary for Policy Makers, Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel of Climate Change IPPC, Genf

Kaltschmitt, M.; Hartmann, H. (Hrsg.) [Energie aus Biomasse, 2001]: Energie aus Biomasse – Grundlagen, Techniken und Verfahren; Springer: Berlin, Heidelberg, 2001

Kdadri, O. (IfaS Maghreb): Schriftliche Mitteilung zur Verwertung von Holz aus dem Obstbau, 21.7.2009

Keymer, U., Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft [Biogasausbeuten verschiedener Substrate, 2008]: Biogasausbeuten verschiedener Substrate, 2008, http://www.lfl.bayern.de/ilb/technik/10225/?sel_list=33%2Cb&strsearch=&pos=left

Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (KTBL) [Gartenbau, 2009]: Gartenbau – Produktionsverfahren planen und kalkulieren, KTBL Datensammlung, 1. Auflage 2009

Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (KTBL) [Ausbringen von Kompost und Gärrückständen, 2007]: Ausbringen von Kompost und Gärrückständen, http://www.kompost.de/fileadmin/docs/Archiv/Anwendung/2_2007_151.pdf

Laegreid, M., Bockman, O.C., Kaarstad, O. [Agriculture, Fertilizers & the Environment, 1999]: Agriculture, Fertilizers & the Environment, CABI Publishing, 1999

Lange, O.L., Nobel, C.B., Osmond, C.B. And H. Ziegler (Eds.) [Physiological Plant Ecology 2. Water Relations and Carbon Assimilation], Springer-Verlag, Berlin. 1982

La Vie Eco [La révolution agricole commence, 2009]: La révolution agricole commence, N° 4 507, Avril 2009, <http://www.lavieeco.com/Nosgrandsdossiers/pdf/Plan-Maroc-vert-Avril-2009.pdf>

La Vie Eco [Energie Renouvelable - Ce que contient le projet de loi, 2009] : Energie Renouvelable, ce que contient le projet de loi, 4 avril 2009, <http://www.lavieeco.com/economie/13372-energies-renouvelables-ce-que-contient-le-projet-de-loi.html>

La Vie éco [Plan Vert Maroc, 2009]: Souss-Massa-Drâa: maraichage, agrumes... et cactus, <http://www.lavieeco.com/economie/13538-souss-massa-draa%C2%A0-maraichage-agrumes...-et-cactus.html>

Lehmann, H., Preetz, T. [Zukunftsenergien, 1995]: Zukunftsenergien – Strategien einer neuen Energiepolitik. Birkhäuser, Berlin, 1995

Lechner, H. et. al. [Machbarkeitsstudie „4% Ökostrom bis 2008“, 2003]: Machbarkeitsstudie „4% Ökostrom bis 2008“, fokussiert auf den Beitrag von Biomasse-KWK-Anlagen (> 5 MWth), Endbericht; Wien, Mai 2003

Les Chambres d’Agriculture de la Région de Souss-Massa-Drâa [Guide Agricole] : Guide Agricole

Lückge, F. J., Weber, H. [Untersuchung der Struktur- und Marktverhältnisse der deutschen Sägeindustrie, 1997]: Untersuchung der Struktur- und Marktverhältnisse der deutschen Sägeindustrie, Bundesverband der deutschen Sägeindustrie

Mhirit, O., Blerot, P. [Le grand livre de la forêt marocaine, 1999]: Le grand livre de Forest Marocaine, Mardaga Edition, 1999

Ministère de l’aménagement du territoire, de l’eau et de l’environnement [Bulletin d’information, 2006] : Bulletin d’information du Ministère de l’Aménagement du Territoire, de l’Eau et de l’Environnement, 07/2006, www.minenv.gov.ma/dwn/bulletin/Bull-16-Juil-06.doc

Ministère de l’intérieur, de l’aménagement du territoire, de l’eau et de l’environnement [Programme Nationale d’Assainissement, 2006]: Programme nationale d’assainissement liquide et d’épuration des eaux usées, 2006

Ministre de l’Energie, des Mines, de l’Eau et de l’Environnement: Allocution de Madame Amina BENKHADRA, 2009, <http://www.mem.gov.ma/Ministre/pdf/allocution250409.pdf>

Ministère de l’énergie, des mines, de l’eau et de l’environnement [Etat de l’Environnement - Eau] : Etat de l’Environnement – Eau, http://www.minenv.gov.ma/8_etat_de_l-environnement/eau.htm

Ministère de l’Energie, des Mines, de l’Eau et de l’Environnement [FODEP, Lesieur, Fiche Projet] : FODEP, Lesieur, Fiche Projet, <http://www.minenv.gov.ma/fodep/pdf/pop/Lesieur.pdf>

Ministère de l’énergie, des mines, de l’eau et de l’environnement - Département de l’Environnement [Stratégie de proximité du département de l’environnement, 2009] : Stratégie de proximité du département de l’environnement, 2009, http://www.minenv.gov.ma/index.asp?param=1_presentation/strategie09.htm

Ministère de l'intérieur de la Région de Souss-Massa-Drâa [Région Souss-Massa-Drâa, 2004] : Région Souss-Massa-Drâa, 2004

Ministère de l'Agriculture, du Développement Rural et des Pêches Maritimes:

Datensammlung, 2007, Anbaujahr 2005/06

Ministère de l'Agriculture, du Développement Rural et des Pêches Maritimes:

Statistiques agricoles, 2006

Ministère de l'Agriculture, du Développement Rural et des Pêches Maritimes: Enquete Octobre-Novembre, 2006

Mountadar, M.; Assobhei, O. [Production of sludge from wastewater treatment plants in Morocco, 2006]: ANNEX 1: Production of sludge from wastewater treatment plants in Morocco, Design and Application of an Innovative Composting Unit for the Effective Treatment of Sludge and other Biodegradable Organic Waste in Morocco, MOROCOMP (LIFE TCY05/MA000141), Juni 2006

Mountadar, M.; Assobhei, O. [Production and management of sludge and other bow in Morocco, 2006]: Production and management of sludge and other bow in Morocco, Design and Application of an Innovative Composting Unit for the Effective Treatment of Sludge and other Biodegradable Organic Waste in Morocco, MOROCOMP (LIFE TCY05/MA000141), September 2006

Nill, D., Böhnert, E. [Wertschöpfungsketten, 2006]: Wertschöpfungsketten zum Erhalt der biologischen Vielfalt für Landwirtschaft und Ernährung, 2006, GTZ, Eschborn

Office Régional de Mise en Valeur Agricole de Souss Massa (ORMVASM): Rapport Mensuel de Conjoncture Agricole, 2008

Office Régional de Mise en Valeur Agricole d'Ouarzazate (ORMVAO): Datensammlung, 2008, Anbaujahr 2006/07

Plan Bleu – Centre d'Activités Régionales [Efficacité Energétique et Energie Renouvelable Maroc, 2007], Efficacité Energétique et Energie Renouvelable Maroc – Etude nationale, 2007, http://www.planbleu.org/publications/atelier_energie/MA_EtudeNationale.pdf

Programme MEDA [Plan national de développement du solaire thermique au Maroc] : Plan national de développement du solaire thermique au Maroc, http://www.solarmed.net/Task-5/Plans/Maroc_FR.pdf

RAMSA [Projet MDP]: Projet MDP, <http://www.ramsa.ma/ramsa/home.php?id=TIRVPQ==>

Reeg, T., Bemann, A., Konold, W., Murach, D., Spiecker H. [Anbau und Nutzung von Bäumen auf landwirtschaftlichen Flächen, 2009]: Anbau und Nutzung von Bäumen auf landwirtschaftlichen Flächen, 2009 WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim

Région Souss-Massa-Drâa [Les grands chantiers, Le tourisme]: Les grands chantiers, Le Tourisme,
http://www.regionsmd.com/index.php?option=com_content&view=article&id=151&Itemid=130

Riedel, B. [Gemüsebau in Marokko]: Gemüsebau in Marokko – Reisebericht über die Studienreise nach Marokko im November/Dezember 2006

Royaume du Maroc - Département du Tourisme [Principes de développement touristique durable, 2008] : Principes de développement touristique durable - cas marocain, 2008,
http://www.smap.eu/DOC/eve_rec/SD_Workshop_Istanbul_2008/day3/Plan%20Azur%20Maroc.pdf

Royaume du Maroc, Département de l'Environnement [Ressources en Eau au niveau du Bassin Versant de Souss-Massa, 2004]: Le projet d'Amélioration de la Gestion des Ressources en Eau au niveau du Bassin Versant de Souss-Massa (SIWM), 2000-2004

Ruf GmbH & Co. KG [Briquetting systems with organic materials, 2009]: Briquetting systems with organic materials, Informationsblatt, 2009

Scheepmaker, M. [Öl auf die Wunden der Natur, 1998]: Öl auf die Wunden der Natur, Kurzbericht zum Forschungsverbund des Bundesministeriums für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (BMZ) in AKZENTE 1/98

Schulz, O.; Judex, M. [Impetus Atlas – Morocco, 2007]: Impetus Atlas – Morocco, Research results 2000-2007, Germany, 2008

Schütt, P.; Schuck H.J., Stimm B. [Lexikon der Baum- und Straucharten, 2002]: Lexikon der Baum- und Straucharten. Das Standardwerk der Forstbotanik. Sonderausgabe 2002 für Nikol Verlagsgesellschaft mbH & Co. KG, Hamburg

Sievert, T. [Verwertung kommunaler Klarschlamm in der Zementindustrie, 2006]: Verwertung kommunaler Klarschlamm in der Zementindustrie - Beispiel Zementwerk Gollheim, Vortrag im Rahmen des Workshops: Konzeption für eine zukunftsfähige Klarschlamm Entsorgung in Rheinland-Pfalz am 15. November 2006, Fachgebiet Siedlungswasserwirtschaft, TU Kaiserslautern

Société Itrifood [Etude d'impact sur l'environnement, 2009] Etude d'impact sur l'environnement des activités d'un projet d'abattoir de volaille, Zone Industrielle Ait Melloul, No. 503, Agadir, Etude réalisé par : A. Bouzidi, Faculté Polydisciplinaire de Khouribga

Soudi, B. [Le compostage, 2005]: Le compostage des déchets de cultures sous serre et du fumier, Département des Sciences du Sol, Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, 2005

Souss-Massa-Drâa [Régions, 2006]: Régions, 2006,
http://www.regionsmd.com/index.php?option=com_content&task=view&id=30&Itemid=117

Stark, O. [Technologien zur Überschussschlammreduktion]: Technologien zur Überschussschlammreduktion respektive –vermeidung bei der biologischen Abwasserbehandlung – Hintergrundinformationen, Konventionelle Klärschlammbehandlung, Oliver Stark, <http://www.klaerschlammermeidung.de/konventionell.html>

Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft [Produktqualität und Verbraucherschutz in Thüringen, 2008]: Produktqualität und Verbraucherschutz in Thüringen, Mai 2008

Toews, T. [Flächenansprüche, 2008]: Wald – Flächenansprüche durch die Landwirtschaft, 2008, Vortrag im Rahmen des BMELV-Symposiums „Waldstrategie 2020“

Trujillo, D., Pérez, J. F., Cebreros, F. J. [Anaerobic digestion of tomato plant, 1992]: Energy recovery from wastes. Anaerobic digestion of tomato plant mixed with rabbit wastes. In: Bioresource Technology 45, S. 81-83, 1992

Tzadert Sarl [Fiche Produit – Les Briquettes Combustibles, 2009]: Fiche Produit – Les Briquettes Combustibles, 2009

Umweltbundesamt [CO₂-Kalkulator, 2009]: CO₂-Kalkulator, Online-Abfrage auf <http://uba.klima-aktiv.de/>

Umwelt-Datenbank [CO₂- Äquivalent]: <http://www.umweltdatenbank.de/lexikon/co2-aequivalent.htm>

United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) [LULUCF, 2009]: Land Use, Land-Use Change and Forestry (LULUCF),
http://unfccc.int/methods_and_science/lulucf/items/3060.php

United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCC) [Clean Development Mechanism, Project Design Document (CDM-PDD)],
http://cdm.unfccc.int/UserManagement/FileStorage/FS_191239735

United States Agency for International Development (USAID) [Biological Diversity and Tropical Forestry Analysis, 2003]: Biological Diversity and Tropical Forestry Analysis. USAID / Morocco Strategic Plan FY 2004-2008

Van Laar, A. [Waldertragskunde in der Plantagenforstwirtschaft im südlichen Afrika, 1977]: Forschungsaufgaben der Waldertragskunde in der Plantagenforstwirtschaft im südlichen Afrika, Sonderdruck aus Forstwissenschaftliches Centralblatt. 96. Jahrgang 1977

Wagenführ, R. [Holzatlas, 2006]: Holzatlas. 6. neu bearbeitete Auflage, Fachbuchverlag Leipzig

Wagner, F., Degen, B. & Rather, K., LVG Heidelberg [Beratungsgrundlagen Gartenbau, 2005]: Beratungsgrundlagen zur ordnungsgemäßen Düngung im Gartenbau, 2005, in Überarbeitung

Waldwissen [Waldbesitzer auf dem Weg in die Zukunft, 2009]: Waldbesitzer auf dem Weg in die Zukunft, Online-Angabe auf http://www.waldwissen.net/themen/betriebsfuehrung/zusammenschluesse/themen/betriebsfuehrung/zusammenschluesse/lwf_waldbesitzer_zukunftsweg_2006_DE. Hrsg. LWF, BFW, WSL, FVA, 2009

Wasser Wissen [Abwasserlexikon, Abwasserteich]: Abwasserlexikon, Abwasserteich, <http://www.wasser-wissen.de/abwasserlexikon/a/abwasserteich.htm>

Wauthelet, M. [Traitement des boues et valorisation du biogaz]: Traitement anaérobie des boues et valorisation du biogaz, <http://www.ctastree.be/Biogaz%20Boues.pdf>

Weizsäcker, Ernst Ulrich v./Lovins A.B./Lovins L.H. [Faktor Vier, 1995]: Faktor vier. Doppelter Wohlstand – halbiertes Naturverbrauch. Der neue Bericht an den Club of Rome, München, 1995

Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen [Welt im Wandel: Energiewende zur Nachhaltigkeit, 2003]: Externe Expertise für das WBGU-Hauptgutachten 2003, "Welt im Wandel: Energiewende zur Nachhaltigkeit", Berlin, Heidelberg, 2003

Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung für globale Umweltveränderungen [WBGU, Nachhaltige Landnutzung]: World in Transition – Future Bioenergy and Sustainable Land Use, Hauptgutachten, 2008